

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hodnocení provozu vybrané bioplynové stanice

Bc. Petr Charvát

2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

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

Jméno a příjmení: **Bc. Petr CHARVÁT**
Osobní číslo: **E14N0048P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Hodnocení provozu vybrané bioplynové stanice BPS**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište současný stav provozu vybrané bioplynové stanice z hlediska energetického, environmentálního a ekonomického.
2. Porovnejte projektované a skutečné výsledky výroby a energetického využití bioplynu.
3. Vyhodnoťte případné rozdíly v těchto výsledcích.
4. Navrhněte opatření na odstranění případných rozdílů a zvýšení energetické účinnosti BPS.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. června 2016**


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




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

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na analyzování ročního provozu bioplynové stanice ve Pšově. Jsou zde popsány vstupní suroviny a výstupní produkty. Následuje popis současného stavu bioplynové stanice. Další sekci je porovnání aktuálních výstupních hodnot s projektovanými hodnotami. Závěrem této části je vyhodnocení a rozebrání případných rozdílů. Velká část diplomové práce je zaměřena environmentální aspekty, které BPS působí na okolní prostředí. Poslední bod se zabývá zlepšení jak elektrické tak tepelné účinnosti. Jsou zde také řešeny varianty, kde využít zbytkové teplo.

Klíčová slova

bioplyn, bioplynová stanice, digestát, separátor tuhých částic, kompostárna, fermentor, bioreaktor, dofermentor, kogenerační jednotka

Abstract

The present master's thesis is focused on analyzing the annual operation of a biogas plant in the village of Pšov. At first I described the input resources and output products. The next part is a description of the current state of the biogas plant. Another section is a comparison of recent output values with projected values. The final part of this section is the evaluation and the discussion about potential differences. A large part of the thesis is focused on environmental aspects with which the BPS affects the environment. The last section deals with improving both electrical and thermal efficiency. There is also an analysis of possibilities of usage the residual heat.

Key words

Biogas, biogas station, fermentation residue, solid particles separator, composting plant, fermenter, bioreactor, final fermenter, cogeneration unit

Prohlášení

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

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

.....

podpis

V Plzni dne 2.5.2016

Petr Charvát

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D., za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Zároveň děkuji Vladimíru Vrzáčkovi a Vladislavu Syrovátkovi, za jejich čas a za jejich ochotu mi pomoci.

Obsah

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM ZKRATEK	10
1 ÚVOD	1
2 POPIS VYBRANÉ BIOPLYNOVÉ STANICE.....	2
2.1 VSTUPNÍ SUROVINY	3
2.1.1 Hnůj	3
2.1.2 Kejda.....	3
2.1.3 Kukuřičná siláž	4
2.1.4 Obiloviny GPS	4
2.1.5 Senáž.....	5
3 ČÁSTI BPS PŠOV.....	5
3.1 FERMENTOR	6
3.2 DOFERMENTOR.....	8
3.3 JÍMKA NA KONTAMINOVANÉ VODY	9
3.4 ČERPACÍ CENTRUM	10
3.5 FLÉRA.....	11
3.6 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA	12
3.6.1 Produkce energie	13
3.6.2 Max. Spotřeba bioplynu a průtoky spalin.....	13
3.6.3 Znečišťující látky.....	14
4 ENVIRONMENTÁLNÍ ASPEKTY	14
4.1 VLIVY NA OBYVATELSTVO	15
4.2 VLIVY NA OVZDUŠÍ.....	15
4.3 VLIVY NA VODSTVO	16
4.4 VLIV NA PŮDU	16
5 JEDNOTLIVÉ VSTUPNÍ SUROVINY V BPS PŠOV ZA ROK 2014	17

6	ENERGETICKÁ BILANCE BPS PŠOV ZA ROK 2014.....	19
7	ZVÝŠENÍ ÚČINNOSTI BPS PŠOV	21
7.1	ELEKTRICKÁ ÚČINNOST	21
7.1.1	<i>Snížení vlastní spotřeby</i>	<i>21</i>
7.2	TEPELNÁ ÚČINNOST.....	24
7.2.1	<i>Vytápění bytových prostor</i>	<i>24</i>
7.2.2	<i>Vytápění stájí</i>	<i>32</i>
7.2.3	<i>Vytápění skleníků</i>	<i>33</i>
7.2.4	<i>Sušení.....</i>	<i>34</i>
8	ZÁVĚR.....	41

Seznam zkratek

BPS	bioplynová stanice
KGJ	kogenerační jednotka
BRO	biologicky rozložitelný odpad
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
OZE	obnovitelné zdroje energie
TV	teplá voda
CZT	centrální zdroj tepla
vn	vysoké napětí
nn	nízké napětí
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
ORC	organický Rankinův cyklus
FVE	fotovoltaické elektrárny
EIA	Vyhodnocení vlivů na životní prostředí
CzBA	Česká bioplynová asociace

1 Úvod

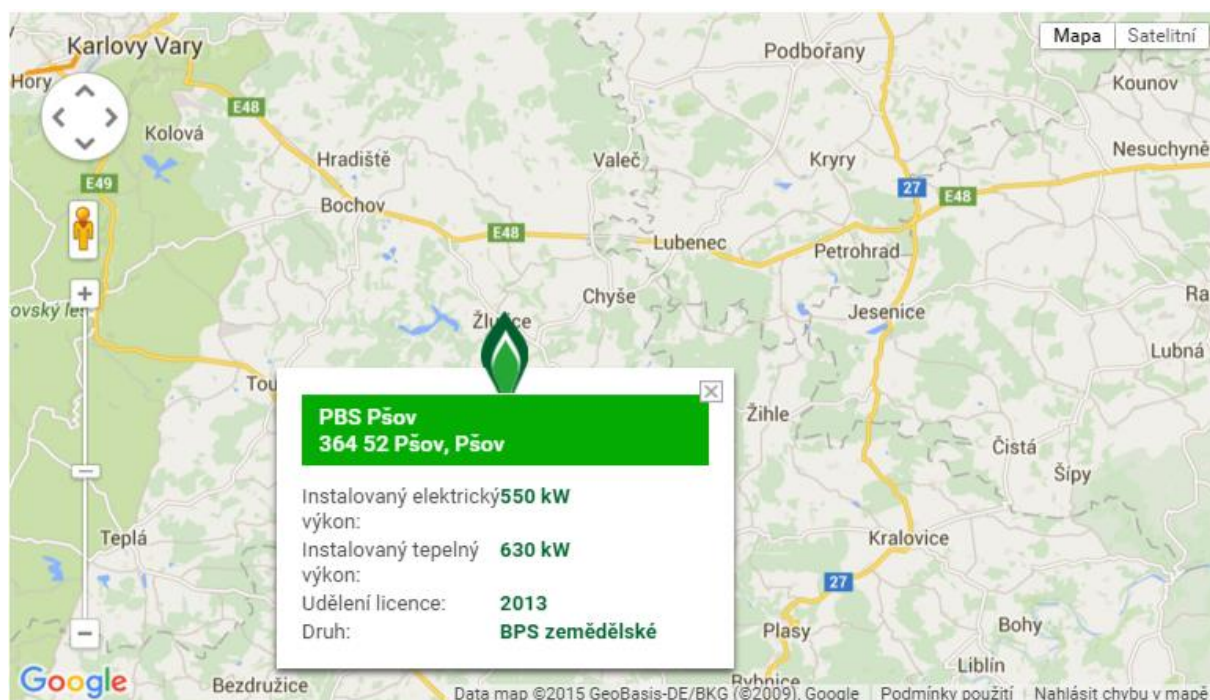
Celosvětová poptávka po energii neustále stoupá. Tyto globální trendy jsou z dlouhodobého hlediska neudržitelné, a proto se pořád hledají alternativní možnosti výroby energie. Současná politika Evropské unie neustále tlačí na emisní limity. Jedním z řešení je výroba energie z obnovitelných zdrojů energie. V tomto ohledu má velký potenciál bioplyn zpracovávaný v bioplynových stanicích. Zmiňovaný systém představuje energetický zdroj s minimálními dopady na životní prostředí. Další z mnoha výhod je, že se jedná o decentralizovaný systém výroby energie. Technická vyspělost se neustále zlepšuje, avšak bioplyn zatím není schopen zaujmout pozici dominantního zdroje energie na současném trhu. Na první příčce se neustále drží fosilní paliva a dlouho tomu ještě tak bude.

Bioplynové stanice v České republice zažívají v posledních letech úpadek. Například v roce 2014 nepřibyla žádná zemědělská BPS. Omezení výstavby nových staveb byla důsledkem zákona č. 310/2013 Sb., kterým došlo ke změně zákona č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie. V tomto znění zákona byla zastavena podpora od státu, co se týče obnovitelných zdrojů energie uvedených do provozu po datu 31. 12. 2013. Po předložení a schválení zákona o podpoře obnovitelných zdrojů se výkupní cena elektřiny z OZE rapidně snížila a proto je návratnost takovýchto staveb v nedohlednu. Avšak BPS, které jsou už v provozu a mají ekologický a ekonomický aspekt, jsou nenahraditelnou složkou v podílu výroby energie z OZE. Poptávka po elektrické energii se každým rokem zvyšuje a zásoby fosilních paliv se tenčí, a proto v budoucnosti se budeme opět poohlížet po takovýchto zdrojích čisté a zároveň obnovitelné zdroje energie.

Pro mojí diplomovou práci jsem si vybral BPS ve Pšově. Tato stanice se řadí mezi zemědělské bioplynové stanice, které tedy z části využívají odpadních produktů ze zemědělství. Práce bude obsahovat stručný popis BPS a její technologické části. Dále se budu zabývat energetickým využitím bioplynu a zvýšením jeho energetické účinnosti.

2 Popis vybrané bioplynové stanice

Do diplomové práce jsem si vybral popis BPS, která se nachází v obci Pšov. Tato obec spadá pod Karlovarský kraj a je v katastrálním území Borek u Štědré. Stanice je provozována zemědělským družstvem Novosedly. Výstavba nové BPS je návazností na stávající zemědělský areál. Vzhledem k obci je stavba BPS dostatečně vzdálena od zástavby obytné.



Obrázek 1: Mapa umístění BPS Pšov, převzato z [1]

Zadání projektu pro výstavbu nové BPS bylo podáno v červnu v roce 2012 stanice byla uvedena do provozu v prosinci 2013. Disponuje výkonem 550 kW elektrických a 630 kW tepelných. Těchto hodnot je dosaženo pomocí 2 kogeneračních jednotek, jedné o výkonu 370 kW a druhé o výkonu 190 kW. Druhá kogenerační jednotka je snížena na výkon 180 kW, aby byly splněny počáteční podmínky smlouvy se skupinou ČEZ a tím docíleno toho, že výkupní cena elektřiny zůstane stejná. Při překročení těchto hodnot jsou udávány pokuty a nižší výkupní cena za 1 kWh.

2.1 Vstupní suroviny

Předmětná BPS spadá pod zemědělský typ, zpracovávající organický odpad a vedlejší rostlinné i živočišné produkty. Vstupními surovinami nejčastěji jsou hnůj a kejda z přilehlých stájí. Dále také senáž, siláž kukuřice a obilovin GPS. Doplňkově se jako vstupní materiál používá zelená travní hmota, brambory, močůvka, mačkané či šrotované obiloviny, silážní šťávy a vody ze zachytných ploch provozu BPS.

2.1.1 Hnůj

Jedná se o statkové hnojivo v tuhém stavu, které již prošlo fermentací. Největší podíl chlévského hnoje tvoří směs výkalů, moči a podestýlky (např. sláma a piliny). Po vyzrání hnůj obsahuje vysoký podíl dusíku, a proto se v zemědělských areálech používá jako kvalitní organické hnojivo pro hnojení vlastních polí za účelem navýšení aktivního humusu. O kvalitním vyzrálém hnoji obecně platí, že zápach amoniaku je velice nepatrný a barva by měla mít tmavý odstín. V BPS Pšov se nejvíce používá hnůj od skotu. Od každého zvířete se vyprodukovaný hnůj velice liší a to jak rychlostí rozkladu a fermentace, tak i obsahem živin po procesu vyzrání.

2.1.2 Kejda

Na rozdíl od hnoje je kejda ve stavu spíše kapalném. Obsahuje menší podíl steliva a podestýlky. Jako kejda se dají označit všechny exkrementy hospodářských zvířat. Po částečném zkvašení se používá jako hodnotné organické hnojivo. Avšak v případě bioplynové stanice ve Pšově se používá jako vstupní zdroj do fermentoru, protože kejda je bohatá na různé druhy bakterií, které výrazně podporují proces fermentace (rozklad látek) ve fermentoru.

Produkce kejdy u jednotlivých hospodářských zvířat je znázorněna v následující tabulce.

2.1.2.1 Produkce kejdy

Druh hospodářského zvířete	Denní produkce [kg]	Roční produkce [t]	Sušina [%]
Skot (1 ks)	50	18 – 22	7,5
Prasata (10 ks)	40 – 70	15 – 26	7,2
Drůbež (100 ks)	50 – 100	18 – 36	14,2

Tabulka 1: Produkce kejdy jednotlivých zvířat, převzato z [2]

2.1.3 Kukuřičná siláž

Primárně byla tato surovina určena jako krmivo pro hospodářská zvířata. Avšak postupem času je kukuřice silážována rovněž proto, aby se mohla použít jako vstupní substrát pro bioplynové stanice. Její výhodou je to, že postupem času byla kukuřice vyšlechtěna tak, že dnes dosahuje vysokých výnosů na 1 ha, a rovněž vysoké rychlosti růstu. Siláž vzniká částečným zfermentováním čerstvé nebo zavadlé píce. Pícinou se označuje rostlina, která byla primárně používána ke krmným účelům pro hospodářská zvířata.

Silážování probíhá za neustálého dusání zemědělskými stroji a je ukládána do prostoru, kde je zabráněno přístupu vzduchu. V obecném slova smyslu je to konzervace krmiva. Konzervaci zajišťuje vylučovaná kyselina mléčná z uskladněné suroviny. Kyselina mléčná má za následek, že surovina zůstává po celou dobu skladování plná živin a udržuje si šťavnatý stav. Proto je cílem v silážním žlabu co nejrychleji vytvořit kyselinu mléčnou, která zároveň zabraňuje hnilobným procesům. Výsledná výživná hodnota kukuřičné siláže je nejvíce ovlivněna stavem kukuřice před sklizní, na kterou má vliv doba, kdy se surovina sklízí a technologické podmínky při uskladnění suroviny.

2.1.4 Obiloviny GPS

Jakožto ekvivalent rostlin pěstovaných na orné půdě se používají GPS obiloviny. Jedná se o celé rostliny, které jsou následně sklizeny a silážovány na předem k tomu určených místech. GPS obiloviny mají nespornou výhodu v tom, že na rozdíl od kukuřice nedochází při růstu rostliny k erozi orné půdy. Dalšími velkými výhodami jsou nízké náklady na pěstování a vysoká produkce bioplynu při vmíchání do kukuřičné siláže. Vyprodukovaný bioplyn má srovnatelnou energetickou hodnotu jako vzniklý plyn z kukuřičné siláže.

2.1.5 Senáž

Jedná se o konzervaci krmiva. Tato metoda se používá například i u sušení sena. Tento proces je závislý na produkci bakterií, které produkují kyselinu mléčnou, kdy tím dochází ke snižování pH. Aby se tyto bakterie mohli rozmnožovat, tak konzervace musí probíhat tzv. v anaerobním prostředí, což znamená bez přístupu kyslíku. Na rozdíl od siláže je senáž rozlišována pomocí obsahu sušiny. Neexistuje přesná hranice sušiny, ale při dosažení 50% se obvykle mluví o senáži.[3]

Množství vstupních surovin v BPS Pšov

Vstupní surovina	Množství vstupní suroviny (t/rok)
Hněj	10 000
Kejda skotu	14 000
Senáž	3 000
Siláž kukuřice a obilovin GPS	6 000
Celkem	33 000

Tabulka 2: Množství vstupních surovin v BPS Pšov, převzato z [15]

BPS Pšov využívá především kejdy a hnoje z přilehlých stájí a také z okolních přidružených zemědělských areálů. Tím je docíleno toho, že je zefektivněno využívání živočišné suroviny a mohou být také odstraněna hnojiště v okolí areálu. Další nespornou výhodou je tedy i podstatné omezení šířícího se zápachu, a to i při přemísťování, které probíhá pouze v uzavřených cisternách.

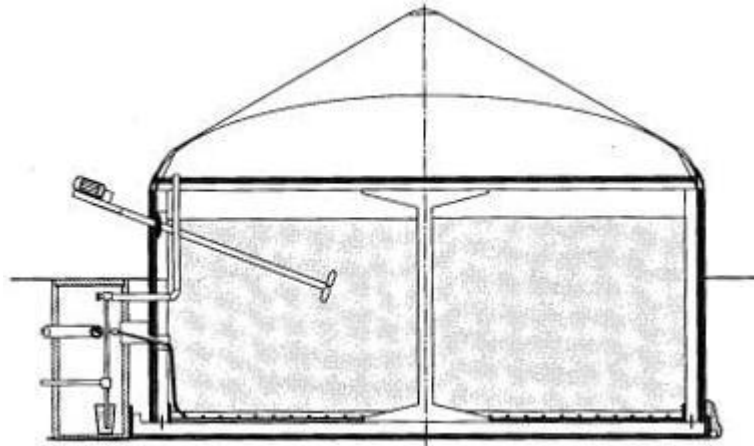
3 Části BPS Pšov

Prvek	Velikost [m ³]	Zastavěná plocha [m ²]	Průměr [m]	Výška [m]
Fermentor	2078	376,00	21	6
Dofermentor	4310	656	21	7
Čerpací centrum	309,20	65,79	28	
Jímka na kont. Vody	59,00	22,90		3
Kogenerace	2 x 88,50	2 x 29,50	5	3
Dávkovač pevných substrátů	50		3 x 9	

Tabulka 3: Části BPS Pšov, převzato z [15]

3.1 Fermentor

Jedná se o hlavní objekt bioplynové stanice. Vnitřní průměr je 21 m a jeho výška dosahuje 6 m. Objem fermentoru je o 2078 m³. Celý objekt je zapuštěn 1 m pod úroveň terénu.



Obrázek 2: Vertikální řešení fermentoru v BPS Pšov, převzato z [5]

Fermentor je dvoustupňový, nebo-li „kruh v kruhu“. Předností tohoto řešení je snížení investičních nákladů na tepelnou izolaci a snazší doprava vstupního materiálu. Skládá se tedy ze dvou částí, kde vnější část je osazena vstupním dávkovacím zařízením. Ve vnějším prostoru se vstupní suroviny začínají rozkládat a tím je docíleno prvotní fermentace. Poté se pomocí dávkovacího zařízení směs přečerpá do vnitřního objektu, který je vybaven nízkotlakým zásobníkem plynu. Celá nádrž je odizolována tepelnou izolací a venkovním ochranným pláštěm. Materiál uvnitř nádoby je zhotoven z kvalitní nerezové oceli. Uvnitř fermentoru je instalováno trubkové topení, kde se jako topné médium používá teplá užitková voda. Vytápění zajišťuje konstantní vnitřní teplotu vstupní suroviny, aby se docílilo co nejlepších podmínek pro rozmnožování bakterie a tím i rozkladu materiálu a vzniku bioplynu. Další nedílnou součástí jsou vrtulová míchadla na dlouhé hřídeli. Své opodstatnění mají míchadla v tom, že vstupní materiál musí být homogenní a bez sraženin. Bez míchadel by docházelo k houstnutí směsi a k vytváření krusty na povrchu. Tím by se zhoršil průstup vzniklého bioplynu a tím i k zvýšení vnitřní teploty substrátu. Fermentor v případě BPS Pšov disponuje dvěma hydraulickými míchadly a jedním elektrickým míchadlem, u kterého jde nastavit jeho výšku a korigovat otáčky pro co nejlepší účinnost míchání.



Obrázek 3: Fermentor BPS Pšov, zdroj vlastní



Obrázek 4: Fermentor BPS Pšov, zdroj vlastní

3.2 Dofermentor

Dofermentor v BPS Pšov má objem 4310 m³ a tyčí se na ploše o velikosti 656 m². Jeho průměr je 21 m a výška betonového základu 7 m. Objekt je postaven na betonové desce a je zapuštěn 1 m do terénu. Součástí nádrže je kontrolní systém pro únik odpadní vody. Je zde také vybudována kontrolní šachtička pro možnost odebrání vzorku substrátu ze dna dofermentoru.

Ve fermentoru nedochází k úplnému biologickému rozkladu vstupního substrátu, a proto je pomocí šnekových čerpadel přečerpáván do dofermentoru. Zde probíhá druhý stupeň anaerobní fermentace čímž je docíleno toho, že výstupní materiál je zcela energeticky využitý a došlo ke kompletnímu rozkladu obsažených organických látek. V dofermentoru se vstupní materiál zdrží dalších 60 dní. V tomto procesu nedochází k vysoké produkci bioplynu jako ve fermentoru, ale za to je však tento bioplyn kvalitnější s vyšším obsahem metanu. Na výstupu se v BPS Pšov energeticky „mrtvý“ materiál používá jako kvalitní organické statkové hnojivo, které se dále uskládňuje a poté používá v případě potřeby k navýšení obsahu aktivního humusu na orných půdách.

Střecha fermentoru v BPS Pšov je atypická a nazývá se termo střechou. Jedná se o nosný sloup, na kterém jsou připevněny dvě rozdílné membrány. Obě membrány jsou plynotěsně spojeny a do prostoru mezi obě membrány je ventilátorem na jedné straně vháněn čerstvý vzduch a na druhé straně je tento vzduch odpouštěn ven. Tím je docíleno toho, že nedochází ke kondenzaci plynů a v horkých letních dnech je zabráněno přehřátí vnitřního substrátu. Přehřátí a natlakování plynojemu je velice nebezpečné a tak je celá nádrž fermentoru jištěna pomocí bezpečnostního zařízení proti přetlaku a podtlaku.



Obrázek 5: Dofermentor BPS Pšov, zdroj vlastní

3.3 Jímka na kontaminované vody

Objekt je určen k jímání a následnému uskladnění tekutých organických odpadů. Je zde navrženo nepropustné dolní podlaží tak, aby nedocházelo ani k nejmenším únikům nebezpečných látek do spodních vod. Stěny a podlaží jsou vyrobeny z neprofilační malty včetně kyselinovzdorného nátěru. V BPS Pšov je jímka postavena s objemem 59 m³ a výškou 3 m. Zastavěná plocha čítá 22,90 m². Jímka na kontaminované vody je postavena jako navazující objekt k dříve postaveným stájím.

3.4 Čerpací centrum

Centrum obsahuje centrální čerpací systém spojující všechny nádrže v areálu BPS Pšov. Umožňuje tak kontrolovaně, a tedy i automaticky, přečerpávat substrát mezi jednotlivými objekty. Je zde také provedeno čerpání z dofermentoru do fermentoru, a to z důvodu ředění vstupního substrátu a také k nastartování procesu mikrobiálního rozkladu organických látek. Tomuto postupu se odborně říká recyklace provozní kapaliny. Při přečerpávání materiálu musí být kladen důraz na obsah sušiny. Při větším podílu sušiny se může poškodit čerpadlo nebo může dojít k ucpání rozvodného potrubí. Celé čerpací centrum stojí přímo ve velíně bioplynové stanice, který je postaven v místě mezi fermentorem a dofermentorem.



Obrázek 6: Čerpací centrum, zdroj vlastní

3.5 Fléra

Přebytečný bioplyn nelze vypouštět do ovzduší, a proto je fléra určena ke spalování bioplynu, které nejsou kogenerační jednotky schopny spálit. Další její funkcí je spalování bioplynu při odstávce kogeneračních jednotek nebo při havarijním provozu.

Fléra je vybavena bezpečnostními prvky, jako jsou například protiexplozní pojistky, tlakové uzávěry a zařízení pro hlídání plamene.

V BPS Pšov je použita fléra od výrobce Siemens s označením S-200. Je postavena na zpevněné ploše v blízkosti KGJ.

Proces zapalování spočívá v otevření plynové klapky a sepnutí zapalovacího trafo. Vznikne elektrický oblouk a zažehnutí plamene, který je po celou dobu monitorován UV čidlem. V případě zhasnutí oblouku se trafo pokusí plamen ještě 3x zapálit a poté pošle chybovou hlášku do informačního centra. U fléry se také musí kontrolovat tlak pomocí dvou tlakových spínačů. Provoz fléry je plně automatický. Jen zde musí probíhat pravidelné údržby a občasné vizuální kontroly odpovědným pracovníkem.



Obrázek 7: Fléra, zdroj vlastní

3.6 Kogenerační jednotka

Kogenerační jednotky jsou velice sofistikovaná technologická zařízení, která jsou určena pro výrobu elektrické a tepelné energie. Jedná se vlastně o zážehový motor, který používá jako pohonnou hmotu vzniklý bioplyn. V areálu BPS Pšov jsou sazeny KGJ v kontejnerovém provedení a jedná se o spojení upraveného spalovacího motoru, generátoru, řídicího systému napojený na centrální systém a soustav tepelných výměníků. Výměníky tepla slouží k získání odpadního tepla, a tím k zisku energie pro využití k ohřevu vody, kterou lze pak dále využít pro krytí tepelné ztráty a vytápění fermentoru a dofermentoru a rovněž pro vytápění přilehlých objektů. Teplo se dá také získat z chlazení výstupních spalin kogeneračních jednotek a také z chlazení uzavřeného oběhu mazacího oleje. Energie jsou získávány v těsné blízkosti výroby bioplynu a tak můžeme mluvit o decentrálním zdroji energie (odpadají tím ztráty způsobené přenosem a distribucí jak energie elektrické, tak i energie tepelné).

Větrání strojovny je zajištěno pomocí vzduchotechniky, která je napojena na centrální systém a je tedy plně automatizováno. Řídicí systém v případě poruchy nebo nesplnění určitých kritérií okamžitě odesílá varovný signál a v kritických situacích provede celkovou odstávku KGJ.



Obrázek 8: Kogenerační jednotky BPS Pšov, zdroj vlastní

3.6.1 Produkce energie

Produkce energií	
Data	Hodnoty
Počet provozních hodin kogenerace (h/rok)	8 100
Denní produkce bioplynu v BPS (m ³)	5 122
Roční produkce bioplynu v BPS (m ³ /rok)	1 869 190
Výrobce a typ KJ	MAN 2G-KWK
Instalovaný elektrický výkon – celkem (kW)	550
Tepelný výkon (kW)	630
Účinnost elektrická (%)	40,1
Účinnost tepelná (%)	44,6
Produkce elektřiny kWh/rok	4 471 200
Produkce tepla kWh/rok	4 974 210
Produkce energie celkem kWh/rok	9 445 410

Tabulka 4: Produkce energie v BPS Pšov, převzato z [15]

3.6.2 Max. Spotřeba bioplynu a průtoky spalin

Předpokládané provozní hodiny zařízení	8 100 h.r ⁻¹
Maximální spotřeba bioplynu	1 896 280 m ³ .r ⁻¹
Průtoky suchých spalin	1 914 m ³ .h ⁻¹
Průtok vlhkých spalin	1 987 m ³ .h ⁻¹

Tabulka 5: Maximální spotřeba bioplynu a průtoky spalin v BPS Pšov, převzato z [15]

3.6.3 Znečišťující látky

Znečišťující látka	Množství [kg.r ⁻¹]	Množství [g.s ⁻¹]
TZL	2 092	0,07161
SO ₂	4 888	0,16737
NO _x	6 908	0,23653
CO	17 961	0,61502
Suma	31 849	1,09053

Tabulka 6: Znečišťující látky v BPS Pšov, převzato z [15]

Vysvětlivky: TZL – tuhé znečišťující látky

SO₂ – oxid siřičitý

NO_x – oxidy dusíku

CO – oxid uhelnatý

Všechny hodnoty v tabulce jsou uvedeny pro normální podmínky a tj. při 0°C a 101 325 Pa.

Kategorizace zdroje se stanovuje podle hodnot tepelných výkonů a dále podle ustanovení §4 ods. 5 zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší v platném znění. Bioplynová stanice BPS Pšov disponuje tepelným výkonem o hodnotě 630 kW. Dle zákona o ochraně ovzduší spadá do kategorie středního zdroje znečišťování. Rozmezí této kategorie se pohybuje od tepelného výkonu 0,2 MW až po 5 MW včetně. [15]

4 Environmentální aspekty

Cílem této kapitoly je představa výsledného vlivu BPS Pšov a její zástavby na životní prostředí. S touto problematikou je úzce spjatý proces označovaný jako EIA. Zkratka je odvozena z anglického spojení Environmental Impact Assessment, tedy vyhodnocení vlivů na životní prostředí.

Proces nepodléhá správnímu řádu, takže se nelze vůči jeho výsledku odvolat. Závěr procesu má spíše jen doporučující charakter, avšak je většinou úřadů akceptován jako plnohodnotné vyhodnocení vlivů na životní prostředí. U velkých projektů s výrazným dopadem na životní prostředí je tato studie povinně vyžadována.

Následující text je čerpán z projektové dokumentace k BPS Pšov [4].

4.1 Vlivy na obyvatelstvo

Nejbližší obytná zástavba je 150 m vzdálená od areálu bioplynové stanice. Vzhledem k tomu, že její provoz nemá žádné významné zdroje hluku, tak není považován za zdroj přímých vlivů, které by mohly jakkoliv negativně zasáhnout okolní obyvatelstvo. I během výstavby, s ohledem na rozsah prací, nedocházelo k hluku nad rámec hygienických předpisů vůči obyvatelstvu v obci Pšov.

Výrazným zlepšením prostředí pro občany je omezení pachu z rozkládajících se organických látek. Při splnění všech podmínek se v areálu výrazně omezí pachové látky, protože se proces rozkladu koriguje a probíhá v uzavřených prostorech. Negativně však mohou občané vnímat zápach při převozu výstupního substrátu na okolní orná pole. V případě BPS Pšov se však zbylý substrát správně promíchává s ornou půdou a je navážen ve vhodnou roční dobu podle předem daného plánu, i v tomto ohledu tedy není obyvatelstvo zásadně obtěžováno.

Zásobování bioplynové stanice vstupními surovinami a rozvoz zbylého substrátu po fermentaci má za následek to, že v obci dochází k navýšení počtu jízd zemědělské techniky. I tento jev však není nijak významný.

BPS Pšov splňuje všechny požadavky pro minimalizaci negativních vlivů vůči okolnímu obyvatelstvu, a proto není předpoklad pro zvýšení zdravotního rizika ve spojitosti s realizací stavby této bioplynové stanice

4.2 Vlivy na ovzduší

Jako hlavní zdroj znečišťování jsou kogenerační jednotky. KGJ v případě BPS Pšov spadají do kategorie střední zdrojů znečišťování. Provoz těchto jednotek vypouští do ovzduší především emise CO, NO_x, CO₂, SO₂ a tuhých znečišťujících látek.

Dalším zdrojem znečištění ovzduší je samotné uskladnění vstupních a výstupních látek a také samotné exkrementy chovných zvířat. Při těchto procesech vznikají pachové látky, které mohou být pro ovzduší dosti nebezpečné. Při otevřeném skladování se uvolňuje hlavně metan a amoniak. Tyto plynné látky mají negativní vliv na zdraví pro člověka už při malých dávkách. Při vyšších dávkách dochází i k dusnosti a nevolnosti.

I v tomto ohledu splňuje zemědělský areál ve Pšově všechny požadavky a jeho negativní vliv na ovzduší je zanedbatelný.

4.3 Vlivy na vodstvo

Dešťové vody spadlé na zpevněné plochy areálu jsou svedeny do kanalizace. V případě, že dešťové kapky dopadají na plochu kontaminovanou organickým odpadem, musí být zachycovány ve skladovacích jímkách. Podloží fermentoru, doferementoru a skladovací jímky jsou zhotovena z voděodolných a nepropustných materiálů. Průsaky jsou rovněž monitorovány pomocí měřících sond napojených na zabezpečovací systém. Při zachycení nebezpečných prosakujících látek systém okamžitě odešle informační SMS odpovědnému pracovníkovi.

Při zavážení výstupního substrátu na ornou půdu se dodržuje plán hnojení. V tomto ohledu je povrchová i spodní voda ovlivněna jen minimálně.

Kontaminovaná dešťová voda je v areálu je jímána a nemá žádný dopad na kvalitu spodních a povrchových vod. Avšak u vody spadlé na ornou půdu, která byla čerstvě pohnojena organickými látkami, může dojít k mírné kontaminaci vod. Tento jev se nedá úplně minimalizovat. Abychom v dosáhli co největší úrodnosti orné půdy, nelze se zcela negativním vlivům na životním prostředí úplně zamezit.

4.4 Vliv na půdu

V tomto ohledu má výstupní substrát z bioplynové stanice jen pozitivní vlivy. Výhod je několik, a proto je uvedu v následujících přehledných bodech.

- I po fermentaci má substrát zachovaný spousty živin.
- Jeho rozklad je pozvolnější než mají průmyslová hnojiva.
- Obsažené živiny jsou rostlinami lépe přijímány.
- Při procesu fermentace se sníží obsah semen plevelů a patogenů.
- Substrát je méně agresivní vůči rostlinám než hnojiva průmyslová.

Vlastnosti substrátu jsou závislé na technologii procesu i na vstupních surovinách fermentoru. Organický substrát musí ještě dále vyzrát, a proto je v areálu BPS Pšov postavena ještě skladovací jímka o dostatečné kapacitě.

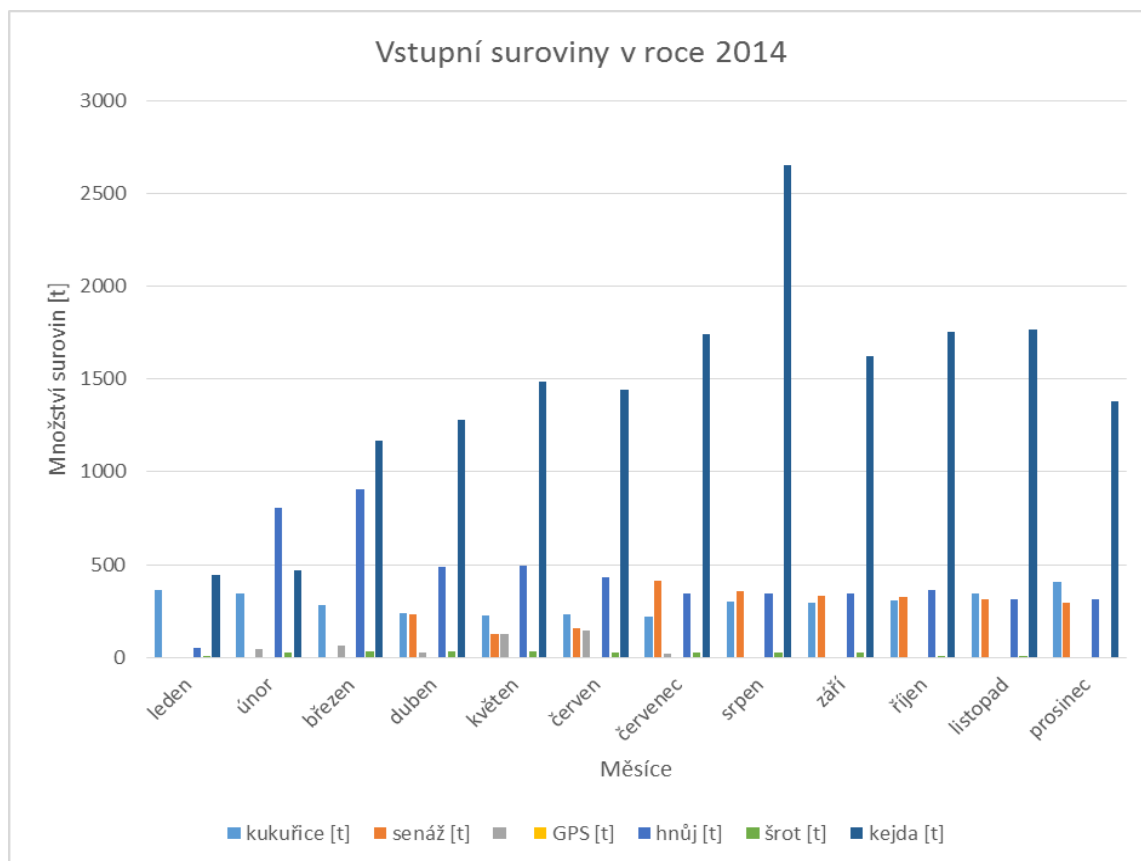
Vlivem hnojení výstupním substrátem by mohlo dojít k přehnojení a tedy i ke kontaminaci půdy. Zemědělské pozemky spadající pod areál BPS Pšov jsou však dostatečně velké, takže ani v tomto ohledu není substrát nebezpečný vůči orné půdě.

5 Jednotlivé vstupní suroviny v BPS Pšov za rok 2014

Jak už je výše zmíněno, tak se jako hlavní vstupní suroviny používají kukuřice, senáž, GPS obiloviny, hnůj a exkrementy chovaných zvířat. Nejvíce se na tomto podílí kejda, která je velmi vhodná pro proces fermentace, ale hlavně je to surovina, která je v bezprostřední blízkosti fermentoru a nemusí se vynakládat další finanční prostředky pro její získání. Na následující vstupní suroviny už musíme vynaložit náklady na jejich dopravu. Majitel areálu BPS Pšov nejdříve sahá po levnějších variantách, jako je například biomasa z neudržovaných ploch a veřejného prostranství. Nejméně výhodnou surovinou avšak velmi potřebnou jsou cíleně pěstované zemědělské plodiny. Sice netvoří hlavní podíl vstupních surovin, ale jejich používání je dobře zkalkulované tak, aby výroba elektrické a tepelné energie byla co nejekonomičtější.

2014	kukuřice [t]	senáž [t]	GPS [t]	hnůj [t]	šrot [t]	kejda [t]	Celkem
leden	362	0	0	51	4	444	861
únor	342	0	44	806	25	468	1685
březen	284	0	62	908	31	1170	2455
duben	240	232	26	490	30	1281	2299
květen	228	124	124	496	30	1488	2490
červen	233	156	143	432	28	1440	2432
červenec	221	410	21	341	27	1740	2760
srpen	300	359	0	341	29	2652	3681
září	292	330	0	341	27	1620	2610
říjen	304	324	0	362	6,5	1752	2748,5
listopad	344	310	0	315	8,2	1764	2741,2
prosinec	404	294	0	315	0	1379	2392
Celkem	3554	2539	420	5198	245,7	17198	29154,7

Tabulka 7: Vstupní suroviny v roce 2014, převzato z [15]



Graf 1: Vstupní suroviny v roce 2014, zdroj vlastní

Z grafu je patrné, že hodnoty byly na začátku provozu BPS Pšov velice nevyrovnané. Je to zapříčiněno rozběhem procesu uvnitř fermentoru. Ze začátku byla vložena jen kukuřice, hnůj a kejda. I když se přidávaly tzv. očkovací látky pro rozběh procesu, tak předešlé suroviny byly nejvíce vhodné pro nastartování procesu fermentace. V následujícím měsíci se podařilo vytvořit prostředí vhodné pro rozvoj bakterií rozkládajících vstupní organické látky. Množství předešlých surovin se měnilo jen nepatrně, ale bylo zde přidáno 44 tun GPS obilovin, 806 tun kravského hnoje a 25 tun šrotu. V dalším měsíci došlo jen k navýšení množství kejdy z přilehlých stájí a to o rovných 602 tun. Zbytek vstupních surovin byl téměř stejný. V měsíci dubnu se poprvé použila jako vstupní surovina senáž a došlo ještě k malému poklesu množství dovážené kukuřice. V červenci se dále množství senáže zdvojnásobilo. Následující měsíce jsou bez větších změn. Za zmínku ještě stojí situace v srpnu, kdy se úplně upustilo od dávkování GPS obilovin a to bylo nahrazeno kejdou. V následujícím měsíci se však zjistilo, že produkce bioplynu byla téměř stejná jako v předchozích měsících s poloviční tonáží kejdy a bez GPS.

Celkem za rok 2014 bylo ve fermentoru zpracováno 29 154,7 tun vstupních surovin. V plánu se počítalo s maximální tonáží 33000. Tento bod zadání byl tedy splněn.

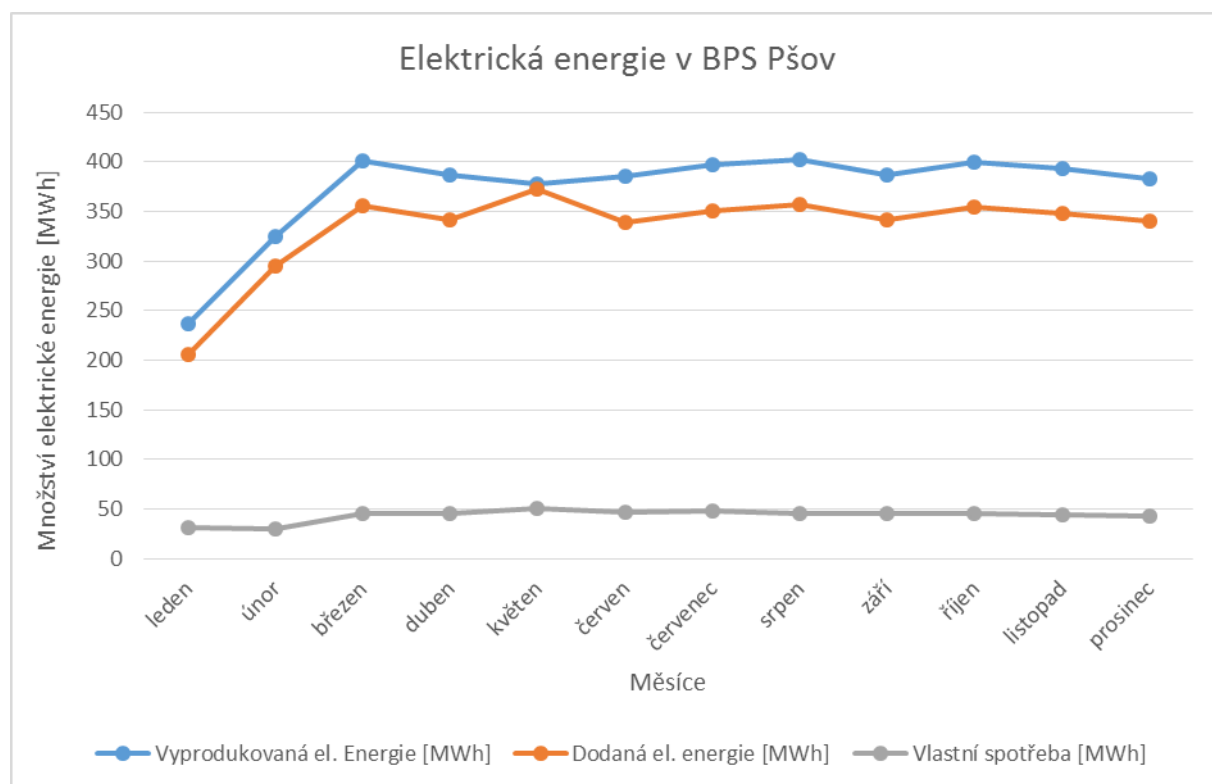
6 Energetická bilance BPS Pšov za rok 2014

Výrobu elektrické energie zajišťují 2 kogenerační jednotky, první o výkonu 370 kW a druhá o výkonu 180kW. Druhá KGJ má celkový výkon 190 kW, ale areál BPS Pšov má smlouvu se skupinou ČEZ, že bude odkupovat jen 550 kW, a proto je maximální výkon jednotky snížen.

Při výpočtu celkové vyrobené energie v projektu bioplynové stanice se počítalo s hodnotou 4471,2 kW. Vyprodukovaná elektrická energie za rok 2014 činila 4477,7 kW, takže tento bod zadání byl až na malou odchylku splněn. Vlastní spotřeba elektřiny pro chod fermentoru dosahuje cca 12%, Jedná se hlavně o pohony míchadel, čerpadel a dávkovačů substrátu. Jen v prvním měsíci byla vlastní spotřeba elektřiny o něco vyšší kvůli rozběhu procesu fermentace. Ke konci roku byla tendence vlastní spotřebu snižovat.[15]

2014	Vyprodukovaná el. Energie [MWh]	Dodaná el. energie [MWh]	Vlastní spotřeba [MWh]	Vlastní spotřeba [%]
leden	236,879	205,153	31,726	13,25
únor	325,29	295,664	29,626	11,81
březen	400,819	356,065	44,754	12,86
duben	386,778	341,090	45,688	11,81
květen	378,098	372,852	50,246	13,28
červen	385,613	338,935	46,678	12,10
červenec	397,88	350,365	47,515	11,94
srpen	402,372	357,376	44,996	11,13
září	387,512	342,182	45,330	11,69
říjen	400,172	354,514	45,658	11,40
listopad	393,137	348,587	44,550	11,33
prosinec	383,184	340,922	42,262	11,06
Celkem	4477,734	3958,705	519,029	

Tabulka 8: Bilance elektrické energie, převzato z [15]



Graf 2: Bilance elektrické energie, zdroj vlastní

Z počátku grafu je patrné, že trvalo 3 měsíce, než se množství vyrobené elektrické energie ustálilo na požadované hodnotě. Prioritou PBS Pšov je, aby se všechna vyrobená energie prodávala do distribuční sítě, která patří skupině ČEZ. Kromě tedy vlastní spotřeby elektřiny, kterou si majitel odebírá přímo z kogenerační jednotky.

Majitel bioplynové stanice splňuje všechny požadavky pro výplatu podpory formou zeleného bonusu. Jedná se o dotační program ze strany státu. Prakticky jde o to, že výkupní cena elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie je při splnění podmínek o něco vyšší než u energie z neobnovitelných zdrojů. Je to zapříčiněno tím, že výroba energie z konvenčních zdrojů je levnější a proto zelený bonus ze strany státu vyrovnává tento cenový rozdíl. Všechna vyrobená elektrická energie je tedy prodávána a spotřebovávaná energie v zemědělském areálu je odkupována z distribuční sítě za levnější sazbu.

BPS Pšov byla uvedena do provozu v roce 2013. V té době byla stanovena výkupní cena za 1 kWh. Dle uzavřené smlouvy dosahuje hodnoty 3,55 Kč a je garantována skupinou ČEZ.

7 Zvýšení účinnosti BPS Pšov

Při návrhu bioplynové stanice se počítalo s vybudováním teplovodů do nedaleké administrativní budovy zemědělského družstva. Tento krok se začal realizovat v roce 2015 a byl dokončen v lednu roku 2016. Ani po splnění tohoto kroku v projektové dokumentaci nedochází k úplnému využití tepelné energie. Kogenerační jednotky vyrábějí cca o 30% více tepla, než je možné spotřebovat.

Spaliny, které produkují KGJ se bez dalšího využití vypouští do okolního prostředí. V tomto ohledu se jeví možnost jak zvýšit celkovou účinnost BPS Pšov a to pomocí systému ORC (organický Rankinův cyklus), který dokáže navýšit množství vyrobené elektrické energie z bioplynu, a to díky využití vysokoteplotního potenciálu spalin. Dále bych chtěl poněkud podrobněji rozepsat, co spadá do vlastní spotřeby energií bioplynové stanice.

7.1 Elektrická účinnost

7.1.1 Snížení vlastní spotřeby

Pro svůj provoz potřebuje bioplynová stanice několik elektrických zařízení. Mezi ty nejdůležitější spotřebiče elektrické energie s ohledem na chod fermentoru jsou míchadla, čerpadla a dávkovače substrátu. V případě kogenerační jednotky se to týká rovněž čerpadel, ale také chladících ventilátorů. Mezi vlastní spotřebu elektřiny se nesmí zapomenout na ztráty trafostanice, která transformuje výstupní napětí z KGJ na stranu vyššího napětí. V BPS Pšov je strana VN obvyklých 22kV.

Při zhodnocení výstupních údajů bylo zjištěno, že vlastní spotřeba stanice činí cca 11 – 12% z celkové výroby energie. V květnu dokonce hodnota dosáhla hodnoty 13,28%. Za celý rok se spotřebuje 519 MWh. Obecně se v praxi uvádí, že vlastní spotřeba bioplynové stanice by měla dosahovat rozmezí 5 – 10%. V optimálním případě je to rozmezí o mnoho menší. BPS Pšov tedy vykazuje neefektivní řešení hlavních komponentů a energeticky nešetrnému způsobu jejich provozu. Při tom rozdíl o každé 1% ve vlastní spotřebě by pomohl vyrobit o cca 45 MWh_{el} více elektřiny za rok.

7.1.1.1 Míchadla

Míchadla jsou nedílnou součástí fermentoru a dofermentoru. Jak je už dříve zmíněno, tak fermentor disponuje dvěma hydraulickými míchadly a jedním elektrickým míchadlem. Ta zajišťují efektivní promíchávání vnitřního substrátu, aby se netvořila tzv. „krusta“, která zamezuje tvorbě bioplynu a poté tak nejsou zajištěny optimální podmínky pro tvorbu bioplynu. Tyto sedimenty se vytvářejí jak na hladině substrátu, tak i u dna a stěn fermentoru. Provoz míchadel je tedy pro chod bioplynové stanice velice důležitý, ale musí se brát ohled na dobu spínání. Tím se dokáže zefektivnit chod míchadel.

V nabídce míchadel na českém trhu je jejich celkový elektrický příkon v širokém rozmezí. V tomto případě se příkon přepočítává na užitný objem fermentoru. Rozmezí se pohybuje v hodnotách menších než 10 W až po více než 20W na m³ užitého objemu fermentoru. Jen připomínám, že objem fermentoru v BPS Pšov je 2078 m³. Dalším faktorem je obsah sušiny vstupního substrátu a jeho předúprava. Pokud je obsah sušiny větší, tak míchadla pracují s vyšším zatížením a i vyšší frekvencí míchání. Tento bod by měl majitel BPS Pšov určitě zvážit a zhodnotit jaké jsou přípustné koncentrace sušiny. Z hlediska energetické efektivity míchání vstupního substrátu je potřeba porovnat spotřebu míchadel vůči celkové výrobě elektrické energie. V praxi je obecně známo, že míchadla spotřebují 2 – 4% elektrické energie z celkové roční výroby. [6]

7.1.1.2 Chlazení bioplynu

Chlazení se provádí, proto aby nedocházelo k degradaci kogeneračních jednotek. Pro jejich efektivní a spolehlivý provoz je potřeba vzniklý bioplyn zchladit na nižší teplotu. Vyprodukovaný bioplyn z fermentoru také obsahuje vysoké procento vodní páry, která také nepřispívá pro správný chod kogeneračních jednotek. Vysokého obsahu vlhkosti se zbavíme zchlazením a jeho následným ohřevem, kdy se vodní kapky při ochlazení vysráží, a kdy pomocí ohřevu klesne relativní vlhkost pod požadovanou úroveň.

Ke snížení teploty vzniklého bioplynu v BPS Pšov se používá vodní okruh a jeho chlazení se provádí pomocí výměníku tepla. Jako teplonosné médium se používá voda, která je poháněná elektricky poháněným agregátem. A právě v tomto případě se dá ušetřit elektrická energie tím, že vzniklý bioplyn lze zchladit pomocí zemní smyčky. Avšak realizace tohoto opatření je u již postavené a zkolaudované bioplynové stanice finančně velice náročné.

7.1.1.3 Ztráty na transformátoru

Zemědělský areál disponuje transformační stanicí od výrobce ELEKTRO HARAMIA. Jmenovitý výkon transformátoru je 1000 kVA s frekvencí 50 Hz. Strana nižšího napětí je dimenzována na 0,4 kV a strana vyššího napětí je 22 kV. Jedná se o menší transformační stanici z ocelovo-plechového skeletu. Trafostanice není zapuštěná v zemi.

Kromě vlastní spotřeby se všechna vyrobená energie v BPS Pšov prodává do distribuční sítě. Nadřazená síť je tedy zmíněných 22 kV, a proto je nutné napětí transformovat. S tím jsou spojeny ztráty na transformátoru. Trafostanice využívá olejového transformátoru, který pracuje efektivněji než transformátor suchý. Ztráty v transformátoru se dělí do dvou skupin, a to na ztráty naprázdno označované jako P_0 a na ztráty nakrátko s označením P_k . Dle normy ČSN EN 50 464-1 se z pohledu energetických ztrát transformátory dále dělí do čtyř energetických tříd, a to od A s nejlepší účinností označované jako tzv. nízkoztrátové transformátory až po označení s písmenem D, kde jsou ztráty na nejhorší možné úrovni.

Při pořízení nízkoztrátového transformátoru se musí počítat s větším finančním obnosem, avšak návratnost těchto investic se může vrátit již do jednoho roku. V BPS Pšov je použit standartní model s označením C_k , takže v tomto ohledu by se majitel zemědělského areálu vyplatilo, kdyby si při koupi nového transformátoru obstaral větší finanční obnos pro nákup transformátoru nízkoztrátového. Další možností pro snížení ztrát na straně vlastní spotřeby transformátoru je problematika týkající se jmenovité hodnoty jeho výkonu. Zkušenosti z praxe vypovídají o tom, že pro maximální účinnost transformátoru by se měla jeho jmenovitá hodnota výkonu rovnat alespoň dvojnásobné hodnotě provozního výkonu kogeneračních jednotek. Návratnost investic vložených do koupě transformátoru s dvojnásobnou jmenovitou hodnotou je okolo dvou let. [6] Tento bod je v případě BPS Pšov splněn.

7.2 Tepelná účinnost

Pro přiznání zeleného bonusu je potřeba využít vzniklé teplo s co největší efektivností. V kapitole o KGJ jsem uvedl, že teplo vzniká chlazením výstupních spalin, oběhu mazacího oleje a samotného chlazení spalovacího motoru. S maximálním využitím tepelné energie by se mělo počítat už při zadávání projektu, kdy by se měl vypracovat samostatný podnikatelský záměr. Na základě navrženého vhodného záměru lze zvýšit ekonomickou efektivnost stavby BPS. Vzniklé teplo lze využít v mnoha případech, a proto bych zde uvedl konkrétní příklady.

7.2.1 Vytápění bytových prostor

Z prostoru BPS Pšov došlo v roce 2016 k položení teplovodů do 600 m vzdálené budovy spadající pod zemědělské družstvo. I přes to, že se projekt zkolaudoval a funguje, stále ještě zbývá nevyužitá tepelná energie. Proto by se mělo do budoucna počítat s dalším projektem pro efektivnější využití odpadního tepla.

Z prostoru zemědělského areálu se podařilo v roce 2016 vyvést teplovody do 600 m vzdálené kancelářské budovy zemědělského družstva, které provozuje bioplynovou stanici. Jak již bylo výše zmíněno, tak kogenerační jednotky vyrábějí cca o 30% více tepelné energie, než je možné zužít. Toto odpovídá hodnotě výkonu cca 200 kWt. Teplovod byl vybudován jako dvoutrubkový s teplotním spádem topné vody 90 °C a vratné vody o teplotě 70 °C. Investorem této stavby bylo zemědělské družstvo.

Předpokladem teplofikace ostatních částí obce bylo, že teplovodní přípojky budou financovány samotnými majiteli domů. Ceny včetně pořízení výměníků tepla by se měly pohybovat v rozmezí od 80 000 do 100 000 Kč. Počáteční investice mohou však být ještě o něco větší. Je to dáno výší potřebného příkonu tepelné energie, kdy s velikostí domu se také musí změnit velikost tepelného výměníku. S výší investic jsou spojené i další různé úpravy, do kterých spadá doplnění regulace případně, možnost, že majitel domu může mít požadavek nejen na teplo pro vytápění, ale rovněž pro ohřev teplé užitkové vody. Ačkoliv jsou počáteční investice nemalé, tak návratnost těchto projektů by se měla pohybovat v rozmezí 2 až 4 let s tím, že cena tepelné energie je předpokládána mnohem nižší než cena tepla z decentralního systému vytápění ve vlastních kotlích na tuhá paliva.

S velkými investicemi do výstavby teplovodu se potýkalo i zemědělské družstvo. Největší část finančních prostředků se použila na koupi výměníku tepla v administrativní budově. I přes to, že byl projekt vytápění administrativní budovy zkolaudován a je plně funkční, tak stále ještě zbývá nevyužitá množství tepelné energie.

Do budoucna by bylo vhodné projekt pro efektivnější využití odpadního tepla rozšířit tak, že k odběru tepla budou připojeny další domy v přilehlé obci. Při výstavbě teplovodu do obce Pšov se již předem o této variantě uvažovalo, a proto byl hlavní teplovod dimenzován tak, že lze další odběratele tepelné energie vyrobené v BPS Pšov připojit.

Vytápění bytových prostor se jeví jako efektivní využití tepla, ale jen z určitého pohledu. Možnost vytápění pak záleží na mnoha faktorech, jako je například místní poptávka, vzdálenost objektu od zdroje tepelné energie (kogenerační jednotky), sezónní rozdíly ve spotřebě tepla, ale také i vývoj ceny energií. V zimních obdobích dochází ke kontinuálnímu odebírání tepelné energie, ale na druhou stranu v létě je poptávka po této energii minimální. Další nevýhodou jsou také značné tepelné ztráty v teplovodním potrubí. Navzdory špičkovým technologiím, ohledně izolačních vlastností materiálů se nelze vyhnout vysokým ztrátám tepla v potrubí.

Jako další možností se jeví dodávat vzniklý bioplyn přímo k místu spotřeby tepla pomocí potrubí. Tím odpadají tepelné ztráty rozvodů, a nedochází k žádnému úniku bioplynu. Počáteční finanční prostředky na postavení tohoto potrubí jsou o několik řádů menší než teplovodní potrubí stejné délky. Provozní náklady na dopravu bioplynu z místa jeho vzniku ke spotřebiteli jsou zanedbatelné. I tento systém má však své nevýhody, a těmi jsou například větší investiční náklady na postavení „bioteplárny“ v místě spotřeby tepelné energie, kterou je potřeba např. dokonale odhlučnit. Tím však neodpadá koupě alespoň malé kogenerační jednotky v blízkosti bioplynové stanice za účelem krytí vlastní spotřeby elektřiny, ale také i spotřeby tepla pro ohřev fermentoru a dofermentoru.



Obrázek 9: Výměňiková stanice v BPS Pšov, zdroj vlastní

7.2.1.1 Teplovody v obci Pšov

Účelem výstavby teplovodů v přilehlé obci Pšov je využití odpadního tepla z blízké BPS Pšov. Už předem byla takto navržena trasa podzemního teplovodu. Navržené teplovodní potrubí je trasováno od zemědělského areálu přes extravilán do intravilánu obce. Jedná se o ornou půdu, komunikace a ostatní zastavěné plochy. Pozemky jsou ve vlastnictví investora, tedy BPS Pšov, nebo subjektů, s nimiž byla uzavřena smluvní dohoda. Stavební a technologické práce probíhaly na volném prostoru a ve vytápěných objektech, kde byly nainstalovány DPS (domovní předávací stanice). Dle schváleného projektu měla být stavba zahájena v březnu roku 2013 a zkolaudována téhož roku v srpnu. Tento datum se však nedodržel, a jak už jsem zde uvedl, tak se projekt podařilo uvést do provozu až ke konci minulého roku.

Jedná se teplovodní rozvody, které jsou celé vedeny v zemi, jako vývod odpadního tepla ze dvou na sobě nezávislých kogeneračních jednotek, které jsou umístěny v areálu zemědělské farmy BPS Pšov. Do obce je přenášen tepelný výkon cca 620 kW_t, a to pomocí plastového potrubí jmenovité světlosti DN100 v celkové délce 1072,9 m. Délka hlavního teplovodního potrubí je 974,3 m a délka jednotlivých přípojek k vytápěným objektům činí 98,6 m. Teplovody jsou předizolované a spojování potrubí probíhalo pomocí lisování. Jako teplonosné médium se zde využívá voda, která je rozváděna pomocí oběhového čerpadla. Ve vytápěných objektech byly na teplovodní přípojky napojeny domovní předávací stanice. Systém pracuje v plně automatizovaném provozu s pochůzkovou činností a občasnou obsluhou.

Na hlavní větvi teplovodu je již připojeno několik odběrů. Největším odběratelem je již zmíněná administrativní budova zemědělského areálu BPS Pšov. Dalším místem spotřeby je nedaleký kulturní dům a hostinec. Po trase jsou napojeny 2 obytné domy, které již odpadní teplo využívají. K místní mateřské školce, která ještě není vytápěna pomocí odpadního tepla z BPS, byla vybudována teplovodní přípojka a dále zbývají jen nepatrné práce pro připojení dalšího odběratele.

7.2.1.2 Položkový rozpočet teplovodů v obci Pšov

Základní rozpočtové náklady [Kč]		Ostatní rozpočtové náklady [Kč]	
HSV celkem	0	Ztížené výrobní podmínky	7 430
PSV celkem	1 971 515	Oborová přírážka	0
M práce celkem	20 000	Přesun stavebních kapacit	0
ZRN celkem	1 991 515	Mimostaveništní doprava	4 953
HZS	573 680	Zařízení staveniště	12 383
ZRN + HZS	2 565 195	Kompletační činnost	0
ZRN + ost. náklady + HZS	2 589 962	Ostatní náklady neuvedené	0
Celková cena (včetně DPH)	3 133 854	Ostatní náklady celkem	24 767

Tabulka 9: Položkový rozpočet teplovodů v obci Pšov, převzato z [15]

7.2.1.3 Položkový rozpočet potřebného příslušenství

Název položky	MJ	množství	cena [Kč]
Izolace tepelné strojovny výměňkových stanic	kpl	1,00	68 540,00
Strojovna kogenerační jednotky (armatury, čerpadlo, expanzomat, měřič tepla, ...)	kpl	1,00	165 850,00
Výměňková stanice včetně regulace "Kulturní dům" 75 kW	kpl	1,00	65 650,00
Výměňková stanice včetně regulace "RD 1" 30 kW	kpl	1,00	36 850,00
Výměňková stanice včetně regulace "RD 2" 24 kW - pouze uzávěry	kpl	1,00	
Výměňková stanice "Mateřská škola" 56 kW - přípojka -pouze uzávěry	kpl	1,00	15 200,00
Výměňková stanice včetně nového rozdělovače expanzomatu a čerpadel "Administrativní budova" 174 kW	kpl	1,00	279 850,00
Hzs - zkoušky v rámci montáž. práci - Topná zkouška	hod	24,00	5 280,00
Hzs - zkoušky v rámci montáž. práci - Komplexní vyzkoušení	hod	20,00	5 000,00
Celkem			642 220,00

Tabulka 10: Položkový rozpočet potřebného příslušenství, převzato z [15]

7.2.1.4 Administrativní budova zemědělského družstva

K vytápění administrativní budovy je přivedena topná voda o teplotě 90 °C a vratná voda, která je odváděna zpět k ohřevu má teplotu 70 °C. Teplonosné médium je přivedeno do nově vybudované výměňkové stanice předizolovaným potrubím, které má jmenovitou světlost DN 50. Jedná se o hodnotu udávající přibližný vnitřní průměr potrubí v mm. U hydrostatických mechanismů se používá označení DN. Do stávající přízemní kotelny je přiveden primární rozvod, který je připojen k výměníku tepla. Tepelný výkon výměníku je 174 kWt a jeho tepelný spád 70/50 °C. Uhelný kotel z předešlé doby se zde ponechal jako záložní zdroj tepla pro případ výpadku kogeneračních jednotek v BPS Pšov. Vnitřní rozvody pro vytápění ústředním topením se zde ponechaly v původním stavu, nově byly pouze osazeny uzavíracími ventily, zpětnými a uzavíracími armaturami, filtry a osazeno bylo oběhové čerpadlo s elektronicky řízenými otáčkami pro automatický provoz. Jedná se o komponenty od firmy Grundfos.

Regulace vytápění je prováděna ekvitermně dle venkovní teploty. Jedná se o technologii založenou na požadované teplotě topné vody, která je závislá na venkovním prostředí tak, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami vytápěné budovy. Při správné regulaci zůstane teplota v místnosti stejná i při změně venkovní teploty. Nově byly osazeny rovněž teploměry, manometry, vypouštěcí a odvzdušňovací kohouty, a to na větvi topné i vratné. V případě dopouštění vody do topného systému je udržení potřebného tlaku zabezpečeno automatickým dopouštěním studené vody z vodovodního řádu. Sekundární teplovodní okruh je zabezpečen systémem, který je v souladu s normou ČSN 06 0830. Na výstupním potrubí z výměníku je tedy nainstalován pojistný ventil DUCO. V tomto případě je nastaven otevírací přetlak na hodnotě 0,4 MPa. Proti nebezpečí popálení je zde použita pěnová a návleková izolace. Izolace rovněž napomáhá snížit tepelné ztráty v přívodních a vratných potrubích. Na vstupní a výstupní straně teplovodního potrubí je osazen teploměr s rozsahem 0 až 120 °C, manometr s rozsahem 0 až 600 kPa.

7.2.1.5 Dílny

Obdobným způsobem, jak je uvedeno výše pro administrativní budovu, jsou vytápěny dílny zemědělského družstva. Všechny výše uvedené parametry a hodnoty jsou naprosto stejné. Rozdílem je pouze v tom, že tepelný výměník, který je zde osazen, je dimenzovaný na výkon 174 kWt. Je zde řešena i odbočka před stávajícím kotlem pro zásobník teplé vody se jmenovitým výkonem 85 kW, který je dimenzovaný na teplotní spád 10/55 °C. Studená voda je rovněž odebírána z vodovodního řádu.

7.2.1.6 Rodinné domy č. p. 13, 56

V uvedených rodinných domcích má topné médium stejné parametry jako je uvedeno výše, tedy 90/70 °C (při maximálním odběru). Tepelný spád osazených výměňkových stanic je také o stejných hodnotách (70/50 °C), ale přivedené předizolované teplovodní potrubí má jmenovitou světlost DN20. V obou případech byl v domcích ponechán kotel na tuhá paliva jako náhradní zdroj tepla pro případ poruchy nebo výpadku kogeneračních jednotek. Vnitřní rozvody pro vytápění ústředním topením se i v tomto případě ponechaly v původním stavu. Domek čp. 56 je osazen tepelným výměníkem o výkonu 18 kW_t. Domek čp. 13 pak tepelným výměníkem o výkonu 17 kW_t.

Na projektu napojení domku čp. 56 bych zde uvedl návratnost investice.

Na projektu napojení domku čp. 56 bych zde uvedl návratnost investice.

- Počáteční investice 85 000 Kč
- Cena za 1 GJ tep. energie 290 Kč
- Topí se cca 5 měsíců cca 150dnů
- Max. spotřeba tepla za rok 75 GJ

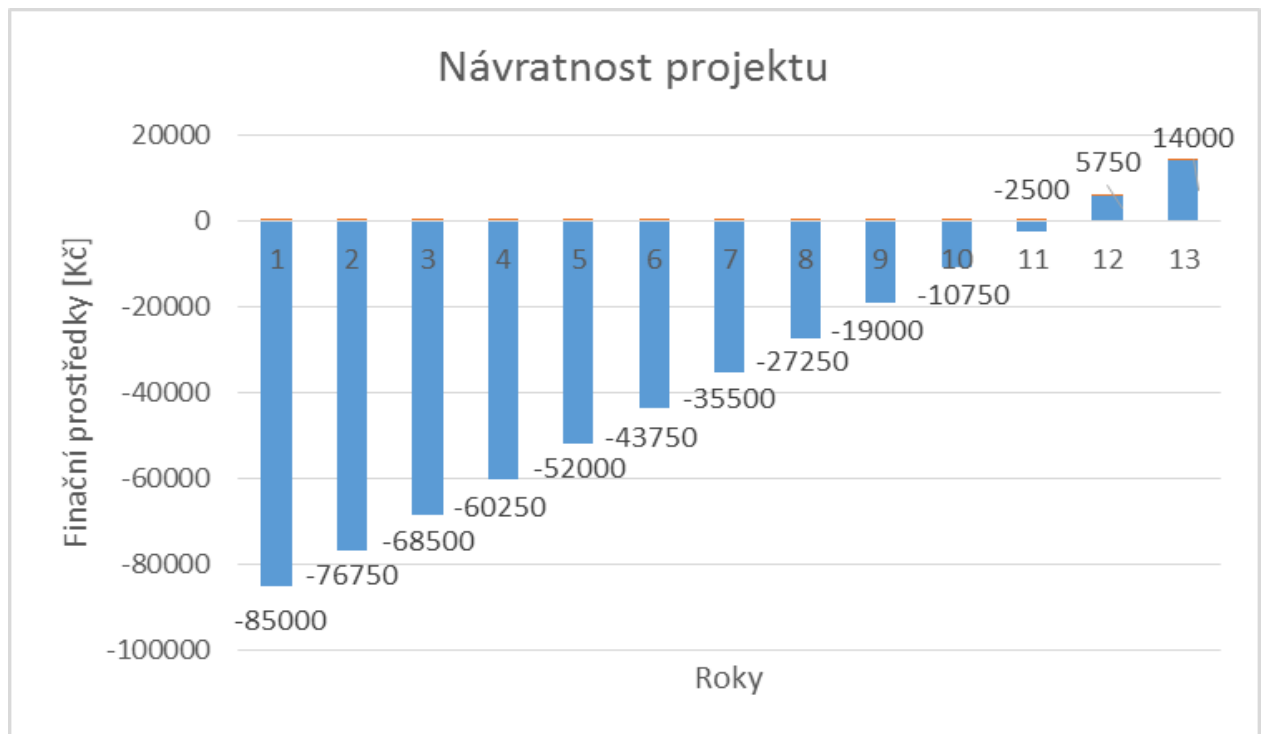
Vytápění bytu pomocí uhlí a dřeva: 30 000 Kč/rok

Vytápění bytu „odpadním teplem“ z BPS: $75 * 290 = 21\,750$ Kč/rok

Úspora finančních prostředků: $30\,000 - 21\,750 = 8\,250$ Kč/rok

Návratnost projektu: $85\,000 / 8\,250 = 10,3$ roku

Dle uvedených parametrů vychází, že majiteli domku čp. 56 se investice do vytápění objektu z odpadního tepla vrátí za 10,3 roku. Což není úplně optimální doba návratnosti. Tím narážím na další finanční prostředky na údržbu výměňkové stanice a oběhového čerpadla. Avšak kotel na tuhá paliva potřebuje také údržbu. Má to však i své výhody a těmi jsou, že další roky bude vytápět svůj dům z ekologicky šetrného zdroje tepelné energie s téměř polovičními náklady na vytápění než je celostátní průměr ceny tepla s CZT. Jedná se také o komfort ze strany automatické regulace vytápění, kdy se majitel domu čp. 56 nemusí starat o kontinuální přikládání tuhých paliv do kotle a dále o zajištění jeho potřebného množství na topnou sezónu.



Graf 3: Návratnost projektu v čp. 56, zdroj vlastní

Porovnání s teplem dodaný z CZT:

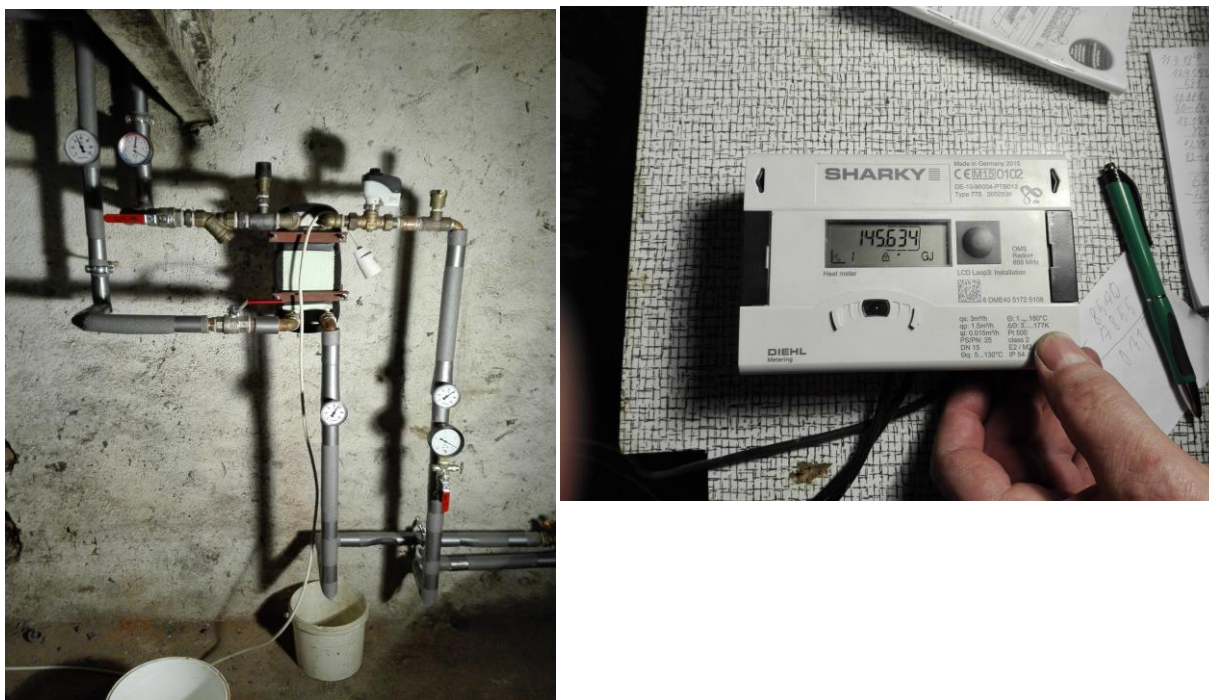
- Cena tepla z CZT: 538,25 Kč/GJ [13]
- Cena „odpadního tepla“: 290 Kč/GJ
- Spotřeba tepla za rok 75 GJ

○ Investice na vytápění = $75 * 538,25 = 40\,369$ Kč/rok

○ Investice na vytápění = $75 * 290 = 21\,750$ Kč/rok

○ Rozdíl investic = $40\,369 - 21\,750 = 18\,619$ Kč/rok

V případě, že by majitel domů čp. 56 vytápěl dům pomocí tepla z CZT, tak by jeho výdaje za vytápění činily ročně 40 369 Kč. Tím, že využívá tepla z BPS a ušetří 18 619 Kč za rok.



Obrázek 10: Výměňiková stanice osazená v domku čp. 56, zdroj vlastní

Kogenerační jednotka

Počet	2 ks
Palivo	Bioplyn
Tepelný výkon do teplovodní sítě [kW _t]	630
Provozní tlak [bar]	10
Provozní teplota [°C]	90
Max. teplota [°C]	95
Teplotní spád sítě [°C]	90/70
Max. tepelný výkon sítě [kW _t]	621
Teplotní spád topné vody [°C]	70/90
Max. průtok topné vody [m ³ /hod]	30
Tlak topné vody [bar]	6
Náhradní zdroj – přípojná hodnota [kW _t]	14
DPS 1 – Administrativa [kW _t]	23
DPS 2 – Dojírna [kW _t]	114
DPS 3 - Kulturní dům [kW _t]	75
DPS 4 - RD č. p. 56 (Šmídmajerovi) [kW _t]	18
DPS 5 - Kanceláře zemědělského družstva [kW _t]	174
DPS 6 - RD č. p. 13 (pí Jelenčiaková) [kW _t]	17
DPS - 7 Dílny [kW _t]	186
DPS 8 - Mateřská školka [kW _t]	56

Tabulka 11: Informace o kogenerační jednotce a jednotlivých DPS, převzato z [15]

7.2.2 Vytápění stájí

Ve vzdálenosti 20 metrů od kogeneračních jednotek se nachází kravín. Chová se zde 80 kusů skotu, který je primárně chován pro produkci mléka. Jedná se o chladnější oblast, takže v zimě v případě přebytků tepelné energie by bylo možné vytápět tuto přiléhající zemědělskou budovu. V létě naopak potřeba tepla není, ale naopak je potřeba prostory chladit a vhánět do něho čerstvý vzduch, aby se ustájená zvířata nepřehřívala.

Vytápění stájí má však i svá kritéria, která musí být striktně dodržena. Například vlivem vytápění by nemělo docházet k víření prachu a malých částic. Částice mohou obsahovat různé škodliviny a tím zdravotně ohrožovat ustájená zvířata, u kterých mohou propuknout respirační potíže. V praxi se jako nejvhodnější jeví sálavé teplo.

V BPS Pšov se doposud pouze v zimě ohřívá teplá užitková voda pro chovná zvířata, aby bylo zamezeno zamrznutí vody v potrubí. To se však jen jedná o velice malý odběr tepla a ještě v poměrně krátkém časovém období. Uvedená varianta opět souvisí s výhodou blízkosti spotřeby tepla, ale narážíme zde opět na problém sezónní poptávky.



Obrázek 11: Teplovzdušný centrální systém vytápění, převzato z [16]

7.2.3 Vytápění skleníků

Vytápění skleníků je další z možností jak využít odpadní teplo. Ve sklenících je možno pěstovat skoro vše od květin, bylin až po okrasné keře a stromky. Vnitřní prostředí skleníků potřebuje mít teplotu neustále udržovanou v určitém rozmezí. Měla by se blížit pokojové teplotě, ale některé rostliny potřebují i vyšší teploty. V létě se nespotřebovává žádné teplo, ale v zimě je provoz venkovních skleníků na teplo velice náročný. Tepelné ztráty jsou vysoké, a proto se s vytvořením optimálních podmínek k pěstování rostlin pojí značné provozní náklady. V podnikatelském záměru by se mělo uvažovat o vhodné izolaci skleníků a tím zamezení tepelných ztrát. S tím se však pojí problém s dostatečnou propustností světla dovnitř skleníku. Mezi těmito požadavky je potřeba najít vhodný kompromis, který je nutné prokonzultovat s odbornou firmou.

Růst rostlin je možné rovněž podpořit vhněním CO₂ získávaným odloučením z výfukových plynů kogeneračních jednotek do prostoru skleníku. I zde jsou výhody a nevýhody obdobné jako v předešlých variantách upotřebení tepla k vytápění.



Obrázek 12: Systémy vytápění skleníků, převzato z [16]

7.2.4 Sušení

Kogenerační jednotky produkují asi o 200 kWh_t více než se dokáže efektivně využít, což činí asi 30% celkové produkce tepla. Sušení různých komodit se jeví jako vhodné řešení pro využití nadbytečné tepelné energie. Teplo vyrobené chlazením kogeneračních jednotek je využitelné ve většině na trhu nabízených typů sušáren. K sušení vhodné komodity spadají materiály jako například dřevo, piliny a štěpka nebo také obilí, seno a různé druhy ovoce. Je zde potřeba brát ohled na variabilitu teploty uvnitř sušiček jelikož každá komodita potřebuje jinou výšku teploty. Potravinářské produkty by se vlivem vysokých teplot znehodnotily na rozdíl od dřeva, které snese teploty daleko vyšší. Toto je také ovlivněno obsahem vody uvnitř materiálu. I vlhkost vzduchu v sušičkách je potřeba kontrolovat, jinak by mohlo docházet k tomu, že při zvýšené teplotě dojde k navýšení relativní vlhkosti uvnitř sušících pecí. Nárůst teploty je potřeba v tomto případě navyšovat lineárně.

Technologie sušení má významnou výhodu v tom, že spotřeba vyrobené tepelné energie je přímé blízkosti zdroje tepla, tedy kogeneračních jednotek. Tím nám odpadají vstupní investice do vybudování teplovodního potrubí a s tím spojené tepelné ztráty v těchto teplovodech. I odběr tepla se může být řízen tak, aby byl po celý rok kontinuální. Při koupi správné sušičky můžeme docílit toho, že v každé sezóně bude možné sušit jinou komoditu. Spotřeba tepla by tedy probíhala po celý rok kontinuálně a nemusely by se hledat další varianty jak nadbytečnou tepelnou energii využít. Dnešní nabídka sušiček nabízí nepřehledné množství druhů, a tak bych zde uvedl tabulku s přehledným rozdělením nabízených možností.

Typ sušičky	Materiály k sušení	Charakteristika
Komorová sušička	Obilí, kukuřice, semena a ostatní sypké hmoty	Horký vzduch prostupuje materiálem v horizontálních či vertikálních kontejnerech (silech, nákladních autech...). Jedná se o nejjednodušší sušičku. S materiálem není aktivně pohybováno. Jde o velmi levnou a vhodnou metodu pro nízkokapacitní stanice: pro pěstování obilí s rozlohou do 100 ha či zdroje tepla o výkonu do 500 kW
Pásová sušička	digestát (separovaný), dřevní štěpky, obilí, kukuřice, kukuřičná siláž	Horký vzduch prostupuje materiálem, který je zvolna posouván na páse. Vzhledem k vyšším pořizovacím nákladům je tato technologie všeobecně vhodná pro zdroje tepla o výkonu nad 500 kW
Žlabová sušička	olejiny, byliny, trávy, pelety, granuláty, dřevní štěpka	Horký vzduch proudí dvojitým dnem (mřížovitým) skrz materiál. Pádlovitá zařízení současně materiál promíchávají
Bubnová sušička	sypký materiál z prostředí zemědělství a údržby krajiny	Materiál prostupuje horizontálním bubnem. K řádnému chodu jsou potřebné teploty okolo 1000°C, proto tento typ není vhodný pro bioplynové stanice

Tabulka 12: Technologie pro sušení a jejich základní charakteristiky, převzato z [7]

7.2.4.1 Sušení digestátu

Jako digestát se označuje materiál, který je výstupem z dofermentoru obsahující značný podíl vody. Materiál již prošel fermentačním procesem, ale stále ještě obsahuje dostatek organických látek, které lze využít jako vysoce kvalitní organické hnojivo na ornou půdu zemědělského družstva.

Jako zdroj tepla pro sušení digestátu je právě použito odpadní teplo z chlazení KGJ. Abychom mohli výstupní digestát sušit, musí se nejdříve pořídit separátor pro oddělení jeho kapalné a pevné složky. Digestát obsahuje velké procento vody, a proto sušení takového materiálu by bylo velice náročné a neekonomické. Proto se separátor tuhých částic jeví jako nejlepší varianta. Jedná se většinou o mechanicko-hydraulický systém připojený k vyústění dofermentoru. Pevný materiál je pak možné dálkově a plně automatizovaně přepravovat přímo k sušičce a kapalný zbytek, v praxi označovaný jako fugát, je možné dále prodávat jako kvalitní organické hnojivo bez chemikálií, anebo využít pro aplikaci na ornou půdu. Výstupní materiál ze sušičky obsahuje už jen nepatrný podíl vody, a proto má lepší vlastnosti pro skladování. Digestát nyní zemědělské družstvo používá pro hnojení svých polí, a proto další velkou výhodou je, že by došlo k ušetření prostředků za odvoz materiálu na dané místo. Suchý materiál je významně lehčí a proto se na jednu nákladku vejde mnohem více materiálu než ve stavu bez sušení.

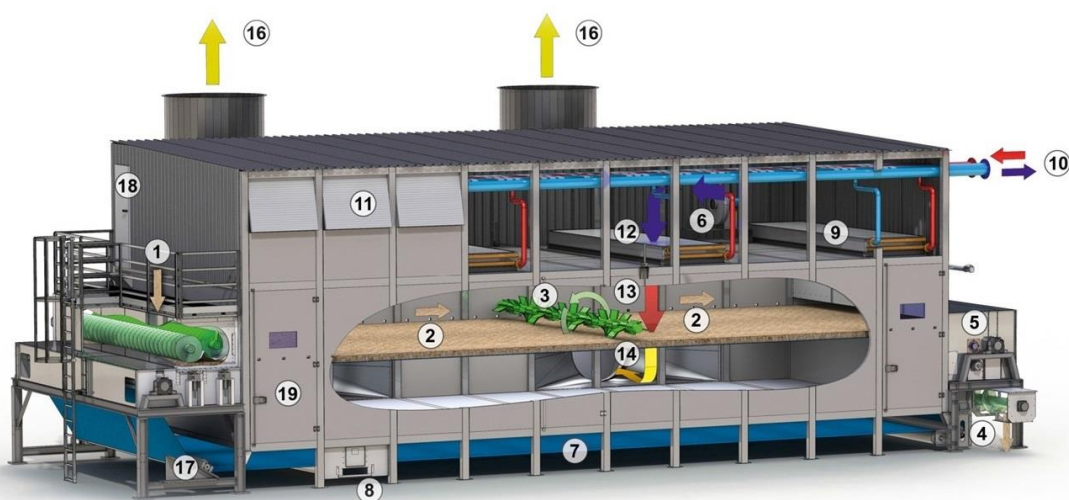
Výstup ze sušárny je možné napojit přímo na peletizační nebo briketovací linku, kterou lze přímo na objednávku postavit hned vedle sušičky. Při sušení dochází k zvýšení prašnosti v okolním prostředí. Proto byla vyvinuta technologie cyklonového odloučení prachu uvnitř sušiček. Tím je docíleno velice nízké úrovně prachových emisí. Dalšími dostupnými technologiemi je prachový filtr či pračka vzduchu. Filtr má jen nevýhodu v tom, že je nutno určit časový interval výměny a ten bezpodmínečně dodržovat.

V sušení digestátu v BPS Pšov bych viděl velký potenciál pro využití nadbytečné tepelné energie. Jak bylo již zmíněno, tak spotřeba tepla by byla přímo v areálu a hlavně odběr tepla by při správném podnikatelském záměru mohl být kontinuálně po celý rok. Druhy sušiček jsou na současném trhu velice variabilní, a tak lze sehnat i jednotku o potřebném tepelném výkonu, který je v BPS nevyužit. Při spojení se separátorem tuhých částic lze zajistit další finanční prostředky, a to prodejem buď pevného materiálu jako takového, anebo při spojení sušičky s peletizační linkou lze výsledný produkt prodávat za vyšší cenu. Přitom kapalný materiál, neboli fugát, lze aplikovat na zemědělské plochy přímo. Podle oficiálního stanoviska CzBA není efektivní používat odpadní teplo pro sušení výstupního digestátu a jeho následného zpracování do půdy. I když nespornou výhodou je lepší následné skladování suroviny a jsou i nižší náklady na dopravu, tak při sušení dochází k výraznému snížení obsahu dusíku, který je dobře využitelný pro růst rostlin.

Pro sušení digestátu v BPS Pšov je vhodná sušárna od firmy Reuss Group. Sušárna spadá do série s označením WT. Jedná se o velice kompaktní a přemístitelné zařízení, které je i kompatibilní s ostatními technologickými zařízeními jako jsou například peletizační jednotky. Jde o pásovou sušičku s patentovaným textilním pásem. V zařízení je automatizovaně řízen proces celého sušení. Sušárna je navržena tak, že může pracovat stejně dlouho jako bioplynová stanice, tj. 8400 hod/rok. [12]

Typ	WT 3200/80 8 0.5
Spotřeba tepla [kW]	200
Vlhký materiál [kg/d]	4 600
Suchý materiál [kg/d]	1 400
Odpar vody [kg/d]	3200
Elektrická spotřeba [kW]	5

Tabulka 13: Parametry navržené sušárny digestátu, převzato z [12]



- | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 přijmová sekce | 7 plastový pás | 13 ohřátý vzduch |
| 2 vrstva sušeného produktu | 8 mokré čištění pásu | 14 odpadní vzduch |
| 3 rotorový obraceč | 9 horkovodní výměník tepla | 16 výstup odpadního vzduchu |
| 4 vyskladňovací šnek | 10 dodávka tepla | 17 sekce zarovnání pásu |
| 5 suché čištění pásu | 11 přívod čerstvého vzduchu | 18 přístup do krycí kapotáže |
| 6 ventilátor pro suché čištění pásu | 12 čerstvý vzduch | 19 inspekční dveře |

Obrázek 13: Sušárna digestátu, převzato z [14]

7.2.4.2 Sušení dřeva, dřevní štěpky a pilin

Čerstvě zpracované dřevo obsahuje velký podíl vody, a proto před dalším využitím je potřeba obsah vody snížit. Energetická náročnost u sušiček dřeva je o mnoho vyšší, než u sušiček zemědělských komodit což je zapříčiněno tím, že surové dřevo obsahuje nejen mnoho vody a vypařování vody z tohoto materiálu je také o něco složitější. I výhřevnost dřeva je úzce spjata s podílem vlhkosti při vstupu tohoto paliva do spalovacích kotlů. S vyšším podílem vlhkosti se snižuje jeho výhřevnost a zhoršuje se efektivita spalování. Při skladování dřeva všeobecně dochází k tvorbě plísní, a vytváří se také optimální prostředí pro rozmnožování dřevokazných škůdců. Při snížení vlhkosti se těmto problémům můžeme vyvarovat.

V nedalekých Žluticích je dřevozpracující závod (Solitera spol s.r.o), kde se lze dohodnout na smluvních podmínkách ohledně sušení dřeva, a tím zajistit celoroční zpracování materiálu a docílení toho, že tepelná energie se bude odebírat kontinuálně po celý rok. V případě sušení pilin a dřevní štěpky lze spojit sušičku s peletizační linkou, a tím zajistit další finanční výnosy pro areál BPS Pšov. Technologie peletizování sušeného digestátu je téměř shodné s peletizováním dřevního materiálu. Samotné vyrobené pelety se pak mohou sušit přímo v zemědělském areálu a dále prodávat, čímž se zajistí další finanční výnos pro zvýšení efektivity BPS Pšov jako celku.

Pro BPS Pšov bych navrhl komorovou sušárnu od firmy Katres. Jedná se o typ zvaný KAD, kterým lze dosáhnout vysoké kvality sušeného dřeva. Jednou z priorit sušárny KAD jsou nízkoprovozní náklady a tudíž zajištění návratnosti v co nejkratší době. V tomto případě se zavážení dřeva provádí čelně vysokozdvížným vozíkem, který už je v BPS Pšov zakoupen a který je zde využíván k dávkování vstupního substrátu do fermentoru. V této sušárně je možné sušit jakýkoliv druh dřeviny. Sušárna je vyrobena s vysoce kvalitních hliníkových slitin, které jsou kvalitně tepelně odizolována. Izolace splňuje velice přísná kritéria, která jsou kladena na její izolační vlastnosti. Tento typ sušáren je vybaven technologií ECO- TRONIC, která je zaměřena na inteligentní vnitřní proudění vzduchu a tím je zajištěna úspora elektrické energie v axiálních ventilátorech. Ventilátory vykazují stejnou účinnost proudění vzduchu v obou směrech otáčení. Regulace sušení je založena na měření úbytku vlhkosti v celém průběhu sušení. V kategorii sušáren KAD lze za příplatek dokoupit rekuperační jednotku a tím zajistit další úspory ve spotřebě tepelné energii. Samozřejmostí je rovněž jejich plně automatizovaný chod sušárny[9].

V následující tabulce jsou popsány parametry vhodné sušárny pro BPS Pšov.

Typ		KAD 1x4 S
Vnější rozměry	Šířka [m]	5,5[16]
	Hloubka (včetně vrat) [m]	7,83
	Max. výška (bez komínu) [m]	5,61
Vnitřní rozměry	Šířka [m]	4,96
	Hloubka [m]	7,4
	Výška [m]	4,1
Objem řeziva [m ³]		39
Topný příkon [kW]		184
Elektrický příkon [kW]		12

Tabulka 14: Parametry navržené sušárny pro sušení dřevní štěpky, převzato z [10]



Obrázek 14: Sušárna dřeva, převzato z [9]

7.2.4.3 Sušení zemědělských komodit

Pod zemědělské komodity spadají suroviny, jako jsou obiloviny, kukuřice, ale také i ovoce apod. Sušení se provádí za účelem snížení nákladů na jejich převoz a také se dosahuje lepších vlastností pro dlouhodobější skladovatelnost. Při nedodržení správného podílu vody zanechané po sušení v zemědělských komoditách může dojít při skladování ke vzniku plísně a k jiným nežádoucím jevům. Bez měření vlhkosti se na pohled nedá přesně určit obsah vody v daných produktech. Obsah vody je ovlivněn dobou sklizně a panujícími klimatickými podmínkami během sklizně. Každá komodita také potřebuje jinou teplotu a jiný proces sušení, čímž se rozumí jiný náběh teploty v sušičce, ale také jiný limit relativní vlhkosti. Tyto dva jevy jsou mezi sebou úzce spjaty.

Výhoda této technologie spočívá opět v jejich výstavbě v bezprostřední blízkosti zdroje tepla. Bohatá variabilita nám umožňuje dimenzovat objem i potřebný výkon sušičky podle našich představ. I tato technologie má své nevýhody, které spočívají v tom, že potřeba sušení zemědělských komodit je sezónní. Zemědělský areál disponuje všemi výše uvedenými komoditami, ale i tak jejich objem nedosahuje takových hodnot, aby bylo možné zde spotřebovávat teplo nepřetržitě.

V následující tabulce uvádím příklady, za jakých teplot dosáhneme určité vlhkosti. Uvádím zde příklady jen pro pšenici, oves, ječmen, osiva a pivovarnický ječmen.

Vlhkost [%]	Pšenice [°C]	Oves, ječmen [°C]	Osiva, pivovarnický ječmen [°C]
16	55	65	49
18	49	59	43
20	43	53	38
22	37	47	34
24	35	40	30

Tabulka 15: Maximální teploty (v °C) pro sušení obilovin, převzato z [8]

Pro sušení zemědělských komodit v BPS Pšov jsem vybral sušičku od firmy Bühler. Jedná se o sušičku z řady ECO DRY. Tyto sušičky jsou určeny pro sušení všech známých zemědělských komodit, ale také se hodí i pro sušení osiv. Mezi velké přednosti těchto sušáren patří rovnoměrné sušení v celém průřezu sušičky a také možnost automatizovaného promíchávání suroviny po celou dobu sušení. Zařízení sušiček z řady ECO DRY také umožňuje volbu, zda chceme přívod tepla provést přímým nebo nepřímým způsobem. Samozřejmostí je zateplení celé

sušárny, abychom dosáhli co nejmenších tepelných ztrát při průběhu sušení. Na výstupu ze sušičky je dvojitý pneumatický píst, pomocí kterého je zabezpečeno kontinuální vyprazdňování sušárny. Název ECO zdůrazňuje, že sušárny jsou vybaveny rekuperací tepla, která využívá výstupní teplý vzduch z chladících modulů a vede ho zpět na vstup. Tak lze například u sušení kukuřice dosáhnout až 10 % úspory tepelné energie oproti jiným sušičkám bez této technologie. U obilovin se může ušetřit až 5 % tepelné energie.

Pro BPS Pšov jsem vybral sušárnu, jejíž parametry obsahuje následující tabulka.

Typ	STKX6D – 12/02
Obsah [t]	108
Příkon [kW]	180
Teplo [kW]	6 600
Výkon na pšenici [t/hod]	86,0
Výkon na řepce [t/hod]	69,0
Výkon na kukuřici [t/hod]	28,0
Délka [m]	7,3
Šířka [m]	5,7
Výška [m]	19,9

Tabulka 16: Parametry navržené sušárny pro sušení zemědělských komodit, převzato z [8]



Obrázek 15: Sušárna zemědělských komodit, převzato z [11]

8 Závěr

V úvodu své diplomové práce jsem popsal současný stav BPS Pšov a to jak z hlediska energetického, tak i environmentálního a ekonomického. Jsou zde popsány jednotlivé části bioplynové stanice a environmentální aspekty daného komplexu. Jednotlivé aspekty ani v jednom bodě BPS Pšov neporušuje, a proto je považována za velmi cenný zdroj čisté a obnovitelné energie.

Následuje ekonomické zhodnocení vstupních surovin a celková bilance elektrické energie za rok 2014. Zhodnocení bylo provedeno vzhledem s projektovou dokumentací od firmy Agroprojekt Jihlava spol. s.r.o.

Stěžejní částí své diplomové práce jsou potenciální návrhy ke zvýšení energetické účinnosti BPS Pšov. Zde jsem uvedl všechny možnosti jak zlepšit účinnost jak elektrické, tak tepelné energie. V případě elektrické energie apeluji na analýzu celkové vlastní spotřeby, která činí v některých měsících až 12 %, což je v praxi velmi vysoký podíl vůči vyrobené elektrické energii.

Jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují vlastní spotřebu, jsou ztráty na transformátoru, při transformování vyrobené elektrické energie na vyšší stranu napětí. Při investování finančních prostředků do transformátoru s nižšími elektrickými ztrátami se udává, že návratnost investic je do několika let. Transformátor je vlastně využit po celou dobu provozu BPS.

Ohledně tepelné energie jsem zpracoval mnohem více potenciálních alternativ. Jedná se o využití „odpadního“ tepla z BPS Pšov. Kogenerační jednotky nyní produkují o cca 200 kW_t více než je možné zužitkovat. S touto informací jsem pracoval dále a navrhl možná řešení.

Jedna z alternativ využití odpadního tepla se týká sušení, a to jak zemědělských komodit, tak také výstupního digestátu nebo dřeva a dřevní štěpky. U každé mnou navržené možnosti jsem uvedl konkrétní příklady vhodných sušáren, které by byly použitelné pro jednotlivé produkty s tím, že vstupní tepelný výkon odpovídá nevyužitému teplu z KGJ.

Jako velmi vhodné se mi jeví vytápění bytových prostor. V obci Pšov je již postavený a zkolaudovaný teplovod vedoucí z prostoru BPS Pšov a končící v administrativní budově zemědělského areálu. Od hlavního páteřního teplovodu jsou již realizovány odbočky k odběratelům tepelné energie. Těmi jsou mimo administrativní budovu 2 obytné domy, místní školka a dílny zemědělského areálu. Osobně jsem navštívil majitele domu čp. 56, od kterého jsem zjistil informace ohledně investic do připojení na teplovod a pořízení výměňkové

stanice a pořídil několik fotografií. Na základě získaných informací jsem spočítal návratnost počátečních investic a poté spočítal částku, kterou kolik majitel domu ušetří ročně, pokud by svůj dům vytápěl teplem z CZT s průměrnou cenou pro daný region.

Záměrně jsem ve své diplomové práci neuváděl možnost zvýšení energetické účinnosti pomocí ORC jednotky. U takto malých výkonů bioplynových stanic se nevyplácí pořizovat ORC jednotku. Jedná se o systém, který využívá nízkopotenciální teplo a tuto energii přeměňuje na energii elektrickou. Zařízení využívá atypickou formu Rankine- Clausiova cyklu. Jediný rozdíl je v tom, že ORC jednotka používá jako topné médium specifickou kapalinu. Ve většině případů je používán nízkovroucí syntetický olej. Tento technologický systém tedy dokáže zvýšit celkovou účinnost, ale vzhledem k výstupním hodnotám zbylé energie z BPS Pšov se ORC jednotka pro provozovatele nevyplatí pořizovat. Investice do tohoto zařízení jsou velice vysoké a návratnost počátečních investic velice zdlouhavá. Limitujícím faktorem je také životnost zařízení, která se v praxi udává okolo 15 let.

Ve výstavbě nových bioplynových stanic vidím veliký potenciál, jakožto v obnovitelných zdrojích energie, jejichž provoz má minimální dopad na životní prostředí. Legislativa EU říká, že stát musí mít určitý podíl vyrobené energie z obnovitelných zdrojů. Bioplynové stanice na rozdíl od jiných obnovitelných zdrojů energie mají výhodu v tom, že výroba energie je kontinuální.

Seznam obrázků

- Obrázek 1: Mapa umístění BPS Pšov
- Obrázek 2: Vertikální řešení fermentoru v BPS Pšov
- Obrázek 3: Fermentor BPS Pšov
- Obrázek 4: Fermentor BPS Pšov
- Obrázek 5: Dofermentor BPS Pšov
- Obrázek 6: Čerpací centrum
- Obrázek 7: Fléra
- Obrázek 8: Kogenerační jednotky BPS Pšov
- Obrázek 9: Výměňiková stanice v BPS Pšov
- Obrázek 10: Výměňiková stanice osazená v domku čp. 56
- Obrázek 11: Teplovzdušný centrální systém vytápění
- Obrázek 12: Systémy vytápění skleníků
- Obrázek 13: Sušárna digestátu
- Obrázek 14: Sušárna dřeva
- Obrázek 15: Sušárna zemědělských komodit

Seznam tabulek

- Tabulka 1: Produkce kejdy jednotlivých zvířat
- Tabulka 2: Množství vstupních surovin v BPS Pšov
- Tabulka 3: Části BPS Pšov
- Tabulka 4: Produkce energie v BPS Pšov
- Tabulka 5: Maximální spotřeba bioplynu a průtoky spalin v BPS Pšov
- Tabulka 6: Znečišťující látky v BPS Pšov
- Tabulka 7: Vstupní suroviny v roce 2014
- Tabulka 8: Bilance elektrické energie
- Tabulka 9: Položkový rozpočet teplovodů v obci Pšov
- Tabulka 10: Položkový rozpočet potřebného příslušenství
- Tabulka 11: Informace o kogenerační jednotce a jednotlivých DPS
- Tabulka 12: Technologie pro sušení a jejich základní charakteristiky
- Tabulka 13: Parametry navržené sušárny digestátu
- Tabulka 14: Parametry navržené sušárny pro sušení dřevní štěpky

Tabulka 15: Maximální teploty (v °C) pro sušení obilovin

Tabulka 16: Parametry navržené sušárny pro sušení zemědělských komodit

Seznam grafů

Graf 1: Vstupní suroviny v roce 2014

Graf 2: Bilance elektrické energie

Graf 3: Návrh návratnosti projektu v čp. 56

Seznam použité literatury

- [1] BPS Pšov. *CzBA* [online]. WEB: Česká bioplynová asociace, 2013 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/379-pbs-psov.html>
- [2] Technologie bioplynových stanic. *Enviton* [online]. 2001 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>
- [3] Co je siláž a senáž. *Agromaleč* [online]. 2008 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.agromalec.estranky.cz/clanky/senaz-a-silaz/co-je-silaz-a-senaz.html>
- [4] MIKULÁŠEK, J. Bioplynová stanice Pšov. Agroprojekt Jihlava spol s.r.o., 2012.
- [5] KAJAN, Miroslav: Výroba a využití bioplynu v zemědělství. *Biom.cz* [online]. 2002-11-26 [cit. 2014-06-04]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>, ISSN: 1801-2655.
- [6] *Energetická efektivnost bioplynových stanic: Možná opatření pro vyšší stupeň využití bioplynu* [online]. In: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR prostřednictvím programu EFEKT 2011, Komerční banka, Česká bioplynová asociace a Evropská komise prostřednictvím projektu CHP Goes Green kofinancovaného z programu, 2011, 1 - 15 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynova-asociace/uploads/files/EnEfBPS-komplet.pdf>
- [7] RUTZ, Dominik. *Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic: Příručka* [online]. In: Německo, Mnichov, 2012, 1 - 86 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.biogasheat.org/wp-content/uploads/2013/03/BiogasHeat-Handbook-CZ.pdf>
- [8] Kontinuální sušárny Bühler. *Agroing* [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.agroing.cz/susicky-obili>
- [9] Komorové sušárny řeziva. *Katres* [online]. 2015 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.katres.cz/produkty/komorove-susarny-reziva/>

- [10] Rozměrová řada komorových sušáren typu KAD – zavážení čelním vysokozdvíhým vozíkem. *Katres*[online]. 2015 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.katres.cz/?id=78>
- [11] BÜHLER ECO DRY. *Bednar - Farm technology* [online]. 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.poskliznove-linky.eu/en/drying/buhler>
- [12] *Kompaktní pásové sušárny série WT* [online]. In: 1 - 2 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.reusgroup.cz/static/soubory/stranka-11/prospekt-susicka-newtainer-wt-2-reus-12.pdf>
- [13] Ceny tepelné energie. *Energetický regulační úřad* [online]. ERÚ, 2015 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462926/Predbezne_ceny_tepla_2015.pdf/4eaf9a7c-635d-499a-8bd0-a9d5dd7e470c
- [14] SUŠIČKY STELA BTL. *Pawlica* [online]. Praha 6 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.pawlica.cz/produkty/prumyslove-susicky/suseni-odpadnim-teplem/pasove-susicky-stela/susicky-stela-btl.html>
- [15] Provozní výkazy. Jaroslav Syrovátka, 2014. Informační list.
- [16] Vytápění ostatních objektů. In: *Microclima system* [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.microclimasystems.com/cz/vytapeni-ostatnich-objektu>