

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie (AEKn-K)

Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

## Diplomová práce

### Způsob a ekonomika využití odpadního tepla u vybraných bioplynových stanic

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Diviš Jiří CSc.

Konzultant diplomové práce: Ing. Kajan Miroslav

Autor: Bc. Zajíc Pavel

České Budějovice, duben 2014

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Pavel ZAJÍC  
Osobní číslo: Z12607  
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství  
Studijní obor: Agroekologie  
Název tématu: Způsob a ekonomika využití odpadního tepla u vybraných bioplynných stanic  
Zadávající katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie

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

**Cíl:** Vyhodnotit využití odpadního tepla u vybraných bioplynných stanic.

**Literární přehled:** Typy bioplynných stanic, produkty vzniklé při provozu bioplynné stanice, možnosti a způsoby využití odpadního tepla.

**Materiál a metody:** Výběr minimálně 3 bioplynných stanic, zhodnotit záměr a skutečné využití odpadního tepla, ekonomické hodnocení.

**Výsledky:** Výsledky z vlastního šetření využití odpadního tepla při provozu bioplynné stanice uspořádat do tabulek, grafu s případnou obrazovou přílohou.

**Diskuze:** Posoudit vlastní zjištění a výsledky s uvedenými literárními údaji.

**Závěr:** Získané údaje shrnout do bodů a formulovat možnosti a doporučení pro praktické využití.

Rozsah grafických prací: 10 - 15 stran

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Andert D. a kol. (2006): Energetické využití pevné biomasy. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha

Kajan M. a kol. (2011): BSP Třeboň a pohled odběratele tepla lázně Aurora. Výstavba a provoz bioplynových stanic. Sborník z konference Třeboň

Straka F. a kol. (2010): Bioplyn, GAS s. r. o., Praha Vědecké a odborné časopisy Sborníky z konferencí

Internetové databáze

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Dívíš, CSc.  
Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Datum zadání diplomové práce: 21. března 2013

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2014

  
prof. Ing. Miloš Šoch, CSc.  
děkan

JIHOZEMNÍ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
SPOLEČNOST  
Študentů 11. 69  
390 01 Česká Budějovice

  
prof. Ing. Vladislav Černý, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 21. března 2013

### **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Datum: 15. 4. 2014

.....  
Bc. Zajíc Pavel

## **Poděkování**

Touto cestou bych velice rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Divišovi, CSc. za poskytnutí cenných rad během tvorby mé diplomové práce. Dále také velmi děkuji Ing. Kajanovi ze společnosti BIOPLYN Třeboň spol. s r.o., dále Zemědělské společnosti AGRO-B, spol. s r.o. v zastoupení pana Vladimíra Turka a Ing. Davidu Průšovi z Rolnického družstva PLEVIS a dalším zaměstnancům z těchto provozů za poskytnutí veškerých podkladů potřebných k vypracování diplomové práce, vstřícný přístup a poskytnutí cenných zkušeností z praxe a provozu dotčených BP.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá ekonomikou a různými způsoby využití odpadního tepla, které vzniká při spalování bioplynu v kogeneračních jednotkách. Využití zbytkového tepla umožňuje výrazně zvýšit energetickou efektivnost stávajících a budovaných bioplynových stanic. Na příkladech bioplynových stanic Třeboň, Pleše a Kardašova Řečice je popsána technická a ekonomická analýza využití odpadního tepla v místech spotřeby. Na každé z vyjmenovaných BPS je využíván jiný způsob zužitkování tepla. V BPS Třeboň je vyrobený bioplyn dopravován vybudovaným plynovodem do místa spotřeby tepla. V BPS Pleše a Kardašova Řečice je využíváno teplo v místě vzniku, ale pro rozdílné účely.

**Klíčová slova:** bioplynová stanice; kogenerační jednotka; typy bioplynových stanic; bioplyn; ekonomické hledisko; odpadní teplo; ekonomická analýza; energetická efektivnost

## **Abstract**

The thesis is focused on economy and different ways how to use the waste heat which is created during combustion of biogas in cogeneration units. The utilization of residual heat enables to significantly increase the energetic efficiency of existing and newly built biogas stations. There is the description of the biogas station in Třeboň, Pleše and Kardašova Řečice and the technical and economic analysis of utilization of biogas in the place of heat consumption. These biogas stations have different methods how to use the waste heat. In Třeboň, there is this method: made biogas is transported by gas pipeline to the place where it is used. By contrast, the heat is used in the place where is created, but the heat is used for different purposes in Pleše and in Kardašova Řečice.

**Keywords:** biogas stations, cogeneration units, types of biogas stations; biogas; economic point of view, waste heat, economic analysis, energy efficiency

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED .....</b>	<b>10</b>
2.1	BIOPLYN.....	10
2.1.1	<i>Teorie výroby bioplynu .....</i>	<i>11</i>
2.1.2	<i>Faktory ovlivňující vznik bioplynu .....</i>	<i>14</i>
2.2	TYPY BIOPLYNOVÝCH STANIC .....	15
2.2.1	<i>Bioplynové stanice dle rozdělení zpracovávaných surovin .....</i>	<i>15</i>
2.2.2	<i>Druhy bioplynových stanic dle typu fermentoru.....</i>	<i>17</i>
2.2.3	<i>Hlavní části bioplynové stanice.....</i>	<i>19</i>
2.2.4	<i>Produkty vzniklé při anaerobní fermentaci.....</i>	<i>24</i>
2.3	VYUŽITÍ TEPLA Z BIOPLYNOVÝCH STANIC.....	25
<b>3</b>	<b>BIOPLYNOVÁ STANICE TŘEBOŇ, KARDAŠOVA ŘEČICE, PLEŠE .....</b>	<b>30</b>
3.1	BIOPLYNOVÁ STANICE TŘEBOŇ .....	30
3.1.1	<i>Bioteplárna .....</i>	<i>35</i>
3.1.2	<i>Bioplynovod.....</i>	<i>36</i>
3.2	BIOPLYNOVÁ STANICE KARDAŠOVA ŘEČICE.....	39
3.2.1	<i>Sušárna zemědělských komodit.....</i>	<i>42</i>
3.3	BIOPLYNOVÁ STANICE PLEŠE.....	43
3.3.1	<i>Teplovzdušná sušárna řeziva.....</i>	<i>47</i>
3.4	METODIKA VÝPOČTU EKONOMICKÉ EFEKTIVITY VYUŽITÍ TEPLA .....	49
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>56</b>
4.1	BIOPLYNOVÁ STANICE TŘEBOŇ .....	57
4.2	BIOPLYNOVÁ STANICE KARDAŠOVA ŘEČICE.....	63
4.3	BIOPLYNOVÁ STANICE PLEŠE.....	69
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>81</b>
6.1	ČLÁNKOVÉ ZDROJE .....	81
6.2	INTERNETOVÉ ZDROJE .....	82

# 1 ÚVOD

Rostoucí poptávka po energiích, vyčerpatelnost fosilních zdrojů energií, teritoriální rozdělení primárních zdrojů energií a snaha po zvyšování soběstačnosti ve výrobě energií a snižování emisí skleníkových plynů spojených s využíváním fosilních paliv pro výrobu elektrické a tepelné energie vede rozvinuté společnosti v posledních desetiletích ke zvyšující se snaze o využití obnovitelných zdrojů energií. Vedle využití energie slunce, větru, vody a geotermální energie má ve středoevropském regionu obzvláštní význam využití zbytkové a cíleně pěstované biomasy. Nejznámějším a nejrozšířenějším způsobem využití biomasy je její spalování. V určitých případech je alternativou ke spalování anaerobní fermentace biomasy s cílem výroby bioplynu – plynu obsahujícím jako hlavní palivovou složku metan. Využití anaerobní fermentace je výhodné v případech, kde se jedná o biomasu s relativně nízkým obsahem sušiny do 30 %, jako jsou biologicky rozložitelné komunální a průmyslové odpady, odpady z živočišné výroby, cíleně pěstovaná rostlinná biomasa (tráva, obiloviny, kukuřice apod.). Anaerobním rozkladem – transformací organických látek obsažených v biomase konsorciem mikroorganismů vzniká bioplyn. Bioplyn je možné podobně jako zemní plyn využít jako palivo pro výrobu elektrické energie a tepla resp. po jeho „vyčištění“, tj. odstranění oxidu uhličitého a minoritních plynných složek (sulfan, dusík) je možné získat prakticky zemní plyn nazývaný v tomto případě biometan a ten dále použít jako palivo pro pohon vozidel.

Z důvodu výraznějších finančních a legislativních podpor obnovitelných zdrojů energie v Evropě v průběhu posledních 15 let výrazně stoupl jejich počet. Podobný trend můžeme sledovat i v České republice po roce 2005. Dosavadní zkušenost ukazuje, že v České republice se jako jeden z nejvhodnějších obnovitelných zdrojů, hlavně z ekonomického a technického aspektu, ukazuje využívání bioplynu. Důvodem je dostatek vhodné biomasy, zkušenosti s jejím pěstováním, konzervací a uskladněním, relativně levná a spolehlivá technologie její anaerobní fermentace, možnost regulace výroby bioplynu a následně elektrické energie a tepla v průběhu dne a roku. V současnosti je v České republice 500 bioplynových zařízení (skládky, čistírny odpadních vod s anaerobní fermentací kalu, průmyslové a zemědělské bioplynové stanice). Celkový instalovaný elektrický výkon těchto zařízení je k 1.1.2014 činí 392,35 MW a ročně vyrobí 2243 GWh elektrické energie. Podíl



elektrické energie vyrobené z bioplynu tvoří 22,1 % elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů v České republice (Zdroj: [http:// www.czba.cz](http://www.czba.cz), 2014).

Elektrická energie z bioplynu je vyráběná prostřednictvím kogeneračních jednotek, zařízení sestávající z plynového motoru a generátoru elektrické energie. V současnosti existuje celá škála kogeneračních jednotek od instalovaného elektrického výkonu od desítek až po tisíce kW. Jejich elektrická účinnost se pohybuje v rozmezí 38 – 42 %, vztažena na primární energetický obsah spalovaného bioplynu. Vedle elektrické energie vzniká při spalování bioplynu v kogenerační jednotce i tepelná energie (proto ko-generace). Jedná se o teplo z chlazení vlastního motoru, případně turbodmychadla a teplo získané z chlazení spalin. Celkově energetická hodnota vyrobeného tepla je přibližně rovná energii vyrobené elektřiny. Tepelná účinnost kogeneračních jednotek dosahuje 40 – 45 %, když je na rozdíl od elektrické účinnosti nepřímo úměrná instalovanému elektrickému výkonu.

Anaerobní fermentace je postupný mikrobiální rozklad organické hmoty. Tohoto procesu se účastní celá řada mikroorganismů. Rychlost rozkladu je kromě jiných parametrů (živiny, pH, druh suroviny apod.) závislá na teplotě. Nejčastěji bioplynové stanice pracují v tzv. mezofilním teplotním režimu, kdy teploty ve fermentoru se pohybují v rozmezí 39 – 42 °C. K ohřevu se využívá právě odpadní teplo z kogenerační jednotky. Průměrná roční spotřeba tepla na ohřev se pohybuje v rozmezí 10 – 20 %. Přebytké teplo je ve většině bioplynových stanic dále nevyužíváno a naopak mařeno přes chladiče do prostředí. V případě nejrozšířenější velikosti bioplynové stanice v ČR tj. 1 MW, činí roční produkce nevyužívaného tepla přes 20 000 GJ. To je ekvivalent více než 500 000 m<sup>3</sup> zemního plynu.

Již v začátku realizace projektu stavby bioplynové stanice (dále jen BPS) by měl zpracován plán, opatření na využití přebytků tepla. Toto opatření je potřeba brát v úvahu jako možný, ekonomicky důležitý podnikatelský faktor. Podnikatelský faktor by se měl orientovat na místní poptávku po využití této tepelné energie, za využití možných dotačních titulů. Důslednějším využitím tepla, lze zvýšit celkovou účinnost BPS o několik desítek procent. Řešení využití odpadního tepla může přinášet provozovatelům BPS pozitivní finanční zisk, efektivitu projektu BPS, zkušenosti v oblasti obnovitelných zdrojů a společensko-vědeckou prestiž. Navíc tím provozovatel BPS zvyšuje nezávislost regionu na centrálních zdrojích elektrické energie, tepla, respektive na fosilních palivech.

Cílem této diplomové práce je vyhodnocení využití odpadního tepla z BPS. Konkrétně se jedná o vyhodnocení využití tepla vzniklého při výrobě elektrické energie v kogenerační jednotce BPS Třeboň, BPS Pleše a BPS Kardašova Řečice. Práce zhodnotí různé způsoby využití odpadního tepla na těchto BPS. Každá BPS využívá teplo jiným způsobem a pro jiné účely. Z tohoto důvodu byly zvoleny právě tyto BPS jako modelové pro praktickou představu nakládání s odpadním teplem v možnostech regionu jižní čechy.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 2.1 Bioplyn

Bioplyn je směs plynů (metan, oxid uhličitý, dusík, sulfan, vodík a další) vznikající postupným rozkladem organické hmoty v anaerobním prostředí konsorciem mikroorganismů. Nerozložená resp. částečně rozložená organická hmota spolu s narostlou biomasou bakterií se nazývá digestát (digerát, fermentační zbytek). Rozklad organické hmoty bez přístupu vzduchu probíhá samovolně v přírodě bez přičinění lidského faktoru. Tento děj běžně probíhá na dně rybníků a v močálech. Fermentace však využívá člověk v technologických procesech a řídí je s cílem zužitkovat vzniklý bioplyn. Například se jedná o anaerobní stabilizace kalů, anaerobní čištění odpadních vod, anaerobní stabilizace odpadních kalů a skládkování různých organických odpadů.

Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je směs plynů. Bioplyn je bezbarvý plyn skládající se hlavně z metanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%). Bioplyn může ovšem obsahovat ještě malá množství  $N_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ , etanu a nižších uhlovodíků (Zdroj:[http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm), 2011).

Z výše uvedeného vyplývá, že majoritní podíl má plyn metan –  $CH_4$ . Ostatní plyny jsou zastoupeny v menší míře. Na kvalitě bioplynu se však podílí řada faktorů, například fermentovaný materiál, doba fermentace, teplota apod. Pro příklad rozdílné kvality bioplynu je uvedena tabulka č. 1 s příklady skládkového plynu, bioplynu z ČOV a bioplynu vzniklého fermentací prasečí kejdy.

**Tab. č. 1: Znázornění rozdílné kvality bioplynu**

Parametr	Skládkový plyn	Bioplyn (ČOV)	Bioplyn (prasečí kejda)
<sup>1)</sup> Výhřevnost (MJ/m <sup>3</sup> )	16,9	21,1	24
H <sub>2</sub> (%)	1	1	-
CO (%)	1	-	-
O <sub>2</sub> (%)	3	-	-
N <sub>2</sub> (%)	-	-	-
Cl <sup>-</sup> , F <sup>-</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	-	-	-
NH <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	-	-	40
CO <sub>2</sub> (%)	46	38	31
CH <sub>4</sub> (%)	49	61	69
H <sub>2</sub> S (mg/m <sup>3</sup> )	350	1 000	<sup>2)</sup> 2 300
<sup>1)</sup> vztaženo na 15°C, 101 325 Pa.		<sup>2)</sup> na vstupu do odsiřovacího zařízení.	

(Zdroj:[http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm), 2011)

### 2.1.1 Teorie výroby bioplynu

Výroba bioplynu je složitý proces, na kterém se podílí směs mikroorganismů a řada faktorů ovlivňující jejich životní podmínky, látkovou výměnu a rozkladnou činnost na organické hmotě.

Proces vzniku obrázek č. 1 se dělí do čtyř základních fází. Přičemž produkt jedné fáze je substrátem pro další procesy. Hlavními fázemi jsou hydrolyza, kyselé kvašení (acidogeneze), octové kvašení (acetogeneze) a poslední je metanové kvašení (metanogeneze).

#### Hydrolyza

Hydrolyza je první stadium rozkladu organické hmoty. Dochází při ní k rozkladu makromolekulárních rozpuštěných i nerozpuštěných organických látek (polysacharidy, lipidy, proteiny, uhlovodíky). Tento rozklad provádí anaerobní hydrolytické bakterie pomocí extracelulárních hydrolytických enzymů až na nízkomolekulární sloučeniny, jako jsou monosacharidy, glycerol, vyšší mastné kyseliny, aminokyseliny a voda (Dohányos, 2008).

### **Acidogeneze**

Acidogeneze je druhým stadiem. Kde probíhá následný rozklad produktů hydrolýzy na jednodušší organické sloučeniny, např. nižší mastné kyseliny, těkavé organické kyseliny, oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), vodík ( $\text{H}_2$ ) a alkoholy. Rozklad je způsoben acidogenními bakteriemi. Fermentací – kvašením těchto látek se tvoří řada redukovaných produktů. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová,  $\text{H}_2$  a  $\text{CO}_2$ , při vyšším parciálním tlaku vodíku jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, kyselina mléčná, valerová, etanol apod (Dohányos, 2008).

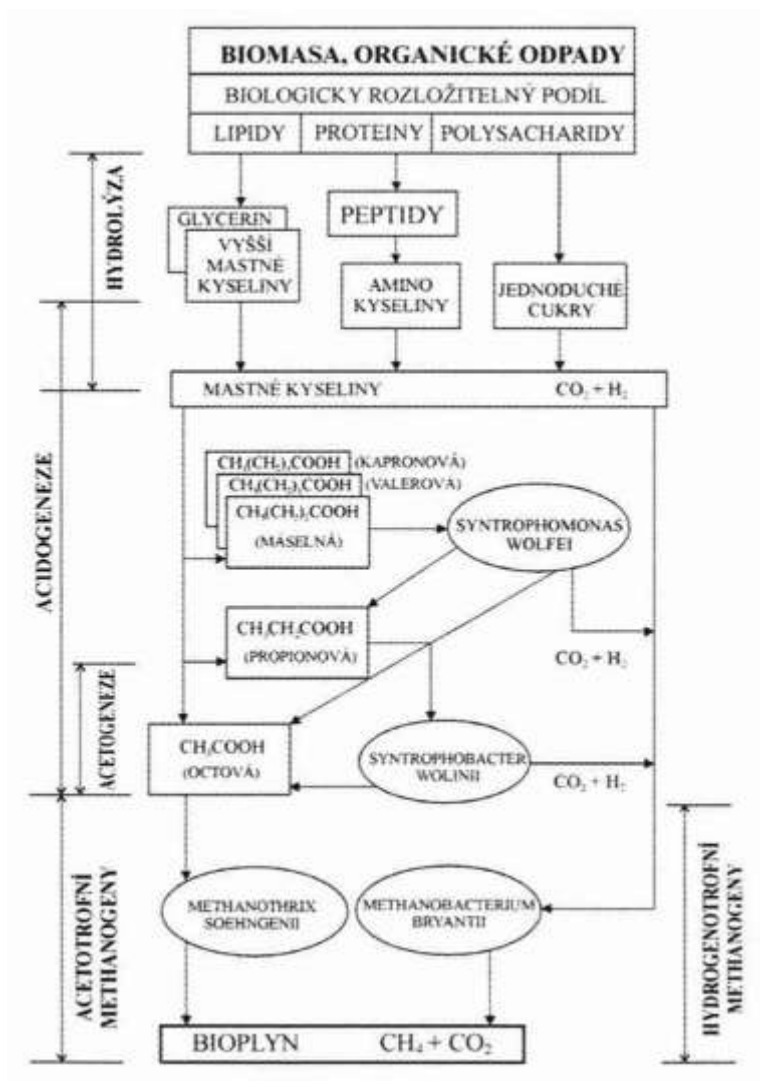
### **Acetogeneze**

Octotvorné bakterie oxidují vyšší produkty acidogeneze za vzniku kyseliny octové, dále vodíku a oxidu uhličitého. Tyto mikroorganismy rozkládají organické kyseliny vyšší než octovou (hlavně propionovou), alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Nutná je též jejich součinnost s dalšími skupinami mikroorganismů, které spotřebovávají jimi vytvořený vodík. Nadbytek vodíku v systému anaerobní fermentace inhibuje činnost acetogenních organismů a tím i produkci substrátů pro metanogenezi (Verner, 2010).

### **Metanogeneze**

V poslední fázi je tvořen metan ( $\text{CH}_4$ ). Metanogenní mikroorganismy rozkládají jednouchlíkaté látky [metanol, kyselina mravenčí, metylamin,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ], z víceuhlíkatých jen kyselinu octovou (Dohányos, 2008).

**Obr. č. 1: Schéma vzniku bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů (Zdroj: Straka, 2010)**



Proces anaerobní fermentace postupuje přes několik stádií, která ve většině technických zařízení probíhají simultánně. Při dosažení stádia tzv. stabilizované metanogeneze jde vlastně o dlouhodobě udržovanou rovnováhu mezi navazujícími procesy, hlavně pak mezi procesy acidogenními a metanogenními (Straka, 2010).

Stabilita procesu tj. udržení dynamické rovnováhy je ovlivňováno řadou faktorů, které buď mění přímo životní prostředí mikroorganismů (což je např. teplota, pH, nutrienty, toxické látky), a musí být brány v úvahu při návrhu a posuzování anaerobního reaktoru (Straka, 2010).

## 2.1.2 Faktory ovlivňující vznik bioplynu

### Vliv teploty.

Teplota podstatně ovlivňuje interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Odezva mikroorganismů na změnu teploty je u všech druhů kvalitativně stejná, avšak kvantitativně může být úplně odlišná. To znamená, že změnou teploty se mění rychlosti probíhajících pochodů, což má za následek porušení dynamické rovnováhy procesu, a může vést až k úplné havárii procesu. Dlouhodobá změna teploty vede ke změně zastoupení jednotlivých druhů mikroorganismů.

Tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot (přibližně od 5 do 95°C). Většina anaerobních reaktorů pracuje při teplotách v mezofilní oblasti tj. při 38 až 42°C. Menší počet BPS pracuje v termofilní oblasti tj. při 55 až 60°C, důvodem je větší labilita procesu. Obecně lze konstatovat, že pro udržení stability procesu je nutné zabezpečit konstantní teplotu. Změny teploty jsou tím nebezpečnější, čím je proces zatíženější, tj. čím je kratší doba zdržení a menší koncentrace biomasy v reaktoru (Schutz, Eder, 2004).

### Vliv pH.

Další závažný limitující faktor procesu je úzký rozsah pH, optimálního pro růst metanogenních mikroorganismů. Vyžadují pH v neutrální oblasti (6.5-7.5), které je nutné uvnitř reaktoru udržovat, pod pH 6 a nad 8 je jejich činnost silně inhibována. Nejčastější příčinou výkyvu pH je jeho pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy předmetanizační fáze (první a druhá skupina) je vyšší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému, avšak při vysoké koncentraci amoniaku tj. při vysokých hodnotách alkality, pH není citlivým ukazatelem. Proto je třeba řídit zatížení podle množství a složení mastných kyselin v médiu, aby nedošlo ke zhroucení procesu nebo udržovat dostatečnou neutralizační kapacitu přidávkem alkalizačních činidel (Zdroj:<http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=vse-o-bioplynu&nid=teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>, 2011).

### Přítomnost nutrientů.

Pro zapracování a provoz reaktorů je nutný správný poměr dusíku a fosforu k organickým látkám. Z bilance produkce biomasy se udává potřebný poměr živin jako

CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6.7 : 1. Vedle dusíku a fosforu je žádoucí přítomnost řady mikronutrientů - Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W, důležitá je také přítomnost řady růstových faktorů. Většinou u substrátů přirozeného původu, je množství nutrientů postačující. Naopak, při anaerobní fermentaci kejdy nebo jiných živočišných exkrementů bývá vysoký přebytek amoniaku, který za zvýšeného pH může působit inhibičně až toxicky (Štindl, 2004).

### **Přítomnost toxických a inhibujících látek.**

Za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku. Zde je nutno upozornit, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami bude závislá na pH a jejich celkové koncentraci v systému. Při nízkém pH mohou inhibičně působit mastné kyseliny, při vysokém amoniak. Dlouhodobou adaptací však lze vypěstovat biomasu, tolerující i vyšší koncentrace amoniaku na př. při zpracování slepičího trusu nebo prasečí kejdy může koncentrace amoniaku dosahovat v závislosti na koncentraci vstupujícího materiálu hodnot 6 g/l i více (Dohányos, 2009).

## **2.2 Typy bioplynových stanic**

Podle toho, jakou biomasu BPS zpracovává, rozlišujeme tři typy stanic: zemědělské, průmyslové (kofermentační) a komunální. Zemědělská BPS zpracovává vstupy ze zemědělské prvovýroby (statková hnojiva a energetické plodiny). Kofermentační BPS v jednom zařízení zužitkovává různé materiály (často rizikové vstupy – kaly z čističek odpadních vod, krev z jatek atd.). Vhodná kombinace materiálů má pak vliv na kvalitu bioplynu. Komunální BPS zpracovává komunální bioodpady, včetně odpadů z domácností.

### **2.2.1 Bioplynové stanice dle rozdělení zpracovávaných surovin**

#### **Zemědělská BPS**

Zemědělské BPS jsou v tuzemsku nejhojněji zastoupeny. Vstupy tvoří statková hnojiva (kejda, hnůj) a energetické plodiny (např. kukuřice, tráva,

obiloviny). Jejich výstavba nejčastěji probíhá přímo v areálech zemědělských provozů a protože jde o koncepčně jednodušší zařízení, než je tomu u ostatních bioplynových stanic, uvedení do činnosti není problematické. Mezi technologicky komplikovanější kroky zemědělských stanic patří míchání ve fermentorech, kdy může dojít k vytvoření plovoucí vrstvy, která může ucpávat potrubí a narušovat proces vyhnívání.

### **Průmyslová BPS**

Průmyslové BPS zpracovávají ve fermentoru výlučně nebo alespoň zčásti průmyslové odpady. Nejčastěji se jedná o BPS při pivovarech, potravinářských a farmaceutických provozech. Mezi rizikové vstupy patří zejména jateční odpady, kaly z různých provozů (např. čističek odpadních vod) a podobně. Kladeny jsou tedy větší nároky na technologii a na splnění všech provozních podmínek. Zejména dodržování hygienických pravidel minimalizuje riziko vyplývající ze vstupů.

### **Komunální BPS**

Komunální BPS zpracovávají komunální bioodpady. Komunální odpad zahrnuje odpad z údržby zeleně, vytříděné bioodpady z domácností a stravovacích provozů (restaurací a jídelen). Komunální stanice mají technologicky náročnější průběh zpracování vstupů. Problematická je především příjmová část technologie. Odpad zapáchá, a tak je nutné, aby byla pachová zátěž okolí minimalizována. K tomu mohou přispět uzavíratelné haly s odtahem a čištěním vzduchu (Zdroj:<http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>, 2011).



## 2.2.2 Druhy bioplynových stanic dle typu fermentoru

Fermentor, jinak také reaktor či vyhnívající jímka je z hlediska procesu anaerobní fermentace hlavní a nejpodstatnější část bioplynové stanice. Ve fermentoru dochází ke kultivaci mikroorganismů účastnících se anaerobního rozkladu organické hmoty. Konstrukčním cílem při návrhu a realizaci fermentoru je zabezpečit z hlediska technologického optimální podmínky pro mikroorganismy (míchání, teplota, odtah bioplynu, dodávka substrátu, odběr digestátu).

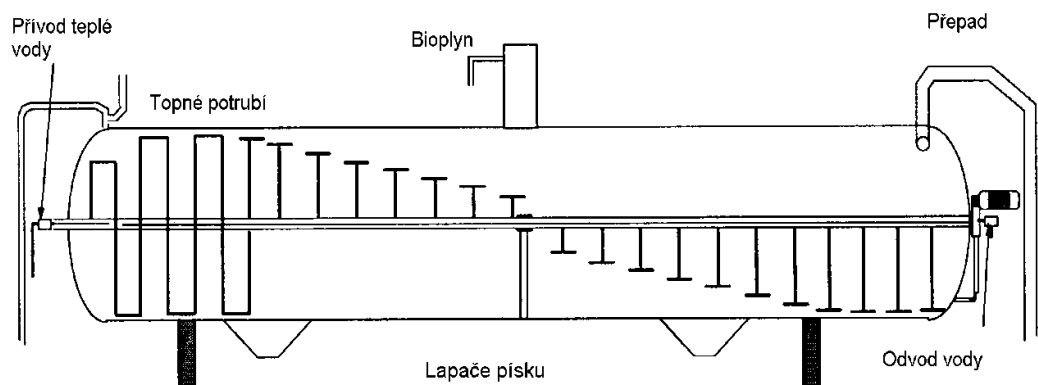
V průběhu desetiletí vývoje a optimalizace uvedených aspektů anaerobní fermentaci se design fermentorů pro zpracování organických substrátů ustálil na dvou základních variantách. Tyto jsou dodavateli modifikovány spíše ve vybavení než ve vlastní tvarové konstrukci.

### Horizontální fermentor

Horizontální fermentory obrázek č. 2 mají cylindrický tvar a jsou omezeny s ohledem na svůj objem, neboť jsou často vyráběny předem před místem umístění. Nutný transport fermentorů k místu jejich použití je možný ovšem jen do jisté velikosti nádrže nebo jako předfermentory pro větší zařízení se stojícími hlavními fermentory.

Horizontální fermentory jsou provozovány paralelně, aby bylo možno zpracovat větší množství substrátu. Celá nádrž se ukládá na betonové podstavce, tím dosáhneme sklonu okolo 3-5 %. Výhodou těchto nádrží je to, že do nich lze nainstalovat výkonné energeticky úsporné míchadlo. Naopak nevýhodou těchto fermentorů je potřeba velkého prostoru na umístění nádrže, nadměrná velikost povrchu nádrže vzhledem k objemu (velké tepelné ztráty) (CZ Biom, 2011).

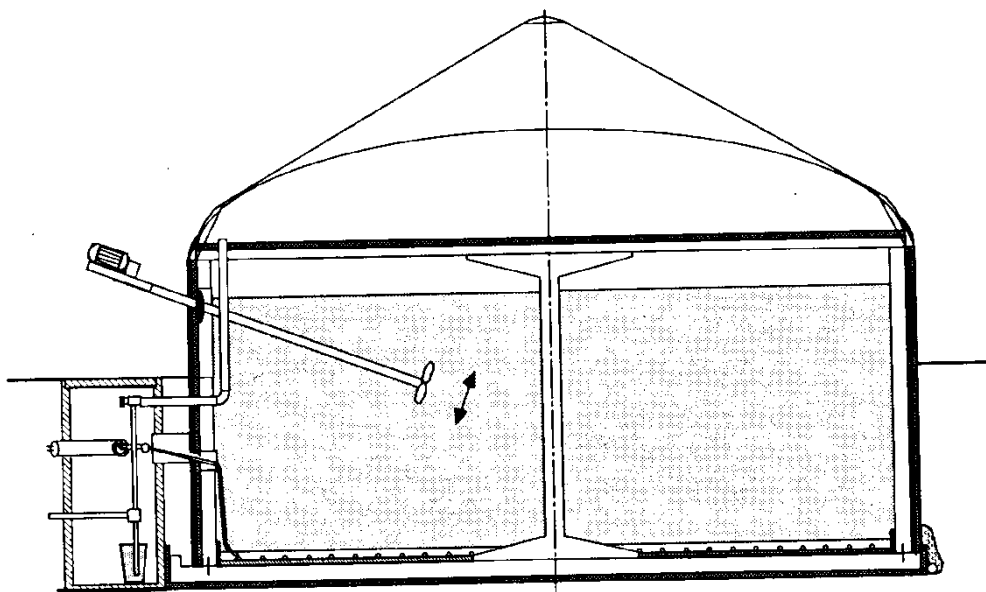
**Obr. č. 2: Horizontální fermentor (Kajan, ENKI, 2006)**



### Vertikální fermentor

Vertikální fermentory obrázek č. 3 bývají vyrobeny z betonu a mají kruhový průřez. Objem těchto nádrží se pohybuje v rozmezí 250-600 m<sup>3</sup>, ale v dnešní době se setkáme i s objemy až 1 200 m<sup>3</sup>. Tyto reaktory můžeme používat jako dvouúčelové, kdy v průběhu roku pracují s různým harmonogramem dávkování. Oproti horizontálnímu provedení mají výhodu v tom, že lze dosáhnout lepšího poměru objemem a povrchem, čímž snížíme náklady a tepelné ztráty (Kajan, 2011).

**Obr. č. 3: Vertikální fermentor (Kajan, ENKI, 2006)**



### 2.2.3 Hlavní části bioplynové stanice

BPS se skládá z homogenizační jímky, nejméně jednoho reaktoru, uskladňovací nádrže, plynojemu, kogenerační jednotky, tepelného výměníku.

#### Homogenizační jímka

Tento úsek je především závislý na požadovaných úpravách vstupního materiálu z farem rostlinné či živočišné výroby. Zpravidla se jedná o soustavu nádrží, kde dochází k úpravě substrátu. Dle vstupního substrátu se může jednat o odstranění nežádoucích příměsí, homogenizaci a v některých případech je možno již předeheřivat. Materiál použitý pro přípravné nádrže je buď ocel, plast nebo beton. Většina těchto nádrží je vybavena míchacími či čerpacími jednotkami (Malík, 2010).

#### Fermentor

Jedná se o nejdůležitější zařízení. Fermentor obrázek č. 4, ve kterém probíhá samotný proces anaerobní digesce, je možné přirovnat k žaludku (bachoru), ve kterém jsou za pomoci několika druhů kultur mikroorganismů vstupní materiály postupně zpracovány až na výslednou produkci bioplynu. Jedná se tedy o živý proces, který dovede být citlivý na kvalitu a na změnu podmínek prostředí (zejména konstantní teplota ve fermentoru a pH). Chybná „výživa“ a nevhodné podmínky proto mohou vést k redukci výnosu bioplynu, popř. až k zastavení fermentačních procesů.

Materiály s větším množstvím bílkovin či jiné složky s vyšším obsahem dusíku mohou v reaktoru působit negativně na aktivitu anaerobních společenstev a snížit tak produkci bioplynu. Toto nebezpečí hrozí např. u nevhodného dávkování drůbežích podestýlek, jatečních odpadů, masokostní moučky apod. Materiály jako kukuřice, hnůj či kejda mají naopak vhodný obsah dusíku a podobné obtíže jsou omezeny na minimum. Pro optimální chod je nutné držet co nejvíce jednotné složení vstupních surovin a přechody mezi jinými materiály dělat pouze pozvolna a v řádu měsíců. U různých technologií je míra flexibility samozřejmě rozdílná (VSB, 2010).

Ve fermentorech musí docházet k míchání substrátu. Míchání je velice důležitý faktor pro správnou fermentaci. Míchání probíhá za pomoci buď mechanických míchadel (lopatková míchadla, vrtulová míchadla) nebo za pneumatického „probublání“ již vzniklým plynem.

Tím je kal odčerpáván z dolní části nádrže a pod určitým tlakem opět vhnán zpět do nádrže. Tím dochází ke kvalitnímu promíchání a současně zabráníme vzniku kalové vrstvy (Pastorek, Wolff, Praha 1992).

**Obr. č. 4: Fermentor BPS Třeboň (Zdroj: Zajíc, 2012)**



V našich klimatických podmínkách musí být BPS uměle vytápěny, aby se udržovala žádoucí teplotní úroveň a vyrovnaly se tepelné ztráty způsobené únikem tepla do okolí. Vytápění nádrží je nejčastěji prováděno: teplou vodou nebo parou a topnými tělesy uvnitř nádrže, teplou vodou nebo parou ve výměnících tepla vně nádrže (ohřívá se surový kal), přímým injektováním vodní páry (přímo do nádrže nebo do proudu recirkulovaného kalu), ponořenými plynovými hořáky (Pastorek, Wolff, Praha 1992).

Ve většině případů zpracování fytoomasy se k ohřevu substrátu používá interního způsobu ohřevu obrázek č. 5. Uvnitř reaktoru je zabudován výměník tepla - systém trubek, kterým protéká horká voda, získávaná z horkovodního kotle nebo kogenerační jednotky. Nevýhodou je postupné zanášení trubek a nutnost úplného vypuštění obsahu reaktoru při poruše topného systému. (Kajan, ENKI, 2006).

**Obr. č. 5: Vytápěcí soustava v reaktoru (Zdroj: Kajan, ENKI, 2006)**



Po fermentorech následuje separační část. Zde dochází k oddělení tuhých částic po fermentaci do vhodného a dobře zpracovatelného zbytku. Nejčastěji je toto prováděno strojně a to odstředivkou, pásovým lisem apod.

### **Plynojem**

Aby BPS pracovala na špičkové úrovni, je akumulace bioplynu v místě výroby a spotřeby nutnou podmínkou. Zpravidla se jedná o tlakové zásobníky kulového či válcového tvaru obrázek č. 6. Dle použití mluvíme o vysokotlakých, středotlakých a nízkotlakých plynojemech. Plynojem má za úkol plyn shromažďovat a oddělovat od pěny a kapalných částí (Pastorek, Wolff, Praha 1992).

Plynojemové nádrže mají kulovitý či válcovitý tvar, jiné tvary jsou možné, záleží dle místních podmínek, výrobce a typu BPS.

**Obr. č. 6: Plynojem v Libni (Zdroj: Wollner, 2011)**



### **Kogenerační jednotka**

V KJ obrázek č. 7 dochází ke spalování bioplynu a výrobě elektrické energie. Odpadní teplo vzniklé při spálení bioplynu je využíváno dále k výhřevu různých objektů BPS a dalších objektů.

Nejběžnější kogenerační jednotka se skládá ze spalovacího motoru a elektrického (synchronního nebo asynchronního) generátoru. Obě zařízení, jsou propojeny (Wolner, 2011).

**Obr. č. 7 – kogenerační jednotka (Zdroj: Wollner, 2011)**



### **Skladovací nádrž**

Skladovací nádrž je zařízení, prostor pro jímání vyhnilého substrátu. Tímto substrátem se může v řadě případů hnojit a to pokud jsou splněny hygienické podmínky. Kapacita skladovacího prostoru musí být konstruována dle požadavků a typu BPS. Tento prostor (nádrž) musí být dokonale utěsněn, aby nedocházelo k únikům vyhnilého substrátu.

V zemědělských oblastech, které mají dostatek polních ploch, je možno vyhnilý substrát použít jako kvalitní hnojivo. V oblastech, kde je tato činnost obtížná, použijeme takzvaný separátor. Separací substrátu docílíme toho, že dostaneme tuhou a tekutou část. Tuhou část lze použít ke kompostování nebo případně pytlovat k dalšímu komerčnímu účelu, tekutou část lze chemicky upravit a použít jako hnojnou zálivku (Pastorek, Wolf, Praha 1992).

### **Vstupní substrát do BPS**

V BPS lze zpracovávat kejdu, hnůj a jiné odpady z živočišné výroby, fytomasu, odpady z rostlinné výroby, ze stravování, biologicky rozložitelný komunální odpad a čistírenské kaly. Vhodné jsou zvláště materiály s vyšší vlhkostí. Často se uplatňuje kofermentace (Schulz, Eder, 2004). Kofermentace je zpracování

různých materiálů v jednom zařízení. Vhodnou kombinací substrátů lze docílit složení, které bude mít příznivý vliv na průběh procesu a tím i na výsledné množství a kvalitu bioplynu. Využitím metody kofermentace námi zvolených kosubstrátů bychom měli dosáhnout zvýšení produkce plynu a obsahu metanu ve vzniklém bioplynu oproti běžné anaerobní digesci. V našem případě se jedná o kosubstráty, které jsou zastoupeny, jak produkty klasifikovanými jako odpad tak produkty vznikající cíleným pěstováním zemědělskými společnostmi. Jsou to např. běžné produkty zemědělské výroby (silážovaná kukuřice, senáž nebo čerstvá tráva, energetické rostliny), biologicky rozložitelný podíl komunálního odpadu, odpad z údržby městské zeleně, kuchyňský odpad (Wollner, 2011).

#### **2.2.4 Produkty vzniklé při anaerobní fermentaci**

Základními primárními produkty anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn a fermentační zbytek (digestát). Bioplyn je možné využít k výrobě elektrické energie a tepla, případně po úpravě k výrobě biometanu (zemního plynu)

**Digestát** - Je zbytek po fermentačním procesu, vznikající anaerobní fermentací při výrobě bioplynu v bioplynových stanicích. Za rekultivační digestát se považuje stabilizovaný výstup z anaerobní fermentace bioodpadů použitelný mimo zemědělskou a lesní půdu. Oddělená tuhá část z digestátu se nazývá separát. Oproti tomu je fugát oddělená kapalná část (Habart 2008).

Digestát se řadí do dusíkatých hnojivých látek. Může být dále zařazen do hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku nižší než 10 a do hnojiva s pomalu uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku roven nebo je vyšší než 10.

**Separát** – Jedná se o tuhý vyhnílý zbytek se sníženým obsahem biologicky rozložitelných látek. Tento materiál pokud vyhovuje všem normám a shoduje se s parametry vyhlášky stanovené Ministerstvem životního prostředí, lze využívat jako hnojivo, přídavek do kompostu nebo k vyrovnání povrchu terénu.

**Fugát** – Jedná se o tekutý produkt vyhnívajícího procesu, má charakter odpadní vody. Je silně zakalený a obsahuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Lze ho využít jako organické hnojivo, ale zpravidla je odváděn do čistíren odpadních vod (Malík, 2010).



Mimo vegetační období platí omezení pro použití digestátu na půdu, proto je nutné vyřešit jeho skladování. Digestát, případně fugát musí skladovat v nepropustných nadzemních, popřípadě částečně zapuštěných nádržích nebo v zemních jímkách. Při provozu jímek a nádrží se musí zamezit přítoku povrchových nebo srážkových vod do jímky nebo nádrže. Digestát se musí skladovat ve stavbách zabezpečených stejným způsobem jako stavby pro skladování tuhých statkových hnojiv (Krčálová, Brno 2008).

**Teplo** – Při provozu bioplynových stanic vzniká teplo. Toto teplo vzniká právě při spalování bioplynu na kogenerační jednotce, dále vzniká z okruhů chlazení motoru, oleje, plnicí směsi a výměníku tepla spalin. Vznik tepla bývá z pravidla vyšší než produkce elektrické energie. Vlastní spotřeba tepla BPS bývá závislá na tepelných nárocích výroby bioplynu, ztrátách tepla ve fermentoru, druhů technologického procesu samotné výroby bioplynu. Nadbytek tohoto odpadního tepla /zbytkového/ je v mnoha případech málo využíváno. (Zdroj:<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vyroby-bioplynu>, 2012).

Až šedesát procent využitelné energie vyprodukované spalováním bioplynu v kogeneračních jednotkách vzniká ve formě tepla. Pro zachování fermentačního procesu je běžně zapotřebí jen asi 10 až 20 % vyrobené tepelné energie. Zbytek je možné využít v dalších procesech a tím zvýšit celkovou energetickou a ekonomickou účinnost BPS. Vypouštění odpadního tepla do ovzduší je neekonomické, neekologické a tzv. zbytečným luxusem, navíc snižuje celkovou účinnost BPS.

### **2.3 Využití tepla z bioplynových stanic**

K využití odpadního tepla z BPS se v současnosti nabízí široké spektrum možností. Mezi nejčastější způsoby patří vytápění budov, stájí, ohřev teplé užitkové vody apod. Toto teplo využijí většinou provozovatelé BPS rovnou pro své potřeby. V zimním období většinou není problém s využitím alespoň částí disponibilního tepla. Využití toto teplo bývá však problematické v letních měsících, kdy není vysoká náročnost na vytápění budov apod. Využívat BPS pouze v zimě je z ekonomických důvodů v současnosti nereálné. Argumentem proti je hlavně ušlý zisk z prodeje

elektrické energie a tím chybějící finanční prostředky na splácení úvěru. Navíc by byla potřeba materiál určený k fermentaci dlouhodobě skladovat.

Širší využitím odpadního tepla z BPS bývá většinou problematické, z důvodů velké vzdálenosti BPS od potencionálních odběratelů tepla a v závislosti na ročním období. Proto je nutné při projektování BPS zajistit maximální využití tepla. Je zřetelné, že odběr tepla bude razantně ovlivňován ročním obdobím. Tyto problémy však nejsou nikterak neřešitelné. V případech velké vzdálenosti lze využít technologických možností řešení níže nabídnutými systémy. Jsou to například teplovody se zásobníky, výměňkové stanice, plynovody zakončené kogenerační jednotkou, apod. V případě vhodné pozice BPS s dostatečným prostorem, se jako řešení nabízí využít odpadní teplo k vytápění budov, případně vysoušení /sušárenské technologie/ materiálů. V zemědělských zařízeních je tedy reálné využít teplo i v letních měsících kdy nejsou požadavky na teplo tak vysoké, jako v zimním období. Teplo lze využít k sušení obilnin, řepky, kukuřice, různých bylin a dalších zemědělských komodit. Sušit lze i produkty z lesnictví jako je např. štěpka, palivové dřevo či jiná dřevní hmota. Odpadní teplo lze využít i jako zdroj tepelné energie ve sklenících na pěstování náročných rostlin na teplotu. Dále ve stanicích pro chov teplomilných živočichů a také ve farmových chovech například krokodýlí farmy.

Realizace některé z těchto možností je velmi individuální, záleží na vhodných faktorech (místní poptávka po využití této energie, vývoj cen energií, dostupnost dotačních titulů apod.) a na důsledně připraveném projektu. Možnost využít teplo z BPS může být zajímavé i pro budoucí investory v kraji, respektive v mikroregionu, kde se BPS nachází. Investor, který bude pro provoz svého podnikání potřebovat neustálý zdroj tepla, využije raději tuto alternativní možnost, samozřejmě záleží na dohodě poskytovatele a odběratelem (Rutz, 2012).

Zajímavým způsobem se s využitím odpadního tepla vypořádali ve vesnici poblíž Neumarktu in der Oberpfalz v Bavorsku. Obyvatelé malé obce (cca 11 obytných domů) se rozhodli na vlastní náklady vybudovat teplovod z BPS do svých rodinných domů. Položení teplovodů provedla odborná firma, zemní práce provedl jeden z obyvatelů vesnice svou technikou, a instalaci deskových teplovodních výměníků provedl rovněž místní instalatér. Tím se zároveň podařilo snížit celkové náklady. Zemědělec vlastní BPS se zavázal, že po dobu 10 let bude teplo bezplatně dodávat obyvatelům obce, zatímco oni se zavázali, že po uplynutí 10 let převedou plynovod na zemědělce. Zároveň se obě strany dohodly, že cena budoucího tepla, za

kteří již budou platit, bude nižší cca. o 35 % než cena tepla z topného oleje, který byl doposud v obci používán (Zdroj:<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vyroby-bioplynu>, 2011).

Investiční náklady na systémy využití tepla bývají poměrně vysoké, nicméně úspěšně realizovaný projekt může mít významný pozitivní přínos pro ekonomickou efektivitu BPS.

### **2.3.1 Způsoby využití odpadního tepla**

#### **Sušení produktů rostlinné výroby**

Sušení jednotlivých surovin závisí na jejich druhu a době sklizně, obvykle probíhá od července do listopadu. V případě zajištění dostatečných skladovacích kapacit je teoreticky možné zajistit i kontinuální celoroční provoz sušičky. Nejčastěji jsou sušeny: ječmen, řepka, pšenice, kukuřice, travní senáž.

Z hlediska návrhu velikosti sušičky je důležité správně stanovit disponibilní výkon kogenerační jednotky v jednotlivých měsících provozu. Na základě disponibilního výkonu kogenerační jednotky a ročního odběrového diagramu tepla (je-li využíváno pro vytápění) je možné dimenzovat potřebný výkon sušičky. Uskladněním zemědělských komodit určených k sušení je možné optimalizovat a prodloužit její provoz a ovlivnit tak i návrh jejího výkonu. Doba sušení a množství usušených komodit jsou závislé na počáteční a konečné požadované vlhkosti (obsahu sušiny). Někteří dodavatelé uvádí požadavek na maximální vstupní vlhkost sypkých surovin okolo 50 %. Výstupní vlhkost bývá požadována mezi 10 - 25 % dle druhu sušené komodity a požadavků odběratele (Šafařík, 2014).

#### **Sušení pilin a dřevní štěpky**

Výhodou sušení štěpky oproti sezónním zemědělským komoditám je možnost celoročního sušení. Požadavek na nízký obsah vlhkosti na výstupu ze sušárny (7 - 20 %) a tedy i vysoké odsušky vlhkosti (až 50 %) zvyšuje energetickou náročnost sušení vztahenou na jednotku objemu. Jedná se často o energeticky náročnější proces než v případě zemědělských komodit. Vysušené zemědělské komodity, piliny a dřevní štěpku je dále možné využít k výrobě pelet. Technologie peletování z rostlinné biomasy je v podstatě shodná s technologií využívanou u výroby dřevních pelet.

Některé rostliny mají vhodnou vlhkost do 15 % již při sklizni a není je tedy nutné dále dosoušet, ostatní je nutné sušit. Peletování je vhodnou doplňkovou činností sušení zemědělských komodit, pilin a dřevní štěpky (Šafařík, 2014).

### **Sušení dřeva**

Umělé sušení dřeva se liší od přirozeného sušení tím, že do složeného řeziva se v sušárně nuceně přivádí teplý vzduch ventilátorem a teplota sušícího vzduchu má teplotu vyšší než je běžná teplota venkovního vzduchu při sušení přirozeném. Při umělém sušení se běžně používá teplota sušícího vzduchu do 100 °C. Sušení kusového dřeva je logisticky a provozně náročnější než sušení plodin zemědělské výroby. Na rozdíl od sypkých materiálů nelze použít kontinuální provoz sušení. Nejčastěji používaným typem sušáren v aplikacích na bioplynové stanice jsou sušárny komorové, v nichž probíhá sušení v opakovaných cyklech. Tento proces je logisticky náročný a neumožňuje rovnoměrný kontinuální odběr tepla z bioplynové stanice. Důležitým faktorem při návrhu velikosti a množství sušáren řeziva je provedení předchozího průzkum dostupnosti dostatečného množství řeziva k sušení. Je-li dostatek sušeného materiálu je možné optimalizovat velikost a počet jednotek tak, aby bylo možné využít téměř veškeré odpadní teplo z kogenerační jednotky. Reálně však není technicky možné využít 100 % dostupného tepla (Šafařík, 2014).

### **Vytápění skleníků a využití produkovaného CO<sub>2</sub>**

Pro vytápění skleníků s využitím tepla z kogenerační jednotky se nabízejí dva způsoby. Prvním je instalace teplovzdušných jednotek s výměníkem voda-vzduch. Výhodou tohoto typu distribuce je rovnoměrné rozložení teploty v celém objemu a použitelnost ve všech druzích skleníků. Druhým způsobem je instalace teplovodního otopného systému (stropní, stěnové, podlahové, radiátorové). Použitelnost tohoto systému závisí na konkrétních podmínkách. Výhodou je nižší spotřeba elektrické energie oproti teplovzdušnému systému. Zajímavou aplikací, prozatím využívanou zejména v Holandsku, je využití emisí CO<sub>2</sub> vznikajících při spalování plynu v kogeneračních jednotkách. Rostliny jej využívají jako zdroj uhlíku (Šafařík, 2014).

### **Výroba chladu pomocí trigenerace**

Termínem trigenerace označujeme společnou výrobu elektřiny, tepla a chladu. Současná dodávka všech tří energetických toků však není nezbytnou

podmínkou a z provozního hlediska není ani ve většině případů vyžadována. Pojmem trigenerace tedy označujeme i zařízení umožňující variabilně dodávku elektřiny a tepla nebo elektřiny a chladu. Technologicky jde o spojení kogenerační technologie s absorpční chladicí jednotkou. Toto spojení je pro obě zařízení vysoce nezávislé a fyzické propojení je realizováno pouze v místech tepelných výměníků napojením proudů médií z kogenerační technologie a absorpční jednotky. Z pohledu provozu kogenerační technologie je toto řešení výhodné, neboť absorpční oběh využívá tepelnou energii produkovanou kogeneračním zdrojem v letních měsících, čímž je možno dosáhnout vyššího ročního využití kogenerační jednotky.

Pokud sledujeme ekonomický přínos uplatnění trigeneračních jednotek je nutné zhodnotit potřebu dodávky chladu v našich podmínkách. Detailní zhodnocení je nutné provést pro každý objekt dle platné normy, ale na tomto místě můžeme uvést několik obecných charakteristik:

- maximální požadovaný chladicí výkon je blízký 80 % výpočtového tepelného výkonu na vytápění,
- roční potřeba chladu odpovídá přibližně 25 % roční potřeby tepla,

meziroční srovnání jednotlivých chladicích sezón vykazuje výrazně větší variabilitu, než vykazuje srovnání sezón topných. Z ekonomického hlediska představuje nasazení trigenerační technologie ve srovnání s pořízením technologie kogenerační značné navýšení investičních nákladů v okamžiku pořízení. V průběhu provozu potom dochází k větším úsporám za dodávku energií. Srovnání doby návratnosti kogenerační a trigenerační technologie uplatněné v konkrétních podmínkách ukazuje, že doplnění kogenerační technologie o absorpční chladicí jednotku nijak zásadně neovlivňuje dobu návratnosti, ale poskytuje investorovi možnost větších zisků (úměrně zvýšení investice) dosažených za dobu životnosti zařízení. Vyrobený chlad lze využít pro klimatizaci v budovách, obchodních centrech, nemocnicích, pro chlazení mléka a potravin v průmyslových provozech (Kuneš, 2013).

### **3 BIOPLYNOVÁ STANICE TŘEBOŇ, KARDAŠOVA ŘEČICE, PLEŠE**

BPS se z ideálního hlediska umisťují v těsných blízkostech odběru tepla jako je to v případech BPS Kardašova Řečice a BPS Pleše. BPS K. Řečice využívá teplo především na sušení zemědělských komodit a k vytápění budov v areálu zemědělského družstva. BPS Pleše stejně jako v K. Řečici využívá teplo přímo v místě a to k vytápění budov areálu družstva a v teplovzdušné sušárně řeziva.

V případě BPS Třeboň tato varianta nebyla možná, protože BPS Třeboň se nachází cca 4,3 km od místa spotřeby tepla. Konkrétně se nachází v zemědělském areálu na okraji města Třeboně. V areálu byla postavena již výkrmna prasat, BPS zpracovávající kejdu prasat a komunální ČOV. Areál je vybaven základní infrastrukturou (komunikace, železnice, voda, elektrické vedení). Nevýhodou areálu je jeho relativně velká vzdálenost (4,3 km) od lázní Aurora, kde dochází ke zpracování bioplynu a využití tepla. Bioplyn z BPS je tedy do lázní Aurora dopravován plynovodem a v areálu lázní je bioteplárna s kogenerační jednotkou a tepelným hospodářstvím.

#### **3.1 Bioplynová stanice Třeboň**

BPS obrázek č. 12 je tvořena dvěma fermentory obrázek č. 8, 12, postfermentorem, dvěma uskladňovacími nádržemi na digestát, kogenerační jednotkou, dávkovacími zařízeními na pevné substráty obrázek č. 9, 10, příjmovou jímkou na tekuté substráty, zařízením na úpravu plynu, hořákem zbytkového plynu. Součástí provozu BPS jsou dva silážní žlaby obrázek č. 11 (Kajan, ENKI 2011).

**Obr. č. 8: Fermentor BPS Třeboň s dávkovacím zařízením (Zdroj: Zajíc, 2012)**



**Obr. č. 9: Dávkovacími zařízeními na pevné substráty BPS Třeboň pohled z boku (Zdroj: Zajíc, 2012)**



**Obr. č. 10: Dávkovacími zařízení na pevné substráty BPS Třeboň pohled z fermentoru (Zdroj: Zajíc, 2012)**

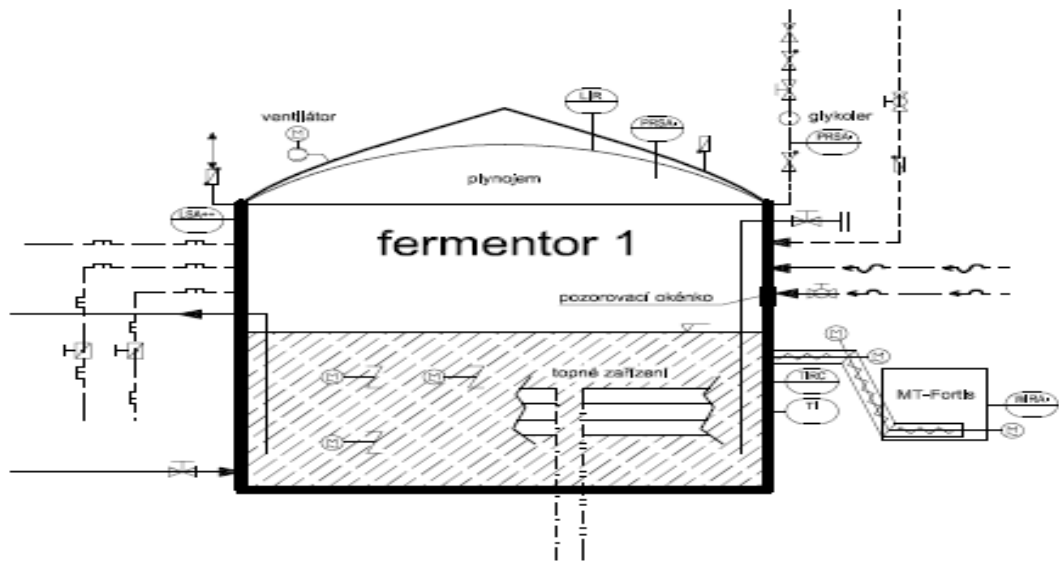


**Obr. č. 11: Silážní žlaby BPS Třeboň (Zdroj: Zajíc, 2012)**





Obr. č. 12: Popis fermentoru BPS Třeboň (Zdroj: Kajan, ENKI 2011)

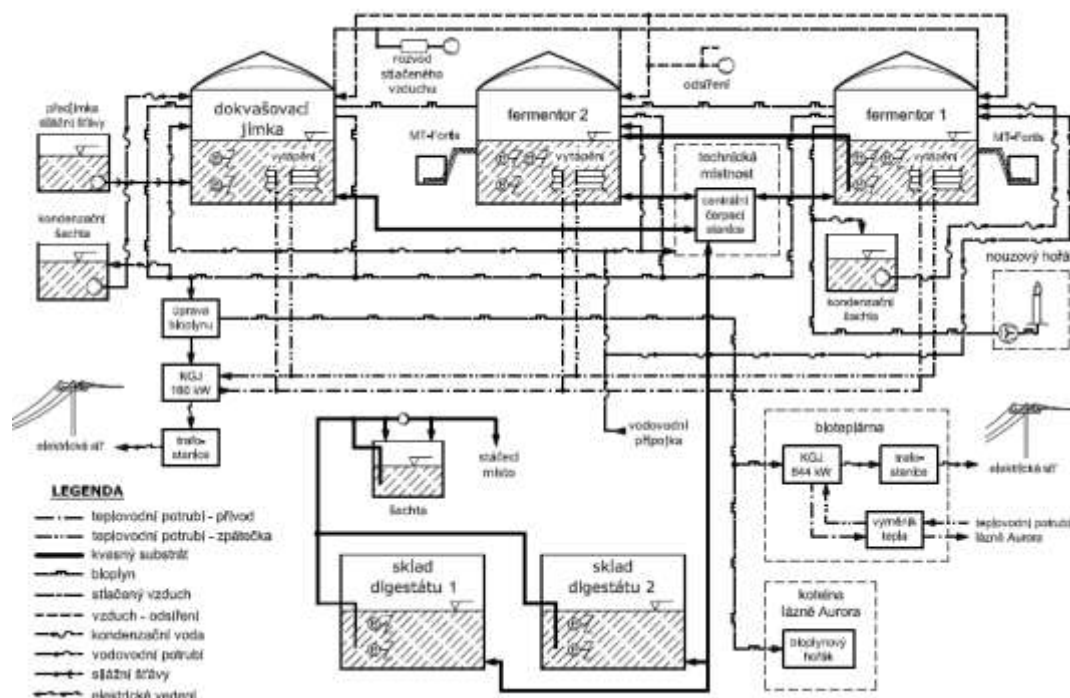


### **LEGENDA**

- teplovodní potrubí - přívod
- teplovodní potrubí - zpátečka
- kvasný substrát
- bioplyn
- stlačený vzduch
- vzduch - odsíření
- ←—— kondenzační voda
- ←—— vodovodní potrubí
- ←—— silážní šťávy
- ←—— elektrické vedení

Oba fermentory a postfermentor jsou železobetonové nadzemní válcové nádrže opatřené polystyrénovou izolací překrytou hliníkovým trapézovým plechem. Nádrže jsou zakryté samonosnou vzduchovou plachtou s integrovaným plynojemem. Obsah nádrží je vytápěn teplou vodou z kogenerační jednotky, cirkulací přes polyethylenové trubky umístěné na vnitřních stěnách nádrží. Promíchávání obsahu nádrží je prováděno rychloběžnými míchadly o příkony 18,5 kW (Kajan, ENKI 2011).

Obr. č. 13: Grafický popis BPS Třeboň (Zdroj: Kajan, ENKI 2011)



Na BPS je instalovaná kogenerační jednotka TEDOM o elektrickém výkonu 175 kW a tepelném výkonu 223 kW, která zásobuje stanici elektrickou energií a teplem. Vlastní denní spotřeba elektřiny stanice je kolem 950 kWh. Přebytek vyrobené elektřiny je dodáván do sítě.

V BPS Třeboň je zpracovávána kejda prasat, travní siláž z Mokrých luk a kukuřičná siláž. Kejda je používána jako ředící a pufrující médium. Kukuřičná siláž je zakonzervovaná a uskladněna ve dvou silážních žlabech každý o rozměrech 25 x 81 metrů. Další biomasa je pro potřeby BPS uskladněna u dodavatele.

Digestát vznikající při provozu bioplynové stanice je přečerpáván do dvou skladu digestátu. Jedná se o železobetonové nádrže každá o objemu 3 700 m<sup>3</sup> (průměr 28 m, výška 6 m). Nádrže jsou opatřeny dvěma míchadly a společným výdejním místem pro odběr digestátu do dopravních cisteren. Digestát je používán ke hnojení zemědělských pozemků.

### 3.1.1 Bioteplárna

Pro umístění kogenerační jednotky spalující dopravovaný bioplyn a tepelného hospodářství zajišťujícího rozvod tepla k odběratelům, byla v areálu lázní Aurora postavena budova bioteplárny obrázek č. 14. Konstrukce a vybavení stavby zabezpečuje požadované utlumení akustického výkonu na 35 dB. Součástí bioteplárny jsou dvě tepelně izolované ležaté ocelové nádrže o průměru 3 metry a celkovém objemu 200 m<sup>3</sup>. Nádrže slouží k vyrovnání fluktuací odběru tepla v průběhu dne. Při vyšší produkci tepla jsou nádrže nabíjeny teplou vodou 95 °C z kogenerace, při vyšší spotřebě tepla jsou naopak vybíjeny z horní části do tepelného hospodářství lázní. Celý proces probíhá automaticky s ohledem na stav zdroje a spotřeby.

**Obr. č. 14: Budova bioteplárny areál lázní Aurora (Zdroj: Kajan, 2011)**



Pro výrobu elektrické energie a tepla z bioplynu bylo vybráno kogenerační soustrojí Jenbacher obrázek č. 15 s plynovým motorem a trojfázovým střídavým synchronním generátorem. Motor je 12 ti válcový s plněním válců palivovou směsí pomocí turbodmychadla. Elektrický výkon jednotky je 844 kW a celkový užitečný tepelný výkon 843 kW (3,03 GJ /h). Deklarovaná elektrická účinnost motoru při plném výkonu je 41,9 %. Vyráběná elektrická energie je dodávaná do distribuční soustavy VN 22 kV.

**Obr. č. 15: Kogenerační jednotka v budově bioteplárny lázní (Zdroj: Kajan, 2011)**

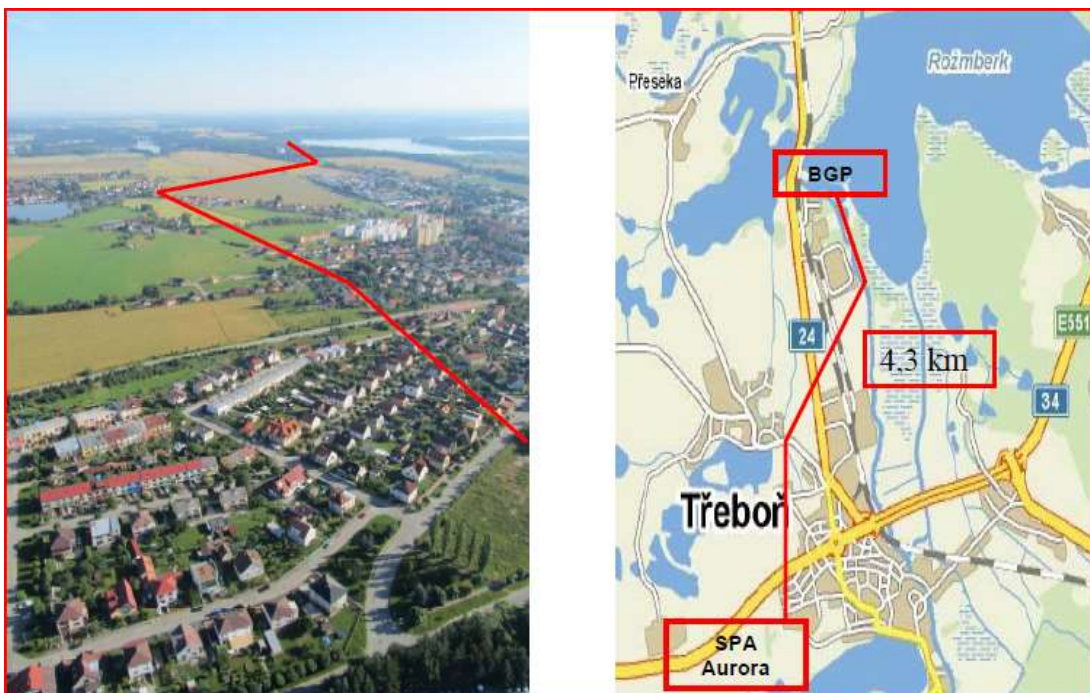


Teplo z provozu kogenerační jednotky (chlazení spalin 348 kW, směsi 157 kW, motoru a oleje 338 kW) je primárně dodáváno do teplárenské soustavy lázní a obytného domu. Případným přebytkem se nabíjí akumulární nádrže. Přebytek tepla při saturování spotřeby odběratelů a nabitých akumulárních nádrží je odváděn nouzovými chladiči, umístěnými v horním patře bioteplárny (Kajan, ENKI 2011).

### **3.1.2 Bioplynovod**

Bioplynovod zajišťuje dodávku části bioplynu vyrobené v BPS do místa dalšího využití tj. bioteplárny v areálu lázní Aurora obrázek č. 16. Provedení plynovodu je v souladu s příslušnými předpisy v aktuálním znění v době výstavby a revize plynovodů (TPG 702 01, ČSN EN 12007 a ČSN 736005). Jedná se o středotlaký plynovod délky 4 294 metrů se signalizačním vodičem. Plynovod po trase kříží železniční trať, železniční vlečku, několik silnic, stávajících inženýrských sítí a vodotečí. Při křížení byla často využívána technologie přechodu protlakem. Tato technologie umožňuje urychlení práce a snížení nákladů na následné opravy komunikací. V úsecích křížení byly osazeny na potrubí chráničky s vyvedenými „čičačkami“ umožňujícími detekci unikajícího bioplynu.

**Obr. č. 16: Trasa bioplynovou z BPS Třeboň do Lázní Aurora (Zdroj: Kajan, 2011)**



Potrubí v ochranných trubkách a chráničkách obrázek č. 17 je vystředěno objímkami a utěsněno gumovými manžetami proti vniknutí vody a nečistot. Z důvodu možné kondenzace zbytkové vody z bioplynu je plynovod osazen 18 kusy odvodňovacích zařízení, umožňujících odběr kondenzátu. Na plynovod byly použity trubky ROBUST PIPE o rozměru 160 mm x 9,5 mm z materiálu PE 100 a tlakové řady SDR 17 (Kajan, ENKI 2011).

**Obr. č. 17: Bioplynovod s odvodňovacím zařízením (Zdroj: Kajan, 2011)**



Bioplyn vznikající ve fermentorech a postfermentoru je přiváděn plastovým potrubím délky 150 metrů uloženým v zemi a osazeným odlučovači kondenzátu do kontejneru, vybaveného technologií na sušení a zvyšování tlaku bioplynu. V kontejneru se bioplyn přivádí na straně sání do dvou paralelně pracujících dmychadel. Proud bioplynu (do 500 Nm<sup>3</sup>/h) pro bioteplárnu se komprimuje dmychadlem na 37 kPa a následně zchladí ve dvou stupních (předchlazení a dochlazení) na teplotu 5 °C. Takto upravený bioplyn je dodáván do bioplynovodu. Tlaková ztráta při dopravě plynovodem do bioteplárny je kolem 30 kPa. Zbytek vyrobeného bioplynu se stlačí druhým dmychadlem na 11 kPa a bez předchlazení se zchladí na 8 °C a spotřebuje v kogenerační jednotce instalované u bioplynové stanice. Tlak čerpání a tím přečerpávané množství plynu se reguluje mezi 30 až 100 % přes frekvenční měniče dmychadel.

V souběhu s plynovodem byl položen optický kabel, zabezpečující přenos informací mezi BPS, bioteplárnou a kotelnou lázní.

Výhodou použití optického kabelu je kromě velké přenosové rychlosti i naprostá necitlivost optických vláken vůči elektromagnetickému rušení (Kajan, ENKI 2011).

### **3.2 Bioplynová stanice Kardašova Řečice**

BPS Kardašova Řečice, obrázek č. 18, byla zprovozněna v roce 2008 a je tvořena dvěma fermentory, postfermentorem, dvěma uskladňovacími nádržemi na digestát, dvěma kogeneračními jednotkami, dvěma dávkovacími zařízeními na pevné substráty obrázek č. 19.

**Obr. č. 18: Bioplynová stanice Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, 2014)**



**Obr. č. 19: Dávkovací zařízení na pevné substráty Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Dále je tvořena příjmovou jímkou na tekuté substráty, zařízením na úpravu plynu, hořákem zbytkového plynu. Součástí provozu BPS jsou silážní žlaby (Turek, 2013).

Oba fermentory a postfermentor jsou železobetonové nadzemní válcové nádrže opatřené krytou izolací. Nádrže jsou zakryté samonosnou vzduchovou plachtou s integrovaným plynojemem. Obsah nádrží je vytápěn teplou vodou z kogeneračních jednotek cirkulací přes polyethylenové trubky umístěných uvnitř nádrží. Promíchávání obsahu nádrží je prováděno rychloběžnými míchadly jako v BPS Třeboň.

Na BPS jsou instalovány dvě kogenerační jednotky JEMBACHER JM 312 o elektrickém výkonu 2 x 499 kW a tepelném výkonu 2x 532 kW obrázek č. 20.



**Obr. č. 20: KJ Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Kogenerační jednotky zásobují stanici elektrickou energií a teplem. Vlastní denní spotřeba elektřiny stanice je kolem 2 250 kWh. Přebytek vyrobené elektřiny je dodáván do sítě.

V BPS Kardašova Řečice je zpracováván hnůj a kejda skotu, travní siláž a kukuřičná siláž. Kejda je používána jako ředící a pufrací médium. Kukuřičná siláž je zakonzervovaná a uskladněna v silážních žlabech. Biomasa je pro potřeby BPS uskladněna u dodavatele.

Digestát vznikající při provozu bioplynové stanice je přečerpáván do dvou skladu digestátu. Jedná se o železobetonové nádrže, každá o objemu 3 700 m<sup>3</sup>. Nádrže jsou opatřeny dvěma míchadly a společným výdejným místem pro odběr digestátu do dopravních cisteren. Digestát je používán ke hnojení zemědělských pozemků místního družstva.

### 3.2.1 Sušárna zemědělských komodit

Teplu z kogenerační jednotky se sezónně využívá pro přímý výhřev sušárny obilí a dalších komodit. Sušárna je v provozu se začátkem sklizně obilovin a sušení probíhá přibližně až do konce roku (Turek, 2013). Při sušení je vždy potřeba dbát na dodržení technologických postupů a pro každou komoditu je potřeba volit vhodný režim sušení.

Sušárna je stacionární a byla sestavena z předem připravených komponentů BPS KŘ přímo na míru. Pracovní zařízení je přizpůsobeno obilovinám, samozřejmě může za mírných úprav sušit i kukuřici. V tomto případě, je ale spotřeba tepla daleko vyšší. Pro ohřev vzduchu je zvolen výměník, dále je zde instalován tlumič hluchnosti. Sušička se řídí počítačem a ovládá z klávesnice podle údajů displeje. Instalovaná sušička LAW DENIS SCN 6/24 má výkon 17,2 t/h u pšenice (při snížení vlhkosti z 19 % na 15 %) a 12,9 t/h u řepky (při snížení vlhkosti z 12 % na 9 %) (Turek, 2013).

**Obr. č. 21: Sušárna zemědělských komodit Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Sušení jednotlivých surovin závisí na jejich druhu a době sklizně, obvykle probíhá od července do prosince. Nejčastěji jsou zde sušeny: ječmen, řepka, pšenice, oves, triticales, kukuřice. Doba sušení a množství usušených komodit jsou závislé na počáteční a konečné požadované vlhkosti (obsahu sušiny). Někteří dodavatelé uvádí požadavek na maximální vstupní vlhkost sypkých surovin okolo 50 %. Výstupní vlhkost bývá požadována mezi 10 - 15 % dle druhu sušené komodity a požadavků odběratele (Turek, 2013).

### 3.3 Bioplynová stanice Pleše

BPS Pleše obrázek č. 22 je tvořena jedním fermentorem o průměru 22 metru a výškou 6,4 metru , postfermentorem o průměru 20 metrů a výškou 6,4 metru.

**Obr. č. 22: Bioplynová stanice Pleše (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Dále je tvořena koncovým skladem na digestát o průměru 22 metrů a výškou 6,4 metru, dávkovacím zařízením na pevné substráty Strautmann o objemu 40 m<sup>3</sup> obrázek č. 23.

**Obr. č. 23: Dávkovací zařízení Strautmann (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Kapalné materiály (keřda apod.) jsou pŕípadně čerpány z cisterny pŕímo do vstupní jímky BPS o objemu 30 m<sup>3</sup>. Dobr promsen vstupního materiálu ve fermentoru a postfermentoru je dosahováno mechanickými míchadly. Nad fermentorem a postfermentorem se nalézá nzkotlak dvoufoliov zásobník – plynojem, kter je opatŕen membránou pro vyrovnání kolísání tlaku pŕi výrobě bioplynu. Vyroben plyn je pŕivdn plynovm potrubím jako palivo do spalovacího motoru – kontejnerov kogenerace MWM s motoragregtorem TCG 2016 V o jmenovitm výkonu 600 kW, obr. . 24.

**Obrázek č. 24 Kontejnerové kogenerace MWM (Zdroj: Zajíc, 2014)**



BPS mění organický materiál, který je do ní přiváděný v pevném stavu (v případě výskytu problémů v biologii procesu i v kapalném stavu), za pomoci mikroorganismů z velké části na bioplyn. Tímto způsobem je umožněno energetické využití organických materiálů. Organický materiál charakteru hnoje, senáže a je nakladačem umístěn do dávkovacího kontejneru Strausmann. Kapalně materiály v případě startování stanice a problémů, jako jsou kejda apod., jsou případně čerpány z cisterny přímo do vstupní jímky BPS o objemu cca 30m<sup>3</sup>. Jímka je vybavena rychlospojkovým uzávěrem pro napojení na cisternu.

Fermentační proces v nádrži je kontinuální. Zatížení vyhnívacího prostoru bylo přizpůsobeno používaným materiálům. Na zařízení bylo zvoleno dvoustupňové provedení (hlavní fermentor průměr 22m a výška 6,4m) s tím, že dohnívání materiálu dále dochází v dofermentoru. BPS je několikrát denně zavážena, přičemž zároveň je přečerpáno odpovídající množství vyfermentovaného substrátu z plynotěsného hlavního fermentoru do plynotěsného dofermentoru skladu stanice. Z dofermentoru je pak digestát čerpán do nového koncového skladu a přebytek je přes instalovaný kejdovač odvážen provozovatelem do dvojice stávajících jímek na farmě s kapacitou cca 3000m<sup>3</sup>. Celková skladovací kapacita cca 5300m<sup>3</sup> postačuje na 150 dní.

Dobrého promísení fermentovaného substrátu, které je nezbytné pro výrobu velkého množství bioplynu a pro funkční provoz fermentoru a dofermentoru, je dosahováno výše popsanými mechanickými míchadly.

Nad fermentorem i dofermentorem skladem se nalézá nízkotlaký dvoufoliový zásobník – plynojem, který je opatřen membránou pro vyrovnávání kolísání tlaku při výrobě plynu. Vyrobený bioplyn je přiváděn plynovým potrubím jako palivo do spalovacího motoru – kontejnerové kogenerace MVM s motorgenerátorem Deutz TCG 2016 V o jmenovitém el. výkonu 600kW. Na trase je osazeno jímání vlhkosti v kondenzační šachtě a duplikátorový vodní chladič plynu. Kogenerace je vybavena samostatným plynovým ventilátorem s odbočkou na havarijní fléru, měření kvality bioplynu v rozsahu methan, kyslík, síra, CO<sub>2</sub>.

Plynové potrubí - rozvody jsou vyrobeny v provedení odolném vůči korozi a mediím (nerez, resp. HDPE DN 100, resp. 160). Celý systém rozvodů plynu je vybaven zákonem požadovanými bezpečnostními mechanismy. Vzniklý kondenzát v rozvodech plynu jakož i v zásobníku plynu je bez úniku plynu odváděn přes kondenzátovou šachtu zpět do nádrže.

Použitím plynové fléry je možno bezpečně spalovat bioplyn při odstavení celého zařízení mimo provoz z důvodů údržby a opravy. Kapacita fléry typu LTF 1,4 činí cca 280m<sup>3</sup>/hod. a postačuje pro plný provoz kogenerační jednotky stanice i v případě výpadku el. energie. Kapacita plynojemu na obou nádržích je cca 1100m<sup>3</sup>, což pokrývá produkci bioplynu na několik hodin provozu.

Elektrickou energii vyrábí generátor, který je připojen přes přírubu k motoru kogenerační jednotky. Vyrobený proud je přes předávací kioskovou trafostanici 630kVA a podzemním VN přípojkou předáván do místní rozvodné sítě E.ON.

### 3.3.1 Teplovzdušná sušárna řeziva

Teplovzdušná sušárna typu KOVOS SR8 obrázek č. 25.

**Obr. č. 25: Teplovzdušná sušárna KOVOS SR8 (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Sušárna je navržena jako neprůjezdná sušicí komora s čelním zavážením dvou hrání řeziva uložených na výsuvném roštu. Komora je celohliníková. Energetický blok, ve kterém jsou instalovány axiální ventilátory, vyhřívací bimetalistické (Al) výměníky, vlhčení vzduchu a vzduchotechnika automatického odvětrávání komory, je umístěn na mezistropu sušárny nad hráněmi řeziva. Na vnější strany stěn komory jsou vyvedeny napojení topné a studené vody a do el. rozvaděče jsou připojeny el. rozvody a rozvody měřících a regulačních prvků. Pro zavážení řeziva jsou do sušárny zavedeny dvojce koleje, na kterých je uložen výsuvný rošt, který slouží k umístění dvou paralelních hrání řeziva.

Sušárna obrázek č. 26 je určena k teplovzdušnému řeziva složeného na výsuvném roštu do dvou paralelních hrání, každá o celkové délce cca 8,4 metru a šířce 1,2 metru. Maximální tepelný příkon sušárny činí  $80 \text{ kW}_T$ . Proudění teplého vzduchu zajišťují osazené motory uzpůsobené ve vlhkém a agresivním prostředí, které jsou osazené plastovými vrtulemi pro provoz v teplovzdušných sušárnách.

**Obr. č. 26: Teplovzdušná sušárna KOVOS SR8 (Zdroj: Zajíc, 2014)**



Sušící proces je plně automaticky řízen na základě zadaných hodnot: druh řeziva, jeho tloušťka, počáteční a požadovaná konečná vlhkost řeziva. Údaje, na základě kterých je sušící proces v každé komoře regulován, jsou získávány ze 4 vlhkostních sond řeziva umístěných v hráni.



### 3.4 Metodika výpočtu ekonomické efektivity využití tepla

Pro potřeby výsledků práce byly připraveny tabulky, v nichž jsou zaznamenány položková měsíční data za období 2012 a 2013.

Jednotlivými položkami tabulek č. 2,3,5,6,8,9 jsou :

- **Tvenkovní ( $^{\circ}\text{C}$ ):** Tato položka byla zjištěna z internetového zdroje <http://portal.chmi.cz> pro jihočeský kraj.
- **Výroba EE (MWh/M):** Data byla kontinuálně generována zařízením BPS.
- **Výroba tepla (MWh/M):** Data byla kontinuálně generována zařízením BPS.
- **Jiné využití tepla I (MWh/M):** Data byla v některých případech kontinuálně generována zařízením BPS, jiná musela být dopočítána na základě technických parametrů zařízení, uvedených v provozních a výrobních manuálech.
- **Jiné využití tepla II (MWh/M):** Data byla v některých případech kontinuálně generována zařízením BPS, jiná musela být dopočítána na základě technických parametrů zařízení, uvedených v provozních/výrobních manuálech/.
- **Tferm-Tvenk. ( $^{\circ}\text{C}$ ):** Vychází z průměrné teploty potřebné k fermentaci  $40^{\circ}\text{C}$ , a průměrné venkovní teploty v daném roce.
- **Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci (MWh/M):** Tyto hodnoty byly vypočítány na základě celoroční spotřeby tepla pro fermentaci, děleno celoroční průměrnou teplotou rozdílu teplot venkovních a teplot fermentoru krát teplota rozdílu teplot venkovních a teploty fermentoru v daném měsíci.
- **Disponibilní teplo (MWh/M):** Tyto hodnoty byly získány odpočtem položek Jiné využití tepla I, Jiné využití tepla II, Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci od hodnoty Výroba tepla jako 100% položky množství tepla, (Jiné využití tepla I + Jiné využití tepla II + Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci – Výroba tepla = Disponibilní teplo).

Dalšími potřebnými tabulkami, jsou tabulky, které obsahují ekonomické aspekty spojené s využíváním tepla na BPS. V těchto tabulkách jsou zaznamenána ekonomická položková data za období 2012 a 2013. Tato data jsou dále využita jako podklad pro jednoduché ekonomické výpočty. Jako jsou, zjištění efektivnosti projektu, relevantní výpočet doby návratnosti. Pro výpočet doby návratnosti jsem využil finanční kalkulátor pro hodnocení ekonomické efektivnosti investic. Finanční kalkulátor byl použit z <http://stavba.tzb-info.cz>.

Jednotlivými položkami tabulek č. **4,7,10** jsou:

- **Investiční náklady:** Investiční náklady zahrnují pořizovací cenu investice a náklady související s uvedením dané investice do provozu. Investice lze financovat z vlastních zdrojů (nerozdělení zisk minulých let, rezerva, emise nových akcií) nebo z cizích zdrojů (investiční úvěr).
- **dotace (% z investice):** Položka znázorňuje, poskytnutí určitého finančního prostředku v daném roce z veřejných prostředků.
- **odpisy:** Položka vyjadřuje odpis, určitou část pořizovací ceny hmotného a nehmotného majetku. Tuto položku si může provozovatel, jako daňově uznatelný náklad (nebo výdaj) uplatnit za příslušné zdaňovací období v přiznání k dani z příjmů.
- **Mzdy (+ odvody):** Položka udává finanční výdaje provozovatele za mzdy a odvody zaměstnanců (obsluhy) celého zařízení v daném roce.
- **opravy:** Jsou roční náklady potřebné pro plynulý provoz zařízení. Tato položka, se mění v průběhu trvání zařízení a v budoucích letech spíše poroste, z důvodu opotřebovanosti a končící životnosti jednotlivých komponent zařízení.
- **pojištění:** Položka vyjadřuje nutný náklad pojištění celého zařízení a to před vnějšími vlivy jako jsou živelné pohromy a také vnitřními vlivy, což pokrývá pochybení lidského faktoru a nečekané selhání vnitřního zařízení.

Pro lepší přehled a orientaci v kalkulátoru je nutné uvést vysvětlivky k jednotlivým položkám. Viz. text níže.

### **Doba životnosti**

Jedná se o dobu, po kterou bude zařízení provozováno - tzn. dobu, po kterou bude hodnocena jeho ekonomická efektivnost. Např. kupujete-li kotel, který chcete provozovat 5 let, bude doba životnosti zařízení 5 let (i když životnost a provozuschopnost kotle může být mnohem delší).

### **Celková investice do zařízení**

Celková investice do zařízení je celková finanční částka (vlastní kapitál + zapůjčený kapitál) investovaná na začátku doby životnosti do zařízení. Kalkulátor je nastaven tak, že počáteční investice (tj. celková investice na pořízení celého zařízení) je investována v tzv. nultém roce a provoz projektu-zařízení (doba životnosti) je počítán až od roku následujícího. Např. v roce 2012 pořídíte nový kotel (tj. pro účel výpočtu rok 0) a v roce 2013 začnete kotel provozovat (tj. pro účel výpočtu rok 1).

### **Úvěr nutný pro pořízení zařízení**

Jedná se o částku, kterou si investor zapůjčí na realizaci zařízení (tato částka je již zahrnuta v investici). Úvěr je splácen anuitními splátkami. Úroková sazba je po celou dobu splácení úvěru konstantní. Délka úvěru může být stejná nebo kratší než je životnost zařízení (delší se nedoporučuje).

### **Roční výnos z provozovaného zařízení**

Jedná se o výnos z celého zařízení za jeden rok. Změna ročního výnosu jsou procenta, o která se roční výnos změní (může být i záporné číslo). Výnos není zisk, není tedy od něj odečtena žádná nákladová položka (elektrárna ročně vynese např. 1 000 000 Kč což je výnos, když od výnosu odečteme všechny náklady za rok, dostaneme zisk). Pokud hodnotíme různé varianty, které nepřinášejí přímý zisk, ale výsledkem investice jsou nižší náklady (např. různé varianty vytápění rodinného domku), uvedeme do výnosů položku 0 a vyhodnocení postavíme na nákladech.

### **Roční náklady na provoz pořizovaného zařízení**

Roční náklady jsou náklady celého zařízení za jeden rok. Změna ročních nákladů jsou procenta, o která se roční náklady změní (může být i záporné číslo).

## **Diskont**

Diskont je tzv. alternativní náklad kapitálu, neboli cena ušlé příležitosti. Jednoduše řečeno, je to výnos v procentech, který byste obdrželi, pokud byste zamýšlenou částku investovali do jiného stejně rizikového zařízení, nebo např. jen uložili na účet.

## **Zdanění zisku ze zařízení**

Pokud hodnotíme komerční investici (jako může být např. investice do malé vodní elektrárny), lze předpokládat, že budeme platit daň ze zisku. Pokud ovšem hodnotíme nekomerční investici (vytápění rodinného domku), ve které nebude docházet ke generování žádného zisku, danit nebudeme.

## **Daňová sazba**

Jedná se o sazbu daně ze zisku, kterou se musí daný investor řídit dle zákona o dani z příjmů. Daňový základ je vypočítáván dle vzorce: Daňový základ=výnosy-náklady-odpisy-úroky.

## **Odpisy**

Odpisy je vhodné užívat pouze v případě, že se jedná o komerční zařízení. Je možno odepisovat jak rovnoměrně, tak zrychleně. Předpokládá se, že celá investice nespadá pouze do jedné odpisové skupiny, proto lze investici mezi jednotlivé odpisové skupiny procentuálně rozdělit (např. 40 % investice bylo vynaloženo na strojní zařízení, takže u třetí odpisové skupiny bude 40 % a 60 % investice bylo vynaloženo na opravu či výstavbu nových budov, takže u páté odpisové skupiny bude 60 %). Doba odepisování v jednotlivých skupinách je nastavena dle současných zákonů, v případě potřeby ji lze změnit.

## **Doba návratnosti**

Čím je doba návratnosti kratší, tím spíše lze zařízení doporučit k realizaci. Prostá doba návratnosti je nejjednodušší, nejméně vhodné, ale naopak velice často užívané ekonomické kritérium. Největší nevýhodou tohoto kritéria je, že zanedbává efekty po době návratnosti a zanedbává fakt, že peníze můžeme vložit do jiných investičních příležitostí. Standardně se prostá doba návratnosti počítá dle následujícího vzorce:

$$T_3 = \frac{IN}{CF}$$

kde IN je investice a CF jsou roční peněžní toky.

Tento vzorec ovšem neumožňuje počítat s rozdílnými peněžními toky (cash flow) v jednotlivých letech. Tato nevýhoda je ve finančním kalkulátoru odstraněna použitím zvláštního algoritmu. Tento algoritmus ovšem nevrací desetinné číslo jako klasický vzorec (např. 3,5 roku), ale pouze celočíselný údaj. Tzn. rok, ve kterém se počáteční investice splatí.

### **Diskontovaná doba návratnosti**

Čím je diskontovaná doba návratnosti kratší, tím spíše lze zařízení doporučit k realizaci. Jedná se o obdobné kritérium, jako prostá doba návratnosti (viz. výše), ale s tím rozdílem, že není založena na prostém peněžním toku, nýbrž na peněžním toku diskontovaném. Diskontovaný peněžní tok v roce  $t$  lze spočítat dle následujícího vzorce:

$$T_{d3} = \frac{IN}{DCF} \quad DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

kde  $r$  je diskont a  $t$  rok, ke kterému se DCF počítá.

### **NPV (čistá současná hodnota zařízení)**

Pokud investice obsahuje výnosy, volíme variantu s co nejvyšším NPV. Pokud investici hodnotíme na základě nákladů, hledáme variantu s co nejnižším NPV. Čistá současná hodnota je v dnešní době jedním z nejvhodnějších kritérií. Je v ní zahrnuta celá doba životnosti zařízení i možnost investování do jiného stejně rizikového zařízení. NPV lze vypočítat dle vzorce:

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t}$$

kde DCF jsou diskontované peněžní toky v jednotlivých letech a  $t$  doba životnosti zařízení.

Dle stejného vzorce počítá i finanční kalkulátor. Výpočet je postaven tak, že v roce 0 počítá pouze s počáteční investicí a až v následujícím roce (tj. v roce 1) je zařízení uvedeno do provozu, tudíž až v tomto roce se objeví první výnosy, provozní náklady, odpisy atd. Pokud vyjde NPV kladné, lze zařízení doporučit k realizaci.

### **IRR (vnitřní výnosové procento)**

Čím je IRR (Vnitřní výnosové procento) větší, tím spíše lze zařízení doporučit k realizaci. Vnitřní výnosové procento není nic jiného, než trvalý roční výnos investice. Jednoduše řečeno se jedná o diskont, při němž je NPV investice rovno nule.

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t} = 0 \text{ tak } IRR = r$$

Pokud je vnitřní výnosové procento (trvalý roční výnos) větší než uvažovaný diskont, lze zařízení (za určitých podmínek) doporučit k realizaci. Interpretace a výpočet IRR není však nijak jednoduchá záležitost. Mohou se vyskytnout případy, kdy je IRR záporné nebo existuje IRR více a nebo neexistuje žádné atd. Kalkulátor je schopen řešit pouze jednoduché výpočty IRR a to v rozmezí 0-300 %. Pokud tedy kalkulátor IRR nenalezne, nemusí to hned znamenat, že neexistuje, ale že jeho interpretace nebo výpočet by mohly být tak složité, že je to nad rámec funkce této aplikace.

### **Roční ekvivalentní finanční toky**

Pokud investice obsahuje výnosy, volíme variantu s co nejvyššími ročními ekvivalentními finančními toky. Pokud investici hodnotíme na základě nákladů, hledáme variantu s co nejnižšími ročními ekvivalentními finančními toky. Jedná se o čistou současnou hodnotu zařízení vydělenou anuitním faktorem. Tím dojde k rovnoměrnému rozdělení diskontovaných peněžních toků do jednotlivých let celé

doby životnosti projektu. Toto kritérium je zejména vhodné pro vzájemné porovnávání různých variant se shodným rokem počáteční investice.

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

Diplomová práce se zaměřuje na tři možnosti využití odpadního tepla, které vzniká při činnosti spalování plynu na kogenerační jednotce BPS. Tyto tepelné hodnoty byly získány ze tří BPS. U každé této bioplynové stanice je odpadní teplo využíváno částečně jiným způsobem (bioteplárna, sušárna dřeva, sušárna zemědělských komodit) a částečně pro podobné účely např. vytápění vlastních objektů společností.

Data jsem získal po vzájemné dohodě s vedoucími či jednatelem jednotlivých dotyčných BPS. Získávání relevantních dat pro diplomovou práci naráželo v některých případech na technologické nedostatky v zařízeních BPS. Některé z BPS byly budovány v době, kdy sledování hodnot uvedených v práci nebylo potřeba zjišťovat, nebo je majitel respektive provozovatel nebyl povinen vyžadovat. V praxi tedy neexistovalo zařízení, které by hodnoty samo generovalo do použitelných výsledků. Hodnoty pro tuto diplomovou práci byly proto získávány výpočty z technologických dat uváděných výrobcem používaných zařízení. Výpočtem získané hodnoty se nakonec projeví jako velice reálné a správné na základě zpětné kontroly vlastními technickými pracovníky obsluhy a vedení BPS.

Ekonomická data (hodnoty) tabulek č. **4,7,10** vycházejí především z ústního sdělení vedoucích či jednatelů BPS, tato data nemohla být ale objektivně ověřena a to z důvodů obchodního know-how a ochrany interních dat BPS. Výsledné hodnoty se jeví jako reálné a pravdivé dle informací dotčených osob.

Výsledná měření v BPS jsou shrnuta v tabulkách pro větší přehlednost. Tabulky jsou sestaveny podle průběhu let 2012, 2013 tak, aby byly patrné měnící se zjišťovaná data v jednotlivých měsících. Tabulky č. **2,3,5,6,8,9** znázorňují celkovou výrobu tepla za jeden rok. Položka Tvenkovní popisuje venkovní teplotu. Položka výroba EE znázorňuje měsíční výrobu elektrické energie v MWh. Položka Výroba tepla vyjadřuje vzniklé teplo na kogenerační jednotce. Položka Jiné využití tepla I vyjadřuje spotřebu tepla pro konkrétní BPS a jednou z měnících se položek z hlediska využití. Jedná se o jedno z využití odpadního tepla na BPS. Jiné využití tepla II vyjadřuje spotřebu tepla pro BPS a je také jednou z měnících se položek. Rozdíl teplot venkovní a ve fermentoru vyjadřuje položka tferm-tvenk. Jedná se tedy o rozdíl potřeby tepla pro vyhřívání fermentoru tak, aby byla zachována konstantní teplota 40°C ve fermentoru po celý rok. Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci



vyjadřuje množství MWh spotřebované na ohřev fermentoru na potřebných 40°C. Položka Disponibilní teplo vyjadřuje množství tepla nevyužitého v průběhu roku. Toto teplo je zbývající tepelná energie, která se přes rozvaděč tepla převádí na venkovní nouzové chladiče (Turek, 2013).

#### 4.1 Bioplynová stanice Třeboň

BPS Třeboň zpracovává kukuřičnou siláž, kejdu prasat a travní siláž z Mokřých luk. Kejda je používána jako ředící a pufrací medium. Bioplyn z BPS je odváděn do areálu lázní Aurora 4,3 km dlouhým plynovodem na kogenerační jednotku v bioteplárně. Teprve zde dochází ke spalování bioplynu. Vyřešil se tak problém vzdálenosti mezi zdrojem bioplynu a spotřebitelem. Vzniklé teplo je využíváno pro potřeby wellnesscentra a balneo provozu. Spotřeba tepla je více méně celý rok konstantní.

**Tab. č. 2: Bilance tepla r. 2012 Třeboň (Zdroj: Zajíc, Kajan 2014)**

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Tvenkovní (°C)</i>	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2
<b>výroba EE (MWh/M)</b>	<b>695</b>	<b>692</b>	<b>734</b>	<b>720</b>	<b>710</b>	<b>698</b>	<b>702</b>	<b>730</b>	<b>690</b>	<b>695</b>	<b>685</b>	<b>690</b>
<b>Výroba tepla (MWh/M)</b>	<b>726</b>	<b>732</b>	<b>776</b>	<b>757</b>	<b>762</b>	<b>747</b>	<b>742</b>	<b>745</b>	<b>740</b>	<b>724</b>	<b>738</b>	<b>727</b>
<b>Jiné využití tepla I (MWh/M)</b>	<b>520</b>	<b>580</b>	<b>605</b>	<b>420</b>	<b>280</b>	<b>275</b>	<b>285</b>	<b>280</b>	<b>283</b>	<b>620</b>	<b>585</b>	<b>498</b>
<b>třerm-tvenk.</b>	<b>42,8</b>	<b>41,3</b>	<b>37,7</b>	<b>33,1</b>	<b>28,2</b>	<b>24,9</b>	<b>23,3</b>	<b>24</b>	<b>27,5</b>	<b>32,5</b>	<b>37,6</b>	<b>41,2</b>
<b>Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci (MWh/M)</b>	<b>174</b>	<b>144</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>74</b>	<b>52</b>	<b>47</b>	<b>44</b>	<b>61</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>208</b>
<b>Disponibilní teplo (MWh/M)</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>71</b>	<b>251</b>	<b>408</b>	<b>420</b>	<b>410</b>	<b>421</b>	<b>396</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>21</b>

Z tab. č. 2 je zásadní položka: Jiné využití tepla I. Položka vyjadřuje spotřebu tepla pro wellnesscentrum a balneo provoz v lázních Aurora obr. č. 27.

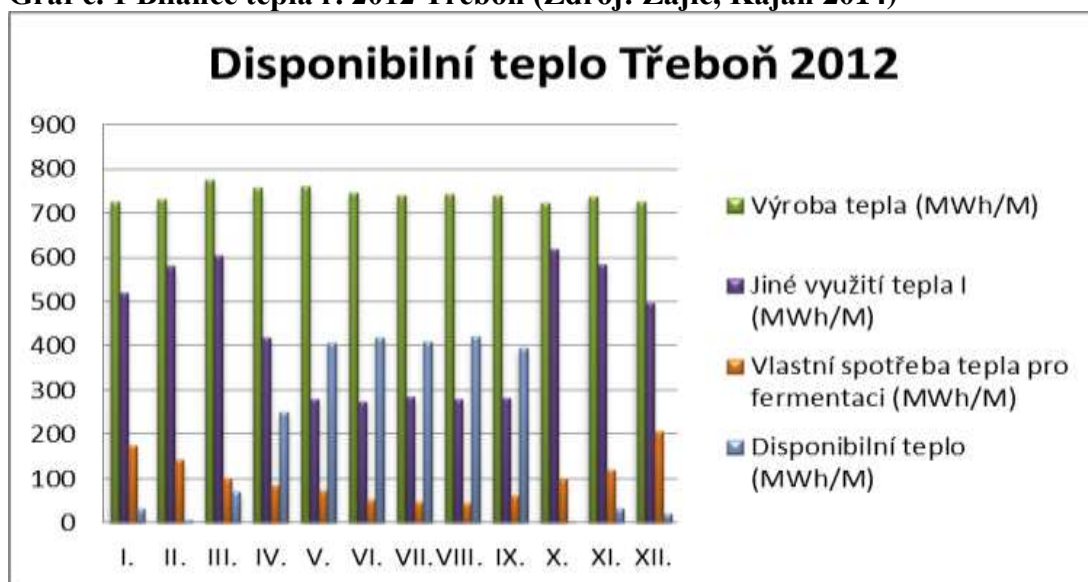
Obr. č.27: Areál lázně AURORA Třeboň (<http://www.mapy.cz>, 2014)



Důležitým výsledkem je položka Disponibilní teplo. Toto teplo ve větším množství vzniká v měsících duben až září, kdy je většina odpadního tepla nevyužitá z důvodů konce topné sezony.

Z tabulky č. 2 vychází graf č. 1 Bilance tepla r. 2012 Třeboň.

Graf č. 1 Bilance tepla r. 2012 Třeboň (Zdroj: Zajíc, Kajan 2014)



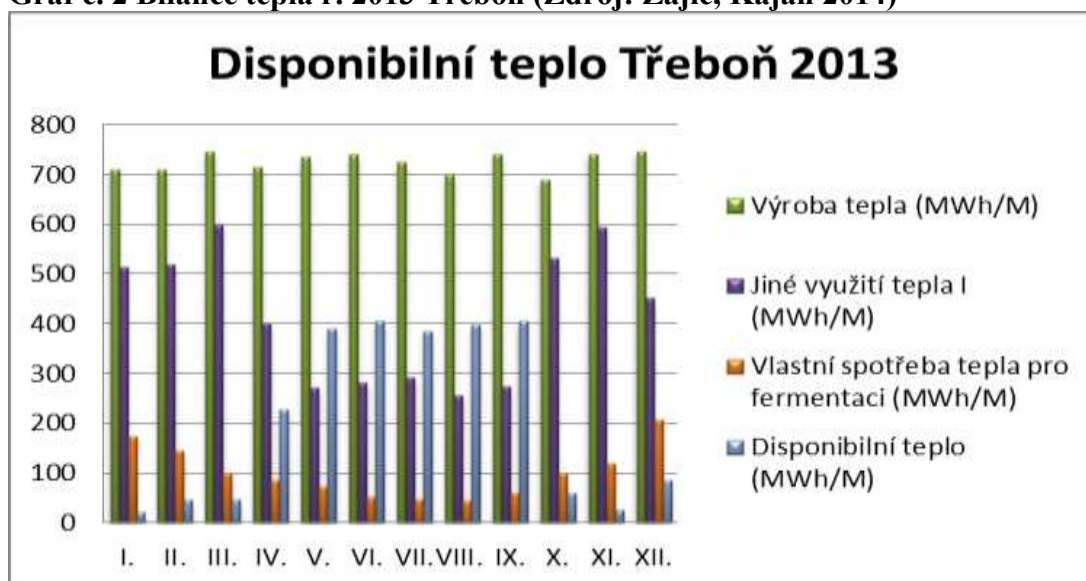
Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

Tab. č. 3: Bilance tepla r. 2013 Třeboň (Zdroj: Zajíc, Kajan 2014)

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Tvenkovní (°C)</i>	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2
výroba EE (MWh/M)	682	657	720	695	684	690	694	701	680	654	690	701
Výroba tepla (MWh/M)	711	710	745	715	735	740	725	699	742	690	740	745
Jiné využití tepla I (MWh/M)	515	520	598	400	272	283	292	257	274	531	594	452
tferm-tvenk.	42,8	41,3	37,7	33,1	28,2	24,9	23,3	24	27,5	32,5	37,6	41,2
<i>Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci (MWh/M)</i>	174	144	100	86	74	52	47	44	61	100	120	208
Disponibilní teplo (MWh/M)	22	46	47	229	389	405	386	398	407	59	26	85

Tabulka č. 3 uvádí identické položky, ale v roce 2013. Z tab. č. 3 vychází graf č. 2 Bilance tepla r. 2013 Třeboň.

Graf č. 2 Bilance tepla r. 2013 Třeboň (Zdroj: Zajíc, Kajan 2014)



Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

**Tab. č. 4: Náklady spojené s využitím tepla Třeboň (Zdroj: Zajíc, Kajan2014)**

Položka	2012	2013
Investiční náklady	- Kč	- Kč
dotace (% z investice)	0%	0%
odpisy průměr odpis 30let	672 000,00 Kč	672 000,00 Kč
mzdy	300 000,00 Kč	300 000,00 Kč
opravy	200 000,00 Kč	200 000,00 Kč
pojištění	200 000,00 Kč	200 000,00 Kč
ostatní výdaje	300 000,00 Kč	300 000,00 Kč

Provozní náklady zařízení viz tab. č. 4 vyjadřují náklady na provoz celého zařízení spojeného s využitím tepla včetně lidských zdrojů. Jedná se o mzdy pro pracovníky zaměstnané v zařízení, dále se jedná o nutné opravy a výměny opotřebované a stárnoucí techniky. Nutným nákladem je pojištění celého zařízení a to před vnějšími vlivy jako jsou živelné pohromy a také vnitřními vlivy, což pokrývá pochybení lidského faktoru a nečekané selhání vnitřního zařízení. Tabulka č. 4 se může v průběhu let měnit, je zde počítáno s mnoha proměnnými faktory, jako je výše pojištění, nutný růst mezd apod. Další položkou, která se bude měnit a v průběhu let spíše poroste, jsou opravy zařízení z důvodu opotřebovanosti a končící životnosti jednotlivých komponent zařízení.

V tabulce není uvedena pořizovací hodnota zařízení, jelikož k pořízení celého zařízení došlo již v letech minulých. Celková pořizovací cena činila 28 800 000,- Kč. Dotace na zařízení byla 30 %, což bylo přesně 8,64 milionu Kč. Předpokládaná úroková sazba je 6 %, doba splatnosti úvěru je 12 let. Počítaný roční výnos z pořizovaného zařízení tvoří 3 900 000,- Kč. Roční změna výnosu zařízení činí 4 %. Roční náklad na provoz zařízení činí 1 000 000,- Kč. Roční změna nákladů 3% Při daňové sazbě 19% (Kajan, 2013). Tyto hodnoty byly použity pro jednoduchý výpočet viz obrázek č. 30 finanční kalkulačtor.

Obr. č. 28: Kalkulátor Třeboň (Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz>, 2014)

**Základní parametry investice**

Doba životnosti projektu  [počet let] ???  
 Celková investice do zařízení  [Kč] ???

**Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???**

Úvěr (vypůjčená částka)  [Kč]  
 Úroková sazba  [%]  
 Doba splácení úvěru  [počet let]

**Roční výnos z provozovaného zařízení ???**

Roční výnos z pořízovaného zařízení  [Kč]  
 Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení  [%]

**Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???**

	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="1000000"/>	<input type="text" value="3"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**Doplňkové parametry investice**

Diskont - výnos alternativní investice  % ???  
 Bude se danit zisk z projektu? ???  Ne  Ano - daňová sazba  % ???

**Odpis investice ???**

Odpisové skupiny	Počet let	Část investice [%]	Způsob odepisování
1	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
1a	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
2	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
3	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
4	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="100"/> %	rovnoměrně ▼
5	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
6	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼

**VÝSLEDKY**

NPV - čistá současná hodnota projektu: **28770993 Kč** ???  
 Roční ekvivalentní finanční toky investice: **0 Kč** ???  
 Doba návratnosti: **15 let** ???  
 Diskontovaná doba návratnosti: **15 let** ???  
 IRR - vnitřní výnosové procento investice: **7 %** ???

Obrázek č. 28 udává NPV- čistá současná hodnota celého zařízení, Roční ekvivalentní finanční tok investice, Dobu návratnosti investice, Diskontovanou dobu návratnosti a IRR – vnitřní výnosové procento investice.

Dle uvedeného kalkulátoru v obrázku č. 28 a dle dodaných parametrů vycházejících z předešlé tabulky č.4 – vyplývá následující. Doba životnosti je 20let, celková investice do zařízení je 20 160 000,- Kč, roční výnos 3 900 000,- Kč, roční náklad na provoz zařízení je 1 000 000,- Kč, roční změna nákladů je 3%, daňová sazba je 19% a odpis investice viz. kalkulátor. Z uvedeného vyplývá, že čistá současná hodnota projektu je 28 770 993,- Kč a doba návratnosti je 15 let za dodržení 7 % výnosového procenta.

## 4.2 Bioplynová stanice Kardašova Řečice

Bioplynová stanice Kardašova Řečice byla zprovozněna v roce 2008. V této BPS se zpracovává hnůj a kejda skotu, travní siláž a kukuřičná siláž. Kejda je používána především jako ředící a pufrací médium. Teplo z BPS je topným obdobím využíváno k vytápění areálu zemědělského družstva a sezónně pro přímý výhřev sušárny obilí a dalších komodit. Sušárna je v provozu se začátkem sklizně obilovin a sušení probíhá přibližně až do konce roku (Turek, 2013).

Tab. č. 5: Bilance tepla r. 2012 Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, Turek 2014)

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Tvenková</i> (°C)	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16,0	12,5	7,5	2,4	-1,2
výroba EE (MWh/M)	739	495	743	713	710	713	738	739	716	737	716	722
Výroba tepla (MWh/M)	787	528	792	760	756	760	787	788	764	785	763	770
Jiné využití tepla I (MWh/M)	0	0	0	0	0	342	354	354	344	353	343	347
Jiné využití tepla II (MWh/M)	515	265	552	549	0	0	0	0	0	225	180	161
tferm- tvenk.	42,8	41,3	37,7	33,1	28,2	24,9	23,3	24	27,5	32,5	37,6	41,2
<i>Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci</i> (MWh/M)	272	263	240	211	179	158	148	153	175	207	239	262
Disponibilní teplo (MWh/M)	0	0	0	0	577	260	284	280	245	0	0	0

Z tab. č.5 jsou zásadní tyto položky: Jiné využití tepla I a Jiné využití tepla II. První vyjadřuje spotřebu tepla pro sušárnu zemědělských komodit instalovanou na BPS Kardašova Řečice.

Jiné využití tepla II ukazuje v tomto případě využití odpadního tepla na BPS pro otop areálu BPS a zemědělského družstva obrázek č. 29.

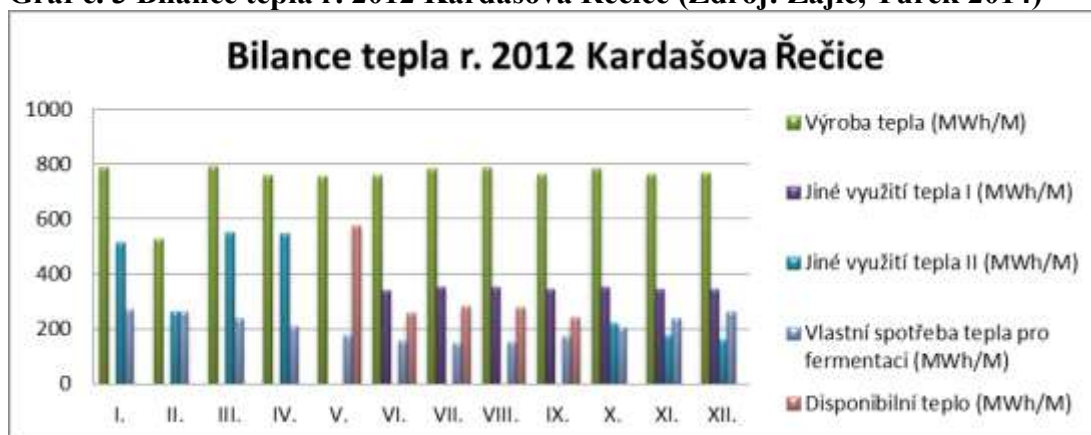
Obr. č. 29: Areál družstva Kardašova Řečice (<http://www.mapy.cz>, 2014)



Důležitým výsledkem pro zvýšení efektivity BPS je položka Disponibilní teplo. Toto teplo vzniká v měsících květnu až září, kdy je většina odpadního tepla nevyužitá z důvodů konce topné sezony.

Z tabulky č. 5 vychází graf č. 3 Bilance tepla r. 2012 Kardašova Řečice.

Graf č. 3 Bilance tepla r. 2012 Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, Turek 2014)



Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

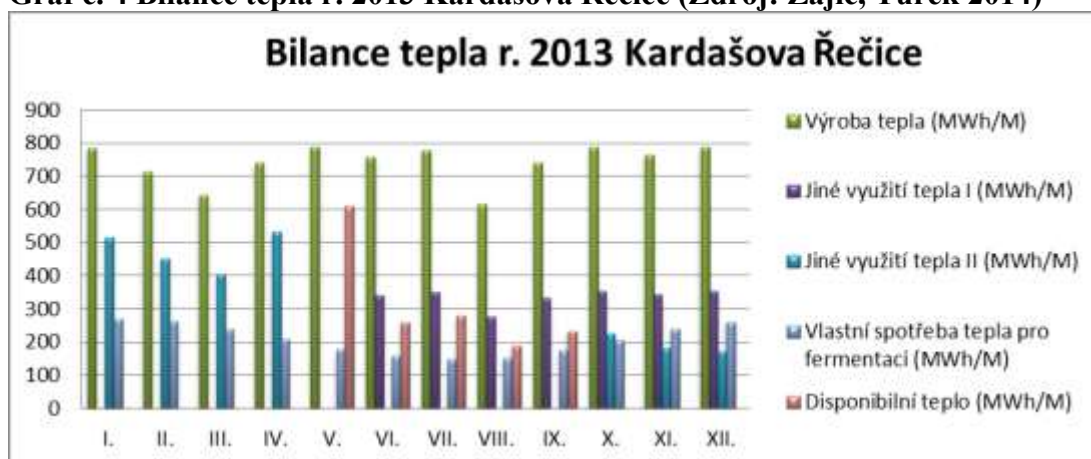


Tab. č. 6: Bilance tepla r. 2013 Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, Turek 2014)

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Tvenkovní (°C)</i>	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2
výroba EE (MWh/M)	737	670	604	689	742	713	730	579	696	739	717	740
Výroba tepla (MWh/M)	786	714	643	743	791	760	778	617	742	788	765	789
Jiné využití tepla I (MWh/M)	0	0	0	0	0	342	350	278	334	355	344	355
Jiné využití tepla II (MWh/M)	515	452	405	534	0	0	0	0	0	228	182	173
tferm-tvenk.	42,8	41,3	37,7	33,1	28,2	24,9	23,3	24	27,5	32,5	37,6	41,2
<i>Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci (MWh/M)</i>	271	262	239	210	179	158	148	152	174	206	238	261
Disponibilní teplo (MWh/M)	0	0	0	0	612	260	281	188	234	0	0	0

Tabulka č. 6 uvádí identické položky, ale v roce 2013. Z tab. č. 9 vychází graf č. 4 Bilance tepla r. 2013 Kardašova Řečice.

Graf č. 4 Bilance tepla r. 2013 Kardašova Řečice (Zdroj: Zajíc, Turek 2014)



Osa X označuje měsíce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

**Tab. č. 7: Náklady spojené s využitím tepla I K.Ř. sušárna zem. komodit (Zdroj: Zajíc, Turek 2014)**

Položka	2012	2013
Investiční náklady	- Kč	- Kč
dotace (% z investice)	0%	0%
odpisy	533 333,00 Kč	533 333,00 Kč
mzdy	70 000,00 Kč	70 000,00 Kč
opravy	45 000,00 Kč	45 000,00 Kč
pojištění	60 000,00 Kč	60 000,00 Kč
ostatní výdaje	80 000,00 Kč	80 000,00 Kč

Provozní náklady zařízení viz tab. č. 7 vyjadřují náklady na provoz celého zařízení spojeného s využitím tepla včetně lidských zdrojů. Jedná se o mzdy pro pracovníky zaměstnané v zařízení, dále se jedná o nutné opravy a výměny opotřebované a stárnoucí techniky. Nutným nákladem je pojištění celého zařízení a to před vnějšími vlivy jako jsou živelné pohromy a také vnitřními vlivy, což pokrývá pochybení lidského faktoru a nečekané selhání vnitřního zařízení. Tabulka č. 7 se může v průběhu let měnit, je zde počítáno s mnoha proměnnými faktory, jako je výše pojištění, nutný růst mezd apod. Další položkou, která se bude měnit a v průběhu let spíše poroste, jsou opravy zařízení z důvodu opotřebovanosti a končící životnosti jednotlivých komponent zařízení.

V tabulce není uvedena pořizovací hodnota zařízení, jelikož k pořízení celého zařízení došlo již v roce 2009. Celková pořizovací cena činila 8 000 000,- Kč. Dále není v tabulce uveden roční výnos celého zařízení v průběhu roku, který činí 800 000,-Kč. Roční změna výnosu zařízení činí 0%. Roční náklad na provoz zařízení činí 255 000,-Kč. Při daňové sazbě 19% (Turek, 2014). Tyto hodnoty byly použity pro jednoduchý výpočet viz obrázek č. 30 finanční kalkulator.

Obr. č. 30: Kalkulátor Kardašova Řečice (Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz>, 2014)

### Základní parametry investice

Doba životnosti projektu  [počet let] ???

Celková investice do zařízení  [Kč] ???

### Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???

Úvěr (vypůjčená částka)  [Kč]

Úroková sazba  [%]

Doba splácení úvěru  [počet let]

### Roční výnos z provozovaného zařízení ???

Roční výnos z pořízovaného zařízení  [Kč]

Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení  [%]

### Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???

	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="255000"/>	<input type="text" value="3"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

### Doplňkové parametry investice

Diskont - výnos alternativní investice  % ???

Bude se danit zisk z projektu? ???  Ne  Ano - daňová sazba  % ???

### Odpis investice ???

Odpisové skupiny	Počet let	Část investice [%]	Způsob odepisování
1	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
1a	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
2	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
3	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="100"/> %	rovnoměrně ▼
4	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value=""/> %	rovnoměrně ▼
5	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
6	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼

### VÝSLEDKY

NPV - čistá současná hodnota projektu: **2941044 Kč** ???

Roční ekvivalentní finanční toky investice: **0 Kč** ???

Doba návratnosti: **18 let** ???

Diskontovaná doba návratnosti: **18 let** ???

IRR - vnitřní výnosové procento investice: **3 %** ???

Obrázek č. 30 udává NPV- čistá současná hodnota celého zařízení, Roční ekvivalentní finanční tok investice, Doba návratnosti investice, Diskontovanou dobu návratnosti a IRR – vnitřní výnosové procento investice.

Dle uvedeného kalkulátoru v obrázek č. 30 a dodaných parametrů vycházejících z předešlé tabulky č.7 – vyplývá následující. Doba životnosti je 30let, celková investice do zařízení je 8 000 000,-Kč, roční výnos 800 000,-Kč, roční náklad na provoz zařízení je 255 000,-Kč, roční změna nákladů je 3%, daňová sazba je 19% a odpis investice viz. kalkulátor. Z uvedeného vyplývá, že čistá současná hodnota projektu je 2 941 044,-Kč a doba návratnosti je 18 let za dodržení 3% výnosového procenta.

### 4.3 Bioplynová stanice Pleše

Bioplynová stanice Pleše byla zprovozněna v roce 2010. V této BPS se zpracovává hnůj skotu a senáž. Teplo z BPS je celoročně využíváno pro přímý výhřev sušárny řeziva a v topném období k vytápění areálu zemědělského družstva. Sušárna je v provozu od roku 2011 (Zdroj: Průša, 2013).

**Tab. č.8: Bilance tepla r. 2012 Pleše (Zdroj: Zajíc, Průša 2014)**

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Tvenkovní (°C)</i>	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2
<b>výroba EE (MWh/M)</b>	<b>391</b>	<b>344</b>	<b>389</b>	<b>331</b>	<b>409</b>	<b>394</b>	<b>402</b>	<b>397</b>	<b>385</b>	<b>388</b>	<b>345</b>	<b>360</b>
<b>Výroba tepla (MWh/M)</b>	<b>392</b>	<b>344</b>	<b>389</b>	<b>332</b>	<b>410</b>	<b>395</b>	<b>403</b>	<b>398</b>	<b>386</b>	<b>389</b>	<b>345</b>	<b>360</b>
<b>Jiné využití tepla I (MWh/M)</b>	<b>58</b>	<b>51</b>	<b>58</b>	<b>49</b>	<b>61</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>59</b>	<b>57</b>	<b>58</b>	<b>51</b>	<b>54</b>
<b>Jiné využití tepla II (MWh/M)</b>	<b>187</b>	<b>152</b>	<b>202</b>	<b>169</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>220</b>	<b>165</b>	<b>166</b>
<b>tferm-tvenk.</b>	<b>42,8</b>	<b>41,3</b>	<b>37,7</b>	<b>33,1</b>	<b>28,2</b>	<b>24,9</b>	<b>23,3</b>	<b>24</b>	<b>27,5</b>	<b>32,5</b>	<b>37,6</b>	<b>41,2</b>
<b>Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci (MWh/M)</b>	<b>146</b>	<b>141</b>	<b>129</b>	<b>113</b>	<b>96</b>	<b>85</b>	<b>80</b>	<b>82</b>	<b>94</b>	<b>111</b>	<b>129</b>	<b>141</b>
<b>Disponibilní teplo (MWh/M)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>253</b>	<b>251</b>	<b>264</b>	<b>257</b>	<b>235</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Z tab. č. 8 jsou zásadní tyto položky: Jiné využití tepla I a Jiné využití tepla II. První vyjadřuje spotřebu tepla pro teplovzdušnou sušárnu řeziva instalovanou na BPS Pleše.

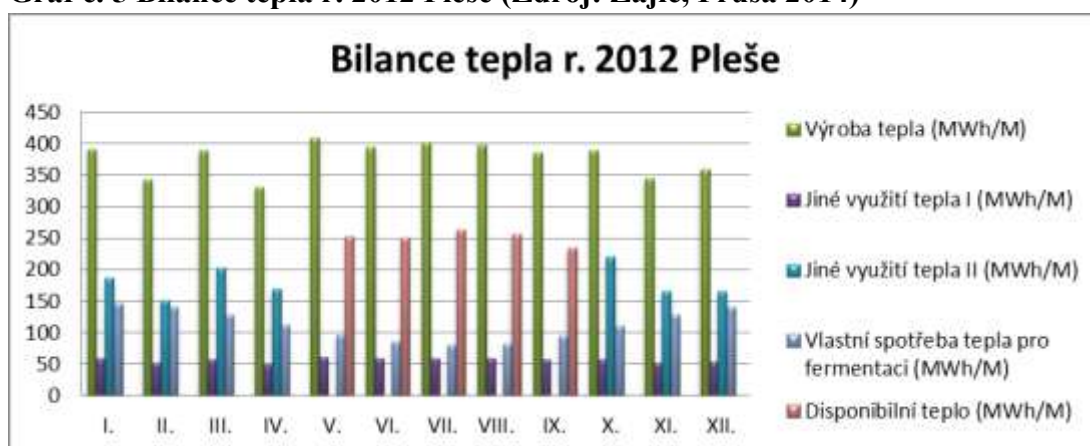
Jiné využití tepla II ukazuje v tomto případě využití odpadního tepla na BPS pro otop areálu BPS a zemědělského družstva v Pleších obrázek č. 31.

Obr. č. 31: Areál družstva Pleše (<http://www.mapy.cz>, 2014)



Položka Disponibilní teplo opět ukazuje nevyužitě teplo, zvláště v letních měsících. Toto teplo vzniká v měsících květnu až září, kdy je většina odpadního tepla nevyužitá z důvodů konce topné sezony. Z tab. č. 8 vyplývá graf č. 5.

Graf č. 5 Bilance tepla r. 2012 Pleše (Zdroj: Zajíc, Průša 2014)



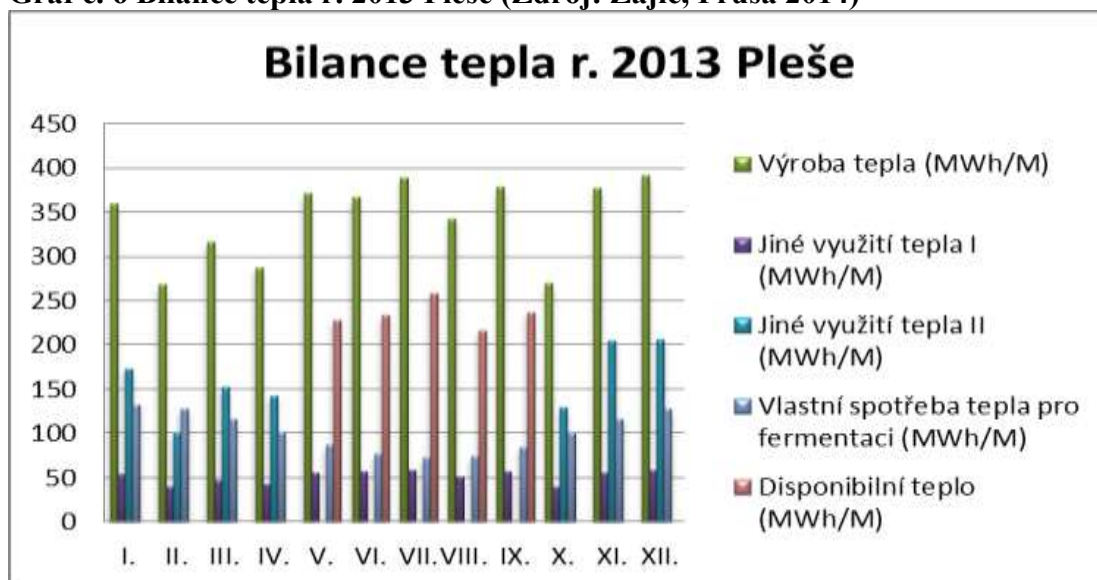
Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

Tab. č. 9: Bilance tepla r. 2013 Pleše (Zdroj: Zajíc, Průša 2014)

Měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
<i>Tvenkovní (°C) *</i>	-2,8	-1,3	2,3	6,9	11,8	15,1	16,7	16	12,5	7,5	2,4	-1,2
výroba EE (MWh/M)	359	268	316	287	371	367	388	342	378	270	378	391
Výroba tepla (MWh/M)	360	269	317	288	371	368	389	343	379	270	378	392
Jiné využití tepla I (MWh/M)	53	40	47	43	55	57	58	51	56	40	56	58
Jiné využití tepla II (MWh/M)	173	100	153	142	0	0	0	0	0	129	205	206
tferm-tvenk.	42,8	41,3	37,7	33,1	28,2	24,9	23,3	24	27,5	32,5	37,6	41,2
<i>Vlastní spotřeba tepla pro fermentaci (MWh/M)</i>	133	128	117	103	87	77	72	74	85	101	117	128
Disponibilní teplo (MWh/M)	0	0	0	0	229	234	259	217	237	0	0	0

Tabulka č.9 uvádí identické položky z BPS Pleše v roce 2013. Z tab. č. 9 vychází graf č. 6 Bilance tepla r. 2013 Pleše.

Graf č. 6 Bilance tepla r. 2013 Pleše (Zdroj: Zajíc, Průša 2014)



Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

**Tab. č. 10: Náklady spojené s využitím tepla I Pleše sušárna dřeva (Zdroj: Zajíc, Průša 2014)**

<b>Položka</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Investiční náklady</b>	<b>- Kč</b>	<b>- Kč</b>
<b>dotace (% z investice)</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>odpisy</b>	<b>100 000,00 Kč</b>	<b>100 000,00 Kč</b>
<b>mzdy</b>	<b>20 000,00 Kč</b>	<b>20 000,00 Kč</b>
<b>opravy</b>	<b>15 000,00 Kč</b>	<b>15 000,00 Kč</b>
<b>pojištění</b>	<b>10 000,00 Kč</b>	<b>10 000,00 Kč</b>
<b>ostatní výdaje</b>	<b>20 000,00 Kč</b>	<b>20 000,00 Kč</b>

Provozní náklady zařízení viz tab. č. 10 vyjadřují náklady na provoz celého zařízení spojeného s využitím tepla včetně lidských zdrojů. Jedná se o mzdy pro pracovníky zaměstnané v zařízení, dále se jedná o nutné opravy a výměny opotřebované a stárnoucí techniky. Nutným nákladem je pojištění celého zařízení a to před vnějšími vlivy jako jsou živelné pohromy a také vnitřními vlivy, což pokrývá pochybení lidského faktoru a nečekané selhání vnitřního zařízení. Tabulka č. 10 se může v průběhu let měnit, je zde počítáno s mnoha proměnnými faktory, jako je výše pojištění, nutný růst mezd apod. Další položkou, která se bude měnit a v průběhu let spíše poroste, jsou opravy zařízení z důvodu opotřebovanosti a končící životnosti jednotlivých komponent zařízení.

V tabulce není uvedena pořizovací hodnota zařízení, jelikož k pořízení celého zařízení došlo již v roce 2011. Celková pořizovací cena činila 1 000 000 Kč. Dále není v tabulce uveden roční výnos celého zařízení v průběhu roku, který činí 180 000,-Kč. Roční změna výnosu zařízení činí 0%. Roční náklad zařízení činí 65 000,-Kč. Při daňové sazbě 19% (Průša, 2014). Tyto hodnoty byly použity, pro jednoduchý výpočet viz. obrázek č. 32 finanční kalkulačtor.



**Obr. č. 32: Kalkulátor Pleše (Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz>, 2014)**

**Základní parametry investice**

Doba životnosti projektu  [počet let] ???

Celková investice do zařízení  [Kč] ???

**Úvěr nutný pro pořízení zařízení ???**

Úvěr (vypůjčená částka)  [Kč]

Úroková sazba  [%]

Doba splacení úvěru  [počet let]

**Roční výnos z provozovaného zařízení ???**

Roční výnos z pořízovaného zařízení  [Kč]

Roční změna výnosu z pořízovaného zařízení  [%]

**Roční náklady na provoz pořízovaného zařízení ???**

	Roční náklady [Kč]	Roční změna nákladů [%]
č. 1	<input type="text" value="65000"/>	<input type="text" value="3"/>
č. 2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**Doplňkové parametry investice**

Diskont - výnos alternativní investice  % ???

Bude se danit zisk z projektu? ???  Ne  Ano - daňová sazba  % ???

**Odpis investice ???**

Odpisové skupiny	Počet let	Část investice [%]	Způsob odepisování
1	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
1a	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
2	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
3	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="100"/> %	rovnoměrně ▼
4	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value=""/> %	rovnoměrně ▼
5	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼
6	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0"/> %	rovnoměrně ▼

**VÝSLEDKY**

NPV - čistá současná hodnota projektu: **686264 Kč** ???

Roční ekvivalentní finanční toky investice: **0 Kč** ???

Doba návratnosti: **10 let** ???

Diskontovaná doba návratnosti: **10 let** ???

IRR - vnitřní výnosové procento investice: **7 %** ???

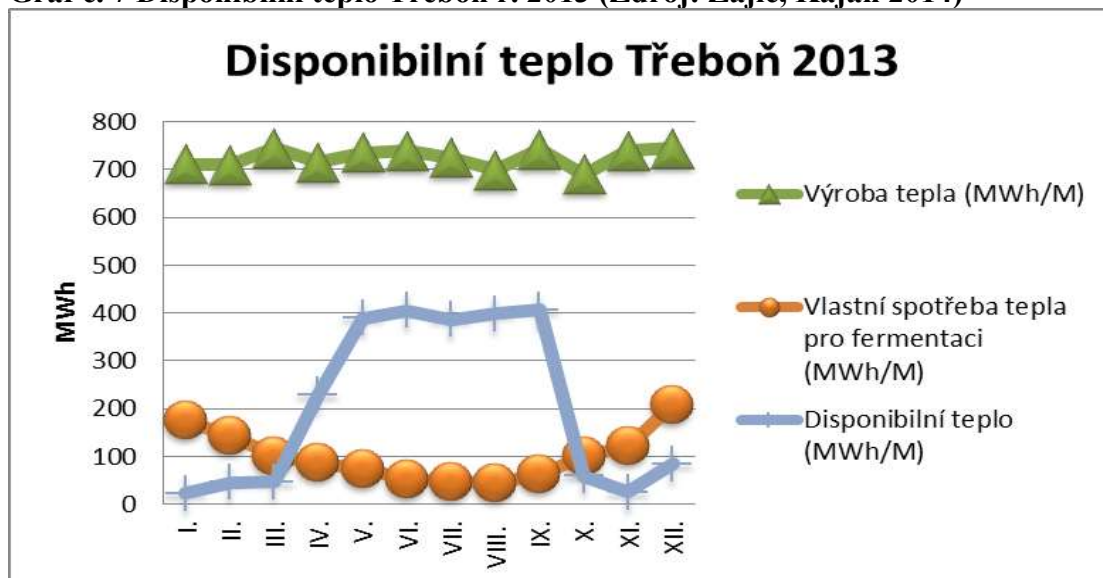
Obrázek č. 32 udává NPV- čistá současná hodnota celého zařízení, Roční ekvivalentní finanční tok investice, Dobu návratnosti investice, Diskontovanou dobu návratnosti a IRR – vnitřní výnosové procento investice.

Dle uvedeného kalkulátoru v obrázku č. 32 a dodaných parametrů vycházejících z předešlé tabulky č.10 – vyplývá následující. Doba životnosti je 20 let, celková investice do zařízení je 1 000 000,- Kč, roční výnos 180 000,-Kč, roční náklad na provoz zařízení je 65 000,- Kč, roční změna nákladů je 3 %, daňová sazba je 19 % a odpis investice viz. kalkulátor. Z uvedeného vyplývá, že čistá současná hodnota projektu je 686 264,- Kč a doba návratnosti je 10let za dodržení 7 % výnosového procenta.

Z výsledků vlastního šetření práce vyplývá, že je ročně vyrobeno v jednotlivých BPS celkem 44 231 MWh odpadního tepla, a toto teplo je využíváno na otop lázní, sušárnu řeziva a sušárnu zemědělských komodit. Z tabulek bilance tepla vyplývá kolísání venkovní teploty a v závislosti na tom i kolísání spotřeby energie(tepla) v MWh na ohřev fermentoru na žádoucích 40°C. Tedy v době nejnižší venkovní teploty je spotřeba tepelné energie (na výrobu bioplynu) nejvyšší a zároveň v letních měsících naopak, jak dokazují grafy č.7 ,8 ,9 pro rok 2013.

Na Třeboň bylo za období 2012, 2013 vyrobeno celkem 17 613 MWh odpadního tepla. Z tohoto tepla jež činilo 100% bylo využito 14 % což je 2 420 MWh tepla k ohřevu fermentorů na 40°C. Dále bylo využito na provoz wellness centra a balneo provozu: 58% což je 10 219 MWh. Zbytek disponibilní teplo činilo 28 % což je 4 974 MWh. Disponibilní teplo bylo vypuštěno do okolí bez dalšího využití.

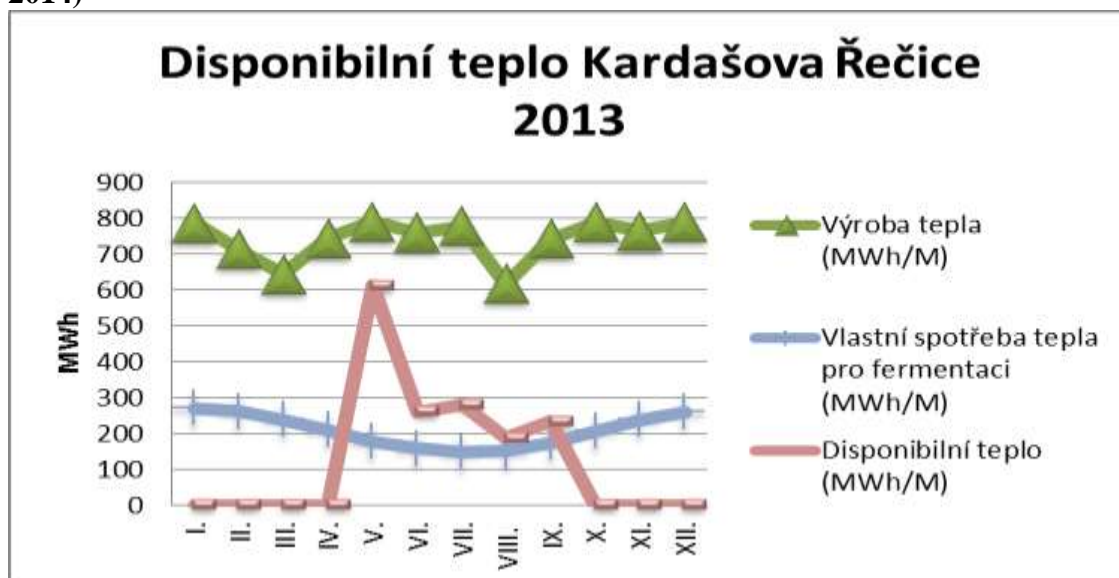
**Graf č. 7 Disponibilní teplo Třeboň r. 2013 (Zdroj: Zajíc, Kajan 2014)**



Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

Na BPS Kardašova Řečice bylo za období 2012, 2013 vyrobeno 17 955 MWh odpadního tepla. Z tohoto tepla jež činilo 100% bylo využito 28% : 5 004 MWh tepla k ohřevu fermentorů na 40°C. Dále bylo využito 27% : 4 796 MWh tepla na sušárně agrárních komodit. Využití tepla na vytápění areálu zemědělského družstva 28% : 4 935 MWh. Zbytek disponibilní teplo 17% : 3 220 MWh bylo vypuštěno do okolí bez dalšího využití.

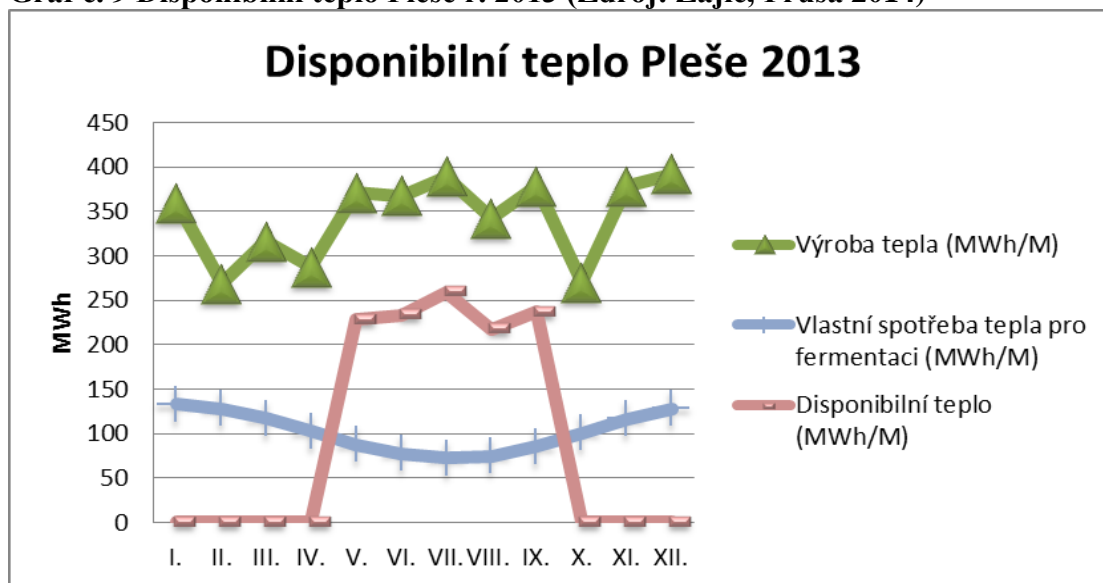
**Graf č. 8 Disponibilní teplo Kardašova Řečice r. 2013 (Zdroj: Zajíc, Turek 2014)**



Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

Na BPS Pleše bylo za období 2012, 2013 vyrobeno 8 666 MWh odpadního tepla. Z tohoto tepla jež činilo 100% bylo využito 30% : 2569 MWh tepla k ohřevu fermentorů na teplotu 40°C. Dále bylo využito 15% : 1291 MWh tepla na sušárně dřeva. Využití tepla na vytápění areálu zemědělského družstva 27% : 2370 MWh. A zbytek disponibilní tepla 28% : 2436 MWh bylo vypuštěno do okolí bez dalšího využití.

**Graf č. 9 Disponibilní teplo Pleše r. 2013 (Zdroj: Zajíc, Průša 2014)**



Osa X označuje měsíce v daném roce, osa Y vyjadřuje množství MWh tepelné energie.

Disponibilní teplo je v současné době u všech zmiňovaných BPS vypouštěno bez užitku do ovzduší a to především v letních měsících (květen – září), kdy nedochází k spotřebě tepla pro vytápění areálů zemědělských družstev a přilehlých budov ani k výraznému otopu lázní. Celkem se jedná 10 630 MWh/rok tepelné energie. Zde se tedy nabízí jedna z možností, jak zvýšit efektivitu BPS. Možnosti využití tepla v letních měsících jsou omezeny mnoha faktory, např. nízká poptávka po teple - zmiňované roční období, častá izolace vlastní BPS, nároky na množství a kvalitu tepla, ekonomická nevýhodnost investice – vysoké finanční náklady na realizaci, nízká veřejná podpora a zatím kolísající ceny fosilních paliv, eventuálně ceny elektrické energie.

BPS Třeboň respektive Lázně Aurora využívají teplo z kogenerační jednotky bioteplárny, která je umístěna u areálu lázní. Podstatným rozdílem od ostatních dvou BPS je skutečnost, že má stálého a významného odběratele tepla. Ovšem tato

skutečnost nebyla bez prvotních obtíží a musela být provedena výstavba doplňujícího zařízení, kterým je bioplynovod do areálu, kde je plyn spalován.

Lázně získkem stálého přísunu tepla, tím získaly samostatnost a ekonomickou úsporu na vytápění veškerých aktivit při provozu. Unikátem na celém projektu je právě bioplynovod. Z důvodu neustále se zvyšující ceny tepla, plynu a dalších komodit se hledaly jiné možnosti zásobování lázní teplem. Výsledkem byla výstavba bioplynovodu, který má zásobovat lázně a její bioteplárnu plynem z BPS Třeboň.

Teplo získané z bioplynu lze využívat i na jiné možnosti než je stávající stav, protože zůstávají zbytky ve formě nevyužitého-disponibilního tepla. Pro potřeby lázní slouží jako rezerva. V budoucnosti však lze tuto rezervu plně zhodnotit a to např. rozšíření lázní, rozšíření ubytovacích prostor, výstavbou nových zařízení buď pro potřeby lázní, nebo jiné objekty, které by teplo od lázní vykupovaly. Tím by mohly lázně získat další zdroj financí.

Pro BPS Pleše a BPS Kardašova Řečice se nabízí doplnění obou BPS o sušárny zemědělských komodit a taktéž dřevní hmoty. BPS Pleše by mohla doplnit ke stávající sušárně řeziva také sušárnu zemědělských komodit, BPS Kardašova Řečice naopak. Tato možnost by musela být dostatečně prozkoumána poptávkou trhu a výší ekonomické investice z hlediska návratnosti vydaných finančních nákladů.

## 5 ZÁVĚR

Bioplynové stanice patří v klimatických podmínkách České republiky z technického i ekonomického hlediska k nejvhodnějším obnovitelným zdrojům energie. V porovnání se slunečními a větrnými elektrárnami dosahují několikrát vyššího využití instalovaného výkonu. Navíc je možná a relativně snadná regulace výkonu bioplynových stanic v průběhu dne a roku. Tím nezatěžují přenosovou a distribuční soustavu.

V současnosti je v České republice přes 500 bioplynových zařízení (skládky, čistírny odpadních vod s anaerobní fermentací kalu, průmyslové a zemědělské bioplynové stanice). Celkový instalovaný elektrický výkon těchto zařízení je 392,35 MW a ročně vyrobí 2 243 GWh elektrické energie. Vedle elektrické energie vzniká při spalování bioplynu v kogenerační jednotce i tepelná. Celkově energetická hodnota vyrobeného tepla je přibližně rovná energii vyrobené elektřiny.

Vzhledem k tomu, že návratnost projektů výstavby bioplynových stanic je odvozena od dotované vyrobené elektrické energie, investoři neřeší využití tzv. disponibilního tepla. Jedná se o rozdíl mezi celkovým vyrobeným teplem a teplem spotřebovaným na vytápění vlastní bioplynové stanice. V průměru bez rozdílu typu bioplynové stanice činí toto disponibilní teplo cca 80 % z celkového tepla vyrobeného na bioplynové stanici. To znamená, při roční výrobě přes 2 243 GWh elektrické energie se dá roční množství disponibilního tepla odhadnout na 1794 GWh. Jenom 50 % využití tohoto množství tepla představuje ročně potenciál kolem 897 GWh tepla. To je 3 229 200 GJ tepla resp. ekvivalent 95 milionům m<sup>3</sup> zemního plynu.

V Evropě existuje jenom několik desítek bioplynových stanic využívajících alespoň 50 % disponibilního tepla. V České republice byla BPS Třeboň v době uvedení do provozu jediná. Cílem této práce bylo zhodnotit technické a ekonomické řešení možnosti využití disponibilního tepla z BPS oddělením místa výroby bioplynu a místa jeho maximálního energetického využití, když tyto provozy jsou propojeny nově vybudovaným plynovodem. Projekt BPS Třeboň, ukázal možnost tohoto technického řešení. Jak vyplývá ze získaných výsledků finanční analýzy je však toto konkrétní řešení bez investiční potřeby ekonomicky neprůchodné. Nejvyšší položky, které snižovaly ekonomickou efektivnost projektu byla délka plynovodu a

výstavba bioteplárny, která musela splňovat požadavky (hluk) pro umístění v lázeňském areálu.

Disponibilní teplo je na BPS Kardašova Řečice a Pleše využíváno za současných podmínek maximálním způsobem. Možnosti dalšího využití přebytku disponibilního tepla naráží na několik překážek. Jsou to relativně velká vzdálenost od potenciálního odběratele tepla, závislost na roční době, ekonomické riziko investice do zařízení využití tepla (teplovod apod.), nízká veřejná podpora projektů využití tepla (dostupnost financí z fondů EU, ČR apod.). Při situaci, kdy nebude transportováno teplo, ale bioplyn, vznikají nároky na prostor a obsluhu kogenerační jednotky v místě potřeby tepla.

Disponibilní teplo za období **2012, 2013** je u zmiňovaných BPS v letních měsících vypouštěno bez užitku do ovzduší. Celkem se jedná **10 630 MWh/rok** tepelné energie. V BPS Třeboň činí disponibilní teplo **28 %** z celkového množství tepla, což je **4 974 MWh**. Na BPS Kardašova Řečice disponibilní teplo tvoří **17%** z celkově vzniklého tepla a to je **3 220 MWh**. BPS Pleše vypouští **2 436 MWh** disponibilního tepla což je **28%** z celku. Z uvedených výsledků vyplývá, že téměř třetina vyrobeného tepla je vypouštěna bez zužitkování do ovzduší.

Z možností, jak využívat zbytkové disponibilní teplo, se nabízí:

vytápění:

- stájí
- skleníků a aquakultur
- líhní ryb či odchoven teplomilného zvířectva
- pěstíren rostlin a hub náročných na teplo
- vyhřívání pro jiné účely

sušení:

- zemědělských produktů
- pilin, štěpek
- digestátů a kalů

dodatečná výroba elektřiny:

- CRC systémy
- ORC systémy

Výčet ukazuje pouze některé z mnoha možností jak dále využít disponibilní teplo z BPS. Přehled technického řešení a ekonomická analýza jednotlivých faktorů může posloužit jako vzor pro zvýšení využití disponibilního tepla na dalších bioplynových stanicích v České republice. Díky realizaci podobných projektů mohou získat nezávislost celé obce, případně jejich části a zvýšit zaměstnanost v kraji.



## 6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### 6.1 Článekové zdroje

- KAJAN, Miroslav., Lhotský, Richard.: Přehled stávajících technologických postupů a technických řešení pro zpracování rostlinné biomasy anaerobní fermentací a situace v zemích EU, ENKI, o.p.s., Třeboň, 2006
- KUNEŠ, R.: Návrh využití tepla produkovaného v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic, Bakalářská práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, 2013.
- KRČÁLOVÁ, Eva.: Příručka o nakládání s digestátem a fugátem, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Institut celoživotního vzdělávání ve spolupráci s Ústavem zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Brno, 2008
- MALÍK, Vladimír: Vyhodnocení provozu bioplynové stanice ve vybrané lokalitě I., Bakalářská práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, 2010.
- PASTOREK, Zdeněk., WOLFF, Jiří.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství, ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha, 1992, ISSN: 0231-9470
- RUTZ, D.: Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic, příručka, WIP Renewable Energies, Mnichov, Německo, 2012.
- SCHULZ, Heinz: EDER, Barbara. Bioplyn v praxi. Ostrava : HEL, 2004.
- STRAKA, F.: Bioplyn. 1. vyd. Říčany: GAS, 2003. 517 s. ISBN 80-7328-029-9.
- ŠTINDL, Pavel: Vliv pH a pufrovitosti prostředí na anaerobní digesci travní hmoty. České Budějovice : [s.n.], 2004.
- WOLLNER, A.: Využití kukuřice k energetickým účelům, Diplomová práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, 2011.

## 6.2 Internetové zdroje

- CZ Biom,: Využití odpadního tepla z výroby bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2012-12-18 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vyroby-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.
- DOHÁNYOS, Michal.: Teoretické základy anaerobní fermentace. Česká bioplynová asociace [online]. 1.9.2009 Dostupné z WWW: <<http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=vse-o-bioplynu&nid=teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>.
- HABART, Jan.: V čem se liší zemědělská a komunální bioplynová stanice – zamyšlení u příležitosti otevření bioplynové stanice v Krásné Hoře a Vysokém Mýtě. *Biom.cz* [online]. 2008-10-27 [cit. 2010-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/v-cem-se-lisi-zemedelska-a-komunalni-bioplynova-stanice-zamysleni-u-prilezitosti-otevreni-bioplynove-stanice-v-krasne-hore>>. ISSN: 1801-2655.
- KAJAN, Miroslav.: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. [2. 11. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-z-odpadu-zivocisne-vyroby>>. ISSN: 1801-2655.
- VERNER, D.: Nakládání s digestátem zemědělských bioplynových stanic, Bakalářská práce, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita, 2010.
- VSB [online]. 2010 [cit. 2011-03-30]. Bioplyn. Dostupné z WWW: <[http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD\\_Biomasa\\_nove/Pdf/Bioplyn.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Bioplyn.pdf)>. Výběr hybridu. In *Bioplyn : Základy kvasné biotechnologie*. Velké Meziříčí:KWS,2010.
- STUPAVSKÝ, Vladimír: Zelená podpora tepla pro zdroje na biomasu a bioplyn zajistí nižší náklady spotřebitelů. *Biom.cz* [online]. 2012-01-09 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zelena-podpore-tepla-pro-zdroje-na-biomasu-a-bioplyn-zajisti-nizsi-naklady-spotrebitelu>>. ISSN: 1801-2655.
- ŠAFAŘÍK, Miroslav: *Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla*. *Biom.cz* [online]. 2014-03-07 [cit. 2014-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>>. ISSN: 1801-2655

- <http://www.czba.cz>, (online) (12. 2.2012)
- <http://www.mapy.cz>, (online) (20. 3.2014)
- <http://www.mpo-oppi.cz/>, (online) ( 25. 11.2013)
- <http://www.nazeleno.cz/bioplynova-stanice.dic>, (online) ( 5. 12 .2013)
- <http://portal.chmi.cz>, (online) (20. 3.2014)
- <http://stavba.tzb-info.cz> (online) (8. 1.2014)
- <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/110-financi-kalkulator-pro-hodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-investic> (online) (8. 1.2014)