

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**  
**KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Bioplynová výroba Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal ŠMALCL**

Osobní číslo: **E17B0136P**

Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**

Studijní obor: **Technická ekologie**

Název tématu: **Bioplynová výrobní Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o.**

Zadávatel katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Uveďte uspořádání bioplynových stanic (varianty provozu, energetické toky, atd.).
2. Zhodnoťte stávající stav využití zbytkového tepla z kogeneračních jednotek bioplynových výroben.
3. Popište bioplynovou výrobní Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o. a proveďte ekonomické vyhodnocení jejího chodu.
4. Posuďte výrobní jako centrální zdroj tepla pro obec Maňovice (náhrada kotlů na pevná paliva).

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

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


Seznam odborné literatury:

1. Internetové zdroje.
2. Podklady z výroby.
3. Obnovitelné zdroje energie. FCC Public 2001.


Vedoucí bakalářské práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **5. října 2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. června 2019**



Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.  
děkan



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

V Plzni dne 5. října 2018

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá vyličením problematiky bioplynových stanic, rozdělením jejich technologií, vysvětlením procesu anaerobní digesce a následným popisem využití bioplynu, jakožto hlavním produktem fermentace. Dalším předmětem práce je vyhodnocení využití odpadové tepelné energie vyrobené na kogenerační jednotce. Jedním z diskutovaných témat v oblasti bioplynu je právě tepelná energie a její využití, které ještě donedávna bylo takřka nulové. Kvůli nabytí nároku na dotaci se v omezené míře začala využívat pro spotřebu bioplynové stanice. V současné době se stále zvyšuje počet BPS, které vyprodukované teplo odvádí do teplovodu vedoucího do přistavěných zemědělských spotřebičů (sušičky, skleníky) či do domácností jako zdroj vytápění či na ohřev teplé vody. Bioplynová stanice Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o. je jednou z nich a právě jí je věnována poslední část práce. Je zde popsána technologie procesu a dále je provoz vyhodnocen z hlediska energetiky i ekonomiky.

**Klíčová slova** - bioplyn, bioplynové stanice, kogenerace, elektrická a tepelná energie

**ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with issue of biogas plants, division of applied technology, explanation of fermentation process, and utilization of biogas as the main product of the process. The next subject is an analysis of thermal energy usage, which has been produced by cogeneration unit. The utilisation of such energy was almost none in the past and this has also become one of the disputed topics. Due to the possibility of acquiring grants, some of the energy has been put to use in stations themselves. Many biogas plants send excess heat into heat network leading to other agricultural appliances (driers, green-houses) or to households. The last part of the thesis is dedicated to biogas plant Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o as it is one of plants that utilise excess heat. In the part, the process of technology is explained as well as is the operation evaluated from the economic and energetic point of view.

**Keywords** - biogas, biogas plant, cogeneration, electrical and thermal energy

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci "Bioplynová výrobná Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o." vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím pravdivě a úplně v seznamu použité literatury.

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

.....

podpis

V Plzni dne 29.5.2019

Michal Šmalcl

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat Prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za odbornou pomoc při vypracování mé bakalářské práce a umožnění její realizace pod jeho jménem.

Dále mé poděkování patří panu Václavu Šilhavému, vedoucímu výroby BPS Mileč – Maňovice, panu starostovi obce Mileč Ing. Václavu Kováři za poskytnuté informace a panu Ing. Ivu Příborskému, jednateři EU-energy s.r.o. za poskytnuté materiály a informace.

**OBSAH**

Úvod .....	9
Cíl práce .....	10
1 Bioplynová stanice .....	10
1.1 Vývoj bioplynových stanic .....	10
1.2 Legislativa vztahující se k provozu BPS .....	11
1.3 Rozdělení bioplynových technologií .....	11
1.4 Technologie výrobních postupů BPS .....	13
1.4.1 Dávkovací zařízení .....	13
1.4.2 Fermentor .....	13
1.4.3 Skladovací nádrže .....	14
1.4.4 Další důležité součásti technologie BPS .....	15
2 Bioplyn .....	15
2.1 Principy vzniku bioplynu.....	16
2.2 Faktory ovlivňující anaerobní fermentaci.....	18
2.3 Úprava a čištění bioplynu .....	19
2.4 Skladování bioplynu .....	19
2.5 Energetická účinnost bioplynu .....	20
3 Využití bioplynu.....	21
3.1 Spalování v kotlích .....	22
3.2 Kogenerace .....	22
3.3 Trigenerace .....	23
3.4 Palivové články.....	23
3.5 Zásobování plynovodní sítě.....	23
3.6 Bioplyn v dopravě .....	24
4 Bioplynová výrobná Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o. ....	25
4.1 Základní informace.....	25
4.2 Technologie provozu .....	25



---

4.3	Používané substráty .....	28
5	Energetická a ekonomická bilance BPS .....	30
5.1	Energetická bilance BPS Mileč-Maňovice .....	30
5.1.1	Bilance elektrické energie v letech 2015-2018 .....	30
5.1.2	Ekologické zhodnocení při výrobě elektrické energie .....	35
5.1.3	Bilance tepelné energie .....	36
5.2	Ekonomická bilance BPS Mileč-Maňovice .....	37
6	Zhodnocení efektivnosti provozu .....	39
6.1	Využití tepla pro obec Mileč .....	40
	Závěr .....	41
	Seznam použité literatury .....	43
	Seznam tabulek, grafů a obrázků .....	46

## Úvod

Světové zásoby fosilních paliv se neustále snižují, proto je v dnešní moderní době nutné řešit alternativní zdroje energie. Alternativními zdroji energie rozumíme vodní, větrnou a sluneční elektrárnu. V rámci České republiky však tyto zdroje neslaví svůj úspěch – často u nich narážíme na problémy ve spojitosti se členitostí terénu, nebo s přístupem k velkým vodním plochám. Potíže dále vidíme též v nákladech na výstavbu a údržbu, které dosahují nemalých částek.

Jeden ze zdrojů energie, který se začal úspěšně realizovat, je zpracování biomasy anaerobní digescí. Bioplynové stanice se zpravidla staví přímo na pozemcích zemědělského družstva a z velké části jsou soběstačné z hlediska vstupního substrátu. Jednu z obrovských výhod má bioplynová stanice ve zpracování biologicky rozložitelného odpadu z domácností i průmyslu. Při spalování bioplynu se nezvyšuje podíl CO<sub>2</sub> – hlavního skleníkového plynu – v atmosféře. V současné době je v ČR bioplyn využíván pouze v kogeneračních jednotkách, ovšem v mnoha zemích je bioplyn upravován a čištěn na biometan, který je svými vlastnostmi téměř totožný se zemním plynem. Úspěch by tedy mohl biometan slavit u ekologických variant pohonu motorových vozidel.

I přes mnoho legislativních a administrativních opatření se bioplynové stanice za několik uplynulých let dostaly do popředí mezi obnovitelné zdroje energie zásluhou energetického zákona a dotační politiky EU, dále pak prostřednictvím dotačních programů jako jsou Program rozvoje venkova, Operační program Životního prostředí a Operační program Podnikání a inovace [1] .

Bohužel jsou stále bioplynové stanice v mnoha mediích spojovány s obávaným zápachem, který má doprovázet jejich provoz. Zodpovědné naplánování projektů a provozování BPS předchází těmto problémům a navíc podporuje rozvoj venkova především snížením nezaměstnanosti.

## Cíl práce

Cílem této práce je podání základních informací o principu anaerobní digesce bioplynových stanic, zhodnocení využití zbytkového tepla z kogeneračních jednotek bioplynových stanic, důkladný popis bioplynové výroby Agroplyn Mileč - Maňovice s.r.o. s energetickým a ekonomickým vyhodnocením jejího chodu a poté posouzení výroby jako centrálního zdroje tepla pro obec Mileč, čímž by fungovala jako náhrada kotlů na pevná paliva.

## 1 Bioplynová stanice

Bioplynová stanice (BPS) je zařízení zpracovávající biologicky rozložitelné odpady v reaktorech s využitím procesu anaerobní fermentace. Hlavním produktem je bioplyn [2].

### 1.1 Vývoj bioplynových stanic

Technologie anaerobní fermentace vznikly už na počátku 20. století. V roce 1907 byla kalovým technikem Imhoffem patentována nádrž, která měla dva oddělené sedimentační prostory. Tyto dvě nádrže oddělovaly aerobní fázi od anaerobní a umožňovaly odebrat také vzniklý bioplyn. V následujících dvaceti letech se technologie fermentačního systému rychle rozvíjela, výlučně však v rámci provozu čističky odpadních vod. Z netemperovaného provozu postupně přecházely k vyhřívaným reaktorům, ovšem účelem nebylo využít energii, ale pouze účinně čistit vodu. Vzniklý bioplyn byl považován jen za vedlejší produkt. Od konce 20. let se objevuje použití bioplynu i pro automobily využívané městskou službou a firmami, které provozují ČOV a údržbu kanalizací. V druhé polovině 20. století je již možné pozorovat rozvoj výroby bioplynu a stavby prvních větších bioplynových stanic v SRN. Od 70. let dochází k pěstování nejrůznějších druhů energeticky významných biomas. V roce 1973 byla v Třeboni postavena první bioplynová stanice v ČR. V současné době je na území České republiky více než 500 bioplynových stanic, z toho 390 zemědělských, 9 komunálních a 13 průmyslových [3].

## 1.2 Legislativa vztahující se k provozu BPS

V oblasti bioplynových stanic jsou nejdůležitější zákony a dále související vyhlášky:

- zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon - uděluje licence k provozu bioplynové stanice
- zákon č. 310/2013 Sb., zákon o podporovaných zdrojích energie - upravuje způsob podpory výroby elektřiny z OZE
- zákon č. 93/2004 Sb., zákon o posuzování vlivů na životní prostředí - na základě jmenovitého tepelného výkonu zařízení - kogenerační jednotka
- zákon č. 185/2001 Sb., zákon o odpadech, jeho prováděcí vyhlášky - pokud je v BPS zpracován BRO
- zákon č. 61/2017 Sb., zákon o hnojivech - použití digestátu jako hnojivo na zemědělské půdě. Při prodeji digestátu zákon také upravuje povinnost zaregistrovat hnojivo před uvedením do oběhu ÚKZÚZ
- zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon - povolení příslušného vodoprávního úřadu k vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních [4]
- zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší - jsou stanoveny emisní limity jak pro vlastní bioplynové provoz, tak i pro zařízení na využití bioplynu
- zákon č. 76/2002 Sb., zákon o integrované prevenci a omezování znečištění - předkládá se ke stavebnímu povolení. Objekt musí mít zařízení pro odstraňování odpadu neklasifikovaného jako nebezpečný odpad a zařízení na odstraňování nebo využití konfiskátů živočišného původu a živočišného odpadu
- zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon - schvalovat plánovací dokumentaci mohou kraje i jednotlivé obce [2].

## 1.3 Rozdělení bioplynových technologií

- Rozdělení podle dávkování surového materiálu
  - Diskontinuální – biofermentor se při tomto postupu naplní najednou a dochází k vyhnívání obsahu do konce, kdy se žádný substrát nepřidává ani neubírá. Výroba bioplynu je nevyrovnaná, k zapotřebí je nejen vyhnívací nádrž, ale také přípravná nádrž a skladovací nádrž ve stejném objemu. Tato metoda se využívá při suché fermentaci.

- Semikontinuální – dochází k pravidelnému dávkování substrátu během dne za současného odebírání digestátu. Jedná se o nejpoužívanější způsob při klasické mokré fermentaci. Výhodou je rovnoměrná výroba bioplynu.
- Kontinuální – používá se při nepřetržitém dávkování tekutých organických odpadů, které obsahují nízké množství sušiny [5].
- Rozdělení podle vlhkosti zpracovaného materiálu
  - Mokrý fermentace – nejvyspělejší a nejpoužívanější metodou je mokrá fermentace, při níž je maximální obsah sušiny 12-15 %.
  - Suchá fermentace – je to metoda, která se začala poslední dobou vyvíjet jako alternativa pro suché substráty. Obsah sušiny je minimálně 15 % ale maximálně 60 % [6].
- Rozdělení podle počtu stupňů fermentace
  - Jednostupňový – ve všech fermentorech bioplynové stanice probíhají všechny čtyři fáze anaerobní digesce, jsou tedy ve všech nastaveny stejné podmínky. Je to nejčastější systém, který je také levnější a jednodušší pro obsluhu
  - Vícestupňový – minimálně ve dvou digestorech je odlišné prostředí. V praxi to funguje tak, že v jednom fermentoru dochází ke třem fázím anaerobní digesce a to k hydrolýze, acidogenezi a acetogenezi. Takto upravený digestát se převádí do fermentoru, ve kterém dochází pouze k přeměně kyseliny octové na metan a oxid uhličitý. Nespornou výhodou je možnost upravit podmínky pro kyselinotvorné a metanogenní bakterie [7] .
- Rozdělení podle vstupů
  - Průmyslové bioplynové stanice – tyto BPS zpracovávají rizikové vstupní produkty jako například jateční odpady, kaly z čističky odpadních vod a podobně. Jsou vyžadovány zvýšené nároky na dodržování hygienických pravidel, aby bylo minimalizováno riziko vyplavování ze vstupních produktů.
  - Komunální bioplynové stanice – prozatím je v ČR pouze několik BPS, které zpracovávají biologicky rozložitelné odpady (BRKO), včetně bioodpadů z komunální sféry. I přes vysoký potenciál produkce BRKO je velmi nízký počet komunálních BPS a to hlavně díky nerozvinutému sektoru odpadového hospodářství v oblasti biologicky rozložitelných odpadů, omezené dotační podpoře a vysokým investičním nákladům.
  - Zemědělská bioplynová stanice – v ČR je zemědělská BPS nejrozšířenější a v dohledné době není očekávána změna také kvůli jednodušší konstrukci. Jako

vstupy se používají statková hnojiva (kejda, hnůj) a energetické plodiny (kukuřice). Výstavba je realizována přímo v zemědělských areálech [8] .

## 1.4 Technologie výrobních postupů BPS

Bioplynová stanice se skládá z několika na sebe navazujících technologických procesů, které se ale od sebe mohou v závislosti na technologii výroby bioplynu velmi odlišovat.

### 1.4.1 Dávkovací zařízení

Vstupní surovinou může být jakýkoliv druh biomasy, tedy záměrně pěstované energetické plodiny (kukuřičná siláž, obilná siláž, travní siláž nebo řepné řízky), dále pak produkty živočišné výroby (kejda, hnůj, drůbeží trus, nedožerky) a další odpadní produkty při úpravě a skladování rostlinných produktů. V neposlední řadě se jako vstupní surovina používá biologicky rozložitelný odpad (BRO) z čistíčky odpadních vod (ČOV) a komunálních skládek nebo odpady z potravinářství a průmyslu (odpady z mlékárny, cukrovarů, jatek, atp.). [6] [9]

V dávkovacím zařízení se vstupní surovina upraví, v případě zpracování živočišných tkání je místo doplněno ještě hygienizační jednotkou a dávkuje se do reaktoru. Dávkování může probíhat pro pevné i tekuté substráty společně nebo odděleně. Dávkovač je vybaven míchadly (v případě jednoho vstupního zařízení) nebo vertikálními šneky, které homogenizují a dopravují pevný materiál do reaktoru. Dávkovač může být také vybaven řezacími noži [5].

### 1.4.2 Fermentor

Fermentor (reaktor) je hlavní částí bioplynové stanice, ve kterém dochází k anaerobnímu procesu a může být konstruován horizontálně nebo vertikálně. Nejčastěji bývá betonový, kovový nebo plastový. K ohřevu substrátu dochází přímo ve fermentoru pomocí zabudovaných topných zařízení (kovových nebo plastových), kterými proudí horká voda, nebo externě mimo fermentor – cirkulací reaktorové směsi přes tepelné výměníky, do nichž je přiváděna horká voda. Pro ohřev se používá odpadní teplo vznikající při výrobě elektrické energie. Reaktor je dále vybaven zařízením pro míchání kalu. Čerpadlo je v případě externího vytápění umístěno vně nádrže, nebo může být použito vrtulové míchadlo (rychlloběžné nebo pomaloběžné) s velkým průměrem míchací vrtule [10].

Běžně se využívá několik fermentačních systémů, například:

- fermentor s integrovaným plynojemem
- fermentor se samostatným plynojemem
- fermentor typu kruh v kruhu se samostatným plynojemem
- fermentor a dohnivací nádrž s integrovaným plynojemem

Fermentory lze koncipovat jako nadzemní, podzemní nebo částečně zapuštěné do terénu. Závisí to především na stavu spodní vody, potřebě úpravy podloží a na charakteru krajiny. K fermentoru náleží krom míchadla, čerpadla, topení i další prvky:

- plášť nádrže - zpravidla z betonu nebo oceli v různém provedení
- plynojem - kapitola 3.2.4 Skladování bioplynu
- tepelná izolace fermentoru, teplovodního potrubí a zásobníku tepla. Materiály nejčastěji používané jsou: minerální vlna, rohože z minerálního vlákna, pěnové hmoty, desky z extrudovaného pěnového polystyrénu a polyuretanová pěna
- vnější plášť nebo ochrana před povětrnostními vlivy u nadzemních nádrží
- fóliový kryt nebo poklop - fólie v různém provedení přebírá částečně nebo úplně funkci plynojemu
- nátěry, povlaky, izolační materiály
- kontrolní okénko [5].

### 1.4.3 Skladovací nádrže

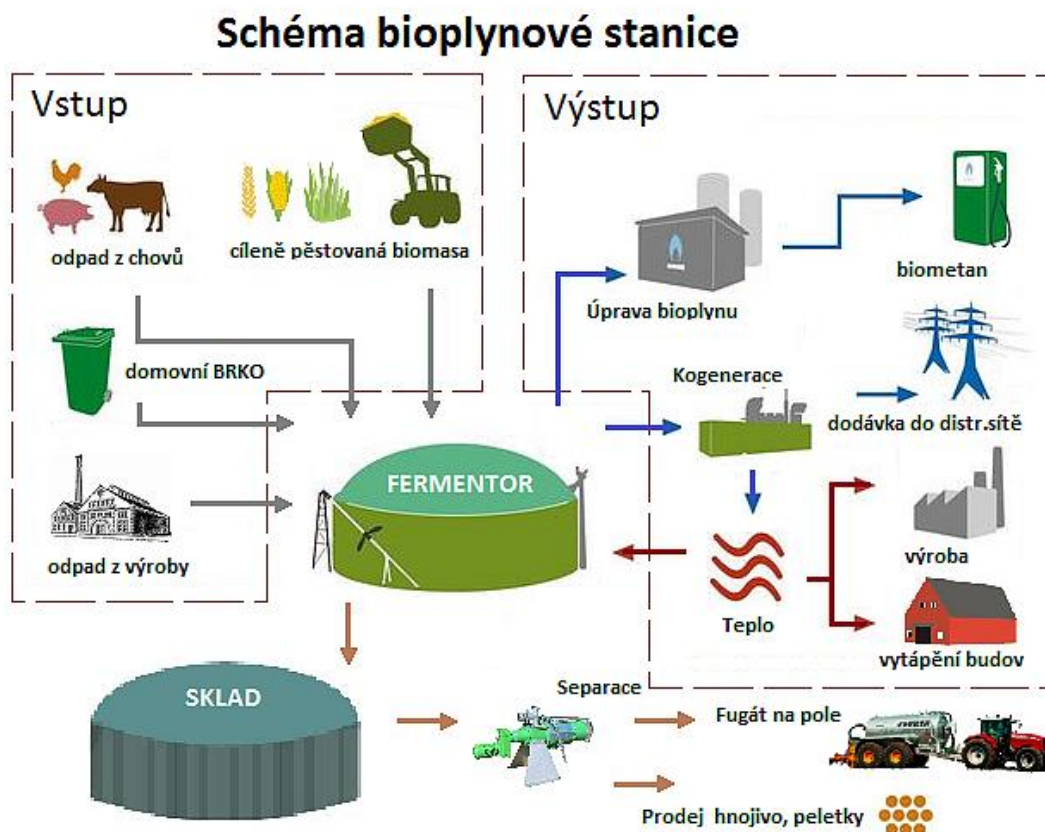
Skladovací nádrž, zvaná také koncový sklad má funkci jímání vyhnilého digestátu. Sklad musí být konstruován tak, aby zde digestát mohl být v období vegetačního klidu skladován. Koncový sklad může být zakryt pevným stropem nebo fólií, aby nedocházelo k úniku dusíku.

Digestát je zbytek po procesu anaerobní fermentace a díky jeho složení a vlastnostech je možno ho bez dalších úprav použít jako hnojivo. Vyhláška č. 237/2017 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva udává digestát jako typové organické hnojivo s minimálním obsahem živin 3-13 % a obsahem celkového dusíku 0,3 % ve vzorku. Zpracování digestátu se provádí především separací a následnou úpravou suché části digestátu. Separací se oddělí tekutá frakce (fugát) od pevné frakce (separát). Fugát se používá a dávkuje obdobně jako kejda [11] [12].

#### 1.4.4 Další důležité součásti technologie BPS

- potrubí - je dvojího druhu: plnicí a přeřadové. Plnicím potrubím je pod tlakem dopravován substrát do fermentoru a přeřadovým potrubím samovolně odchází digestát z fermentoru do skladovací nádrže
- čerpadla - jsou nutná k překonání výškových rozdílů mezi jednotlivými nádržemi a pro pohon hydraulických míchadel
- armatury - spojky, šoupátka, zpětné klapky, čistící otvory a manometry
- kontrolní, měřicí a ovládací zařízení - pro provoz BPS je důležitý sběr a vyhodnocení dat každodenní kontroly stěžejních částí zařízení [5].

Následující obrázek znázorňuje zjednodušené schéma bioplynových stanic.



Obrázek 1: Schéma bioplynové stanice [24]



## 2 Bioplyn

Jedná se o obnovitelný zdroj energie, který vzniká biologickým rozkladem organických látek v anaerobních podmínkách. Skládá se ze dvou majoritních plynů, z metanu CH<sub>4</sub> (60-70 %) a oxidu uhličitého CO<sub>2</sub> (30-40 %) a několika minoritních složek organického nebo anorganického charakteru jako jsou sulfan (H<sub>2</sub>S), dusík (N), amoniak (NH<sub>3</sub>), voda (H<sub>2</sub>O) a další [13].

Základní vlastnost	Bioplyn 60% CH <sub>4</sub>	Metan CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub>
Objemový podíl (%)	100	60-70	30-40	0-3	0,1-1	stopy	1-3
Výhřevnost (MJ.m <sup>3</sup> )	21,5	35,84		10,8	22,8		
Teplota zapálení (°C)	650-750	650-750		585			
Měrná hmotnost (kg.m <sup>3</sup> )	1,2	0,714	1,977	0,09	1,54	0,771	1,25

Tab. 1: Základní vlastnosti bioplynu a jeho jednotlivých složek [13]

### 2.1 Principy vzniku bioplynu

Biologický rozklad organických látek je nutno vždy chápat jako složitý vícestupňový proces, kdy vlastní metanogeny působí jako poslední článek v řetězci biochemické konverze [3]. Anaerobní rozklad, neboli také anaerobní fermentace či anaerobní digesce, je biochemický proces, kdy za nepřístupu kyslíku určité druhy bakterií štěpí biomasu (organickou hmotu) na jednodušší sloučeniny a dále pak na bioplyn [11]. Proces anaerobní fermentace je dělen na 4 fáze [10].

#### I. Fáze – Hydrolýza

V této fázi se stále částečně v prostředí nachází vzdušný kyslík a pro začátek procesu je potřeba, aby byl obsah vlhkosti minimálně 50 % z hmotnostního podílu. Pomocí enzymů přeměňují přítomné bakterie organické látky na jednodušší monomery (jednoduché cukry, aminokyseliny a mastné kyseliny).

## II. Fáze – Acidogeneze

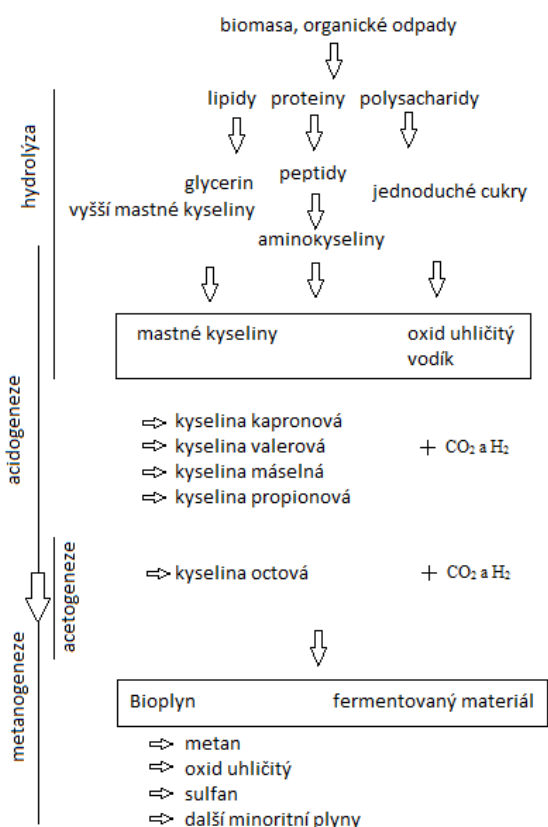
Ve fázi acidogeneze dojde k vytvoření striktně anaerobního prostředí díky kmenům fakultativně anaerobních bakterií, které žijí v obou prostředích. Metanogenním bakteriím umožňuje tvorbu metanu vznik oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ), vodíku ( $\text{H}_2$ ) a kyseliny octové ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Také vznikají vyšší organické kyseliny a alkohol.

## III. Fáze – Acetogeneze

Fáze acetogeneze je označována někdy jako mezifáze. Vyšší organické kyseliny jsou přeměňovány acidogenními bakteriemi na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý.

## IV. Fáze – Metanogeneze

Na řadu přichází metanogenní bakterie. Acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou na metan ( $\text{CH}_4$ ) a oxid uhličitý a hydrogenotrofní bakterie produkují metan z vodíku a oxidu uhličitého. Některé metanogenní bakterie se chovají jako obojetné.



Obr. 2: schéma vzniku bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů (vlastní zpracování dle [3])

## 2.2 Faktory ovlivňující anaerobní fermentaci

- Kyslík – metanogenní bakterie patří k nejstarším živým organismům na naší planetě, proto kyslík může i v sebemenší koncentraci tyto bakterie inhibovat či zabít. Přístupu kyslíku do biofermentoru nelze plně zabránit, proto jsou v procesu velmi důležité fakultativně anaerobní bakterie, které spotřebují kyslík před tím, než metanogenní bakterie odumřou [6].
- Vlhkost – metanogenní bakterie potřebují pro svou existenci dostatečně vlhké prostředí. Tradiční anaerobní fermentace, tzv. mokrá fermentace, probíhá ve fermentoru 12 - 15 % [14].
- Teplota – obecně je pravidlem, že čím vyšší teplota, tím rychlejší jsou chemické reakce, ovšem velmi záleží na druhu metanových bakterií. Pokud dojde k překročení optimální hodnot, může to vést k inhibici či likvidaci přítomných bakterií. Metanové bakterie se dělí do tří skupin – psychrofilní, mezofilní a termofilní.
  - Psychrofilní metanové bakterie mají optimální teplotu do 25 °C, v těchto teplotách nedochází k ohřívání biofermentoru, tedy výroba bioplynu je velmi snížena až pozastavena.
  - Mezofilní metanové bakterie svou optimální teplotou v rozmezí 32 – 42 °C jsou nejznámější a v praxi nejvíce rozšířené, protože při těchto teplotách dochází k vysokému výtěžku bioplynu a stabilitě procesu
  - Termofilní metanové bakterie jsou využívány v případě sterilizace substrátu, protože jejich optimální teplota je 50 – 57 °C. Při této teplotě je dosahováno nejvyššího výtěžku bioplynu, ovšem stabilita procesu je nejistá a náchylná na nepatrné změny.

V každém případě je při mezofilním i termofilním způsobu provozu potřeba mít biofermentor tepelně izolován a externě vytápěn [14].

- pH – kyselinotvorné bakterie mají optimální pH v hodnotách 5,2 - 6,3, oproti tomu metanogenní bakterie pro svou činnost potřebují neutrální hodnotu pH (6,5 - 8,0). Kyselinotvorné bakterie mohou přežít i mírné zvýšení pH aniž by byly vystaveny většímu riziku. V jednostupňových BPS proto platí, že hodnota pH se pohybuje okolo 7,5 [6].
- Živiny – pro růst bakterií je důležitý vyrovnaný příjem živin a stopových prvků, jakými jsou železo, nikl, kobalt, selen a molybden. Dále jsou důležité podíly proteinů,

tuků a sacharidů z použitých substrátů. Vyrovnaný poměr uhlíku a dusíků je potřebný k udržení stabilního průběhu procesu [14].

- Inhibitory – dělí se na inhibitory přidané se substrátem, jako jsou antibiotika, desinfekční prostředky, herbicidy, těžké kovy, apod. A látky, které vznikají jako meziprodukty fermentačního procesu, například amoniak ( $\text{NH}_3$ ) a sulfan ( $\text{H}_2\text{S}$ ) [14].

## 2.3 Úprava a čištění bioplynu

Surový bioplyn je potřeba upravit a vyčistit, zbavit jej nežádoucích složek, mezi které patří hlavně voda,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  a další minoritní složky. Vodu je potřeba odstranit vysušením, aby se zabránilo její kondenzaci v potrubí nebo v zásobnících, a tím vzniku korozi. Odstranění oxidu uhličitého je požadováno v případě čištění bioplynu na kvalitu zemního plynu. Po vyčištění se zvýší energetický obsah bioplynu, obsah metanu se tedy zvýší nad 95 % objemu bioplynu. Sulfan se odstraňuje už v rámci výroby bioplynu tím, že se dává kyslík a chlorid železnatý do fermentované organické hmoty. Tato metoda je velmi účinná, ale nedokáže plně zabránit vzniku sulfanu. Proto existují další metody čištění od sulfanu jako například aplikace integrovaného aktivního uhlí. Aktivní uhlí je impregnováno jodidem draselným, což má za následek konvertování sulfanu na vodu a elementární síru, která se absorbuje na povrchu uhlí. Dále je sulfan čištěn spolu s oxidem uhličitým [13].

Postupy čištění bioplynu na biometan se dělí na do čtyř hlavních skupin (dle [16]):

- tlaková adsorpce - neboli metoda PSA, při níž se separuje oxid uhličitý
- absorpce - dělí se na fyzikální a chemickou vypírku a využívá rozpustnost separovaných složek (oxidu uhličitého, sulfanu a čpavku)
- membránová separace - využívá průchodnost jednotlivých složek ve směsi bioplynu
- kryotechnologie - dá se přirovnat k destilačnímu procesu

## 2.4 Skladování bioplynu

Bioplyn se na rozdíl od sluneční nebo větrné energie dá skladovat beze ztrát na teplotu a elektrickou energii – jímá se do uzavřených nádob. Velikost daného plynojemu je ovšem nutno stanovit pro každé zařízení zvlášť, je dána výší objemu vyrobeného plynu a průběhem spotřeby. Pokud je plyn využit pro výrobu tepla, velikost zásobníku odpovídá vyrobenému bioplynu za jeden den. V případě využití plynu na elektrickou energii postačí velikost

kapacitoru na 20 - 50 % denní produkce bioplynu. Plynojemy se dělí podle typu konstrukce, velikosti a provozního tlaku. Čím nižší tlak je použit, tím větší musí být zásobník. Pro případ nadprodukce bioplynu je plynojem opatřen hořáky, které přebytečný plyn spálí. Výhodou bioplynu v tomto případě je, že oproti pevným a kapalným palivům obsahuje vysoký obsah vodíku v metanu, jehož 4 atomy se s kyslíkem ze vzduchu spalují na 4 molekuly vody, spalování bioplynu je tedy s ohledem na životní prostředí příznivé [5].

## 2.5 Energetická účinnost bioplynu

Účelně užitá energie je ta, která je předána k dalšímu využití mimo vlastní bioplynovou stanici

- čistá elektřina  $E_{dod}$  je dodaná do distribuční sítě nebo spotřebovaná v dané lokalitě (farma) mimo technologickou spotřebu vlastní stanice
- čistá dodávka tepla  $Q_{dod}$  je dodána na ekonomicky odůvodněné tepelné potřeby (vytápění staveb, příprava na teplou vodu, sušení, aj.)

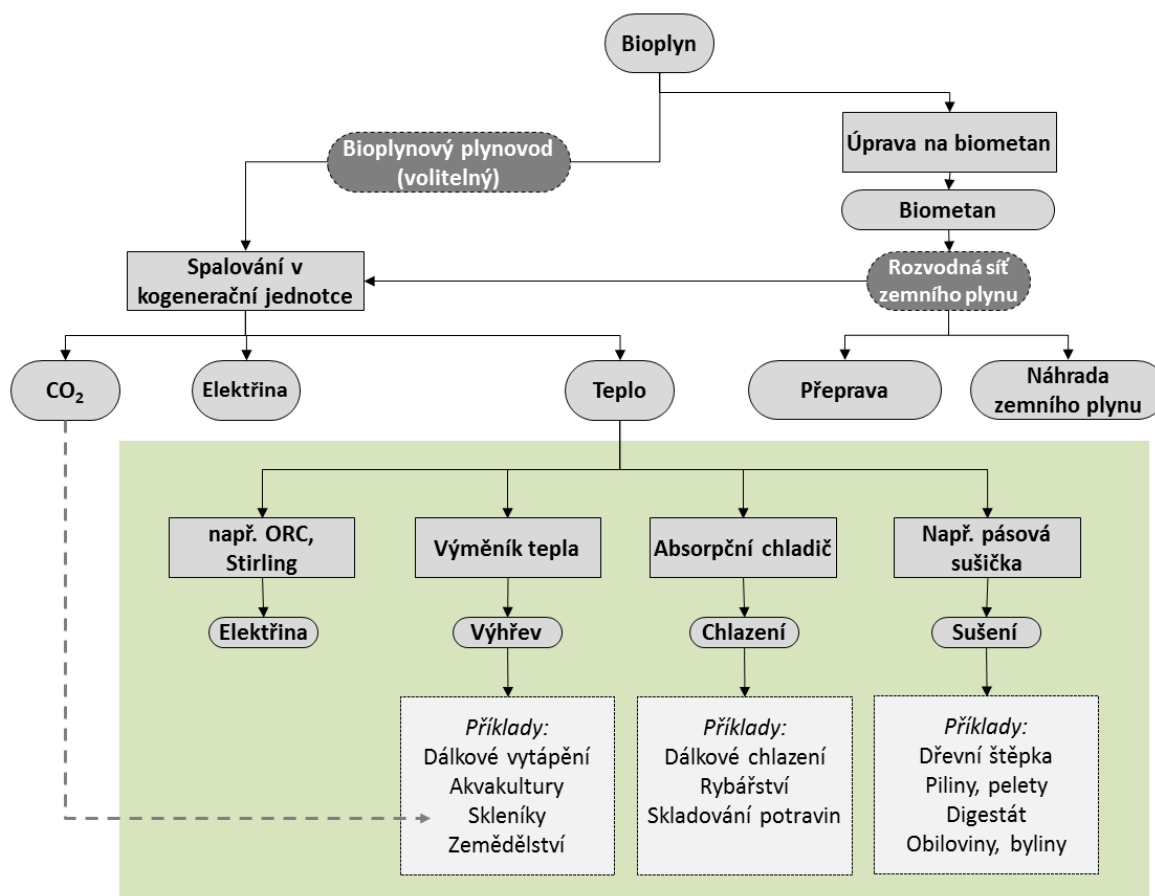
Stupeň energetického využití bioplynu  $SEV_{BP}$  se poté vypočte ze vztahu

$$SEV_{BP} = \frac{E_{dod} + Q_{dod}}{Q_{BP\text{ brutto}}}$$

$Q_{BP\text{ brutto}}$  - energie v surovém bioplynu vzniklé rozkladem biomasy dodávané do BPS [15].

### 3 Využití bioplynu

Bioplyn se dá využít všude tam, kde je možno použít plynná paliva, spotřebiči ale musí být upraven. V našich podmínkách se setkáváme nejčastěji se dvěma způsoby využití bioplynu, ale existuje však celkem 6 základních způsobů. Mezi způsoby energetického využití bioplynu patří přímé spalování, kogenerace (výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média), trigenerace (výroba elektrické energie, ohřev teplotnosného média a výroba chladu), palivo pro dopravu, využití bioplynu v palivových člancích a vtláčení bioplynu do sítí zemního plynu. V blízké budoucnosti se také počítá s dalším způsobem využití bioplynu a to jako zdroje vodíku do palivových článků [17] [10].



Obr. 3: Diagram využití bioplynu [11]

### 3.1 Spalování v kotlích

Spalování v kotlích je nejjednodušší a nejstarší formou využití bioplynu. Využívá se k vytápění, ohřevu teplé vody, vaření, svícení a také sušení různých produktů. Pro tuto možnost není potřeba bioplyn nijak upravovat, pouze v případě vyššího obsahu sirnatých sloučenin. Potenciál bioplynu není doposud zcela využit, a proto je efektivnější výroba tepla a zároveň elektrické energie. K těmto účelům se používají kogenerační jednotky [18].

### 3.2 Kogenerace

Kogenerací se nazývá současná výroba elektrické energie a ohřev teplotnosného média. Účinnost konverze energie v bioplynu je velmi vysoká, lze počítat s 80-90 %, přičemž asi z 30 % energie bioplynu tvoří elektrickou energii a 60 % tepelnou energii, zbylá procenta označují tepelné ztráty. K tomuto účelu jsou nejčastěji využity kogenerační jednotky (KGJ) s pístovými motory napojenými na generátor. Vyrobené teplo je z části využito na ohřev fermentorů nebo vytápění provozních budov, zbytek lze uplatnit na vytápění domácností, skleníků, chovů teplotmilných zvířat, k dosušování biomasy apod. [10] [19].

Příklad: „Na výrobu 1 kWh<sub>e</sub> je třeba přivést do kogenerační jednotky 0,6 - 0,7 m<sup>3</sup> bioplynu s průměrným obsahem metanu (CH<sub>4</sub>) 60%. V praktickém provozu lze s velmi hrubým odhadem počítat, že na výrobu 1 kWh<sub>e</sub> a 1,27 kWh<sub>t</sub> je zapotřebí asi 5 - 7kg odpadní biomasy, 5 - 15kg komunálních odpadů nebo 8 - 12kg chlévské mrvy“ [10] .

KGJ se skládá ze spalovacího motoru, generátoru elektrické energie, systému výměníků tepla ke zpětnému získání tepelné energie z odpadních plynů, z uzavřeného oběhu studené vody a z uzavřeného oběhu mazacího oleje [14].

Mnohé výzkumy prokázaly, že teplo produkované KGJ je využito ani ne z jedné třetiny. Většina BPS ho využívá pouze pro svou vlastní spotřebu a to z důvodů dobrých dotací, provoz tedy není závislý na prodeji tepla. Dalším z důvodů je možné umístění BPS v zemědělských oblastech, které jsou vzdálené od hustě obydlených částí nebo průmyslových podniků, kde je potřeba celoročního přísunu tepelné energie. Právě celoroční výroba tepla je specifikem BPS a využití této energie by snížilo spotřebu fosilních paliv a tím negativních vlivů na životní prostředí. Existují čtyři přístupy zvýšení procenta využití tepelné energie:

- vybudování teplovodu z BPS do místa spotřeby

- vybudování plynovodu z BPS a přesun KGJ do místa spotřeby
- vybudování nových spotřebičů tepelné energie v blízkosti BPS - sušička dřeva, zemědělských plodin, apod.
- instalace systému přeměny tepla na elektrickou energii v BPS (ORC systémy) [20].

### 3.3 Trigenerace

Trigenerací se rozumí kombinované využití elektřiny, tepla a chladu. Jedná se tedy o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou, což je výhodné převážně v letních měsících, kdy se namísto nepotřebné výroby tepla vyrábí chlad, který je následně využit pro klimatizaci budov [21] .

### 3.4 Palivové články

Přeměna energie pro využití v palivových člancích se zásadně liší od obvyklých způsobů přeměny energie z bioplynu. Dochází zde k přímé přeměně chemické energie bioplynu v elektrický proud. Palivové články mají vysokou elektrickou účinnost (až 50 %) a nespornou výhodou přináší minimalizované emise.

Princip palivového článku je srovnatelný s opačným průběhem elektrolýzy vody. V palivovém článku reaguje vodík ( $H_2$ ), který odevzdává elektrickou energii, a kyslík ( $O_2$ ), postupně se přeměňují na vodu ( $H_2O$ ). Tím je vodík zpracován jako palivo a kyslík je použit pro elektrochemickou reakci. Bioplyn musí být upraven, převážně očištěn od sulfanu a ostatních stopových látek [14].

### 3.5 Zásobování plynovodní sítě

Bioplyn před zavedením do plynovodní sítě musí být upraven na biometan odstraněním síry a vlhkosti a oddělením hlavních součástí bioplynu, což je metan a oxidu uhličitého různými metodami separace. Úpravou bioplynu se dále zabývá kapitola 3.2.3. Takto upravený biometan má podobné vlastnosti jako zemní plyn. V této fázi je potřeba ho vtlačit do plynárenské sítě. Velkou výhodou úpravy bioplynu na biometan je jeho univerzální využití a snížení závislosti na dovozu zemního plynu.

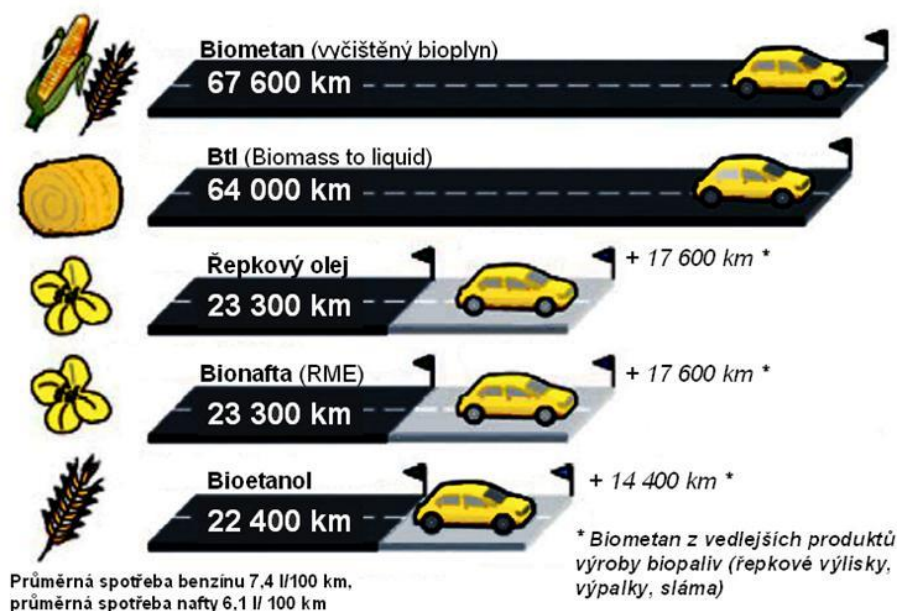


Nevýhodou jsou prvotní vyšší investiční náklady, ovšem energetická bilance BPS, při úpravě bioplynu na biometan a vtlačení do sítě by se mohla v ideálním případě zvýšit i o 20 %. Bariérou pro výrobu biometanu a jeho dodávku do plynovodní sítě jsou v české legislativě především vlastnické vztahy k zařízení připojovacího místa a financování nákladů na jeho instalaci a provoz. Taktéž není vyjasněna výkupní cena biometanu na trhu [15] .

### 3.6 Bioplyn v dopravě

V České republice jsou nejrozšířenějšími biopalivy bionafta a bioetanol, ale v pozadí by neměl zůstat ani biometan. Biometan má nejnižší emise skleníkových plynů a malou spotřebu energie, zvláště pokud je produkován z odpadní biomasy. Biometan jako motorové palivo v dnešní době využívá již mnoho států, mezi které patří např. Švédsko, Francie, Švýcarsko, Německo, Španělsko nebo Rakousko, kde je biometan často využíván pro autobusy městské dopravy [16]. Následující obrázek znázorňuje výtěžnost energie jednotlivých biopaliv ze zpracované biomasy.

#### Ujetá vzdálenost osobního automobilu na různá biopaliva vyprodukovaná z 1 ha zemědělské půdy za rok



Obr. 4: Výtěžnost energie biopaliva ze zpracované biomasy [25]

## 4 Bioplynová výrobní Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o.

Veškeré informace o BPS Mileč byly použity z Provozního řádu bioplynové stanice poskytnuté odpovědným zástupcem panem Václavem Šilhavým.

### 4.1 Základní informace

Bioplynová stanice je umístěna v katastrálním území obce Mileč, kód katastru 694568, p.č. 526/4. Provozovatel Agroplyn Mileč - Maňovice s.r.o. BPS Mileč je zemědělská BPS v provozu od roku 2011, s instalovaným elektrickým výkonem 526 kW a tepelným výkonem 558 kW.

### 4.2 Technologie provozu

V BPS Mileč je instalován jeden kus dvoustupňového anaerobního fermentoru, který se skládá z fermentoru a dofermentorů. Součástí technologie provozu je dále dávkovací zařízení, plynojem a rozvodna kogenerace. Nákres BPS na situační mapě - obrázek č. 5



Obr. 5: Situační mapa BPS Mileč (vlastní zpracování dle [27]).

Provoz BPS Mileč umožňuje dávkování tekutého i pevného substrátu. Tekutý substrát je dopravován samospádem z provozů farmy v podzemním potrubí. Před fermentorem je jímána přečerpávající jímka o objemu 15m<sup>3</sup>. Do této jímky je zároveň vyústěno potrubí kondenzátu z bioplynu, kontaminované vody ze silážního žlabu, kontaminované dešťové vody a splaškové vody ze sociálního zařízení v provozní budově. Keжда a odpadní voda je v pravidelných intervalech z přečerpávací jímky přepravována do fermentoru. V dávkovači tuhých substrátů dojde k promíchání biomasy a automaticky se dávkuje do fermentoru pomocí soustavy šnekových dopravníků. Denní množství čerstvého substrátu činí 28 tun.



Obr. 6: Dávkovač substrátu [23]

Fermentor je tvořen kruhovou betonovou fermentační nádrží. Pomocí 3 šikmých míchadel dochází ve fermentoru k míchání substrátu. Obsahuje sedimentační sběrný kanál, který slouží k zachycení pevných příměsí a usazenin. Vyhřívání fermentoru je prováděno teplovodním potrubím u stěny hlavního fermentoru. Pro potřeby revize je ve střeše fermentoru umístěn revizní otvor, taktéž pro všechna míchadla jsou na střeše revizní otvory.

Dofermentor je druhým stupněm fermentace a slouží také jako sklad fermentačních zbytků. Je tvořen vnitřním prstencem fermentační nádrže. Přívod substrátu je pomocí samovolného přepadu z hlavního fermentoru nebo nuceně pomocí centrálního čerpadla. Uvnitř jsou míchadla pro udržení homogenity obsahu. Ohřev je realizován prostupem tepla



přes neizolovanou stěnu mezi hlavním fermentorem a dofermentorem. Odvod digestátu je pomocí samovolného přeřadu nebo nuceně pomocí centrálního čerpadla do koncového skladu. Pro potřeby kontroly je dofermentor řešen stejně jako fermentor.

Plyn je odváděn z horní části obou komor fermentoru do ocelového plynového potrubí, kde je dále veden až do vakuového plynojemu, který je umístěn v technické budově. Plynojem je vybaven ochranou proti nadměrnému přetlaku a podtlaku a je propojen s kogenerační jednotkou plynovým potrubím.

Plyn je před vlastním využitím v kogeneračních jednotkách upravován. Odsiřovací zařízení je umístěno v místě plynového propojení fermentorů. Systémem je do plynového prostoru vháněn vzduch. BPS Mileč má instalovaný systém tzv. mikroaerofilního odsiřování. Princip spočívá v mikroaerofilní oxidaci plynného sulfanu, kterou vykonávají sulfát redukující bakterie.

Kogenerační jednotka (KGJ) na bázi pístového spalovacího motoru je umístěna v blízkosti fermentoru a plynojemu. Část odpadního tepla vyrobeného z kogenerační jednotky se využívá na ohřev obsahu fermentoru. V BPS Mileč je pro účely technologického ohřevu navržena jedna KGJ o elektrickém výkonu 526 kW a tepelném výkonu 566 kW. Součástí teplovodního okruhu je spalinový výměník u KGJ, výměník na chladícím okruhu motoru KGJ, oběhové čerpadlo, expanzní nádoba, bezpečnostní ventily, rozvaděč topení u fermentoru a vnitřní nástěnné potrubí ve fermentoru. Spotřeba bioplynu v KGJ je závislá na kvalitě bioplynu. Strojovna KGJ je vybavena varovným systémem při úniku bioplynu.



Obr. 7: Kogenerační jednotka [23]

Výstupem z kogenerační jednotky je elektrická energie, která je vedena přes trafostanici do distribuční sítě a tepelná energie využívaná pro účely vytápění objektů v obci Mileč.

Případný přebytečný bioplyn je spalován v hořáku bioplynu, ke kterému vede odbočka v plynovém potrubí.

Digestát je skladován v nezastropené kruhové železobetonové jímce. Uvnitř jsou nainstalovaná míchadla. Odběr je řešen přes odkanalizovanou výdejní plochu. Kapacita koncové jímky je na dobu skladování 4 měsíce. Digestát je využit na ornou půdu jako organické hnojivo.



Obr. 8: Skladovací jímka [26]

### 4.3 Používané substráty

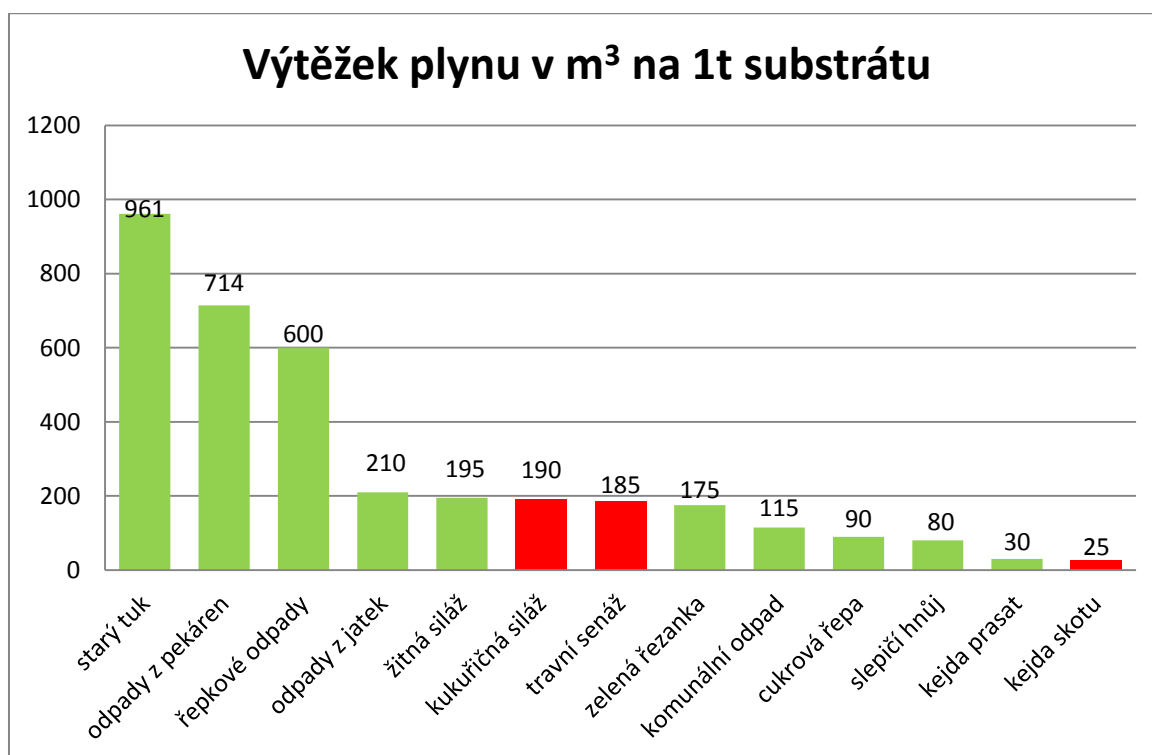
BPS Mileč je výhradně zemědělská bioplynová stanice, proto jsou všechny substráty ze zemědělské produkce. Jsou použity cíleně pěstované energetické plodiny a statková hnojiva pocházející vlastních zdrojů živočišné výroby. Energetické rostliny jsou konzervovány v místě stanice a skladovány v silážním žlabu. Kapacita silážního žlabu je 3000 m<sup>3</sup>.

Vstupní surovina	Průměrná dávka (t/rok)	Obsah sušiny (%)	Obsah organické sušiny (%)
<b>Kejda</b>	3 810	6-10 *	4-7 *
<b>Kukuřičná siláž</b>	4 180	32	30
<b>Travní senáž</b>	5 876	35	33

Tab. 2: používané substráty BPS Mileč

\* prasečí kejda má nižší obsah sušiny i organické sušiny [5]

Následující graf ukazuje teoretickou výtěžnost plynu v jednotlivých substrátech. Pro potřeby rozdílnosti byly vybrány nejen substráty používané v zemědělských BPS, ale také pro komunální a průmyslové BPS. Červeně jsou označeny vstupy používané BPS Mileč-Maňovice. Výtěžnost se ovšem může významně lišit i kvalitou vstupů, promícháváním substrátu ve fermentoru a také faktory ovlivňující fermentační proces.



Graf 1: Výtěžek bioplynu v m<sup>3</sup> na 1t substrátu (upraveno z [5])

## 5 Energetická a ekonomická bilance BPS

### 5.1 Energetická bilance BPS Mileč-Maňovice

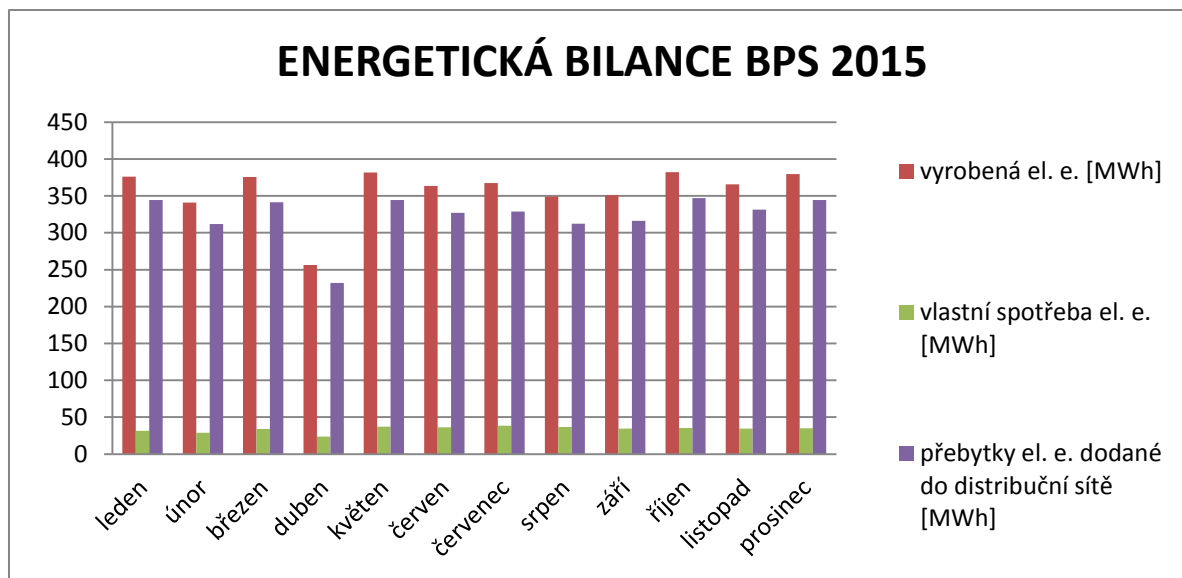
V následující kapitole jsou uvedeny hodnoty výroby, vlastní spotřeby a dodávky elektrické energie do distribuční sítě z bioplynové stanice Mileč-Maňovice. Data z let 2015-2018 jsou získané od pracovníků BPS. Data jsou uvedeny v tabulkách v jednotlivých letech a pro lepší znázornění dále také v grafech.

#### 5.1.1 Bilance elektrické energie v letech 2015-2018

##### ➤ Energetická bilance BPS Mileč-Maňovice 2015

2015	vyrobená el. e. [MWh]	vlastní spotřeba el. e. včetně ztrát [MWh]	přebytky el. e. dodané do distribuční sítě [MWh]
leden	376,114	31,512	344,602
únor	340,98	28,923	312,057
březen	375,536	34,083	341,453
duben	256,093	23,91	232,183
květen	381,921	37,365	344,556
červen	363,315	36,478	326,837
červenec	367,35	38,64	328,71
srpen	349,01	36,929	312,081
září	350,782	34,749	316,033
říjen	382,165	35,378	346,787
listopad	365,846	34,618	331,228
prosinec	379,334	34,919	344,415
<b>SUMA</b>	<b>4288,446</b>	<b>407,504</b>	<b>3880,942</b>

Tab. 3: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2015



Graf 2: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2015

V roce 2015 bylo celkově vyrobeno 4 288 MWh, z toho bylo spotřebováno pro vlastní spotřebu elektřiny (včetně ztrát) 408 MWh a zbylých 3 881 MWh bylo prodáno do distribuční sítě.

Z grafu je zřejmé, že výroba i spotřeba elektrické energie není celoročně konstantní. Výkyvy způsobuje především složení substrátu, protože při každé dávce substrátu je jiné složení a tedy i jiná výtěžnost bioplynu. Taktéž složení substrátu ovlivňuje přímou spotřebu elektrické energie na míchadlech, jelikož hustší suspenze způsobuje krusty ve fermentačních nádržích a ty se následně musí pomocí míchadel odstraňovat [1].

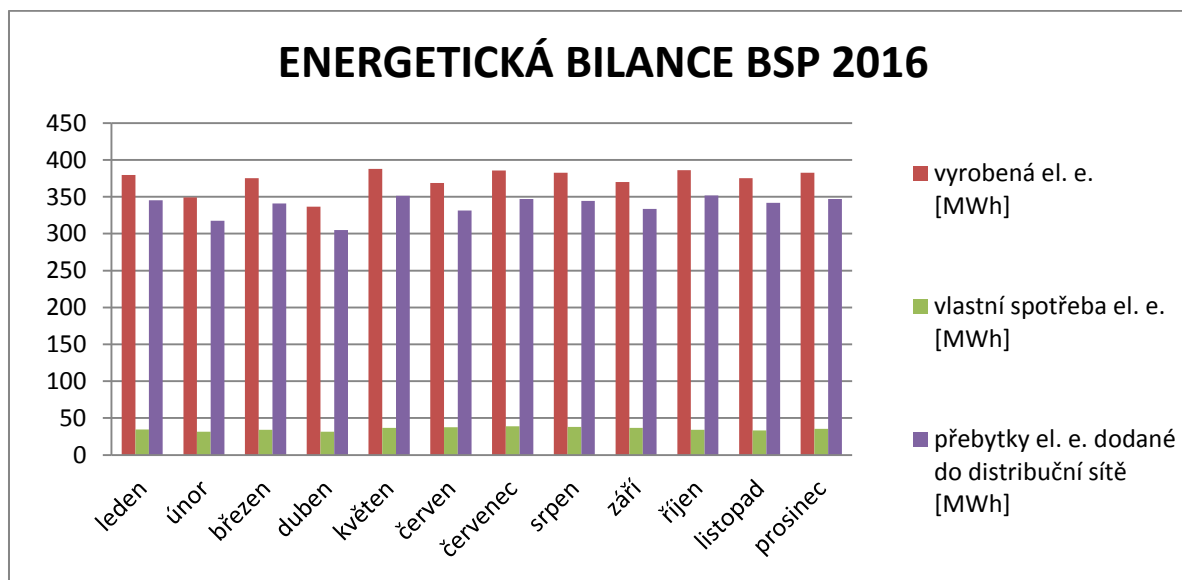
Rozdíl mezi měsíci může být dále způsoben pravidelnou údržbou provozu (servis kogenerace), kdy dojde k částečné odstávce.



## ➤ Energetická bilance BPS Mileč-Maňovice 2016

2016	vyrobená el. e. [MWh]	vlastní spotřeba el. e. včetně ztrát [MWh]	přebytky el. e. dodané do distribuční sítě [MWh]
Leden	379,643	34,393	345,25
únor	349,076	31,612	317,464
březen	375,111	34,118	340,993
duben	336,629	31,608	305,021
květen	387,774	36,644	351,13
červen	368,701	37,386	331,315
červenec	385,598	38,804	346,794
srpen	382,458	38,229	344,229
září	370,012	36,536	333,476
říjen	386,01	34,076	351,934
listopad	375,042	33,245	341,797
prosinec	382,397	35,321	347,076
<b>SUMA</b>	<b>4478,451</b>	<b>421,972</b>	<b>4056,479</b>

Tab. 4: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2016



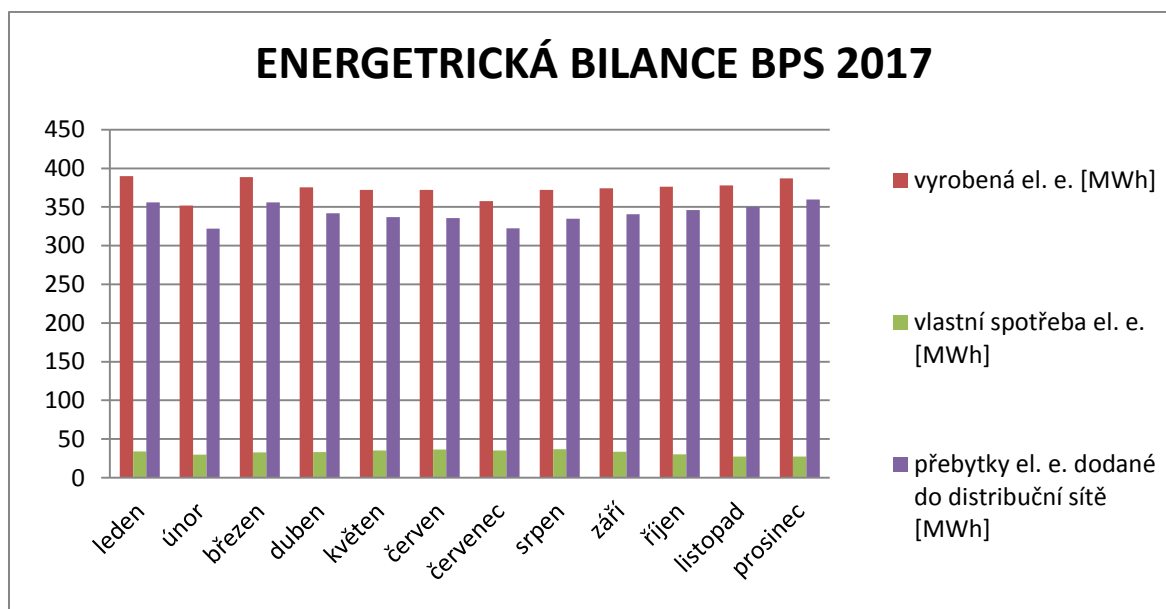
Graf 3: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2016

V roce 2016 bylo vyrobeno 4 478 MWh, spotřebované pro vlastní spotřebu provozu (včetně ztrát) bylo 422 MWh a do distribuční sítě prodáno 4 056 MWh.

## ➤ Energetická bilance BPS Mileč-Maňovice 2017

2017	vyrobená el. e. [MWh]	vlastní spotřeba el. e. včetně ztrát [MWh]	přebytky el. e. dodané do distribuční sítě [MWh]
leden	389,886	34,101	355,785
únor	351,814	29,677	322,137
březen	388,677	32,83	355,847
duben	375,234	33,224	342,01
květen	371,998	35,303	336,695
červen	371,94	36,312	335,628
červenec	357,752	35,182	322,57
srpen	371,942	36,96	334,982
září	373,977	33,418	340,559
říjen	376,151	30,111	346,04
listopad	377,695	27,491	350,204
prosinec	386,966	27,156	359,81
<b>SUMA</b>	<b>4494,032</b>	<b>391,765</b>	<b>4102,267</b>

Tab. 5: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2017



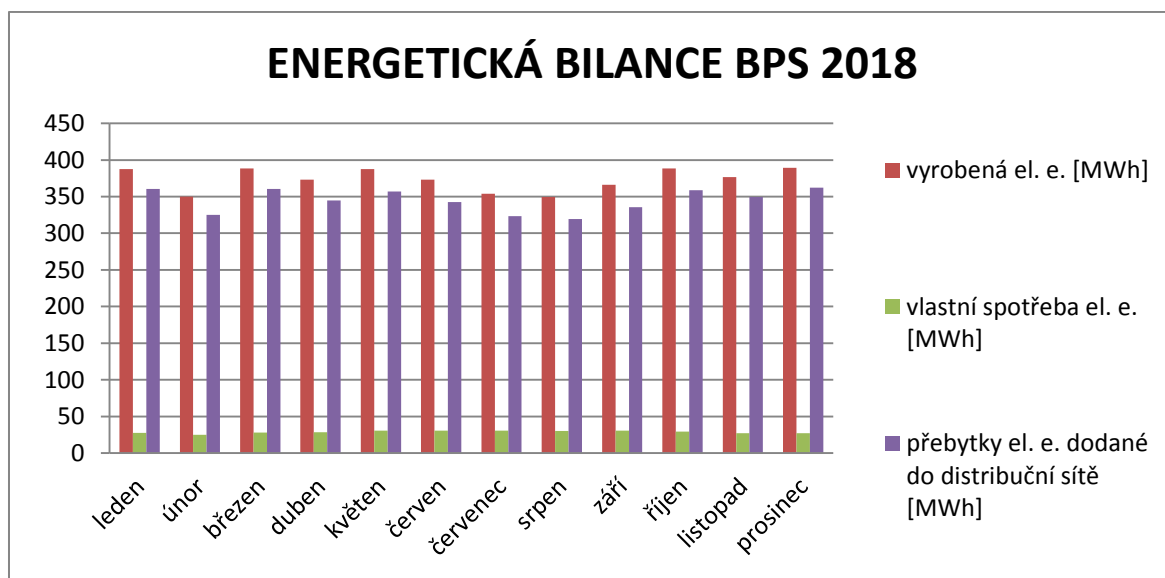
Graf 4: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2017

V roce 2017 se vyrobilo 4 494 MWh, pro vlastní spotřebu (včetně ztrát) se použilo 392 MWh elektřiny a do distribuční sítě bylo prodáno 4 102 MWh.

## ➤ Energetická bilance BPS Mileč-Maňovice 2018

2018	vyrobená el. e. [MWh]	vlastní spotřeba el. e. včetně ztrát [MWh]	přebytky el. e. dodané do distribuční sítě [MWh]
leden	387,724	27,408	360,316
únor	349,911	24,987	324,924
březen	388,622	27,906	360,716
duben	373,352	28,496	344,856
květen	387,586	30,527	357,059
červen	373,196	30,625	342,571
červenec	353,946	30,602	323,344
srpen	349,521	30,141	319,38
září	366,005	30,567	335,438
říjen	388,345	29,403	358,942
listopad	376,7	27,046	349,654
prosinec	389,21	26,905	362,305
<b>SUMA</b>	<b>4484,118</b>	<b>344,613</b>	<b>4139,505</b>

Tab. 6: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2018



Graf 5: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2018

V roce 2018 bylo vyrobeno 4 484 MWh elektřiny, z toho využito pro vlastní spotřebu provozu (včetně ztrát) bylo 345 MWh a do distribuční sítě bylo prodáno 4 139 MWh.

➤ **Meziroční rozdíly výroby elektrické energie, vlastní spotřeby a dodávky do sítě.**

ROK	VYROBENÁ EL.E. [MWh]	VLASTNÍ SPOTŘEBA EL.E. [MWh]	PŘEBYTKY EL.E. DODANÉ DO DISTRIBUČNÍ SÍTĚ [MWh]
2015	4288,446	407,504	3880,942
2016	4478,451	421,972	4056,479
2017	4494,032	391,765	4102,267
2018	4484,032	344,613	4139,505

Tab. 7: Meziroční rozdíly ve výrobě elektrické energie, vlastní spotřebě a dodávky do sítě

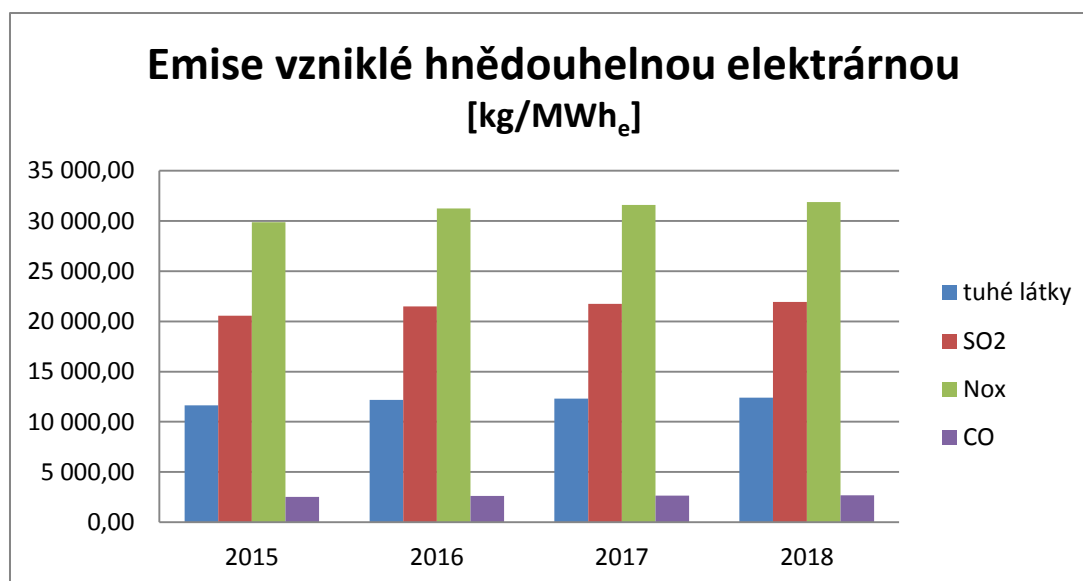
Z tabulky je patrné, že v letech 2015-2018 došlo ke zvýšení výroby elektrické energie a přitom ke snížení vlastní spotřeby. Důvody jsou především v optimalizaci výrobního procesu, jako například snížení spotřeby míchadel na základě lepších vstupů. Právě jeden z efektů optimalizace výrobního procesu je snížení procentuální spotřeby na vlastní provoz, která v roce 2015 byla 9,5 %, avšak v roce 2018 už jen 7,7 %. Pro celkové hodnocení úspěšnosti optimalizace výrobního procesu je ovšem potřeba počítat s životností BPS, což se odhaduje na 20 let, ovšem z dostupných informací v průběhu 4 let je zřejmé, že se proces výroby elektrické energie každoročně optimalizuje o přibližně 1 %.

### 5.1.2 Ekologické zhodnocení při výrobě elektrické energie

Jak již bylo zmíněno výše, výroba elektrické energie z BPS je velmi šetrná k životnímu prostředí. [22] Následující tabulka uvádí, kolik emisí by se vypustilo do ovzduší, kdyby se přebytek elektrické energie vyrobil v hnědouhelné elektrárně.

emise [kg/MWh <sub>e</sub> ]	tuhé látky	SO <sub>2</sub>	No <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
	3,0	5,3	7,7	0,65	1213,0
2015	11 642,83	20 568,99	29 883,25	2 522,61	4 707 582,65
2016	12 169,44	21 499,34	31 234,89	2 636,71	4 920 509,03
2017	12 306,80	21 742,02	31 587,46	2 666,47	4 976 049,87
2018	12 418,52	21 939,38	31 874,19	2 690,68	5 021 219,57

Tab. 8: Emise vzniklé v hnědouhelné elektrárně



Graf 6: Emise vzniklé hnědouhelnou elektrárnou

V grafu nejsou uvedeny hodnoty oxidu uhličitého, protože množství CO<sub>2</sub> vzniklého výrobou energie v hnědouhelné elektrárně je ročně počítáno na tisíce tun. Z tabulky i grafu je na první pohled zřejmé, že roční pokles produkovaných emisí v případě vytápění budovy elektrickou energií je ohromný.

### 5.1.3 Bilance tepelné energie

Následující tabulka vyjadřuje roční souhrn využití odpadní tepelné energie pro vlastní spotřebu, kde jsou zahrnuty ztráty a dodávky do teplovodu, které jsou následně využity obyvateli obce Mileč jako zdroj tepla v domácnostech.

ROK	VÝROBA TEPLA [GJ]	VLASTNÍ SPOTŘEBA TEPLA VČETNĚ ZTRÁT [GJ]	DODÁVKA DO TEPLOVODU [GJ]
2015	8 606,74	4 894,54	3 712,20
2016	9 376,86	5 111,56	4 265,30
2017	9 874,29	5 124,89	4 749,40
2018	9 325,48	5 113,48	4 212,00

Tab. 9: Výroba tepelné energie, vlastní spotřeba a dodávka do teplovodu

Více než 50 % tepelné energie je ročně využito BPS Agroplyn Mileč-Maňovice pro vlastní spotřebu, což je vytápění fermentoru a budov v zemědělském objektu. V roce 2017 bylo do teplovodu přivedeno 4 748 GJ tepla, což odpovídá 49 % vyrobené tepelné energie. Napojených objektů na teplovod je 26. Teplovodu využívá např. škola či bytový dům, celkem je napojeno 31 odběratelů. V roce 2017 bylo odběrateli odebráno 3 695 GJ, tedy ztráty na tepelné energii dodané do teplovodu tedy byly 1 054 GJ.

## 5.2 Ekonomická bilance BPS Mileč-Maňovice

Tato kapitola je věnována ekonomické bilanci BPS, přičemž všechny údaje byly opět poskytnuty panem Šilhavým, odpovědným pracovníkem BPS.

### ➤ VÝDAJE

#### Náklady spojené s financováním BPS bez DPH

Investiční náklady spojené s výstavbou BPS	63 410 500,- Kč <sup>1</sup>
Investiční podpora	18 480 000,- Kč

#### Provozní náklady bez DPH

Osobní náklady (mzdy a pojistné)	479 200,- Kč / rok
Opravy a údržba	1 050 300,- Kč / rok
Odpisy	3 818 500,- Kč / rok
Pojištění majetku	182 900,- Kč / rok
Ostatní provozní náklady	3 374 000,- Kč / rok

#### Náklady na nákup substrátu bez DPH

Kukuřičná siláž	2 069 400,- Kč / rok
Travní senáž	3 536 400,- Kč / rok

<sup>1</sup> včetně úroku 1,06 mil. korun

Kejda skotu 169 700,- Kč / rok

**Roční výdaje celkem bez DPH 14 680 400,- Kč / rok<sup>2</sup>**

## ➤ PŘÍJMY

### Prodej elektrické energie

V následující tabulce jsou celkové roční příjmy za prodanou elektrickou energii do distribuční sítě. Cena prodeje 1 MWh se skládá z výkupní ceny (bez DPH) a zeleného bonusu, kterou každoročně stanovuje Energetický regulační úřad. Zelený bonus je podpora energie vyrobené z obnovitelných zdrojů.

rok provozu	výkup [Kč/MWh]	zelený bonus [Kč/MWh]	přebytky el.e. dodané do distribuční sítě [MWh]	celkové příjmy za dodanou elektřinu [tis. Kč]
2015	932	3270	3880,942	<b>16 307,72</b>
2016	790	3390	4056,479	<b>16 954,08</b>
2017	790	3460	4102,267	<b>17 434,63</b>
2018	930	3330	4139,505	<b>17 634,29</b>

Tab. 10: Příjmy z prodeje elektrické energie

### Prodej tepelné energie

rok provozu	cena dodaného tepla bez DPH [Kč/GJ]	dodávka do teplovodu [GJ]	celkové příjmy za dodané teplo [tis. Kč]
2015	118,00	3 712,20	<b>438,04</b>
2016	118,00	4 265,30	<b>503,31</b>
2017	118,00	4 749,40	<b>560,42</b>
2018	118,00	4 212,00	<b>497,02</b>

Tab. 11: Příjmy z prodeje tepelné energie

Celkové příjmy BPS se skládají z prodeje elektrické a tepelné energie, pro další výpočet byly použity průměrné hodnoty, tedy celkové roční příjmy jsou **17 582 377,- Kč**

<sup>2</sup> nejsou započítané investiční náklady

## 6 Zhodnocení efektivity provozu

Efektivnost provozu se vždy měří financemi a to s rozdílem mezi investičními náklady na výstavbu, provozními náklady, kam patří osobní náklady, jako jsou například mzdy a pojistné, dále náklady na údržbu a opravy, náklady na pojištění majetku a další náklady vynaložené s provozem BPS, jako je i nákup substrátu, a příjmy, které se v případě BPS Mileč-Maňovice skládají z prodeje elektrické a tepelné energie. Ekonomickou efektivnost zjednodušeně vyjadřuje návratnost vynaložené investice. Tu lze vypočítat:

$$T_s = \frac{IN}{CF}, \quad \text{kde} \quad IN = N - D$$

$$CF = V - N$$

$T_s$     prostá návratnost (roky)

$V$     roční výnos

$N$     investiční náklady na realizaci projektu (Kč)

$N$     roční provozní náklady

$D$     výše poskytnuté dotace (Kč)

$$IN = 63\,410\,500 - 18\,480\,000 = 44\,930\,500,- \text{ Kč}$$

$$CF = 17\,582\,377 - 14\,680\,400 = 2\,901\,977,- \text{ Kč}$$

$$T_s = 15,5 \text{ let}$$

Dle vyhodnocených dat a vypočítané návratnosti investice na výstavbu a provoz BPS se zdá, že BPS Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o. je velmi ztrátovým provozem. Návratnost investice je totiž vypočítaná na 15,5 let a přitom běžná návratnost bývá 6-10 let [1]. Samozřejmostí jsou nečekané výdaje za opravy, které mohou znamenat ztráty v řádu statisíců, ale i s těmito by se mělo v ročním plánu výdajů počítat. Jediným problémem se tedy zdá být nákup substrátu, který ročně BPS stojí více než 5 a půl milionu korun českých. Zde je ovšem nutno podotknout, že dodavatelem substrátu je společnost Maňovická zemědělská a.s., která je propojena s BPS Mileč-Maňovice přes vlastníky. Pro výpočet efektivity provozu by bylo potřeba znát také ekonomické údaje zemědělského družstva Maňovická zemědělská a.s.



## 6.1 Využití tepla pro obec Mileč

Obec Mileč v okrese Plzeň-jih se rozkládá na 1 637 ha s počtem obyvatel 381 (2018). Celkem má obec Mileč 65 čísel popisných, ovšem 4 objekty jsou vzdáleny od obce více než jeden kilometr. V současné době je k bioplynové stanici napojeno 26 čísel popisných s celkovým počtem domácností 31.

Již od roku 2014, kdy byly vybudovány rozvody teplovodu o délce 1200 m a 26 přípojek k objektům došlo k ročnímu snížení emisí a úspoře energie na vytápění a ohřev TUV [23]. Stále ovšem dochází k maření vyrobené tepelné energii na kogenerační jednotce, například v roce 2017 došlo k dalším ztrátám na teple 1 054 GJ. Po konzultaci se starostou obce Mileč Ing. Kovářem vyplynulo, že k bioplynové stanici by bylo možné ještě připojit dalších 10 domácností. Bylo by ovšem nutné vybudovat další metry topných rozvodů a přípojky k objektům. V současné době topí tuhými palivy v obci asi 2/3 zbývajících domácností, případný úbytek 10 topenišť by výrazně zlepšil kvalitu ovzduší, které je v zimním období často znečištěno smogem.

## Závěr

Bakalářská práce byla věnována bioplynové stanici Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o., principu anaerobní digesce, tvorbě a využití bioplynu a v neposlední řadě ekonomickému a energetickému zhodnocení jejího chodu. Posledním bodem bylo vyhodnocení provozu jako centrálního zdroje tepla pro obec Mileč.

Vyrobená elektrická i tepelná energie z kogenerační jednotky je v průběhu roku velmi nestálá, což lze vyčíst z tabulek a grafů uvedených v kapitole 5 Energetická a ekonomická bilance BPS. Rozdílnost produkce souvisí převážně s kvalitou substrátu použitého jako vstup do bioplynové stanice. I při sebemenší chybě v "krmení" může dojít k narušení rovnováhy anaerobní fermentace, která zmíněné výkyvy způsobí. Dalším častým zdrojem rozdílnosti při výrobě energie je poruchovost jednotlivých součástí celé bioplynové stanice. Často je při poruše nutné odstavit kogenerační jednotku a tím přerušit výrobu elektrické energie, se kterou souvisí i odpadní výroba tepelné energie.

Kogenerační jednotka je srdce bioplynové stanice, které vytváří elektrickou energii, použitelnou pro vlastní spotřebu v zemědělském družstvu a dále jako zdroj příjmů z prodané elektrické energie do distribuční sítě. Během exkurze na bioplynovou stanici Mileč-Maňovice byla získána data investičních a ročních výdajů na provoz BPS a také objemu výroby, vlastní spotřeby a následného prodeje elektrické energie do distribuční sítě a tepelné energie do teplovodu. Následně byly údaje vyhodnoceny pomocí tabulek a grafů. Výsledek byl ale neuspokojivý. V případě bioplynové stanice Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o. je návratnost investice více než 15 a půl let a přitom běžná návratnost investičních výdajů na výstavbu a provoz BPS bývá 6-10 let. Zpráva BPS uvádí, že substráty používané jako vstup do BPS jsou nakupované, což ročně dělá ztrátu více než 5 a půl milionu korun. Při následném doptávání této skutečnosti pracovníků BPS byla zjištěna informace, že BPS Agroplyn Mileč-Maňovice s.r.o. a společnost Maňovická zemědělská a.s. jsou rozdílné společnosti, ovšem propojené přes vlastníky obou firem. Jeden z cílů, a to ekonomické zhodnocení chodu BPS nelze plně vyhodnotit, bylo by potřeba udělat také ekonomické zhodnocení spolupracující společnosti.

Odpadní teplo vyrobené z kogenerační jednotky je běžně použito na vytápění stěn fermentoru a přilehlých budov v zemědělském družstvu, mnohé studie však dokázaly, že toto teplo je využito pouze z malé části a zbytek je vypuštěn ventilátory kogenerační jednotky.

Přitom tepelná energie vyprodukovaná jako odpadní produkt přispívá ke snížení potřeby využití fosilních paliv.

BPS má mnoho možností jak tepelnou energii vynaložit nejen v prospěch planety, ale také ve svůj ekonomický prospěch. A to například v pořízení skleníků na pěstování zeleniny či sušičky zemědělských plodin, dřeva nebo digestátu, který se dá dále prodávat jako hnojivo ve formě pelet nebo jako stelivo pro skot. Další možností využití odpadního tepla je vybudování teplovodu z BPS do místa spotřeby, tedy přilehlé obce. Právě BPS Agroplyn Mileč-Maňovice odvádí přebytečnou tepelnou energii do obce Mileč, kde je využita jako zdroj tepla a ohřevu teplé vody obyvateli obce v 30 domácnostech a jedné škole. Po konzultaci se starostou obce Mileč Ing. Kovářem vyplynulo, že k BPS Mileč-Maňovice by bylo možné ještě připojit dalších 10 domácností.

Závěrem by bylo vhodné podotknout, že využití tepla z BPS v obcích přispívá nejen ke zlepšení ovzduší v zimních měsících, ale zvyšuje také činnost místní BPS, která se jeví jako zdroj obnovitelné energie. Díky rostoucímu počtu firem, které se specializují na výstavbu a provoz BPS, přijímající zkušenosti se zahraničními technologiemi, je jen otázkou času, kdy se pokrok ve zpracování a využití bioplynu dostane i do České republiky.

## Seznam použité literatury

- [1] KOLAŘÍK, Radim. Bioplynové stanice a jejich potenciál v ČR. *Energetika*. Praha: ČSZE, 2015, **65**(8-9). ISSN 0375-8842.
- [2] ŠVEC, Jan. *Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství - zemědělské bioplynové stanice*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor, 2010. ISBN 978-80-86832-49-4.
- [3] STRAKA, František et al. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 3., zkrác. vyd. Praha: GAS, 2010. ISBN 978-80-7328-235-6.
- [4] ŠAFAŘÍK, Miroslav, HABART, Jan: Expertní systém pro bioplyn : Legislativa založení a provozu bioplynových stanic. *Biom.cz* [online]. 2008 [cit. 2019-04-06]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z <https://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/expertni-systemy/legislativa-zalozeni-a-provozu-bioplynovych-stanic>
- [5] SCHULZ Heinz a Barbara EDER. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-861-6721-6.
- [6] FNR. *Leitfaden Biogas: Von der Gewinnung zur Nutzung*. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), 2016. ISBN 3-00-014333-5.
- [7] MRŮZKOVÁ, Karolína. *Fermentace bioplynových stanic*. Brno, 2018. Bakalářská práce. VUT Brno
- [8] DVOŘÁČEK, Tomáš. Bioplynové stanice na zpracování bioodpadů v České republice. *Biom cz* [online]. 2010 [cit. 2019-03-07]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-na-zpracovani-bioodpadu-v-ceske-republice>
- [9] HAITL, Martin a Tomáš VÍTĚZ. *Analyse of Biogas production from energy maize varieties*. Brno: Mendelova univerzita, 2011.
- [10] KÁRA, Jaroslav et al. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: VÚZT, 2007. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [11] RUTZ, Dominik, Rita RAMANAUSKAITE a Rainer JANSSEN. *Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic*. Mnichov, Německo: WIP Renewable Energies, 2012.

- [12] Vyhláška č. 237/2017 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. Česká republika, 2017, ročník 2017, částka 86.
- [13] ŽAKOVEC, Jan. *Biometan: hospodárné užití obnovitelných zdrojů energie*. Praha: GAS, 2012. ISBN 978-80-7328-276-9.
- [14] KRATOCHVÍLOVÁ, Zuzana et al. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. Praha: CZ Biom- České sdružení pro biomasu, 2009. ISBN 978-80-903777-5-2.
- [15] *Energetická efektivnost bioplynových stanic: Možná opatření pro vyšší stupeň využití bioplynu*. Praha: SEVEn, 2013.
- [16] *Využití bioplynu v dopravě*. Praha: SEVEn - Projekt Madagascar.
- [17] MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, Antonín: Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2003 [cit. 2019-03-07]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>
- [18] VYŠTEINOVÁ, Tereza. *Výroba, úprava a využití bioplynu v energetice a dopravě*. Plzeň, 2011. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [19] KALETOVÁ, Alice. *Bioplyn jako alternativní zdroj energie v České republice*. Brno, 2011. Diplomová práce. Masarykova univerzita.
- [20] JANŠA, Jiří, Zdeněk HRADÍLEK a Jan JANŠA. Energetická bilance bioplynové stanice. *Energetika*. Praha: ČSZE, 2015, **65**(11). ISSN 0375-8842.
- [21] STUPAVSKÝ, Vladimír: Mikrokogenerace a trigenerace. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2019-03-08]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/mikrokogenerace-a-trigenerace>
- [22] SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA. *Obnovitelné zdroje energie: V jižních Čechách a horním Rakousku*. Praha: EkoWATT, 2000.
- [23] TOMKOVÁ, Michaela. *Návrh opatření ke zvýšení efektivity konkrétní bioplynové stanice "Agroplyn Mileč - Maňovice s.r.o."*. České Budějovice, 2014. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

- [24] Bioplynové stanice. *Gascontrol* [online]. [cit. 2019-04-08]. Dostupné z <https://www.gascontrol.cz/environmentalni-technologie/bioplynove-stanice/>
- [24] Použití bioplynu v dopravě. *Bioplynové stanice* [online]. [cit. 2019-03-09]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/pouziti-bioplynu-v-doprave/>
- [26] *Maňovická zemědělská a.s.* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <http://www.manovicka.cz/>
- [27] *Provozní řád zdroje v souladu se zákonem č. 201/2012 Sb.: Agroplyn Mileč - Maňovice s.r.o.* ECoGas Technology, 2012.
- [28] CZBA: Česká bioplynová asociace. *CZBA* [online]. [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.czba.cz/>
- [29] Energetický regulační úřad. *ERÚ* [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/>
- [30] PASTOREK, Zdeněk a Jiří WOLFF. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Praha: Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1992. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe.

## Seznam tabulek, grafů a obrázků

### ➤ Tabulky

<i>Tab. 1: Základní vlastnosti bioplynu a jeho jednotlivých složek [13]</i> .....	16
<i>Tab. 2: používané substráty BPS Mileč</i> .....	29
<i>Tab. 3: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2015</i> .....	30
<i>Tab. 4: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2016</i> .....	32
<i>Tab. 5: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2017</i> .....	33
<i>Tab. 6: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2018</i> .....	34
<i>Tab. 7: Meziroční rozdíly ve výrobě elektrické energie, vlastní spotřebě a dodávky do sítě...</i>	35
<i>Tab. 8: Emise vzniklé v hnědouhelné elektrárně</i> .....	35
<i>Tab. 9: Výroba tepelné energie, vlastní spotřeba a dodávka do teplovodu</i> .....	36
<i>Tab. 10: Příjmy z prodeje elektrické energie</i> .....	38
<i>Tab. 11: Příjmy z prodeje tepelné energie</i> .....	38

### ➤ Grafy

<i>Graf 1: Výtěžek bioplynu v m<sup>3</sup> na 1t substrátu (upraveno z [5])</i> .....	29
<i>Graf 2: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2015</i> .....	31
<i>Graf 3: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2016</i> .....	32
<i>Graf 4: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2017</i> .....	33
<i>Graf 5: Výroba, spotřeba a dodávka elektřiny do distribuční sítě pro rok 2018</i> .....	34
<i>Graf 6: Emise vzniklé hnědouhelnou elektrárnou</i> .....	36

### ➤ Obrázky

<i>Obr. 1: Schéma bioplynové stanice [24]</i> .....	15
<i>Obr. 2: schéma vzniku bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů (vlastní zpracování dle [3])</i> .....	17
<i>Obr. 3: Diagram využití bioplynu [11]</i> .....	21
<i>Obr. 4: Výtěžnost energie biopaliva ze zpracované biomasy [25]</i> .....	24
<i>Obr. 5: Situační mapa BPS Mileč (vlastní zpracování dle [27])</i> .....	25
<i>Obr. 6: Dávkovač substrátu [23]</i> .....	26

<i>Obr. 7: Kogenerační jednotka [23]</i> .....	27
<i>Obr. 8: Skladovací jímka [26]</i> .....	28