

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: Agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

## Bakalářská práce

Návrh opatření ke zvýšení efektivity BPS V Braňce  
(ZD Čechtice) a hodnocení vlivu BPS na životní prostředí

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Autor bakalářské práce:

Ondřej Kadleček, DiS.

České Budějovice, 2018

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: Ondřej Kadleček

Studijní program: **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **4131R013 Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**

Název tématu: Návrh opatření ke zvýšení efektivity BPS v Brance (ZD Čechtice) a hodnocení vlivu BPS na životní prostředí

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

(v zásadách pro vypracování uveďte cíl práce a metodický postup)

Cílem práce je plné využití kapacitních možností a maximální efektivity BPS v Brance (ZD Čechtice) optimálním využitím stávající technologie, zlepšeným využitím daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu. Optimalizací biologické rozložitelnosti zpracovávaného substrátu s cílem dosažení zvýšené transformace organického C do bioplynu. Zlepšení výkonnosti BPS lze dosáhnout především optimalizací provozu pro využití stávajících technologických komponent a optimalizací podmínek procesu vhodným dávkováním substrátu, dostatečným mícháním reaktorů, dodržováním technologických parametrů, správného zatížení a doby zdržení, zabezpečení konstantní teploty. Možností zvýšení výkonnosti je volba skladby substrátu ve prospěch rozložitelnějších substrátů s vyšší výtěžností bioplynu nebo s nižším obsahem organického dusíku. Zvýšení biologické rozložitelnosti a vyšší výtěžnosti metanu lze dosáhnout i různou předúpravou suroviny. Metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu zmenšením velikosti částic mechanickou nebo jinou dezintegrací s významným zvětšením povrchu nebo hydrolýzou makromolekulárních látek vedoucí k úplnějšímu enzymovému rozkladu. Při použití doporučené i další literatury vypracujte literární rešerši na téma: „Faktory ovlivňující efektivitu bioplynové stanice“. Poznatky získané při zpracování literární rešerše uplatněte v návrhu opatření vedoucích ke zvýšení efektivity bioplynové stanice v Brance (ZD Čechtice) při zohlednění jejího vlivu na životní prostředí. Vypracujte bakalářskou práci dle Opatření děkana č. 4 ze dne 14. 3. 2014. Ke zpracování bakalářské práce využijte skripta Technika zpracování bakalářských a diplomových prací (Kareš J. a kol., 2007) a Práce s VTI (Milota J., Nýdl V., 1996). Použijte publikaci prof. Kalače: Jak vypracovat diplomovou práci v zemědělských oborech, 2009.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: dle potřeby  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

#### Seznam odborné literatury:

Straka F. a kol (2006).: Bioplyn- příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových stanic. Gas Praha.706 s.; Schulz, H., Eder, B. (2004): Bioplyn v Praxi. Hel Ostrava 167 s.; Kára a kol. (2007): Výroba a využití bioplynu v zemědělství. MZE, 119 s.; Dohányos M. (2009): Zvyšování efektivity fermentace. Nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi. Biom.cz [online]. 2009-02-25 [cit. 2012-10-23]. Dostupné WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>> ISSN: 1801-2655.; Hruza R., Stober K. (2009): Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 2009-04-01 [cit. 2012-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.; Maroušek J. (2012): 23]. Dezintegrace lignocelulózy pro bioplynové stanice. Biom.cz [online]. 2012-08-20 [cit. 2012-10-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/produkcii-bioplynu-lze-zvysit-dezintegraci-vstupni-fytomasy>>. ISSN: 1801-2655.; Hrdinová J.: Vliv biologické předúpravy lignocelulosových substrátů na produkci bioplynu. Biom.cz [online]. 2011-11-16 [cit. 2012-10-23]. Dost. z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vliv-biologicke-predupravy-lignocelulosovych-substratu-na-produkci-bioplynu>>.; Elliott A., Mahmood T.: Pretreatment technologies for advancing anaerobic digestion of pulp and paper biotreatment residues. Water Research, 41, 2007 4273–4286; Lantz M.: The economic performance of combined heat and power from biogas produced from manure in Sweden – A comparison of different CHP technologies. Applied Energy, 98, 2012, 502–511; Stürmer B. et al.: Impacts of biogas plant performance factors on total substrate costs. Biomass and Bioenergy, 35, 2011, 1552-1560; Xufeng Yuan et al.: Effect of pretreatment by a microbial consortium on methane production of waste paper and cardboard, Bioresource Technology, 18, 2012, 281–288; Lianhua Li et al.: Biogas Production Potential and Kinetics of Microwave and Conventional Thermal Pretreatment of Grass. Appl. Biochem Biotechnol, 2012, 166:1183–1191; Kim M. et al.: Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. Thermophilic. Water Research, 36, 2002, 4369–4385; Zhong W. et al.: Biogas productivity by co-digesting Taihu blue algae with corn straw as an external carbon source. Bioresource Technology, 114, 2012, 281–286; Madlener R. et al.: Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 197, 200, 1084–1094. A další doporučená literatura.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Datum zadání bakalářské práce: 15. března 2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2018

doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.  
vedoucí katedry

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

V Českých Budějovicích dne 15. března 2017

**Prohlášení autora bakalářské práce:**

Prohlašuji, že v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou) 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.

Datum: 5. dubna 2018

.....

Podpis studenta

**Poděkování:**

Rád bych touto cestou poděkoval panu profesorovi Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc., za odborné vedení a konzultace, jeho cenné rady a připomínky, které jsem uplatnil při psaní bakalářské práce. Rovněž bych chtěl poděkovat také panu Ing. Jiřímu Šindelářovi, který mi poskytl informace a písemné podklady k bioplynové stanici V Braňce – Čechtice.

**Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá technologií bioplynových stanic, popisuje bioplyn, jeho vznik a následné využití. Následně řeší faktory, které ovlivňují efektivnost bioplynové stanice, vhodnost a předúpravu substrátu pro výrobu bioplynu. Dále se zabývá využitím digestátu. V závěru práce se zabývám navýšením výkonu bioplynové stanice v Chotýčanech, popisem bioplynové stanice V Braňce - Čechtice a návrhem pro zvýšení efektivnosti bioplynové stanice. Posledním řešeným tématem je vliv bioplynové stanice na životní prostředí.

**Klíčová slova:**

Bioplynová stanice, bioplyn, fermentace, substrát, digestát.

**Abstract:**

This bachelor thesis focused on biogas plant technology. It describes biogas, its formation and its utilization. It discusses factors which influence efficiency of biogas plants along with suitability and preparation of the substrate used for biogas production. Furthermore it discusses digestate and assesses environmental impact of a biogas plant. Within the conclusion is performance enhancement of a biogas plant in Chotýčany, description of biogas plant in Braňka – Čechtice and a proposal for its performance enhancement.

**Key words:**

Biogas plant, biogas, fermentation, substrate, digestate.

# OBSAH

1	ÚVOD .....	10
2	BIOPLYNOVÁ STANICE .....	10
2.1	Zemědělská bioplynová stanice.....	10
2.2	Průmyslová bioplynová stanice.....	10
2.3	Komunální bioplynová stanice .....	11
3	BIOPLYN .....	11
3.1	Majoritní složky v bioplynu .....	11
3.2	Minoritní složky v bioplynu .....	11
4	VZNIK BIOPLYNU .....	12
4.1	Hydrolýza .....	12
4.2	Acidogeneze .....	12
4.3	Acetogeneze .....	12
4.4	Methanogeneze.....	12
5	VYUŽITÍ BIOPLYNU .....	13
6	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EFEKTIVNOST BPS .....	14
6.1	Výkupní cena elektrické energie .....	14
6.2	Cena vstupní suroviny .....	14
6.3	Kvalita technologie.....	14
6.4	Fermentace .....	15
6.4.1	Mokrý fermentace .....	15
6.4.2	Suchá fermentace .....	15
6.5	Podmínky vzniku bioplynu .....	15
6.6	Výtěžnost metanu .....	16
6.6.1	Proteiny .....	16
6.6.2	Polysacharidy .....	16

6.6.3	Lignin .....	17
6.6.4	Lipidy .....	17
6.6.5	Poměr C:N.....	17
6.7	Předúprava substrátu .....	17
6.7.1	Mechanické metody .....	17
6.7.2	Fyzikální metody.....	18
6.7.3	Chemické metody.....	18
6.7.4	Biotechnologické metody.....	18
7	DIGESTÁT .....	18
7.1	Využití digestátu.....	18
7.2	Digestát z rostlinné biomasy .....	19
7.3	Digestát ze zvířecích fekálií .....	19
7.4	Separování digestátu.....	19
8	SUBSTRÁTY PRO BPS .....	19
8.1	Kejda .....	19
8.2	Chlévský hnůj.....	20
8.3	Kukuřice .....	20
8.4	Trvalý travní porost .....	20
8.5	Žitná siláž z celých rostlin (GPS).....	20
9	NAVÝŠENÍ VÝKONU BPS CHOTÝČANY .....	21
10	BIOPLYNOVÁ STANICE V BRAŇCE - ČECHTICE.....	32
11	POPIS STAVBY BPS V BRAŇCE - ČECHTICE.....	33
11.1	Dávkovací zařízení .....	34
11.2	Dvoustupňový fermentor (kruh v kruhu) .....	35
11.3	Dofermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu .....	36
11.4	Technický sklep – přečerpávací jednotka.....	37



11.5	Technická budova – kogenerace .....	37
11.6	Jímka na kontaminované vody a sklad digestátu .....	38
11.7	Silážní žlab I. a II. a jímka na kontaminované vody a silážní šťávy .....	39
11.8	Přípojka vysokého napětí, trafostanice.....	39
11.9	Plynovod, fléra .....	40
11.10	Teplovod.....	40
12	NÁVRH OPATŘENÍ VEDOUCÍCH KE ZVÝŠENÍ BPS V BRAŇCE.....	41
13	PROVOZ BPS A JEJÍ VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	42
13.1	Dopravní zatížení a hluk.....	42
13.2	Emise vypouštěné do ovzduší .....	43
13.3	Odpadní vody .....	47
13.4	Celkové zhodnocení vlivu BPS na životní prostředí.....	48
14	ZÁVĚR .....	49
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	53
	SEZNAM TABULEK.....	54

# 1 ÚVOD

Poptávka po obnovitelných zdrojích energie se v posledních letech neustále zvyšuje z důvodu obav vyčerpatelnosti fosilních zdrojů energie. V současné době je zaznamenáván značný rozvoj bioplynových stanic, které můžeme rozdělit na několik druhů, zemědělské, průmyslové a komunální. Nejvíce zastoupené jsou zemědělské bioplynové stanice, které jsou zřizovány většinou v areálech zemědělských družstev.

Bioplyn řadíme mezi obnovitelné zdroje energie s ohledem na životní prostředí. Tento plyn je ve většině bioplynových stanic využíván k výrobě elektrické energie a tepla, přičemž energie je následně dodávána do sítě a teplo je využíváno k vytápění. Pro jeho výrobu lze využít různé druhy substrátů, které lze upravovat různými způsoby za účelem větší výtěžnosti bioplynu. Dále tato výtěžnost závisí na různých faktorech ovlivňujících efektivnost bioplynové stanice.

Faktorů podílejících se na efektivnosti bioplynové stanice je celá řada. Tyto faktory zhodnotím při návrhu opatření vedoucích ke zvýšení efektivnosti bioplynové stanice V Braňce - Čechtice, která se nachází přímo v areálu Zemědělského družstva Čechtice. Při jejím popisu budu vycházet z technické dokumentace a podrobně popíši technologii a její jednotlivé části. V závěru práce zhodnotím celkový vliv bioplynové stanice na životní prostředí.

## 2 BIOPLYNOVÁ STANICE

Bioplynová stanice (dále jen „BPS“ nebo „stanice“) je technologické zařízení, které zpracovává materiály nebo odpady organického původu, souhrnně označované jako biomasa. Zpracování biomasy probíhá v reaktorech při řízeném procesu anaerobní digesce (tzn. rozkladu organického materiálu bez přístupu vzduchu za přítomnosti mikroorganismů). Z ekologického hlediska se jedná o efektivní a perspektivní způsob využití biomasy, dále také organického odpadu a energetických plodin. (Nazeleno.cz, 2018)

### 2.1 Zemědělská bioplynová stanice

V České republice jsou nejvíce zastoupeny BPS zemědělského typu. Výstavba těchto typů stanic probíhá nejčastěji v areálech zemědělských provozů, přičemž z technologického hlediska se jedná o jednodušší zařízení. Uvedení do činnosti je velmi rychlé a není problematické. Vstupy pro tento typ bioplynových stanic tvoří nejčastěji živočišná statková hnojiva (hnůj, kejda) a další podstatnou surovinou jsou energetické plodiny (kukuřice). (Nazeleno.cz, 2018)

### 2.2 Průmyslová bioplynová stanice

Tento typ BPS zpracovává především rizikové vstupy. Mezi vstupní rizikové suroviny patří jateční odpady a kaly z čistíren odpadních vod. Větší nároky jsou kladeny zejména na technologii a provozní podmínky, dále také na dodržování hygienických zásad, které vyplývají z rizika vstupních surovin. (Nazeleno.cz, 2018)

### 2.3 Komunální bioplynová stanice

Komunální bioplynové stanice zpracovávají převážně komunální bioodpady. Mezi tyto odpady zahrnujeme odpad z údržby zeleně, bioodpady z domácností a zbytky ze stravovacích provozů (restaurací, jídelen). Tento typ BPS klade velké nároky na technologii, zejména na průběh zpracování vstupů. Nejvíce náročná je příjmová část odpadních surovin, která často zapáchá a tím má negativní vliv na své okolí. Zápach je nutné minimalizovat. Jednou z možností je výstavba uzavřené stavby, kde je možné tyto páchnoucí odpady uskladnit, aniž by měly vliv na okolní prostředí. V praxi se tak často neděje a dochází tak k porušování zákona a tím k finančnímu postihu. (Nazeleno.cz, 2018)

## 3 BIOPLYN

Bioplyn vzniká mikrobiálním rozkladem organické hmoty bez přístupu vzduchu. Tento plyn se skládá z následujících složek, tj. metanu CH<sub>4</sub> (55 – 70 %) a oxidu uhličitýho CO<sub>2</sub> (30 – 40 %), dále obsahuje 1 – 3 % minoritních plynů (vodík, dusík, sulfan). (Kára a kol., 2001)

Bioplyn představuje obnovitelný energetický zdroj s ohledem na ochranu a tvorbu životního prostředí. Přestože bioplyn není schopen konkurence vůči fosilním palivům, které mají na trhu s energiemi dominantní postavení, má na rozdíl od nich neomezené možnosti pro budoucí využití. (Straka a Ciahotný, 2010)

Tabulka č. 1: Složení bioplynu

Složka		Obsah v %
Metan	CH <sub>4</sub>	45 - 75
Oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	25 - 48
Vodík	H <sub>2</sub>	0 - 3
Sulfan	H <sub>2</sub> S	0,1 - 1
Dusík	N <sub>2</sub>	1 - 3

Zdroj: Jelínek, 2001

### 3.1 Majoritní složky v bioplynu

Majoritní složkou v bioplynu jsou v nejužším hodnocení u kvalitních plynů pouze dvě: metan a oxid uhličitý. Obsahy ostatních plynů jsou více než o jeden řád nižší, tedy jsou v úrovních nejvýše desetin procenta. Metan je hlavní energetickou složkou bioplynu. Za běžných podmínek je lehčí než vzduch, přičemž uniká do atmosféry a v kombinaci se vzduchem tvoří explozivní směs. Oxid uhličitý v bioplynu nemá energetický význam a snižuje výhřevnost bioplynu. (Ward a kol., 2008), (Straka a Ciahotný, 2010)

### 3.2 Minoritní složky v bioplynu

Oproti majoritnímu složení je chemická skladba minoritních složek bioplynu velice pestrá. Jedná se o sloučeniny, které byly v bioplynu stanoveny v řádech stovek miligramů na krychlový metr a menších. Vodík představuje z energetického hlediska žádoucí složku bioplynu, avšak jeho objemný podíl je velmi nízký. Sirovodík vzniká

při rozkladu bílkovin, které jsou obsaženy v organické hmotě. Tento plyn je jedovatý a navíc způsobuje korozivní účinky na kovových plochách bioplynového zařízení. V nepatrné koncentraci se do bioplynu může dostat i čpavek, který vzniká při štěpení organické hmoty. I tento plyn má korozivní účinky jako sirovodík a napadá především mosazné armatury. (Kára a kol., 2001)

## 4 VZNIK BIOPLYNU

Bioplyn je produkt, který vzniká anaerobním fermentačním procesem. Jedná se o samovolný přírodní proces, při němž dochází k rozkladu organických látek bez přístupu vzduchu. Samotný proces zahrnuje 4 základní fáze:

- hydrolýzu,
- acidogenezi,
- acetogenezi,
- methanogenezi. (Schulz a Eder, 2004)

### 4.1 Hydrolýza

V této fázi dochází k rozkladu polysacharidů, tuků a bílkovin, které se v procesu rozloží na jednotlivé elementy. Tyto elementy jsou dále rozloženy bakteriemi na jednoduché cukry, tuky na mastné kyseliny a bílkoviny na aminokyseliny. Hydrolýza sama o sobě určuje rychlost výroby bioplynu. (Ward a kol., 2008)

### 4.2 Acidogeneze

Acidogeneze je druhou fází procesu vzniku bioplynu. Při této fázi dochází k přeměně látek na nižší mastné kyseliny, oxid uhličitý a vodík. Vzniká též alkohol, kyselina mléčná a kyselina mravenčí. Zjednodušeně řečeno jde o proces, při němž bakterie spotřebovávají zbývající kyslík a vytváří tak prostředí, při kterém vzniká metan. (Ward a kol., 2008)

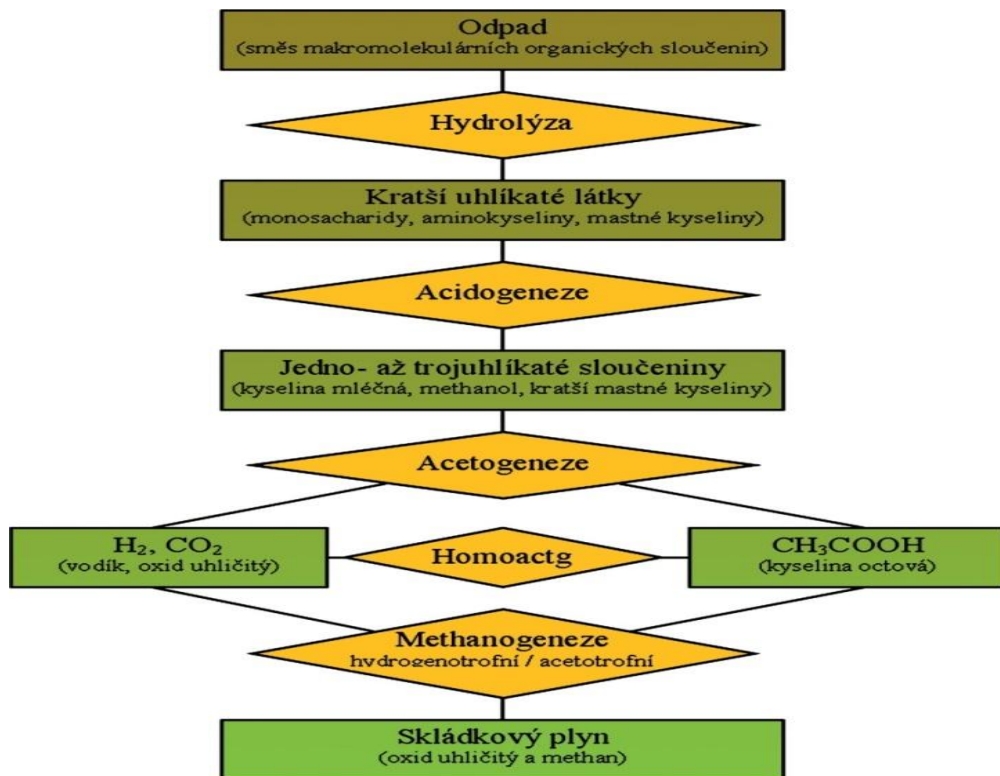
### 4.3 Acetogeneze

V tomto procesu hrají velkou roli bakterie, které se podílejí na této fázi. Musí být v symbióze s bakteriemi, které odebírají vodík z prostředí. Důležitými látkami, které ovlivňují tento proces, jsou zejména kyselina propionová, valerová, mléčná a mravenčí, které vznikly v předchozím procesu. Acetogeneze je ovlivněna rychlostí fermentace neboli zjednodušeně řečeno kvašením, které má vliv na finální rozklad materiálu. (Ward a kol., 2008)

### 4.4 Methanogeneze

Při výrobě bioplynu jde o poslední fázi, při níž je výsledným produktem bioplyn. Jak samotný název uvádí, v této fázi dochází k tvorbě metanu za pomoci bakterií, které nemají přístup ke vzduchu. Přítomnost vzduchu by totiž zničila bakterie, které mají schopnost měnit oxid uhličitý, vodík a některé z nich, i kyselinu octovou. (Ward a kol., 2008)

Obrázek č. 1 Schéma čtyřfázové anaerobní digesce



Zdroj: [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze\\_anaerobni\\_digesce.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze_anaerobni_digesce.html)

## 5 VYUŽITÍ BIOPLYNU

Bioplyn je energetický zdroj, který je možné využívat jako jiná plynná paliva. Mezi nejčastější způsoby využití bioplynu patří:

- Přímé spalování, jedná se o nejčastější způsob využití, který v sobě zahrnuje zejména topení, ohřev vody, svícení a vaření.
- Výroba elektrické energie a ohřev teplotně odolného média (kogenerace). Kogenerace je výroba elektrické energie za využití zbytkového tepla, vznikajícího při spalování paliva z biomasy. Bioplyn se zde využívá jako palivo, které tvoří pohon pro spalovací motory a následně pohánějí generátory na výrobu elektrické energie. Teplo, které se uvolní prostřednictvím chladičů motorů a výfukových plynů, je dále efektivně využito k ohřevu teplé vody a vytápění budov.
- Výroba elektrické energie, tepla a chladu (trigenerace). Kogenerační jednotka se propojí s chladičí jednotkou. Tímto se využije odpadní teplo, nejen na topení, ale i chlazení (klimatizace). V současné době se tato technologie zatím moc nevyužívá.
- Pohon spalovacích motorů. Čistý bioplyn (90 % metanu) je velmi vydatné a ekologické palivo. Ve spalovacích motorech je možné použití až po jeho úpravě. V motoristickém průmyslu se toto palivo označuje značkou CNG (compressed natural gas). V Evropě se nejvíce využívá v severních zemích jako například v Norsku, Švédsku, Dánsku.

- Bioplyn jako součást palivových článků. Palivové články přeměňují energii obsaženou v palivu přímo na elektrickou energii. Nejčastějším zdrojem energie je vodík, který lze získat úpravou bioplynu. V současné době se využívá jako palivo pro palivové články zemní plyn.
- Dodávka do sítě zemního plynu. Jedná se o efektivní využití přebytku při výrobě bioplynu. Tento proces je velmi technicky náročný na úpravu bioplynu a jeho transport do sítě. Výhodou je okamžité finanční zhodnocení. (Mužík a Kára, 2009), (Studeník a Svitavský, 2016)

## 6 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ EFEKTIVNOST BPS

Zemědělské podniky často diskutují o výhodnosti či nevýhodnosti provozu bioplynové stanice. Hlavním důvodem pro stavbu BPS je produkce elektrické energie a její následný prodej za zajímavé výkupní ceny. Producent má dopředu zajištěný odbyt a pravidelný příjem peněz.

### 6.1 Výkupní cena elektrické energie

Výkupní cena elektrické energie z bioplynu vzrostla téměř o 30 %, a to na 3,90 Kč/kWh. Pro dosažení této výkupní ceny je nutné, aby nadpoloviční množství hmotnosti sušiny veškerých vstupních substrátů pocházelo z pěstovaných rostlin. Ostatní vstupy může tvořit hnůj, kejda, lihovarnické výpalky a další, přičemž je zakázáno používat jatečné odpady. Pokud tato podmínka není splněna, výkupní cena klesá na 3,30 Kč/kWh. (Pastorek a kol., 2004)

Z ekonomického hlediska se preferují tři typy BPS:

- stanice využívající 51 % sušiny vstupů rostliny (ostatní tvoří hnůj, kejda, výpalky a další) - výkupní cena elektřiny je 3,90 Kč/kWh,
- stanice, které nevyužívají rostlinné vstupy - vzhledem k levným vstupům může být výkupní cena 3,30 Kč/kWh zajímavá,
- stanice využívající téměř 100 % rostlinných vstupů, ale převážně senáží z finančně dotovaných ploch. (Hrůza a Stober, 2009)

### 6.2 Cena vstupní suroviny

Zemědělský podnik musí v první řadě využívat vstupní suroviny do BPS, které jsou „zadarmo“, a na jejich získání není potřeba vynaložit dodatečné finanční prostředky. Mezi tyto suroviny řadíme hnůj, kejdu, odpady z posklizňového zpracování obilovin, odpadní brambory, zbytky krmiva, skrývky siláží a další. Následují suroviny s minimálními náklady na jejich získání. Biomasa z neudržovaných ploch a veřejných prostranství, poslední seče trav, sklizen přerostlého zeleného hnojení, biomasa po výmlatu trav pěstovaných na semeno a hroznové výlisky. Nejméně vhodné jsou plodiny pěstované pouze za účelem zplynování (siláž, senáž, GPS). Proto by mělo být jejich používání dobře z kalkulováno a neměly by tvořit hlavní podíl surovin pro bioplynové stanice. (Hrůza a Stober, 2009)

### 6.3 Kvalita technologie

Jedním z prvních kroků při projektování BPS by mělo být stanovení velikosti zařízení v závislosti na dostupných surovinách. Pro daný podnik tak bude vhodná

stanice o výkonu 250 kW, pro jiný 360 kW či 500 kW. Málokdy se uvažuje o větších výkonech. Chybou je obrácený postup, kdy podnik vybere nejprve velikost stanice a poté plánuje velikosti ploch pro pěstování vstupních surovin. Prioritní je kvalitní technologie, její životnost a zároveň bezpečnost.

Investor sleduje především tato kritéria:

- jak kvalitní jsou exponované části bioplynové stanice (potrubí, míchadla, motor, folie),
- co se stane v případě poruchy,
- zda technologie umožní bezproblémové zpracování dalšího slamnatého hnoje,
- co se stane, pokud do zařízení vnikne pevný předmět,
- jaká je energetická náročnost jednotlivých prvků (dávkovací zařízení, doprava surovin, míchání),
- jak je zajištěna bezpečnost ve výbušném prostoru plynojemu. (Hrůza a Stober, 2009)

## **6.4 Fermentace**

### **6.4.1 Mokrý fermentace**

Pro zpracování substrátu metodou mokré fermentace mohou být používány různé druhy reaktorů. Nejčastěji se však využívají válcové fermentory. Proces fermentace probíhá s tekutým (čerpatelným) substrátem, který má obsah sušiny do 12 %. Hlavní technologické součásti jsou vstupní jímka, reaktor (fermentor), výstupní jímka (koncový sklad). Důležitou operací je zajištění dobrého a pravidelného promíchávání substrátu. Mokrý fermentace má širší uplatnění, je tedy rozšířenější, technicky propracovanější a je prověřená v provozu. Bohatší technologická výbava a příslušenství zvyšují provozní náklady a četnost poruch. (Pastorek a kol., 2004)

### **6.4.2 Suchá fermentace**

Pro zemědělské provozovny, které nemají k dispozici kejdu, nebo jiný kapalnou substrát, lze realizovat suchou fermentaci. Proces probíhá s tuhým (nečerpatelným) substrátem, který má obsah sušiny od 20 - 60 %. Princip technologie je založen na reakční komoře (kontejneru) s plynotěsnými vraty. Dopravu substrátu obvykle obstarává traktor s radlicí nebo nakladač. Proces je řízen pomocí přidávání tekutin. Vlastní proces fermentace a produkce obvykle trvá 20 - 30 dnů, poté je třeba fermentor vyprázdnit a znovu jej naplnit. (Pospíšil, 2011)

## **6.5 Podmínky vzniku bioplynu**

Výroba bioplynu je závislá také na těchto základních podmínkách: teplotě, prostředí, vzduchu, světlu, hodnotě pH a živinách.

### **Teplota**

Pokud se teploty pohybují pod bodem mrazu, nemohou se metanové bakterie aktivně podílet na procesu rozkladu. Jejich činnost se rozvíjí při teplotách od 0 °C do 70 °C, tudíž velmi závisí na stupni teploty. V zásadě platí, že čím vyšší teplota bude, tím rychlejší je proces rozkladu, a tím i vyšší produkce plynu. Bakterie se dají rozdělit do třech teplotních oblastí:

- psychrofilní kmeny - méně než 25 °C,

- mezofilní kmeny - 25 °C až 45 °C,
- termofilní kmeny - nad 45 °C.

### **Prostředí**

Významný vliv má i dostatečně vlhké prostředí. Metanové bakterie jinak nemohou pracovat a množit se, pokud nemají dostatečné množství vody. Při tvorbě bioplynu je tedy důležité, aby byly substráty zality dostatečným množstvím vody, tedy alespoň z 50 %.

### **Vzduch**

Při hydrolýze dochází k tomu, že pokud je v substrátu přítomen kyslík, tak ho musejí bakterie nejprve spotřebovat.

### **Světlo**

Světlo samo o sobě neničí bakterie, ale brzdí samotný proces tvorby bioplynu.

### **Hodnota pH**

Hodnota pH by se měla pohybovat okolo 7,5. U kyselých substrátů je zapotřebí hodnotu zvýšit, a to tím, že přidáme vápno.

### **Živiny**

Základním substrátem je množství hnoje a kejdy a ostatních látek (tráva, syrovátka, výpalky apod.) tak, aby kyselost a zásaditost byla v poměru. (Schulz a Eder, 2004)

## **6.6 Výtěžnost metanu**

Biologická rozložitelnost a výtěžnost bioplynu závisí na chemickém složení substrátu, především na obsahu proteinů, sacharidů, tuků na podílu celulózy, hemicelulóz a ligninu. Poměr těchto složek je různý. Podle druhu materiálu je odlišná i jejich rozložitelnost a tím pádem i výtěžnost metanu. (Straka a Dohányos, 2006)

### **6.6.1 Proteiny**

Bílkoviny patří mezi dobře biologicky rozložitelné látky, a proto vykazují vysokou výtěžnost metanu. Proteiny jako jediné obsahují ve svých molekulách heteroatomy. Kromě kyslíku, vodíku a uhlíku obsahují také síru a hlavně dusík. Dusík při anaerobní fermentaci přechází v amoniak a ten ve vyšších koncentracích způsobí inhibici tvorby metanu. (Dohányos, 2009)

### **6.6.2 Polysacharidy**

Uhlohydráty jsou součástí veškeré rostlinné biomasy zastoupeny zejména škrobem, celulózą a hemicelulózą. Nejlépe rozložitelný je škrob. Snadno se hydrolyzuje amylolytickými enzymy na maltózu. Celulóza je polymerem glukózy, při anaerobní fermentaci poměrně málo rozložitelná. Pro její hydrolýzu je zapotřebí přítomnost celulólytických enzymů, které jsou produkovány hydrolytickými mikroorganismy a v přírodě je nalezneme v zažívacím traktu přežvýkavců. Hemicelulózy tvoří rozvětvené řetězce s prostorovou strukturou a podléhají snáze, rychleji enzymatické hydrolýze oproti celulóze. (Straka a Ciahotný, 2010)



### 6.6.3 Lignin

Rostlinná biomasa obsahuje dobře biologicky rozložitelné látky sacharidy a polysacharidy, naproti tomu obsahuje též látky, jejichž biologická rozložitelnost je velmi nízká až nulová. Mezi tyto látky řadíme především lignin, lignany a terpeny. Lignin je součástí každé rostlinné biomasy, ale také materiálů z ní pocházejících. Do těchto materiálů můžeme zahrnout hnůj nebo kejdu. (Dohányos, 2009)

### 6.6.4 Lipidy

Do této skupiny látek, jinak nazývané tuky, patří triglyceridy vyšších mastných kyselin. Skupinu lipidů tvoří všechny estery vyšších mastných kyselin, které můžeme nalézt v živočišných a rostlinných tkáních. Společnou vlastností lipidů je přítomnost mastných kyselin s dlouhým alifatickým řetězcem a také malý počet atomů kyslíku v molekule. Tuky mají nejvyšší výtěžnost metanu ze všech skupin substrátů. Jejich enzymová hydrolýza je velmi snadná. Problematické může být technické zvládnutí rozkladu tuků, díky jejich hydrofobicitě mají tendenci vyplouvat k hladině, oddělovat se od vodní fáze nebo zvyšují tvorbu pěny. (Váňa a Slejška, 1998)

### 6.6.5 Poměr C:N

Poměr C:N je důležitý pro dobrý průběh anaerobního procesu. Je-li tento poměr vysoký, výsledkem se stává deficit dusíku. Naopak při nízkém poměru dochází k vysoké produkci amoniaku, který je při vyšší koncentraci toxický pro anaerobní bakterie. Optimální poměr C:N pro anaerobní fermentaci organického tuhého odpadu je 25:30. Pro anaerobní fermentaci exkrementů hospodářských zvířat, jatečních a kafílních odpadů je ideální poměr 16:19. Za kritický se považuje poměr C:N 12. (Dohányos, 2009)

## 6.7 Předúprava substrátu

Ke zvýšení biologické rozložitelnosti substrátů pro anaerobní fermentaci lze uplatnit různé metody předúpravy zpracovávaného materiálu. Předúprava si klade za cíl:

- prohloubení biologického rozkladu, a tím zvýšení produkce metanu (bioplynu),
- hygienizace fermentovaného materiálu, kde to požaduje legislativa,
- minimalizace množství výstupního stabilizovaného materiálu (u čistírenských kalů).

Většina zpracovávaných organických látek je v partikulární formě, nejdůležitějším procesem rozkladu je jejich převedení do roztoku hydrolýzou. Ta probíhá v důsledku přítomnosti bakterií produkujících hydrolytické enzymy a její rychlost může být podstatně zvýšena různými způsoby předúpravy, které jsou rozepsané níže. (Dohányos, 2009)

### 6.7.1 Mechanické metody

Zahrnují různé způsoby dezintegrace tuhých složek substrátu (mletí, drcení, macerování). Cílem je zmenšení velikosti částic a důsledkem toho je zvětšení celkového povrchu a zlepšení přístupnosti organických látek v substrátu enzymatickému rozkladu. Čím více je vstupní surovina dezintegrovaná, tím lépe se

mohou enzymy dostat na větší povrch odkrytých řetězců, a tím efektivněji je mohou hydrolizovat. (Dohányos, 2009)

### **6.7.2 Fyzikální metody**

Patří sem termická hydrolýza, ionizující záření a působení ultrazvuku. Dochází k destrukci složitých organických látek. V současné době se termická předúprava, neboli hygienizační stupeň, zavádí pro zpracování vedlejších produktů. Podle druhu materiálu je pak aplikována buď pasterizace, nebo hygienizace s vyšší teplotou. Pasterizace je tepelná úprava při 70 °C s dobou zdržení 1 hodina. Hygienizace je úprava při teplotě 130 °C po dobu minimálně 1 hodiny, přičemž tato úprava musí probíhat v uzavřeném prostoru, protože je velkým zdrojem zápachu. Obě metody vedle sanitačního efektu fungují jako termická hydrolýza a zvyšují výtěžnost bioplynu. (Dohányos, 2009)

### **6.7.3 Chemické metody**

Tato předúprava zahrnuje alkalickou nebo kyselou hydrolýzu a použití oxidačních činidel, a to samostatně, ve vzájemné kombinaci nebo v kombinaci s vyšší teplotou. Rozklad kyselinami a louhy lze hydrolýzu realizovat v podstatě v celém rozsahu pH. Jako oxidační činidlo se nejčastěji využívá ozón. Ozón vyvolá spolu s částečnou oxidací i hydrolýzu organické hmoty. (Dohányos, 2013)

### **6.7.4 Biotechnologické metody**

Podstatou této metody je přidávání různých enzymů a mikroorganismů za účelem zlepšení anaerobního rozkladu. Enzymová nebo mikrobiální předúprava se uskutečňuje použitím čistě komerčně vyráběných enzymů (celuláz) nebo za pomoci mikroorganismů s vysokou celulázovou aktivitou (bachorové kultury, anaerobní houby). Dotování fermentační směsi mikroživinami, jako například Co, Ni, Mo, může v případě průmyslových jednodruhových substrátů podstatně vylepšit proces. (Tranavský, 2013)

## **7 DIGESTÁT**

Jedná se o zbytek, který vznikl po fermentačním procesu při anaerobní fermentaci při výrobě bioplynu v bioplynové stanici. Využití tohoto materiálu je zejména jako hnojivo, palivo, stelivo, přídavek do kompostu nebo k úpravě povrchu terénu, ale nejedná se o odpad.

### **7.1 Využití digestátu**

V současnosti se setkáváme s názorem, že digestát z BPS je výborné organické hnojivo. Toto tvrzení je však nepřesné, neboť často je propagováno výrobci technologie bioplynových stanic, vysokými školami, ale také státními orgány. Digestát je hnojivo organické, ale jen se slabými vlastnostmi hnojiva minerálního. Sporné jsou také údaje o vysokém obsahu dusíku v sušině. Přesto ho lze efektivně využít v zemědělství. Dále je také nutné zmínit legislativní požadavky na digestát, zejména hygienické požadavky. Digestát musí splňovat hygienizační parametry, limitní hodnoty rizikových prvků a indikátorových organismů. V případě využití digestátu jako organického hnojiva v zemědělské výrobě, řeší tuto problematiku

zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů. (Kužel a kol., 2010)

## **7.2 Digestát z rostlinné biomasy**

Nejčastěji se provádí anaerobní digesce kukuřičné siláže, pícnin a energetických rostlin. Mezi další zdroje patří čerstvá nebo senážovaná travní fytoforma, která nejčastěji pochází z luk, veřejné zeleně, golfových hřišť a další. Sušina digestátu by měla obsahovat minimálně 25 % spalitelných látek a 0,6 % celkového dusíku. Poté můžeme označit digestát jako typové organické hnojivo, vyrobené anaerobní fermentací ze statkových hnojiv. Při využití digestátu jako hnojiva na zemědělské půdě je nutné tuhý digestát (separát) zapravit do půdy do 48 hodin a u tekutého digestátu je tato doba 24 hodin. Aplikace musí být provedena rovnoměrně po pozemku a zároveň pozemek nesmí být promokřený, zasněžený nebo promrzlý. Dále je nutné zabránit vniknutí digestátu do povrchových vod a na okolní pozemky. Skladovací prostor pro tuhý i tekutý digestát musí být dostatečný a splňovat evidenci používaných hnojiv, stanovených v zákoně. (Váňa, 2007)

## **7.3 Digestát ze zvířecích fekálií**

Pro tento typ anaerobní digesce jsou používány fekálie od hospodářských zvířat (hnůj, kejda, drůbeží trus). Platí pro ně podobné legislativní požadavky jako pro digestát z rostlinné biomasy, k tomu navíc musí splnit hygienické požadavky pro vedlejší živočišné produkty. (Váňa, 2007)

## **7.4 Separování digestátu**

Zařízení, které rozdělí digestát na tuhou a tekutou část, se nazývá separátor. Fugát (procesní voda) tvořící 80 % objemu digestátu je tekutý a silně zakalený produkt, obsahující zbytky po anaerobním rozkladu organických látek. Tuhou složku digestátu tvoří separát, který tvoří jen malou část celkového objemu. (Pančíková, 2016)

# **8 SUBSTRÁTY PRO BPS**

K výrobě bioplynu lze použít celou řadu materiálů, jak živočišného, tak rostlinného původu. Platí, že čím je materiál kvalitnější, tím bioplynová stanice dosahuje vyšších výkonů. Mezi materiály živočišného původu řadíme kejdu a chlévskou mrvu. Z rostlinných materiálů jsou nejčastěji používány kukuřice, travní senáž a GPS.

## **8.1 Kejda**

Vzniká při roštovém nebo volném ustájení zvířat bez použití podestýlky. Jedná se o kejdu skotu, prasat a drůbeže. V podstatě jde o směs pevných a tekutých výkalů více či méně zředěných vodou. Stavy hospodářských zvířat v České republice posledních pár let klesají, přesto statková hnojiva tvoří významný podíl substrátů pro BPS. Výhodou tohoto substrátu je relativně nízký obsah sušiny, a proto ho lze kombinovat s ostatními substráty. (Kajan, 2005)

## 8.2 Chlévský hnůj

Hnůj patří mezi nejrozšířenější organická hnojiva v zemědělství. Chlévský hnůj je směs výkalů, steliva, zbytků krmiva a části moči hospodářských zvířat, který opouští stáj. Čerstvá směs se nazývá „chlévká mrva“, teprve uzráním na hnojišti se z něj stává „chlévký hnůj“. Zemědělské podniky s rozvinutou živočišnou výrobou mají problém s legislativními předpisy, a proto musí vyřešit, jak nakládat s chlévkou mrvou. Velká část podniků nemá dostatečné skladovací prostory, kam uložit chlévkou mrvu, než uzraje a je možné jí vyvést na pole. Současné stájové technologie produkují chlévkou mrvu v polotekuté konzistenci. To má za následek problém se skladováním. Mrva v tomto stavu je nejvíce vhodná pro bioplynové stanice. Méně vhodným substrátem je slamnatý hnůj, který se musí před použitím naředit, protože má vysoký podíl sušiny. Běžné BPS nemají technologii přizpůsobenou na zpracování neupravené slamnaté chlévké mrvy. Proto využití tohoto substrátu doprovází řada problémů. Jedním z nich je obsah nežádoucích příměsí (beton, kámen, železo) a následné poškození linky. Dalším problémem může být dlouhá sláma, která klade požadavky na míchací a čerpací techniku. (Stober, 2009)

## 8.3 Kukuřice

Tato plodina má velký výnos biomasy z jednotky plochy. Jedná se o nejčastěji používaný substrát v BPS. Jde o nejvhodnější a nejvíce ekonomický substrát v současné době. Proto řada šlechtitelských firem má zájem na šlechtění kukuřice pro využití na bioplyn. Hlavní rozdíl mezi hybridem, který je určený pro bioplyn, a hybridem určený ke krmení skotu je větší podíl stonků, listů a naopak menší podíl zrna a škrobu. Důvodem je, že více bioplynu se vyprodukuje ze zelených částí rostlin. Proto, aby byla surovina v dostatečné kvalitě a množství, je potřebné správně zvolit kukuřičný hybrid vhodný do bioplynové stanice. Základním parametrem je vysoký výnos hmoty, pevné a odolné stéblo, silný a hluboký kořenový systém. (Prokeš, 2014)

## 8.4 Trvalý travní porost

Travní fytohmota je materiál, který splňuje základní požadavky na substrát pro anaerobní fermentaci, a proto ho lze dobře využít na výrobu bioplynu. Obsahuje vysoké procento organické hmoty, blíží se optimálnímu poměru C:N a obsahuje málo popelovin. Nejvíce se využívá biomasa z lučních porostů, kde je nutná sklizeň v ranější fázi a dále také přebytečná hmota z pastevních porostů. V obou případech je kvalita biomasy ovlivněna botanickým složením porostu. Toto složení je ovlivněno řadou ekologických faktorů a podmínek obhospodařování. V ideálních podmínkách v těchto kulturách převažují trávy nad jetelovinami. Rozmanitost lučních porostů je vysoká, zpravidla se skládá z 50 - 70 druhů rostlin. Je prokázáno, že botanická skladba travních porostů zásadně ovlivňuje výnos, kvalitu píče a následně produkci bioplynu. Případné zamíchání TTP s kejdou podstatně zvyšuje produktivitu bioplynu. (Gerndtová a Andert, 2009)

## 8.5 Žitná siláž z celých rostlin (GPS)

Jeden z dalších zdrojů substrátu pro BPS může být siláž triticales nebo žitná siláž z celých rostlin. Žito má nízké nároky na kvalitu půdy. Mezi jeho silné stránky patří

dobrá tvorba kořenové soustavy, dále schopnost využívat vodu a živiny z půdy. Je vhodné do chladnějších oblastí a lze ho také pěstovat na lehkých půdách. Není náročné na klimatické podmínky. Výnos zrna žita činí přibližně 5 - 6 tun z hektaru, poměr zrna ku slámě cca 1:1,6. Z toho vyplývá celkový výnos do 13 až 15 tun čerstvé hmoty na hektar. Sklizeň žita probíhá v druhé polovině května, tedy dříve, než u kukuřice, a proto může snadno vykrýt období mezi sklizněmi kukuřice. Z ekonomického hlediska jsou náklady na pěstování nižší oproti kukuřici. (CZ Biom, 2009)

## 9 NAVÝŠENÍ VÝKONU BPS CHOTÝČANY

Studie poskytuje analýzu stávajícího provozu bioplynové stanice a možnosti změn v substrátové skladbě při navýšení výkonu BPS. Níže uvedené výpočty jsou pouze teoretickou kalkulací vycházející z obecných normativů a z parametrů monitorovaných BPS provozů. Skutečné hodnoty provozu se od kalkulace mohou odlišovat přibližně v toleranci do 10 %.

### Teoretický propočet spotřeby substrátu

Teoretická kalkulace spotřeby substrátu pro roční provoz kogenerační jednotky Ge Jenbacher 312 při 100% výkonu, roční provoz je kalkulován na 8 600 motohodin.

Tabulka č. 2: Denně zpracovávané substráty

Denní dávkování	t/den	sušina	m <sup>3</sup> /den
Tekuté substráty	15,75	6,5 %	14,32
Pevné substráty	27,98	29,7 %	44,93
<b>Celkem</b>	<b>43,73</b>	<b>21,4 %</b>	<b>59,25</b>

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 3: Denní teoretická produkce digestátu

Produkce digestátu	t/den	m <sup>3</sup> /den
Digestát	43,7	43,04
<b>K uskladnění</b>	43,7	<b>43,04</b>

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 4: Odpovídající množství substrátů pro roční provoz BPS

Substrát	Hmotnost (t/rok)	Objem (m <sup>3</sup> /rok)	VL (%)	OL (%)	VL (t/rok)	OL (t/rok)	Bioplyn (Nm <sup>3</sup> /rok)	Methan (Nm <sup>3</sup> /rok)
Kejda skotu	5 750	5 227	6,5	5,0	374	288	109 773	60 375
Kukuřičná siláž *	7 753	11 928	29,0	27,5	2 248	2 132	1 599 056	831 509
Senáž *	2 459	4 471	32,0	29,8	787	733	420 671	227 162
<b>Celkem</b>	<b>15 962</b>	<b>21 626</b>			<b>3 409</b>	<b>3 152</b>	<b>2 129 500</b>	<b>1 119 047</b>

VL - veškeré látky (celková sušina)  
 OL - organické látky (organická sušina)  
 \* velikost řezanky není větší než 4 cm

Zdroj: Štindl, 2009

## Parametry provozu BPS

Celková minimální doba hydraulického zadržení substrátů ve fermentorech HRT celkové = 73 dnů. HRT hlavního fermentoru = 34,4 dnů. HRT dofermentoru = 38,6 dnů. Celkové organické zatížení reakčního prostoru fermentorů = 2,01 kg OL/m<sup>3</sup>. Organické zatížení hlavního fermentoru = 4,24 kg OL/m<sup>3</sup>.

Tabulka č. 5: Parametry produkovaného plynu

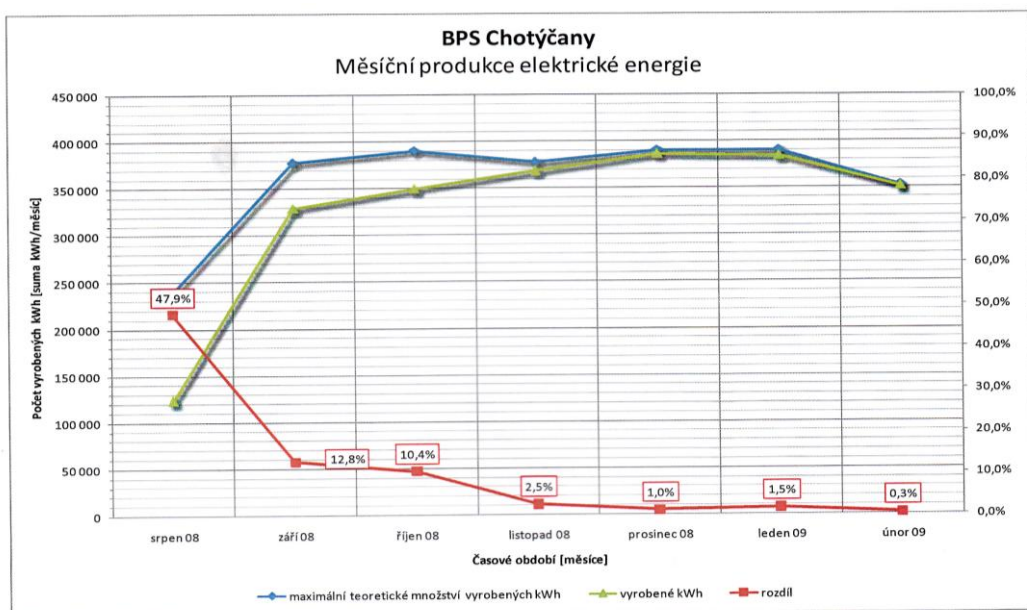
Produkce bioplynu	m <sup>3</sup> /hod	243	*	285	**	14,7 %
Produkce methanu	m <sup>3</sup> /hod	128	*	161	**	20,5 %
Výhřevnost bioplynu	kWh/m <sup>3</sup>	5,25	*	5,64	**	6,8 %
	MJ/Nm <sup>3</sup>	<b>18,92</b>	*	<b>20,30</b>	**	6,8 %
<b>Obsah methanu</b>	% obj.	<b>52,55 %</b>	*	<b>56,40 %</b>	**	6,8 %
Produkce brutto energie / den	MWh/d	30 659	*	38 578	**	20,5 %

\* teoretické hodnoty vztažené k normálním podmínkám 0 °C, 1 013, 25 hPa  
 \*\* provozní hodnoty ovlivněné podmínkami prostředí provozu

Zdroj: Štindl, 2009

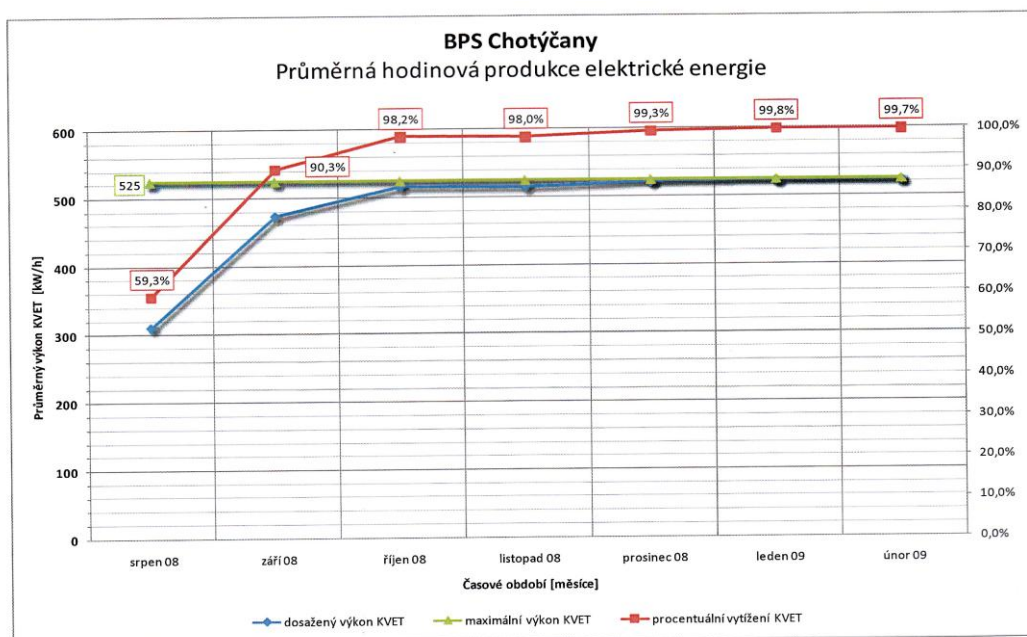
## Stávající parametry provozu (říjen 2008 - leden 2009) a jejich porovnání s teoretickými výpočty

Obrázek č. 2: Měsíční produkce elektrické energie



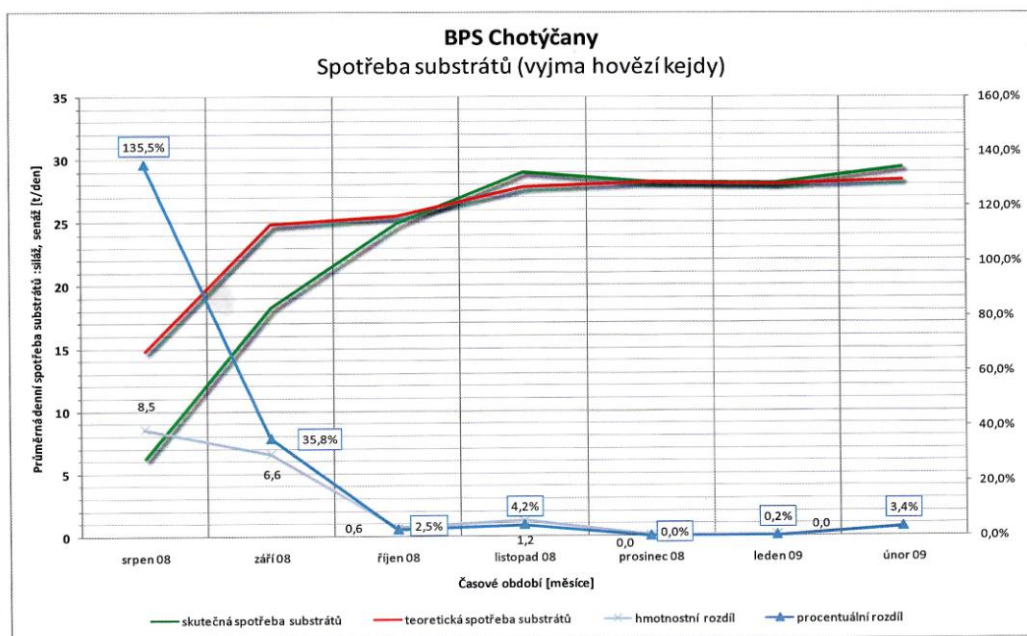
Zdroj: Štindl, 2009

Obrázek č. 3: Průměrná hodinová produkce elektrické energie



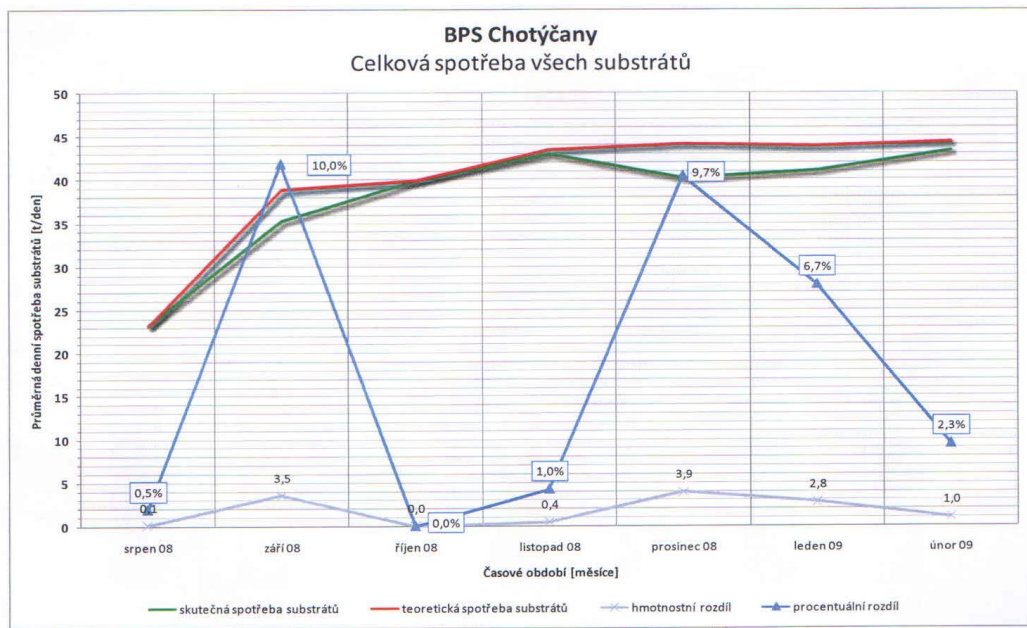
Zdroj: Štindl, 2009

Obrázek č. 4: Spotřeba substrátů (vyjma hovězí kejdy)



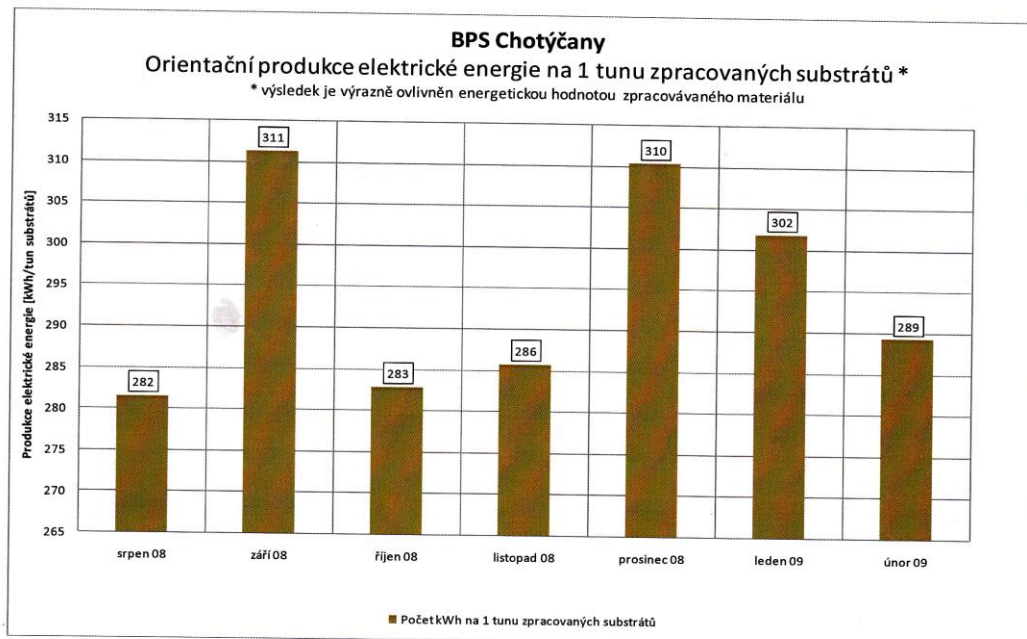
Zdroj: Štindl, 2009

Obrázek č. 5: Celková spotřeba všech substrátů



Zdroj: Štindl, 2009

Obrázek č. 6: Orientační produkce elektrické energie na 1 tunu zpracovaných substrátů

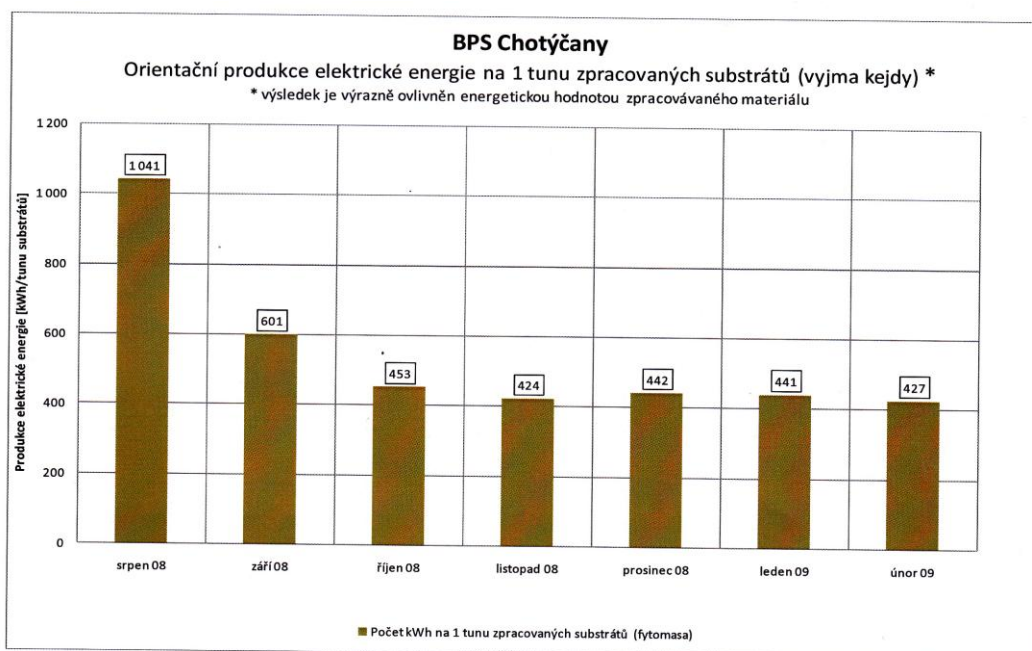


Zdroj: Štindl, 2009

Graf ukazuje orientační produkci elektrické energie na 1 tunu zpracovaných substrátů, výsledky jsou do jisté míry zkresleny kvalitou a množstvím zpracovávaného kejdý a variabilitou v poměrech jednotlivých substrátů.

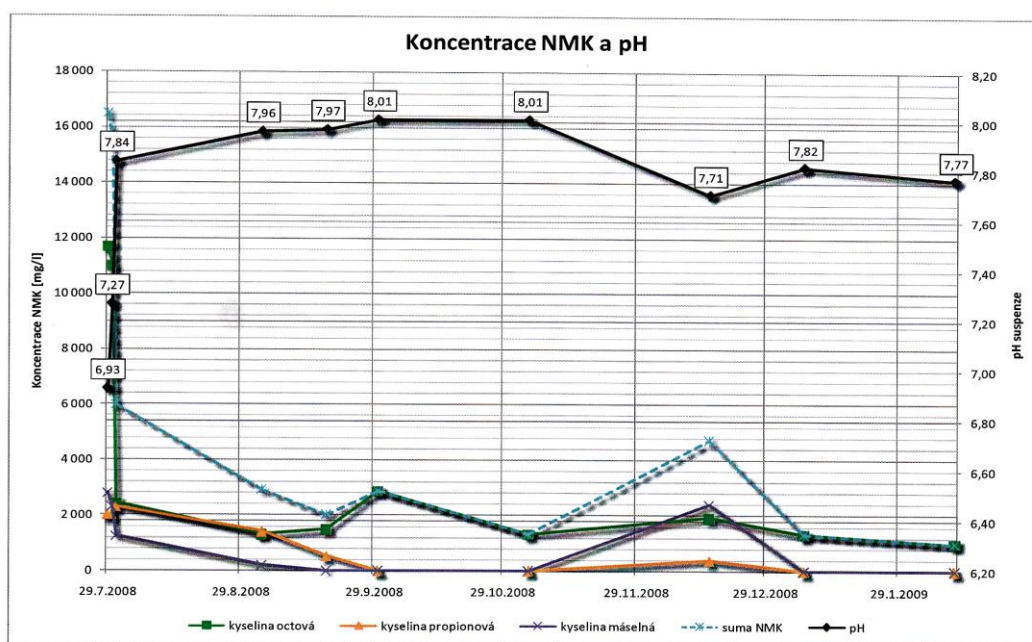


Obrázek č. 7: Orientační produkce elektrické energie na 1 tunu zpracovaných substrátů (vyjma kejdy)



Zdroj: Štindl, 2009

Obrázek č. 8: Koncentrace NMK a pH



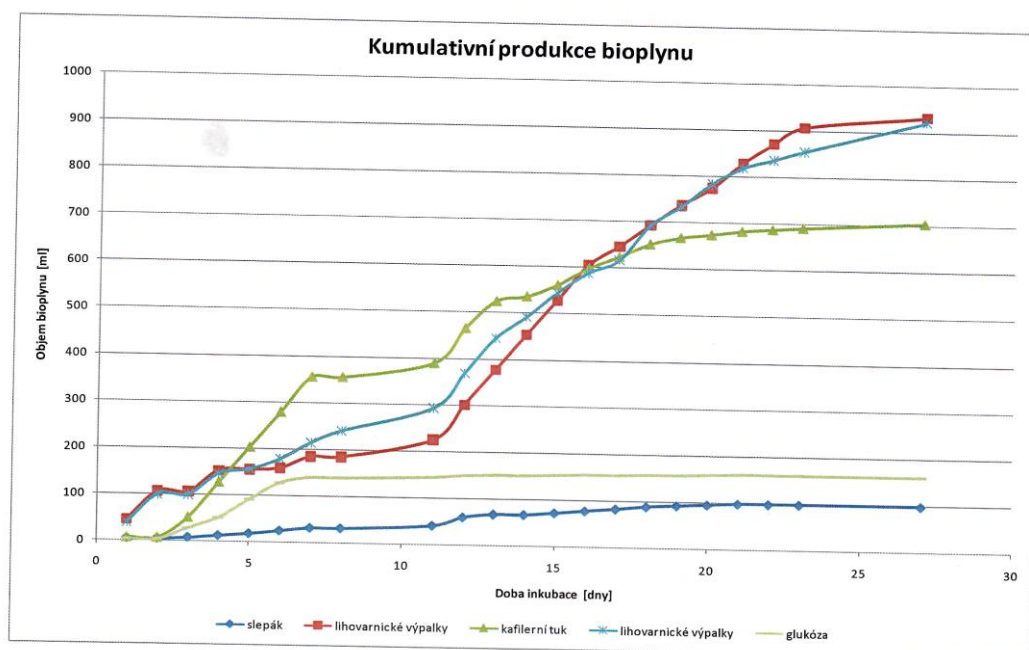
Zdroj: Štindl, 2009

### Laboratorní test methanogenní aktivity

Testy methanogenní aktivity byly prováděny na vzorcích lihovarnických výpalků a kafilerního tuku, jako očkovací látka byla použita procesní suspenze z druhého fermentačního stupně dané BPS. Produkce bioplynu byla monitorována pouze

kvantitativně, organické zatížení testů bylo vztaženo na reálné zatížení procesu BPS (4,5 g/l), teplota inkubace byla 40 °C.

Obrázek č. 9: Kumulativní produkce bioplynu



Zdroj: Štindl, 2009

Cílem testů nebylo stanovit specifickou produkci bioplynu, ale zjistit methanogenní aktivitu zkoušených substrátů v procesní suspenzi.

### Lihovarnické výpalky

Zkoušený substrát vykázal velmi dobrou methanogenní aktivitu, v průběhu testu vykazoval pouze slabé pění. Substrát lze doporučit k běžnému zpracování v BPS, ekonomicky je substrát však výhodný od vyššího obsahu sušiny (nad 5 % hm).

### Kafilerní tuk

Tento substrát vykazoval během testu značnou produkci bioplynu, a to již od prvních dnů fermentace. Produkce bioplynu byla doprovázena nadměrným pění, které bylo způsobeno změnou povrchového napětí kalu (vyšším obsahem dusíkatých látek nad 21 % hm v sušině). Toto je nutné brát v úvahu při jeho aplikaci v BPS, protože nadměrná tvorba pěny může být značným provozním problémem, stejně jako vysoký obsah dusíkatých látek, které mohou potenciálně (při vyšším zatížení volným amoniakem) způsobit inhibici fermentačního procesu (snížení produkce bioplynu). Substrát po stránce biologického procesu lze doporučit pouze v malých doplňujících denních dávkách

### Možnosti navýšení výkonu BPS

#### Varianta 1

Navýšení výkonu při využití většího množství dosavadních substrátů (kukuřičná siláž a travní senáž = GPS).

Tabulka č. 6: Přepokládané vytížení kogeneračních jednotek

Současná kogenerační jednotka	El. výkon (kWh)	Tepelný výkon (kWh)	Počet motohodin za rok	Výkon KVET	El. energie (kWh/8 600h)	Tepelná energie (GJ/8 600h)
GE Jenbacher JMS 312 GS-B.L	525	558	<b>8 600</b>	100 %	4 519 076	17 274
<b>2. kogenerační jednotka</b>						
GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L	249	295	5 671	100 %	1 411 318	6 022
GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L	330	400	4 240	100 %	1 399 398	6 105
Tedom Cento T160 SP BIO CON	160	177	<b>8 601</b>	100 %	1 379 891	5 474
Tedom Cento T180 SP BIO CON	175	223	7 768	100 %	1 358 218	6 229

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 7: Substrátová skladba

Substrát	Hmotnost (t/rok)	Objem (m <sup>3</sup> /rok)	VL (%)	OL (%)	VL (t/rok)	OL (t/rok)	Bioplyn (Nm <sup>3</sup> /rok)	Methan (Nm <sup>3</sup> /rok)
Kejda skotu	5 750	5 227	6,5	5,0	374	288	109 773	60 375
Kukuřičná siláž *	10 550	16 231	29,0	27,5	3 060	2 901	2 175 938	1 131 488
Senáž *	3 120	5 673	32,0	29,8	998	930	533 751	288 226
<b>Celkem</b>	<b>19 420</b>	<b>27 131</b>			<b>4 432</b>	<b>4 119</b>	<b>2 819 461</b>	<b>1 480 088</b>

Denní dávkování	t/den	sušina	m <sup>3</sup> /den
Tekuté substráty	15,75	6,5 %	14,32
Pevné substráty	37,45	29,7 %	60,01
<b>Celkem</b>	<b>53,21</b>	<b>22,8 %</b>	<b>74,33</b>

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 8: Denní teoretická produkce digestátu \*

Produkce digestátu	t/den	m <sup>3</sup> /den
Digestát	53,2	52,37
<b>K uskladnění</b>	<b>53,2</b>	<b>52,37</b>

\* navýšení potřeby zádržné kapacity pro digestát o 1 679,4 m<sup>3</sup> (17,8 %) pro období 180 dnů o 1 120 m<sup>3</sup> pro období 120 dnů.

Zdroj: Štindl, 2009

### Parametry provozu BPS

Celková minimální doba hydraulického zadržetí substrátů ve fermentorech HRT celkové = 58 dnů (snížení o 15 dnů, 20 %). HRT hlavního fermentoru = 27,4 dnů

(snížení o 7 dnů). HRT dofermentorů = 31,8 dnů (snížení o 7,9 dnů). Celkové organické zatížení reakčního prostoru fermentorů = 2,61 kg OL/m<sup>3</sup> (navýšení o 22,9 %). Organické zatížení hlavního fermentoru = 5,54 kg OL/m<sup>3</sup>

### Závěr a doporučení

Kapacita fermentoru umožňuje navýšení dosavadní substrátové základny. Lze však doporučit pouze takové navýšení, které se negativně nepromítne na efektivitě provozu BPS (tzn. takové, při kterém bude zpracováván organický materiál patřičně využíván, rozkládán a nebude vyplavován z procesu bez řádného využití). Lze proto doporučit navýšení dosavadních substrátů: kukuřičná siláž o 26,5 % (cca 2 797 t/rok), travní senáž o 21,1 % (cca 661 t/rok). Toto navýšené množství odpovídá navýšení elektrickému výkonu o 160 kW (kogenerační jednotka Tedom Cento T160 SP BIO CON), a to odpovídá ročnímu navýšení elektrické energie o 1 376 160 kWh (1,37 GWh) a ročnímu navýšení tepelné energie o 1 522 377 kWh (1,52 GWh). Navýšení množství vstupních substrátů by se nemělo v této variantě negativně projevit na provozních parametrech BPS.

### Varianta 2

Při změně poměrů kukuřičné siláže a travní senáže je možné navýšit výkon pro potřeby kogenerační jednotky GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L 250 kW.

Tabulka č. 9: Předpokládané vytížení kogeneračních jednotek

Současná kogenerační jednotka	El. výkon (kWh)	Tepelný výkon (kWh)	Počet motohodin za rok	Výkon KVET	El. energie (kWh/8 600h)	Tepelná energie (GJ/8 600h)
GE Jenbacher JMS 312 GS-B.L	525	558	<b>8 600</b>	100 %	4 519 076	17 274
<b>2. kogenerační jednotka</b>						
GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L	249	295	<b>8 104</b>	100 %	2 016 928	8 606
GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L	330	400	6 059	100 %	1 999 892	8 725
Tedom Cento T160 SP BIO CON	160	177	12 291	100 %	1 972 016	7 823
Tedom Cento T180 SP BIO CON	175	223	11 102	100 %	1 941 042	8 901

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 10: Substrátová skladba

Substrát	Hmotnost (t/rok)	Objem (m <sup>3</sup> /rok)	VL (%)	OL (%)	VL (t/rok)	OL (t/rok)	Bioplyn (Nm <sup>3</sup> /rok)	Methan (Nm <sup>3</sup> /rok)
Kejda skotu	5 750	5 227	6,5	5,0	374	288	109 773	60 375
Kukuřičná siláž *	12 581	19 355	29,0	27,5	3 648	3 460	2 594 831	1 349 312
Senáž *	2 440	4 436	32,0	29,8	781	727	417 421	225 407
<b>Celkem</b>	<b>20 771</b>	<b>29 019</b>			<b>4 803</b>	<b>4 474</b>	<b>3 122 025</b>	<b>1 635 094</b>

Denní dávkování	t/den	sušina	m <sup>3</sup> /den
Tekuté substráty	15,75	6,5 %	14,32
Pevné substráty	41,15	29,7 %	65,18
<b>Celkem</b>	<b>56,91</b>	<b>23,1 %</b>	<b>79,5</b>

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 11: Denní teoretická produkce digestátu \*

Produkce digestátu	t/den	m <sup>3</sup> /den
Digestát	56,9	56,01
<b>K uskladnění</b>	56,9	<b>56,01</b>

\* navýšení potřeby zádržné kapacity pro digestát o 2 350,8 m<sup>3</sup> (23,2 %) pro období 180 dnů, o 1 567 m<sup>3</sup> pro období 120 dnů.

Zdroj: Štindl, 2009

### Parametry provozu BPS

Celková minimální doba hydraulického zadržení substrátů ve fermentorech HRT celkové = 54 dnů (snížení o 19 dnů). HRT hlavního fermentoru = 25,6 dnů (snížení o 8,8 dnů). HRT dofermentoru = 28,7 dnů (snížení o 9,9 dnů). Celkové organické zatížení reakčního prostoru fermentorů = 2,84 kg OL/m<sup>3</sup> (navýšení o 29,2 %). Organické zatížení hlavního fermentoru = 6,02 kg OL/m<sup>3</sup> (navýšení o 30 %)

### Závěr a doporučení

Tato varianta předpokládá razantní navýšení množství dosavadních vstupních substrátů. Toto navýšené množství je počítáno pro 8 100 hodin provozu kogenerační jednotky GE Jenbacher 208 (250 kW) při 100% výkonu. S největší pravděpodobností však nebude možné bez využití jiných energeticky bohatších substrátů danou jednotku provozovat se 100% výkonem celý rok (i s tímto navýšením). A to tak, aby nebyla negativně ovlivněna (snížena) efektivnost využití uváděného množství substrátů. Doporučit lze proto snížení méně energetických substrátů (senáž, siláž), které svým objemem zkracují dobu hydraulického zadržení materiálů ve fermentačním procesu a doplnit je substrátem obsahující více energie na jednotku objemu například jedlými tuky z lapačů či surovým glycerolem.

### Varianta 3A

Navýšení výkonu při využití lihovarnických výpalků a většího množství dosavadních substrátů (kukuřičná siláž a travní senáž GPS).

Tabulka č. 12: Předpokládané vytížení kogeneračních jednotek

Současná kogenerační jednotka	El. výkon (kWh)	Tepelný výkon (kWh)	Počet motohodin za rok	Výkon KVET	El. energie (kWh/8600h)	Tepelná energie (GJ/8600h)
GE Jenbacher JMS 312 GS-B.L	525	558	<b>8 600</b>	100 %	4 519 076	17 274
<b>2. kogenerační jednotka</b>						
GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L	249	295	5 670	100 %	1 411 224	6 021
GE Jenbacher JMS 208 GS-B.L	330	400	4 240	100 %	1 399 325	6 105
Tedom Cento T160 SP BIO CON	160	177	<b>8 600</b>	100 %	1 379 819	5 474
Tedom Cento T180 SP BIO CON	175	223	7 768	100 %	1 358 147	6 228

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 13: Substrátová skladba

Substrát	Hmotnost (t/rok)	Objem (m <sup>3</sup> /rok)	VL (%)	OL (%)	VL (t/rok)	OL (t/rok)	Bioplyn (Nm <sup>3</sup> /rok)	Methan (Nm <sup>3</sup> /rok)
Kejda skotu	5 750	5 227	6,5	5,0	374	288	109 773	60 375
Lihovar. výpalky	521	474	8,4	7,8	44	41	20 634	14 031
Kukuřičná siláž *	10 419	16 029	29,0	27,5	3 022	2 865	2 148 919	1 117 438
Senáž *	3 120	5 673	32,0	29,8	998	930	533 751	288 226
<b>Celkem</b>	<b>19 810</b>	<b>27 403</b>			<b>4 437</b>	<b>4 123</b>	<b>2 813 076</b>	<b>1 480 069</b>

Denní dávkování	t/den	sušina	m <sup>3</sup> /den
Tekuté substráty	17,18	6,7 %	15,62
Pevné substráty	37,09	29,7 %	59,46
<b>Celkem</b>	<b>54,28</b>	<b>22,4 %</b>	<b>75,08</b>

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 14: Denní teoretická produkce digestátu \*

Produkce digestátu	t/den	m <sup>3</sup> /den
Digestát	54,3	53,42
<b>K uskladnění</b>	54,3	<b>53,42</b>

\* navýšení potřeby zádržné kapacity pro digestát o 1 868,4 m<sup>3</sup> (20 %) pro období 180 dnů o 1 245 m<sup>3</sup> pro období 120 dnů.

Zdroj: Štindl, 2009

## Závěr

Přidané množství lihovarnických výpalků (8,4 % hm sušiny) by mělo nahradit přibližně 131 t kukuřičné siláže (29 % hm sušiny) a navýšit potřebu zádržné kapacity pro digestát o 189 m<sup>3</sup> na 180 dnů oproti variantě 1.

## Varianta 3B

Tabulka č. 15: Navýšení výkonu při využití tuků z lapačů a většího množství dosavadních substrátů (kukuřičná siláž a travní senáž GPS).

Substrát	Hmotnost (t/rok)	Objem (m <sup>3</sup> /rok)	VL (%)	OL (%)	VL (t/rok)	OL (t/rok)	Bioplyn (Nm <sup>3</sup> /rok)	Methan (Nm <sup>3</sup> /rok)
Kejda skotu	5 750	5 227	6,5	5,0	374	288	109 773	60 375
Kukuřičná siláž *	9 321	14 340	29,0	27,5	2 703	2 563	1 922 456	999 677
Senáž *	3 120	5 673	32,0	29,8	999	930	533 820	288 263
Zbytky tuků	664	730	44,0	40,5	292	269	202 724	131 771
<b>Celkem</b>	<b>18 855</b>	<b>25 970</b>			<b>4 368</b>	<b>4 050</b>	<b>2 768 773</b>	<b>1 480 086</b>

Zdroj: Štindl, 2009

Tabulka č. 16: Denní teoretická produkce digestátu \*

Produkce digestátu	t/den	m <sup>3</sup> /den
Digestát	51,7	50,85
<b>K uskladnění</b>	51,7	<b>50,85</b>

\* navýšení potřeby zádržné kapacity pro digestát o 1 405 m<sup>3</sup> (15 %) pro období 180 dnů o 937 m<sup>3</sup> pro období 120 dnů.

Zdroj: Štindl, 2009

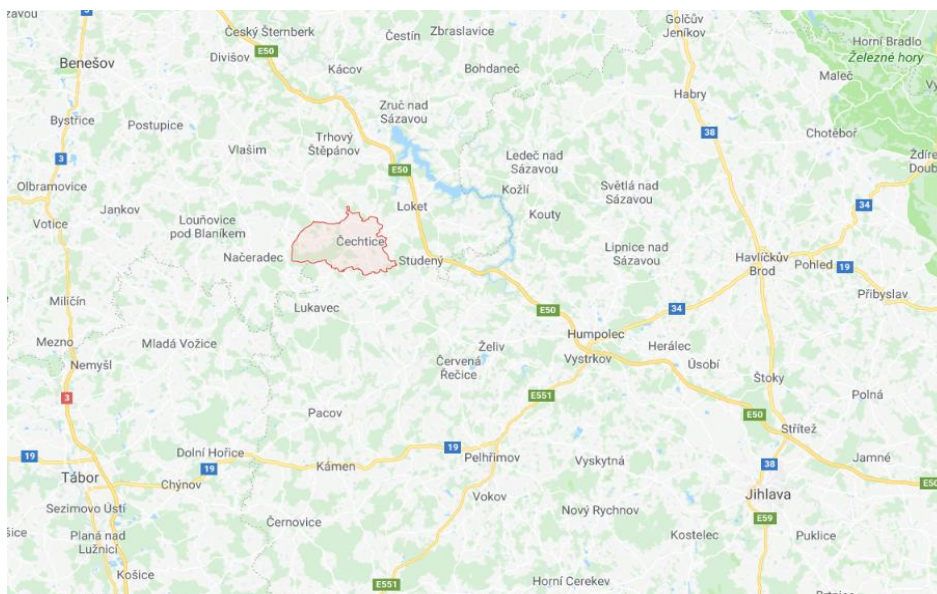
## Závěr

Přidané množství odpadního tuku (44 % hm sušiny) by mělo nahradit přibližně 1 229t kukuřičné siláže (29 % hm sušiny) a snížit potřebu zádržné kapacity pro digestát o 274 m<sup>3</sup> na 180 dnů oproti variantě 1.

## 10 BIOPLYNOVÁ STANICE V BRAŇCE - ČECHTICE

BPS se nachází v městysu Čechtice v nadmořské výšce 480 až 550 m nad mořem ve Středočeském kraji, okres Benešov. Bioplynová stanice se nachází přímo v areálu Zemědělského družstva Čechtice v severovýchodním kraji městysu, které je zároveň jejím provozovatelem.

Obrázek č. 10: Mapa umístění bioplynové stanice V Braňce - Čechtice



Zdroj: <https://www.google.cz/maps/place/257+65+%C4%8Cechtice/@49.5882353,15.232728,10z/data=!4m5!3m4!1s0x470c8b521a7d3c57:0x400af0f6614d7e0!8m2!3d49.624028!4d15.048245>

Obrázek č. 11: Letecká mapa umístění bioplynové stanice V Braňce - Čechtice



Zdroj: <https://mapy.cz/letecka-2015?x=15.0519583&y=49.6239710&z=16&l=0>



## 11 POPIS STAVBY BPS V BRAŇCE - ČECHTICE

Stanice byla stavěna jako novostavba, uvedená do provozu v roce 2011. Bioplynová stanice se nachází přímo v areálu Zemědělského družstva Čechtice, kde je přímá návaznost na distribuci vstupních surovin (hnůj, kejda), a díky tomu nedochází ke zvýšené dopravní zátěži, ale naopak ke snížení zápachu, vzniklého ze skladování těchto produktů.

BPS zpracovává chlévskou mrvu, kukuřičnou siláž, travní siláž, GPS a šrot ze zemědělské produkce družstva. Předpokládaná roční kapacita bioplynové stanice je okolo 25 000 t zpracovaného materiálu. Novostavba bioplynové stanice řeší problematiku zpracování statkových hnojiv a biomasy jejich energetickým využitím. Řízenou anaerobní fermentací vzniká bioplyn, který je spalován v kongregační jednotce a pomocí generátoru přeměněn na elektrickou energii. Druhotným produktem kongregace je teplo, které je využito k vytápění vlastního družstva a městyse Čechtice.

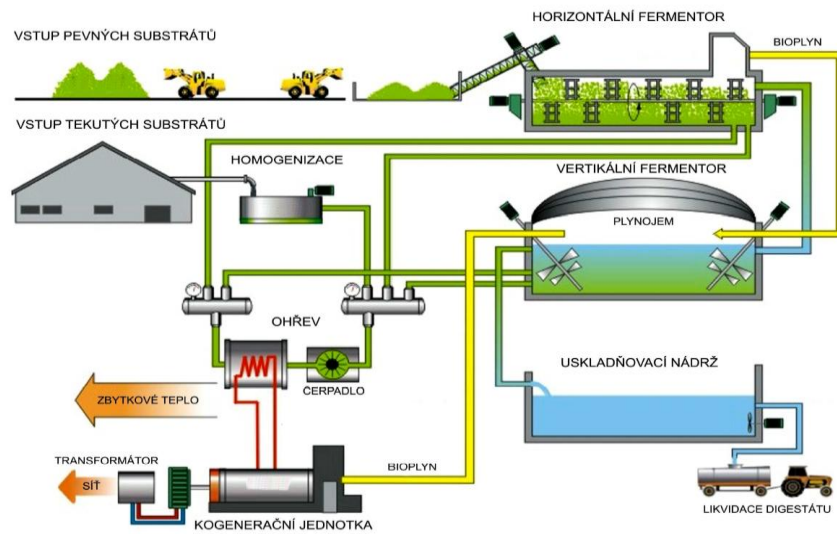
Tabulka č. 17: Technická data

Druh BPS	Zemědělská
Typ technologie	Biogas Hochreiter GmbH
Instalovaný elektrický výkon	1 137 kW
Instalovaný tepelný výkon	1 146 kW
Vlastní spotřeba tepelného výkonu	138 kW
Využitelný tepelný výkon mimo BPS	999 kW
Instalovaná technologie	motory 2 x 600 kW : typ Deutz TCG 2016 V12C 1 x dvoustupňový fermentor 1 x dofermentor 1 x jímka sklad digestátu

Zdroj: Urbanová, 2011

Stavba bioplynové stanice V Braňce se skládá z několika částí: dávkovacího zařízení na tuhou složku, dvoustupňového fermentoru, dofermentorů s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu, z koncového skladu, skladu digestátu, technického sklepa s přečerpávací jednotkou, technické budovy (kongregace) s kogenerační jednotkou a z rozvodů pro předání elektrického proudu do trafostanice.

Obrázek č. 12: Technologické schéma zemědělské bioplynové stanice



Zdroj: <http://www.pelu.estranky.cz/clanky/bioplynova-stanice/bioplynova-stanice.html>

## 11.1 Dávkovací zařízení

Dávkovací zařízení na tuhou složku slouží k zásobování fermentoru nečerpateľnou biomasou, jako je např. siláž. Dávkovač na tuhou složku je tvořen zásobníkem s posuvnou podlahou, která je doplněna systémem elektricky poháněných šneků. Zařízení je umístěno v těsné blízkosti fermentoru a opatřeno snímačem hmotnosti, který napomáhá určit přesné množství dávkované suroviny. Vstupní suroviny se dopravují dopravními šneky z podávacího zařízení do fermentoru. Fermentor pro udržení stabilní a nepřerušované výroby plynu musí být několikrát denně v konkrétně stanovených časových intervalech zásobovaný živinami. Je nutné, aby dávkování bylo plně automatické. Dávkovač má zásobník o objemu 50 m<sup>3</sup>, siláž je do zásobníku navážena čelním nakladačem v intervalu dvakrát denně. Denní množství čerstvého substrátu činí 80 tun. Součástí dávkovacího zařízení jsou i dvě jímky na tekutou složku. Jedná se o kruhové jímky na kontaminované vody/silážní šťávy a kejdu z vlastní produkce, které jsou využity při ředění vstupní suroviny ve fermentoru.

Obrázek č. 13: Dávkovací zařízení



Zdroj: Fotografie Ondřej Kadleček

## 11.2 Dvoustupňový fermentor (kruh v kruhu)

Dvoustupňový fermentor je základním stavebním kamenem celé bioplynové stanice. Ve fermentoru probíhá anaerobní proces a dochází tak k rozmnožování mikrobiální kultury. Obsah fermentoru je 4 800 m<sup>3</sup>. Jedná se o dvě nádrže, z nichž vnější je o průměru 32 m a vnitřní o průměru 18 m s výškou 6,0 m. Celkově se jedná o železobetonovou jímku, která je tvořena základovou deskou z vodotěsného železobetonu a ze shora je zastřešena železobetonovou monolitickou deskou. Obnovitelné druhy surovin (např. travní siláž) se přivádí dávkovacím zařízením na tuhou složku. Fermentory jsou mezi sebou a s koncovým skladem propojeny jednak přepadovým potrubím, ale i tlakovým potrubím. Dopravuje-li se kvasný substrát do fermentoru, odtéká přepadovým potrubím stejné množství následně do koncového skladu. Pro odstranění plovoucích vrstev a homogenizaci substrátu a jeho míchání jsou fermentory vybaveny ponornými motorovými míchadly. Další funkcí míchadel je, že při vysokém obsahu sušiny lze obsah fermentorů čerpat a dopravovat potrubím. K řízení teploty a procesu ve fermentorech se používá teplovodní oběhové topení. Vyhřívání je zajištěno vodou z kongregační jednotky. Oblasti stěn, které jsou v kontaktu se zemí, jsou z vnější strany izolovány 8 cm tlustými deskami z extrudovaného polystyrenu. Celková doba procesu vstupních surovin do koncového skladu je 120 dní.

Obrázek č. 14: Dvoustupňový fermentor (kruh v kruhu)



Zdroj: <http://www.agrifair.cz/component.php?cocode=section&seid=407>

### 11.3 Dofermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu

V dofermentoru probíhají hlavní procesy fermentace, je zde produkován bioplyn a dále slouží jako sklad fermentačních zbytků. Z fermentoru bioplynové stanice přetéká vykvašený substrát přepadovým potrubím do skladu digestátu. Dofermentor je železobetonová nádrž o průměru 36,6 m s výškou 7,0 m, tvořená základovou deskou a stěnami z vodotěsného železobetonu. Dále je zastřešena z celé části plynojemem s plynotěsným víkem neseným vznikajícím bioplymem. Víko se skládá ze dvou fólií opěrnými vzduchovými polštáři. Kapacita uskladňovací nádrže činí 2 5250 t/rok. Objem dofermentoru je 6 311 m<sup>3</sup>. Dofermentor je plynotěsně uzavřen kuželovitě řezanými fóliemi (materiál fólie PVC vyztužená tkaninou, spodní fólie vysoce elastický PE) a spodní upínací lištou. Mezi oběma kuželovými fóliemi se pomocí vnějšího radiálního dmyhadla a přetlakové klapky vytváří optimální přetlak. Tento velmi nízký tlak se přenáší přes PE membránovou fólii na prostor fermentoru a současně tak vytváří systémový tlak bioplynu. Surový plyn vyráběný anaerobním procesem je v nízkotlakých zásobnících plynu nad hladinou substrátu. Tlakové jištění nízkotlakého skladování plynu ve fermentorech je zajištěno vhodně dimenzovanými přetlakovými a podtlakovými pojistkami bioplynu. Přířez fólie vytváří navenek kuželovité přetlakové víko z PVC fólie vyztužené tkaninou. Prostor, vzniklý pod tímto nafukovacím kuzelem, slouží k tomu, aby PE membránová fólie mohla v závislosti na výrobě bioplynu stoupat nebo klesat, a přitom být chráněná před povětrnostními vlivy. Jedná se o systém vzduchem neseného víka, s velmi lehkou,

ze dvou plastových fólií složenou konstrukcí, bez tuhých nebo kovových dílů, k pokrytí neseného vzduchu. Surový plyn se kontrolovaným přidáváním vzduchu do prostoru s plynem odsiřuje a po vysušení kondenzací vodní páry se přivádí k energetickému využití v kongregační jednotce. Kondenzát, vznikající při vysušení bioplynu, se bez zbytků přivádí zpět do anaerobního procesu.

Obrázek č. 15: Dofermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu



Zdroj: Fotografie Ondřej Kadleček

#### **11.4 Technický sklep – přečerpávací jednotka**

Jedná se o zastřešený prostor mezi koncovým skladem a fermentorem, přičemž stěny mezi nádržemi jsou tvořeny železobetonem. V tomto prostoru je umístěna přečerpávací jednotka, umožňující přečerpání substrátu mezi fermentory a koncovým skladem. Čerpací centrum je umístěno v prostoru u paty fermentoru, konkrétně v šachtě pod úrovní dna. Odváděný substrát je čerpán z koncového skladu do remenátu u odběrného místa. Technický sklep je přístupný z venkovního prostoru mezi fermentorem a koncovým skladem.

#### **11.5 Technická budova – kogenerace**

Jedná se o zděný objekt (prefabrikátové tvárnice) o rozměru 14,00 m x 7,80 m s panelovým stropem a pultovým zastřešením. Objekt se skládá ze dvou samostatných místností. Místnost pro kogenerační jednotku a místnost, kde je hlavní elektrický rozvaděč a řídicí centrum biostanice. Místnost s kogenerační jednotkou (umístěny 2 kusy spalovacích motorů) a elektrorozvodna jsou mezi sebou propojeny. Z venkovního prostoru je jednoramenné ocelové schodiště do půdního prostoru. Zde jsou umístěny výměníky tepla a tlumiče hluku výfukového vedení. Pro energetickou přeměnu bioplynu na elektrický proud a teplo se používá

kongregační jednotka tvořena dvěma kongregačními jednotkami s plynovým motorem 2 x 600 kW. Plynový motor od výrobce MWM (Deutz), typ TCG 2016 C V12, čtyřtákní zážehový dvanáctiválcový motor o obsahu 26 dm<sup>3</sup>, výkonu 600 kW, který je spojen se synchronním třífázovým generátorem. Tepelný výkon jednotky činí 2 x 573 kW. Místnost je odvětrávána mechanicky, pomocí ventilátorů. Čerstvý vzduch se přivádí přes ventilátor pro přívod vzduchu. Pro nouzové vypnutí spalovacích motorů se mimo technickou budovu kongregační jednotky nachází i nouzový vypínač. Při výpadku motoru lze bioplyn skladovat několik hodin, a to v zásobníku plynu – membránovém plynojemu nad železobetonovou nádrží, než se aktivuje zařízení ke snížení přetlaku. Další produkce plynu se sníží přerušením přívodu živin do zařízení. Při odstávce kongregačních jednotek se aktivuje fléra, zařízení pro spalování přebytečného plynu, která je umístěná 15 m od ostatních stavebních objektů. K fléře je z koncového skladu veden nadzemní plynovod.

Obrázek č. 16: Kongregační jednotka



Zdroj: Fotografie Ondřej Kadleček

## 11.6 Jímka na kontaminované vody a sklad digestátu

Jímka je tvořena otevřenou železobetonovou kruhovou nádrží o průměru 41,0 m. Objem jímky je 10 681 m<sup>3</sup>. Zde je uskladňována hmota po ukončení technologického procesu, která je využita ke hnojení zemědělské půdy v rámci plánu organického hnojení. Vyvážení jímky se provádí dvakrát ročně.

Obrázek č. 17: Jímka na kontaminované vody a sklad digestátu



Zdroj: Fotografie Ondřej Kadleček

### **11.7 Silážní žlab I. a II. a jímka na kontaminované vody a silážní štávy**

Jedná se o další stavby pro skladování surovin pro provoz BPS. Dvoukomorový neprůjezdný žlab I. o rozměru 32,4 m x 16,6 m + 51,9 m x 15,6 m s osovou vzdáleností 14,4 m. Základní nosný systém tvoří „T“ betonové panely o výšce 4,0 m, vždy ze třech stran po obvodu plata. Silážní žlab II. je též ze systému panelů ve tvaru „T“ o rozměru 45,9 m x 15,6 m + 56,4 m x 17,1 m s výškou 4,0 m.

Oba silážní žlaby jsou napojeny na jímku o průměru 11,6 m, tvořenou z voděodolného betonu, která je částečně zapuštěná v zemi a slouží pro skladování kontaminované vody (silážní štávy), která je využita při ředění surovin ve fermentoru nebo se případně přečerpává do koncového skladu. Dále je zde vybudovaná kanalizace, propojující tuto jímku s čerpacím místem v technickém sklepě. Jako výdejní místo pro odvoz přebytečných kontaminovaných vod je využito výdejní místo BPS, včetně centrálního čerpadla, umístěného v technickém sklepě bioplynové stanice. Dále je možné centrálním a podzemním kanalizačním potrubím přečerpávat štávy do fermentoru či koncového skladu.

### **11.8 Přípojka vysokého napětí, trafostanice**

V areálu pro provoz je vybudována trafostanice, která se nachází v těsném sousedství kongregační jednotky. Je to nadzemní trafostanice, která je samostatným objektem. Venkovní vedení vysokého napětí (dále jen „VN“) vede severovýchodně od trafostanice. Z upraveného místa tohoto venkovního vedení VN je proveden kabelový svod VN do trafostanice. Součástí komplexu je trafostanice, která se nachází v kontejneru. Trafostanice dodává proud do sítě, ale zároveň i pro budovy v areálu.

## 11.9 Plynovod, fléra

Od fermentoru a koncového skladu vede nadzemní plynovod ke kongregační jednotce. Nadzemní plynovod mezi nádržemi a kongregační jednotkou je umístěn ve výšce 3,0 m. Dále jsou pomocí plynovodu propojeny plynové prostory fermentoru a koncového skladu. U strojovny začíná plynové zařízení hlavním uzávěrem plynu. Druhý plynovod vede od koncového skladu k fléře nouzovému hořáku spalujícímu přebytečný plyn. Hořák je umístěn na volné ploše na betonovém základu v dostatečné vzdálenosti 15 m od okolních nadzemních objektů. Plynový hořák je konstruován jako zařízení s otevřeným hořením s vysokonapětovým zapalováním. Vysoká účinnost hořáku zajišťuje nízkou produkci emisí. Cílem použití hořáku zbytkového plynu je zabránění vypuštění nespáleného bioplynu do volné atmosféry. K unikání nespáleného bioplynu má být zabráněno tak, aby nemohlo dojít k žádným problémům s ochranou proti požáru a explozi nebo zatížením pachy. Toto technologické zařízení je v provozu jen při fázi uvedení do chodu, při výpadku provozu kogenerační jednotky a při nadměrné produkci plynu.

Obrázek č. 18: Fléra



Zdroj: Fotografie Ondřej Kadleček

## 11.10 Teplovod

Jedná se o podzemní, tepelně izolované potrubí, přivádějící topnou vodu ohřátou ve výměníku kongregační jednotky do fermentoru a zpět pak vratnou vodu. Pro vlastní technologickou spotřebu tepla se využívá průměrně 30 % produkovaného tepla. Přebytečné teplo je odváděno teplovodem k vytápění části městyse Čechtice.



Tabulka č. 18: Vstupní suroviny při provozu BPS

Vstupní surovina	Roční dávka (t/rok)	Denní dávka (t/den)	Obsah sušiny (% hm)	Obsah org. sušiny (% hm. suš)	Množství plynu z org. složky (m <sub>3</sub> /t)	Výsledný poměr C/N
Chlévská mrva se separátem	5 000	13,7	16	83	450	18/1
Chlévská mrva	5 000	13,7	22	83	450	20/1
Kukuřičná siláž	6 900	18,9	32	90	800	31/1
Travní siláž	4 000	11,0	34	90	600	35/1
GPS	3 900	10,7	35	90	690	35/1
Šrot	450	1,2	89	85	700	30/1
Celkem	25 250	69,2	24,0			23,4

Zdroj: Urbanová, 2011

## 12 NÁVRH OPATŘENÍ VEDOUCÍCH KE ZVÝŠENÍ BPS V BRAŇCE

### 1) Optimalizace již stávající BPS

Zlepšení výkonnosti bioplynové stanice lze dosáhnout optimalizací provozu již stávající stanice. Jedná se o zabezpečení optimálních podmínek stávajících technologických komponentů a optimalizace anaerobního procesu. Zejména se jedná o zajištění dostatku kvalitních surovin a jejich vhodné dávkování, provádění dostatečného míchání v reaktoru, dodržení technologických parametrů procesu zabezpečení konstantní teploty a pH, správného zatížení a dodržení doby zdržení.

### 2) Volba skladby substrátu a jeho úprava

Další možností zvýšení výkonu BPS je volba skladby substrátu a jeho lepší úprava před zpracováním. Zvýšení biologické rozložitelnosti a tím i vyšší výtěžnosti metanu závisí na složení substrátu, na obsahu sacharidů, tuků, proteinu, na podílu celulózy, hemicelulóz a ligninu. Podnik v současné době neprovádí žádnou předúpravu substrátu, proto navrhuji tyto možnosti předúpravy surovin.

**Mechanické metody** - patří sem různé způsoby dezintegrace (rozpadu) tuhých složek substrátu drcení, mletí, macerování. Zmenšením velikosti částic dochází ke zvětšení celkového povrchu a ke zlepšení přístupnosti organických látek v substrátu enzymatickému rozkladu.

**Fyzikální metody** - ionizující záření, termická hydrolýza a ultrazvuk. Termická předúprava může být pasterizace při 70 °C nebo hydrogenizace při 130 °C podle druhu surovin, obě metody fungují jako termická hydrolýza a zvyšují výtěžnost bioplynu.

**Chemické metody** - patří sem působení alkálií, kyselin nebo oxidačních činidel, které vede k destrukci složitých organických látek-hydrolýze.

**Biotechnologické metody** - podstatou této metody je přidávání různých enzymů a mikroorganismů za účelem zlepšení anaerobního rozkladu

### **3) Lepší využitelnost odpadního tepla**

V současné době podnik využívá pro vlastní potřebu jen 30 % produkovaného tepla. Přebytkové teplo je odváděno teplovodem k vytápění části městyse Čechtice. Navrhují možnost zvýšení vlastní spotřeby tepla za účelem výstavby provozu sušárny obilí nebo sušení dřeva.

## **13 PROVOZ BPS A JEJÍ VLIV NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ**

Z hlediska ochrany životního prostředí může mít provoz bioplynové stanice vliv na ovzduší z hlediska emisí znečišťujících látek a zápachu, může být zdrojem hluku, může ovlivňovat kvalitu povrchových a podzemních vod, kvalitu půd a vzhled krajiny.

Jsou posuzovány tyto vlivy:

- 1) Dopravní zatížení a hluk.
- 2) Emise vypouštěné do ovzduší.
- 3) Odpadní vody.

### **13.1 Dopravní zatížení a hluk**

Provozováním BPS dochází zejména k hluku na pozemní komunikaci a provozu zemědělského areálu bioplynové stanice. Zdrojem hluku pro venkovní prostředí jsou především mobilní mechanismy zajišťující obsluhu BPS, navážení vstupních surovin pro provoz stanice a vyvážení fermentačních zbytků ke hnojení na pole. Doprava mimo areál je vyčíslena v množství: vstupy 15 250 t/rok a výstupy 22 629 t/rok, celkově k přepravě 37 879 t/tok. Sklizeň a s tím spojené navážení surovin pro provoz BPS je především v období – kukuřice (6 900 t) – uprostřed září během 14 dní; senáž (4 000 t) – sklízí se ve dvou sečích, první koncem července a druhá koncem září, celkem asi 20 dní, GPS (3 900 t) – počátek června během 10 dní, šrot (450 t). Průměrný denní počet jízd (při průměrné nosnosti dopravního prostředku 10 t) je pro návoz kukuřice 49 jízd, pro senáže 20 jízd a pro GPS 39 jízd denně. Hnojení digestátem je v období od půlky června a pak od počátku srpna do konce září. Celkově se jedná o 100 dní (pracovních) aplikace digestátem. Při aplikaci digestátu je využíván zapravovač s cisternou o objemu 15 m<sup>3</sup> a celkové nosnosti 19 tun. Navýšení denní dopravy o průměrně  $22\ 629/15/100 = 15$  jízd denně. Během 10 dní uprostřed září dochází ke kumulaci dopravy při navážení kukuřice a trávy k silážování a zároveň při hnojení digestátem. V této době je lokalita zatížena maximálním počtem jízd (49 + 15 = 64 jízd za den). Je předpokládáno, že zatížení hlukem nepřesahuje 50 dB (čerpáno z hlukové studie). Vzdálenost od nejbližší zástavby bydlení je 300 m. (Smetana, 2009)

Limity podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, stanovuje hodnoty hluku způsobeného dopravou na

pozemních komunikacích a drahách. Pro silnice III. třídy, komunikace III. třídy a účelové komunikace v denní době 55 dB, v noční době 45 dB. Dále lze podle ust. § 12 odst. 6 věty třetí lze použít další korekci + 5 dB pro hluk na pozemních komunikacích a drahách. Jedná se tedy o hodnoty v denní době 60 dB a v noční době 50 dB. Dalším zdrojem hluku zejména pro pracovní prostředí je kongregační jednotka - (cca 90 dB), která je provozována 24 hodin denně. Proto musí obsluha při vstupu do místnosti kongregační jednotky používat prostředky k ochraně sluchu. Objekt kongregační jednotky je situován ve stávajícím areálu a zároveň je cloněn stávajícími objekty zemědělského areálu a tím dochází k eliminaci emisí hluku. (Smetana, 2009)

Lze tedy říci, že hluk z provozu bioplynové stanice a s tím související obslužné dopravy pouze nevýznamně přispěje ke stávající hlukové zátěži v území, ne však nad hodnoty hygienických limitů pro chráněné venkovní prostředí a chráněné venkovní prostředí staveb.

### 13.2 Emise vypouštěné do ovzduší

Činnost bioplynových stanice se dotýká životního prostředí v lokalitách, kde jsou provozovány.

#### Emise do ovzduší

Emise do ovzduší jsou rozděleny na několik druhů.

#### A. Bodové zdroje

BPS je považována za vyjmenovaný stacionární zdroj znečišťování ovzduší podle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon č. 201/2012 Sb.“) – výroba bioplynu je zařazena pod kódem 3.7 této přílohy. Spalování bioplynu v kogeneračních jednotkách spadá v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší pod kód 1. 2. – spalování paliv v pístových motorech o celkovém jmenovitém tepelném příkonu více než 5 MW. (Smetana, 2009)

#### Specifické emisní limity a technické podmínky provozu

Bioplynová stanice jsou určeny vyhláškou č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší v plném znění.

Tabulka č. 19: Emisní limity

Emisní limity [mg/m <sup>3</sup> ]						Vztažné podmínky
TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	sulfan H <sub>2</sub> S	Amoniak NH <sub>3</sub>	
150	2 500	500	800	10	50	A

Zdroj: Zákon č. 415/2012 Sb.

**Informace o provozovně**

Rok: 2015

Aktualizováno: 03.02.2018 11:56 SEČ

Základní údaje	
Název:	Zemědělské družstvo Čechtice - farma - Čechtice
NACE:	015000
Ulice, č.p./č.o.:	V Braňce 238
PSC, Obec:	257 65 Čechtice
Lokalizace	
Zeměpisné souřadnice:	49° 37' 25.097" sš 15° 3' 3.176" vd
Adresní místo (ADM):	14303922
Emise [t]	
tuhé znečišťující látky	0,126
oxid siřičitý	0,122
oxidy dusíku	15,395
oxid uhelnatý	32,271
organické látky vyjádřené jako TOC	1,649
Doplňující údaje	
Celkový příkon provozovny [MW]:	3,9
Paliva ze spalovacích procesů	
bioplyn	
Paliva pro technologie	
Přehled vyjmenovaných zdrojů	
1.1.a. Spalování paliv v kotlích o celkovém jmenovitém tepelném příkonu od 0,3 MW do 5 MW včetně	
1.2.a. Spalování paliv v pístových spalovacích motorech o celkovém jmenovitém tepelném příkonu od 0,3 MW do 5 MW včetně	
3.7. Výroba bioplynu	

Zdroj: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web\\_generator/plants/CZ020/212501302\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/212501302_CZ.html)

Vzhledem k tomu že anaerobní fermentace probíhající v BPS je řízená a uzavřená v hermetickém prostoru, nedochází k úniku pachových látek. Fermentací dochází k rozkladu organické hmoty mikroorganismy a k uvolnění bioplynu, který je možno dále využívat. Bioplyn je bezbarvý plyn tvořený převážně metanem ( $\text{CH}_4$ ) a oxidem uhličitým ( $\text{CO}_2$ ). Může obsahovat ještě malé množství dusíku ( $\text{N}_2$ ), sulfanu ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), vody ( $\text{H}_2\text{O}$ ), ethanu ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) a dalších nižších uhlovodíků. (Smetana, 2009)

Zdrojem emisí souvisejících s provozem stanice je především kongregační jednotka, kde dochází ke spalování bioplynu a tím k pohánění generátoru pro výrobu síťového napětí. V našem případě se jedná o dva motory, každý o elektrickém výkonu 600 kW (Deutz TCG 2016V12C). (Smetana, 2009)

**Parametry motoru - elektrický výkon 600 kW:**

- množství bioplynu  $268 \text{ Nm}^3 / \text{hod}$  (při výhřevnosti  $19 \text{ MJ/Nm}^3$  a příkonu v palivu  $1\,413 \text{ kW}$ ),
- obsah  $\text{CH}_4$  53 % základní data pro spaliny – bioplyn,
- $\text{CO}_2$  39 % základní data pro spaliny – bioplyn,
- další složky (především  $\text{O}_2$  a  $\text{N}_2$ ) – 8 %,
- maximální koncentrace  $\text{H}_2\text{S}$  250 ppm po odsíření,
- vztažná koncentrace kyslíku  $\text{O}_2$  je 5 %,
- obsah  $\text{N}_{\text{ox}}$  v obou případech menší než  $500 \text{ mg/Nm}^3$ , vše při přepočtu na 5% zbytkového  $\text{O}_2$  ve spalinách,
- údaje o spalinách: hmotnostní tok vlhkých spalin  $2\,972 \text{ kg/hod}$ .

Dalším zdrojem možných emisí je občasný provoz zařízení k likvidaci odpadních plynů (fléry), která je v provozu v případě odstavení kongregační jednotky z důvodu např. provádění servisu. Protože technologie výroby bioplynu neumožňuje přerušení

procesu fermentace, je instalace hořáku zbytkového plynu (fléry) nezbytná. Pro tento zdroj znečištění ovzduší platí závazné podmínky provozu zařízení na spalování odpadních plynů dle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb., které zařízení splňuje. (Smetana, 2009)

### **Závazné podmínky provozu zařízení na spalování odpadních plynů:**

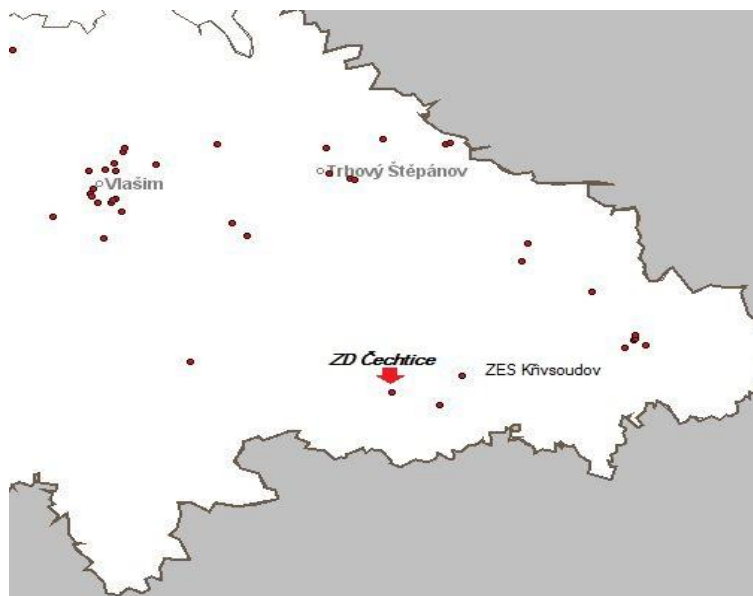
Všechna (i nouzová) zařízení k likvidaci odpadních plynů se konstruuje tak, aby při spalování odpadních plynů bylo zabezpečeno optimální vedení spalovacího režimu a snižování emisí znečišťujících látek do ovzduší. Nejvýše přípustná tmavost kouře je dána emisním limitem. Odcházející kouř nesmí být tmavší než 2. stupeň při měření a hodnocení Ringelmannovou stupnicí. Při zapalování odpadního plynu na fléře a po dobu nejdéle 10 minut může tmavost kouře dostoupit do úrovně 3. stupně Ringelmannovy stupnice. (Smetana, 2009)

### **B. Pachové látky**

Jako jeden ze zásadních problémů spojených s provozem BPS se jeví zápach, který může mít různé příčiny. Zřídka je zdrojem zápachu vlastní unikající bioplyn. Častěji jde o zápach z nedostatečně rozložené organické hmoty. Pokud je organická hmota ve fermentoru kratší dobu, výsledný digestát silně zapáchá. Správná doba zpracování (zdržení) se mění podle použitých surovin. Je tedy potřeba pečlivě sledovat složení vstupních surovin. Další pachové problémy u BPS vznikají výhradně, pokud by byly jako vstupní surovina přidávány kofermentáty (např. odpady z jatek), v našem případě tato surovina v BPS není likvidována. Emise z těchto pachových látek lze vyloučit. Na základě provedených rozborů digestátu již z jiných realizovaných BPS lze jeho vlastnosti (týkající se obsahu dusíku) popsat takto: celková sušina: 3 – 12 %, dusík N v sušině: 2 – 10 %. Dle zkušeností s danými typy zpracovávaných substrátů a na základě analýz byl stanoven poměr C:N v surovinách na vstupu, který činí C:N = 23,4. Tato hodnota je v mezích doporučených hodnot. V tomto případě, lze očekávat, že množství dusíku v sušině bude cca 5 – 7 % (velký podíl složek rostlinného původu). Vstupní surovina s poměrem C/N 23,4/1 se pohybuje v optimálním poměru C/N pro bezproblémový a bezzápachový proces. Dle přílohy č. 2 nařízení vlády č. 615/2006 Sb., je zpracování statkových hnojiv (chlévkové mrvy) v BPS referenční a ověřenou technologií snižující emise amoniaku (jedna z nejčastěji hodnocených pachových látek ze zemědělské výroby) s účinností až 85 % (procento snížení emisí amoniaku). Tento fakt potvrzuje, že spojení chovu hospodářských zvířat s využitím exkrementů jako vstupní suroviny do BPS, je nejúčinnější technologií snižování pachových látek produkované živočišné výroby. Technologie zpracování chlévkové mrvy a ostatních organických surovin ze zemědělské prvovýroby ve fermentoru znamená značné snížení emisí pachových látek. Produkované fermentační zbytky – digestát jsou anaerobně stabilizované a nezapáchají. Doba zdržení digestátu ve fermentoru přesahuje 149 dní, což je zárukou eliminace zápachu. Bioplyn je před spalováním veden přes odsířovací jednotku. Samostatným bodem je vznik zápachu při aplikaci digestátu, příp. separátu na zemědělské pozemky. V tomto případě jsou v plánu organického hnojení vyčleněny zemědělské pozemky poblíž sídel, kde se vyžaduje okamžité zapravení digestátu pod povrch zemědělské půdy. Dalším pozitivním faktorem je výběr lokality, umístění stavby BPS na závětrné straně vzhledem k bytové zástavbě, přepravní trasy zapáchajícího materiálu a dobré rozptylové podmínky pachových látek v oblasti s obydlí zástavbou (výsledek rozptylové studie). Závěrem lze

konstatovat, že při dodržení technologických postupů a konstrukční bezpečnosti zařízení by nemělo docházet k úniku zápachových látek. (Smetana, 2009)

Obrázek č. 20: Český hydrometeorologický ústav – Zdroje znečišťování za rok 2015 – Středočeský kraj, okres Benešov

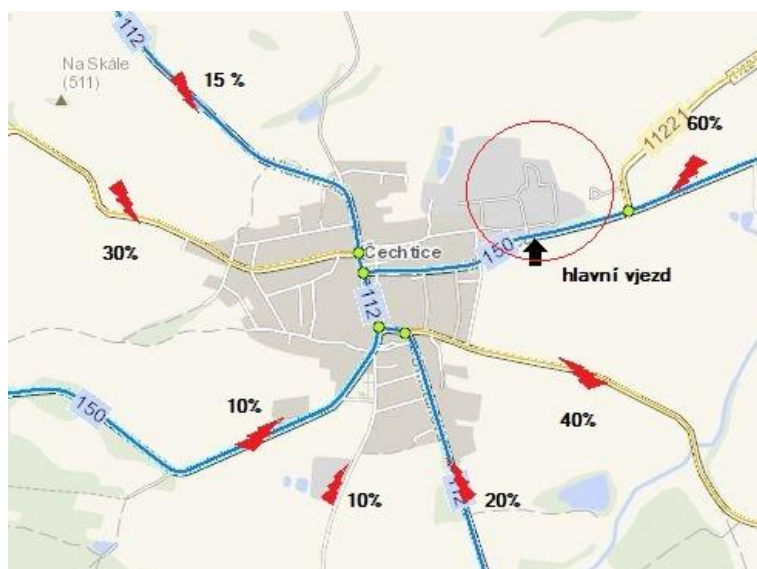


Zdroj: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web\\_generator/plants/benesov\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/benesov_CZ.html)

### C. Liniové zdroje

Dalším zdrojem znečištění ovzduší – liniovým zdrojem, je pohyb motorových vozidel zajišťujících dopravní obsluhu bioplynové stanice – navážení siláže a ostatních organických materiálů, vyvážení fermentačních zbytků na pole apod. Zde se jedná o prach z komunikací a výfukové plyny z vozidel. Průměrný pohyb osobních automobilů, nákladních automobilů a traktorů s nastartovaným motorem v areálu je max. 5 minut na vozidlo. Doprava mimo areál je dána množstvím vstupu 15 250 t/rok a výstupu 22 629 t/rok, celkem k přepravě 37 879 t/rok. Průměrný denní počet jízd (při nosnosti dopravního prostředku 10 t) je pro návoz kukuřice k silážování 49 jízd, pro senážování 20 jízd a pro GPS 39 jízd denně v době červen – září. Doby sklizně jednotlivých substrátů se nepřekrývají, a proto bereme v úvahu hodnotu max. 49 jízd za den. Hnojení digestátem se provádí v období od půlky března do půlky června a pak od počátku srpna do konce září. Při aplikaci je využit zapravovač s cisternou o objemu 15 m<sup>3</sup> a celkové nosnosti 19 tun. Celkově aplikace digestátu trvá 100 dní. Navýšení denní dopravy je 15 jízd denně. Při posuzování liniového zdroje znečištění je nutno si uvědomit, že i před vybudováním BPS docházelo k zatížení dopravou v lokalitě v období sklizně, stejně jako k hnojení polí. Naopak po výstavbě bioplynové stanice došlo ke snížení dopravy chlévské mrvy mimo areál družstva na polní hnojiště a zároveň ke snížení zápachu při přepravě. (Smetana, 2009)

Obrázek č. 21: Dopravní zatíženost komunikace



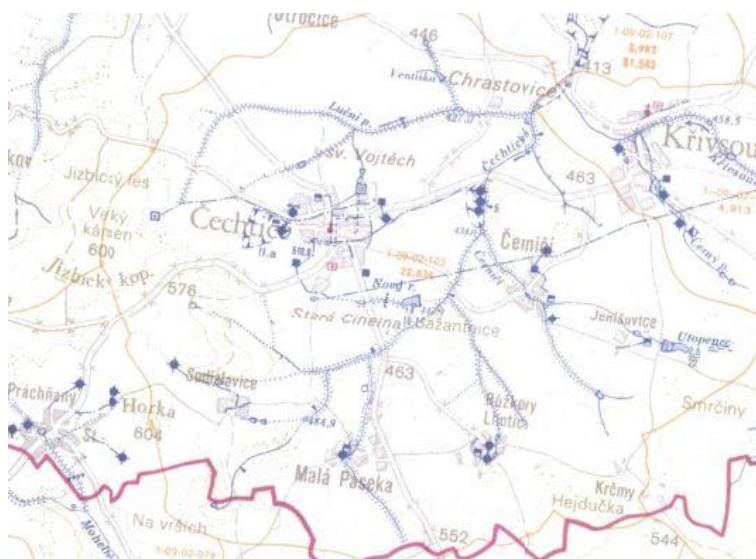
Zdroj: [https://www.rsd.cz/wps/portal/web/mapaprojektu/!ut/p/a1/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOK9Pb09DZ2cDbzdjQ0MDRzNXFyNTX1CDAwMDIEKIoEKnN0dPUzMfYAiJhZGBp4uTh4u5paBgaeZsTpN8ABHA0I6Q\\_XjwIrweCsaI8VhTkhkYYZDoqAgCJ8XUV/###stavby?filters\[\]=Stavb](https://www.rsd.cz/wps/portal/web/mapaprojektu/!ut/p/a1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOK9Pb09DZ2cDbzdjQ0MDRzNXFyNTX1CDAwMDIEKIoEKnN0dPUzMfYAiJhZGBp4uTh4u5paBgaeZsTpN8ABHA0I6Q_XjwIrweCsaI8VhTkhkYYZDoqAgCJ8XUV/###stavby?filters[]=Stavb)

Závěrem lze konstatovat, že liniový zdroj není pro okolní území významný. Množství látek, které jsou produkovány dopravními prostředky, je zanedbatelné.

### 13.3 Odpadní vody

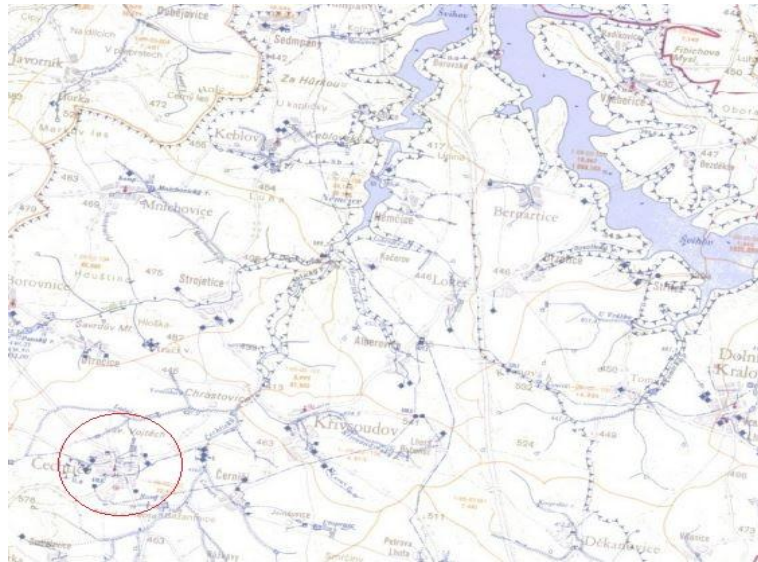
Povrchová voda – území s BPS patří do povodí Vltavy, konkrétně do závodu Dolní Vltava, hydrogeologické povodí č. 1-09-02-105/0- Želivka. Páteřním tokem území je Želivka, která je přítokem Sázavy. Na vodním toku Želivka je situovaná vodní nádrž Švihov, kde levostranným přítokem je Sedlický potok, do kterého se vlévá Čechtický potok, situovaný východním směrem od území s bioplynovou stanicí. Území se nachází v ochranném pásmu III. stupně VN Švihov na řece Želivce.

Obrázek č. 22: Obrázek vodopisu



Zdroj: [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fheis.vuv.cz%2Fdata%2Fwebmap%2Fisapi.dll%3Fmap%3Dmp\\_heis\\_mapyvodaarchiv%26TMPL%3DAJAX\\_MAIN%26IFRAME%3D1%26LEGEN\\_HIDE%3D0%26QUERY\\_SELECTION%3D1%26FULLTEXT\\_CHECKED%3D1&h=ATNMJJxRqxJ0IzBtt67LGp2WihzCeLHTjPDP0YWqGcujeXBUBdy8YLyLpHWUGOikxuV47HurNVrOJ5QpuBwMK9o4DeSFiawTXW1rBf2ynF5kerZ\\_FVciPg](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fheis.vuv.cz%2Fdata%2Fwebmap%2Fisapi.dll%3Fmap%3Dmp_heis_mapyvodaarchiv%26TMPL%3DAJAX_MAIN%26IFRAME%3D1%26LEGEN_HIDE%3D0%26QUERY_SELECTION%3D1%26FULLTEXT_CHECKED%3D1&h=ATNMJJxRqxJ0IzBtt67LGp2WihzCeLHTjPDP0YWqGcujeXBUBdy8YLyLpHWUGOikxuV47HurNVrOJ5QpuBwMK9o4DeSFiawTXW1rBf2ynF5kerZ_FVciPg)

Obrázek č. 23: Obrázek vodopisu



Zdroj: [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fheis.vuv.cz%2Fdata%2Fwebmap%2Fisapi.dll%3Fmap%3Dmp\\_heis\\_mapyvodaarchiv%26TMPL%3DAJAX\\_MAIN%26IFRAME%3D1%26LEGEN\\_HIDE%3D0%26QUERY\\_SELECTION%3D1%26FULLTEXT\\_CHECKED%3D1&h=ATNMJJxRqxJ0IzBtt67LGp2WihzCeLHTjPDP0YWqGcujeXBUBdy8YLyLpHWUGOikxuV47HurNVrOJ5QpuBwMK9o4DeSFiawTXW1rBf2ynF5kerZ\\_FVciPg](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fheis.vuv.cz%2Fdata%2Fwebmap%2Fisapi.dll%3Fmap%3Dmp_heis_mapyvodaarchiv%26TMPL%3DAJAX_MAIN%26IFRAME%3D1%26LEGEN_HIDE%3D0%26QUERY_SELECTION%3D1%26FULLTEXT_CHECKED%3D1&h=ATNMJJxRqxJ0IzBtt67LGp2WihzCeLHTjPDP0YWqGcujeXBUBdy8YLyLpHWUGOikxuV47HurNVrOJ5QpuBwMK9o4DeSFiawTXW1rBf2ynF5kerZ_FVciPg)

Nekontaminované dešťové vody (ze střech, čistých komunikací a ploch zeleně) jsou odváděny převážně odtokem po terénu bez vyvinuté vodoteče. Kontaminované dešťové vody jsou svedeny do akumuláční jímky a zpracovány v procesu fermentace společně s ostatní biomasou. Silážní šťavy jsou též odváděny do akumuláční jímky a dále zpracovány. Kontaminovaná voda a digestát se soustřeďují v betonové jímce se skladovací kapacitou více než 6 měsíců. Jímka je zajištěna proti přívalovým vodám z okolí. Všechny skladovací jímky a nádrže jsou provedeny z vodotěsného betonu, osazené betonovým dnem min. 0,5 m nad hladinou podzemní vody. Jímky na tekuté podíly jsou osazeny detekčním systémem úniku. (Smetana, 2009)

Závěrem lze konstatovat, že při řádném provozování jímek včetně kontroly hladiny v jímkách a včasného vyvážení a držení bezpečnosti při manipulaci se závadnými látkami pro vodu nedojde k narušení podzemních a povrchových vod.

### 13.4 Celkové zhodnocení vlivu BPS na životní prostředí

Vlastní provoz bioplynové stanice se na znečištění ovzduší podílí emisemi  $\text{NO}_x$  a  $\text{CO}_x$  a v zanedbatelném množství také dalších látek, které jsou produkovány dopravními prostředky. Ty jsou v ovzduší dle shora uvedených skutečností obsaženy v natolik nízké koncentraci, že se jejich vliv na ovzduší nijak negativně neprojeví. Liniové zdroj (pohyb motorových vozidel zajišťujících obsluhu BPS) nejsou pro zájmové území významné. Z hlediska vlivu stavby na životní prostředí jsou vlivy provozu zanedbatelné.



Za pozitivní přínosy anaerobní fermentace je třeba označit následující:

- Výroba bioplynu a jeho následné energetické využití, má velmi pozitivní vliv na životní prostředí v důsledku omezení produkce skleníkových plynů.
- Řízená anaerobní fermentace zabezpečuje jímání metanu (bioplynu) a jeho energetické využití zamezí úniku do atmosféry. Metan CH<sub>4</sub> jako energetická složka bioplynu vzniká i ve volné přírodě při samovolném rozkladu organické hmoty (tlení).
- Řízená fermentace stabilizace biomasy (zamezení dalšího rozkladu, odstranění zápachu a hygienických rizik). Při samovolném rozkladu organické hmoty dochází ke značné emisi pachových látek a existují i další hygienická rizika (mikroorganizmy, hmyz). Bioplyn je obnovitelné palivo.
- Vhodnou vzdáleností umístěním bioplynové stanice od obytného území, dodržováním technologických a provozních postupů lze konstatovat, že stavba BPS nemá negativní vliv na životní prostředí.

## 14 ZÁVĚR

Úvodní část práce jsem zaměřil zejména na teoretické poznatky, kde jsem se věnoval obecnému pojmu bioplynová stanice a stručnému popisu jednotlivých druhů těchto stanic. V další části jsem se věnoval pojmu bioplyn a jeho složení a s tím související vznik a jeho následné využití.

Kapitola zaměřená na faktory ovlivňující efektivnost bioplynové stanice byla jednou z hlavních cílů mé bakalářské práce. Jednotlivě jsem zmínil i faktory, mezi které patří výkupní cena elektrické energie, cena vstupních surovin, kvalita technologie, podmínky vzniku bioplynu a předúprava substrátu. Hlavní a nejčastěji využívané substráty pro provoz bioplynových stanic jsou kejda, chlévský hnůj, kukuřice, trvalý travní porost a žitná siláž celých rostlin (GPS). Také jsem zmínil digestát, což je odpad, který vznikl při výrobě bioplynu v BPS.

Druhou část práce tvoří studie, která se zabývá navýšením výkonu bioplynové stanice v Chotýčanech. Studie poskytuje analýzu stávajícího provozu stanice a možnosti změn v substrátové skladbě, která vede k navýšení výkonu BPS a tím k vyšší efektivnosti.

Třetí část práce je věnována konkrétní bioplynové stanici, kterou jsem si sám zvolil, tj. BPS V Braňce - Čechtice. Hlavním cílem bylo plné využití kapacitních možností a maximální efektivity BPS s optimálním využitím stávající technologie, zlepšení a využití daných či jiných substrátů při zvýšení výtěžnosti bioplynu.

V poslední části práce navrhuji opatření vedoucí ke zvýšení efektivity BPS V Braňce - Čechtice a její vliv na životní prostředí.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. **CZ Biom - České sdružení pro biomasu.** *Průvodce výrobou a využitím bioplynu Biom.cz.* [online]. 2009 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: [https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce\\_vyrobou\\_vyuzitim\\_bioplynu.pdf](https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu.pdf)
2. **DOHÁNYOS, M.** *Závislost výtěžku metanu na složení a předúpravě suroviny.* [online]. 2013. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/zavislost-vytezku-metanu-na-slozeni-a-preduprave-suroviny.html>
3. **DOHÁNYOS, M.** *Zvyšování efektivity fermentace - nejnovější poznatky ve výzkumu.* *Biom.cz.* [online]. 2009. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/z/odborne-clanky/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovjsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi>. ISSN 1801-2655.
4. **GERNDTOVÁ, I. a ANDERT, D.** *Využití travních směsí při anaerobní digesti.* *Biom.cz.* [online]. 2009. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-travnich-smesi-pri-anaerobni-digesti>
5. **HRŮZA, R. a STOBER K.** *Co ovlivňuje efektivitu provozu bioplynové stanice.* *Biom.cz.* [online]. 2009. [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/co-ovlivnuje-efektivitu-provozu-bioplynove-stanice>. ISSN 1801-2655.
6. **JELÍNEK, A.** *Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel.* Praha: Agrospoj, 2001. ISBN 80-239-4234-4.
7. **KAJAN, M.** *Bioplyn z odpadů živočišné výroby.* *Biom.cz.* [online]. 2005. [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby>. ISSN 1801-2655.
8. **KÁRA, J., HUTLA, P. a PASTOREK, Z.** *Fermentace vlhkých organických materiálů - výroba plynu.* České Budějovice: JU České Budějovice, 2001.
9. **KUŽEL, S. a kol.** *Jak efektivně využít digestát.* *Energie 21.* [online]. 2010. [cit. 2018-02-14] Dostupné z: <http://energie21.cz/jak-efektivne-vyuzit-digestat/>
10. **MUŽÍK, O. a KÁRA, J.** *Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR.* *Biom.cz.* [online]. 2009. [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>. ISSN 1801-2655.
11. **Nazeleno.cz.** *Bioplynová stanice.* [online] NetDirect MediaCentrik, 2018. [cit. 2017-09-30]. Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>. ISSN 1803-4160.
12. **PANČÍKOVÁ, J.** *Digestáty a jejich využití v zemědělství.* *Úroda.cz.* [online]. 2016. [cit. 2018-02-23]. Dostupné z: <http://uroda.cz/digestaty-a-jejich-vyuziti-vzemedelstvi/>

13. **PASTOREK, Z., KÁRA, J. A JEVIČ, P.** *Biomasa obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 8086534065.
14. **POSPÍŠIL, L.** *Výzkum „suché“ anaerobní fermentace různých druhů biomasy za účelem výroby bioplynu*. *Biom.cz*. [online]. 2011. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz-kapalna-biopaliva/odborne-clanky/vyzkum-suche-anaerobni-fermentace-ruznych-druhu-biomasy-za-ucelem-vyroby-bioplynu>. ISSN 1801-2655.
15. **PROKEŠ, A.** *O efektivním provozu BPS rozhoduje i použitý substrát*. *Energie 21.cz*. [online]. 2014. [cit. 2018-01-23]. Dostupné z: <http://energie21.cz/o-efektivnim-provozu-bps-rozhoduje-i-pouzity-substrat/>
16. **SCHULZ, H. a EDER B.** *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-86167-21-6.
17. **SMETANA, L.** *Rozptylová studie a odborný posudek podle zákona č. 86/2002 Sb. V Braňce (BN) Bioplynová stanice – kogenerace*. Praha: Atelier 111 architekti s.r.o., 2009.
18. **STOBER, K.** *Bioplynové stanice a chlévská mrva*. *Bgs-biogas.cz*. [online]. 2009. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.bgs-biogas.cz/2012/02/28/bioplynov%C3%A9-stanice-chlevska-mrva/>
19. **STRAKA, F. a DOHÁNYOS M.** *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. Praha: GAS, 2006. ISBN 80-7328-090-6.
20. **STRAKA, F. a CIAHOTNÝ K.** *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. Praha: GAS, 2010. ISBN 978-80-7328-235-6.
21. **STUDENÍK, J. a SVITAVSKÝ, M.** *Energie větru, vody, biomasy*. místo neznámé: Code Creator s.r.o., 2014. ISBN 978-80-88058-08-3.
22. **ŠTINDL, P.** *Studie navýšení výkonu bioplynové stanice Chotýčany*, počet stran 10, 2009.
23. **TRANAVSKÝ, J.** *Možnosti intenzifikace produkce bioplynu*. *Biom.cz*. [online]. 2013. [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-intenzifikace-produkce-bioplynu>. ISSN 1801-2655.
24. **URBANOVÁ, B.** *Rozšíření zemědělské bioplynové stanice V Braňce – Čechtice*. Praha: Atelier 111 architekti s.r.o., 2011.
25. **VÁŇA, J. a SLEJŠKA A.** *Bioplyn z rostlinné biomasy: (studijní zpráva)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. Studijní informace. ISBN 80-86153-92-4.
26. **VÁŇA, J.** *Využití digestátu jako organického hnojiva*. *Biom.cz*. [online]. 2007. [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>. ISSN 1801-2655.

- 27. WARD, A. J., a kol.** *Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources*. místo neznámé: Elsevier, 2008. pp. 7928-7940. (2008).
- 28.** Zákon č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákona České republiky*, 2017, s. 5330-5416. ISSN 1211-1244. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=38360.pdf>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Schéma čtyřfázové anaerobní digesce .....	13
Obrázek č. 2: Měsíční produkce elektrické energie .....	22
Obrázek č. 3: Průměrná hodinová produkce elektrické energie .....	23
Obrázek č. 4: Spotřeba substrátů (vyjma hovězí kejdy) .....	23
Obrázek č. 5: Celková spotřeba všech substrátů .....	24
Obrázek č. 6: Orientační produkce elektrické energie na 1 tunu zpracovaných substrátů .....	24
Obrázek č. 7: Orientační produkce elektrické energie na 1 tunu zpracovaných substrátů (vyjma kejdy).....	25
Obrázek č. 8: Koncentrace NMK a pH .....	25
Obrázek č. 9: Kumulativní produkce bioplynu .....	26
Obrázek č. 10: Mapa umístění bioplynové stanice V Braňce - Čechtice.....	32
Obrázek č. 11: Letecká mapa umístění bioplynové stanice V Braňce - Čechtice....	32
Obrázek č. 12: Technologické schéma zemědělské bioplynové stanice.....	34
Obrázek č. 13: Dávkovací zařízení .....	35
Obrázek č. 14: Dvoustupňový fermentor (kruh v kruhu).....	36
Obrázek č. 15: Dofermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu.....	37
Obrázek č. 16: Kongregační jednotka .....	38
Obrázek č. 17: Jímka na kontaminované vody a sklad digestátu.....	39
Obrázek č. 18: Fléra .....	40
Obrázek č. 19: Informace o provozovně rok 2015.....	44
Obrázek č. 20: Český hydrometeorologický ústav – Zdroje znečišťování za rok 2015 – Středočeský kraj, okres Benešov.....	46
Obrázek č. 21: Dopravní zatíženost komunikace.....	47
Obrázek č. 22: Obrázek vodopisu .....	47
Obrázek č. 23: Obrázek vodopisu .....	48

## SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Složení bioplynu .....	11
Tabulka č. 2: Denně zpracovávané substráty .....	21
Tabulka č. 3: Denní teoretická produkce digestátu .....	21
Tabulka č. 4: Odpovídající množství substrátů pro roční provoz BPS .....	21
Tabulka č. 5: Parametry produkovaného plynu .....	22
Tabulka č. 6: Předpokládané vytížení kogeneračních jednotek .....	27
Tabulka č. 7: Substrátová skladba.....	27
Tabulka č. 8: Denní teoretická produkce digestátu * .....	27
Tabulka č. 9: Předpokládané vytížení kogeneračních jednotek .....	28
Tabulka č. 10: Substrátová skladba.....	28
Tabulka č. 11: Denní teoretická produkce digestátu * .....	29
Tabulka č. 12: Předpokládané vytížení kogeneračních jednotek .....	30
Tabulka č. 13: Substrátová skladba.....	30
Tabulka č. 14: Denní teoretická produkce digestátu * .....	30
Tabulka č. 15: Navýšení výkonu při využití tuků z lapačů a většího množství dosavadních substrátů (kukuřičná siláž a travní senáž GPS).....	31
Tabulka č. 16: Denní teoretická produkce digestátu * .....	31
Tabulka č. 17: Technická data .....	33
Tabulka č. 18: Vstupní suroviny při provozu BPS .....	41
Tabulka č. 19: Emisní limity.....	43