

Řízení bioplynové stanice

The Biogas Plant Control

Bc. Mizera David

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David Mizera**
Osobní číslo: **A11711**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Řízení bioplynové stanice**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární a informační rešerši daného tématu s důrazem na oblast řízení provozu a náběhu bioplynové stanice.
2. Popište dostupný software využitelný k ekonomickému řízení stanice a zhodnoťte jejich klady a nedostatky.
3. Provedte technologický rozbor a popis konkrétní stanice v lokalitě Vícov, včetně jejího budování a uvádění do provozu.
4. Analyzujte metody získávání provozních dat v této stanici, získaná data vyhodnoťte a proveďte jejich statistické zpracování.
5. Technologicky popište bioplynovou stanici v lokalitě Pěčín a zpracujte data z jejího provozu. Získané poznatky porovnejte s lokalitou Vícov.
6. Formulujte doporučení k rozšíření sběru informací a automatizace procesů posuzovaných stanic.
7. Na základě předcházející technologické a datové analýzy stanovte závěry vzhledem k optimalizaci náběhu a následného provozu a řízení bioplynových stanic.
8. Navrhněte hlavní směry budoucího výzkumu v řešené oblasti z hlediska vývoje software pro řízení a ekonomiku provozu těchto stanic.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. Bioplyn v praxi. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-86167-21-6.**
2. **STRAKA, František a Michal DOHÁNYOS. Bioplyn. Praha: GAS, 2006. ISBN 80-7328-090-6.**
3. **PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVÍČ. Biomasa: Obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC PUBLIC, 2004. ISBN 8086534065.**
4. **AL SEADI, Dominik RUTZ, Heinz PRASSL, Michael KÖTTNER, Tobias FINSTERWALDER, Silke VOLK a Rainer JANSSEN. Biogas Handbook. Denmark: Published by University of Southern Denmark Esbjerg, 2008. ISBN 978-87-992962-0-0.**
5. **CZ BIOM. Průvodce výrobou a využitím bioplynu. Praha: CZ Biom, 2009. ISBN 978-80-903777-5-2.**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Bc. Pavel Vařacha, Ph.D.

Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce:

24. února 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

11. června 2013

Ve Zlíně dne 24. února 2013

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato diplomová práce pojednává o možnostech řízení bioplynových stanic. Úvod je věnován doporučeným literárním zdrojům a přehledu technologií použitých na bioplynových stanicích. Hlavní část je zaměřena na technologický popis bioplynových stanic ve Vícově a Pěčíně. Ze získaných dat bylo provedeno porovnání náběhu bioplynových stanic a statistické vyhodnocení. Dále byl představen popis volně dostupného softwaru k ekonomickému návrhu bioplynových stanic a popis řídicího softwaru provozovaný na těchto stanicích. Další část je zaměřena na doporučení k rozšíření sběru informací a možnosti automatizace procesů. Na závěr bylo provedeno stanovení závěrů z technologické a datové analýzy a nastíněny možnosti budoucího vývoje výzkumu a softwaru k řízení a ekonomickému návrhu provozu.

Klíčová slova: bioplynová stanice, bioplyn, řídicí software, fermentor, kogenerační jednotka

ABSTRACT

This thesis discusses the possibilities of management of biogas plants. Introduction is dedicated to the recommended literary sources and to the technology overview used in biogas plants. The main part focuses on the technical description of biogas plants in Vícov and Pěčín. From the obtained data was done comparison of start up of biogas plants and their statistical evaluation. It was also presented a description of free available software tool for the economic design of biogas plants and description of the control software running on these biogas plants. Another section focuses on recommendations how to expand information collection and possibilities of process automation. At the end there were determined the conclusions from technological and data analysis and there were also outlined possibilities of future research and development of software for control and economic design of operation.

Keywords: biogas plant, biogas, control software, digester, cogeneration unit

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Bc. Pavlu Vařachovi Ph.D za odborné připomínky, názory, ochotu a čas věnovaný mé práci.

Dále bych chtěl poděkovat svému oponentovi panu Ing. Vítu Štěpánkovi za předání provozních dat, sjednání exkurze na BPS Pěčín včetně fotodokumentace a za odborné seznámení o celém provozu bioplynové stanice.

Také bych chtěl poděkovat pracovníkům společnosti NWT, kteří byli ochotni odpovědět na mé dotazy a poskytnout příslušné informace. Poděkování patří panu Mgr. Štěpánu Přidalovi, Bc. Romanu Baraňákovi a Miloslavu Bučkovi.

Poděkování patří i předsedovi zemědělského družstva Vícov panu Josefu Tomanovi za jeho ochotu, čas, cenné informace a poskytnutí veškerých materiálů k BPS Vícov včetně prohlídky celé stanice a možnosti fotodokumentace. Také bych chtěl poděkovat obsluze BPS Vícov panu Rudolfu Haluzovi za jeho cenné informace a vědomosti získané z provozu bioplynové stanice.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE	14
1.1 KNIHY	14
1.1.1 Průvodce výrobou a využitím bioplynu	14
1.1.2 Bioplyn v praxi.....	14
1.1.3 Bioplyn	15
1.2 INTERNET	15
1.2.1 CZ Biom.....	16
1.3 ZAHRANIČNÍ ČLÁNKY	17
1.4 ZHODNOCENÍ REŠERŠE	19
2 BIOPLYNOVÁ STANICE	20
2.1 OBECNÉ ÚVAHY O UMÍSTĚNÍ	20
2.2 ROZDĚLENÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC.....	21
2.3 STRUKTURA BIOPLYNOVÉ STANICE	22
2.4 ANAEROBNÍ DIGESCE	23
2.5 MÍCHÁNÍ A DOBA ZDRŽENÍ	25
2.6 DRUHY DÁVKOVÁNÍ.....	27
2.7 MOKRÁ A SUCHÁ FERMENTACE	27
2.7.1 Mokrý fermentace	27
2.7.2 Suchá fermentace	27
2.7.3 Srovnání mokré a suché fermentace	28
2.8 BIOPLYN A JEHO KVALITA	28
2.9 HROZÍCÍ NEBEZPEČÍ NA BPS	29
2.10 POVINNOSTI OBSLUHY	29
2.11 POUŽITÁ TECHNOLOGIE.....	30
2.11.1 Čerpadla	30
2.11.2 Míchadla.....	31
2.11.3 Kogenerační jednotka.....	33
2.11.4 Typy plynůjemů	34
2.11.5 Ohřev	35
2.11.6 Přípravné nádrže, krmný vůz	36
2.12 PŘEHLED VÝKUPNÍCH CEN Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE	36
2.13 PŘEHLED VÝTĚŽNOSTI BIOPLYNU Z RŮZNÝCH DRUHŮ VSTUPNÍCH SUROVIN	37
3 SOFTWARE ZAMĚŘENÝ NA EKONOMIKU BPS	38
3.1 BIOGAS CALCULATOR	38
3.1.1 Popis aplikace.....	38
3.1.2 Výhody	44
3.1.3 Nevýhody	44
3.2 EKONOMIKA BIOPLYNOVÝCH STANIC (2008)	44
3.2.1 Popis aplikace.....	44
3.2.2 První krok.....	45

3.2.3	Druhý krok	46
3.2.4	Třetí krok.....	47
3.2.5	Výhody	48
3.2.6	Nevýhody	49
II	PRAKTICKÁ ČÁST	50
4	TECHNOLOGICKÝ ROZBOR BPS VÍCOV	51
4.1	VÝSTAVBA BPS Vícov	51
4.2	STAVEBNÍ OBJEKTY	54
4.2.1	Fermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu	54
4.2.2	Vstupní dávkovací zařízení	55
4.2.3	Sklad digestátu – stávající jímky	57
4.2.4	Technický sklep – přečerpávající jednotka	57
4.2.5	Technická budova – kogenerace	58
4.2.6	Chladicí zařízení.....	61
4.2.7	Technický kanál	61
4.2.8	Trafostanice	62
4.2.9	Přípojka VN	63
4.2.10	Plynovod, fléra	63
4.2.11	Teplovod	64
4.3	POPIS TECHNOLOGICKÉHO PROCESU	65
4.4	INVESTICE A PROVOZNÍ NÁKLADY	66
4.5	VSTUPY A VÝSTUPY BPS Vícov	67
4.6	EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST	68
4.7	EMISE ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK.....	68
5	TECHNOLOGICKÝ ROZBOR BPS PĚČÍN	69
5.1	STAVEBNÍ OBJEKTY	70
5.1.1	Dvoustupňový prstencový fermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu a vstupním zařízením	70
5.1.2	Koncový sklad.....	71
5.1.3	Separace	72
5.1.4	Technický sklep	73
5.1.5	Vstupní jímka na tekutou složku.....	74
5.1.6	Budova termotlaké přípravy biomasy	75
5.1.7	Technická budova – kogenerace	77
5.1.8	Fléra.....	79
5.1.9	Skladovací plocha – silážní žlab	80
5.1.10	Mostová váha	80
5.1.11	Přípojka VN a trafostanice	81
5.1.12	Objekt správce.....	82
5.2	POPIS TECHNOLOGICKÉHO PROCESU	82
5.3	INVESTICE A PROVOZNÍ NÁKLADY	83
5.4	VSTUPY A VÝSTUPY BPS PĚČÍN	84
5.5	EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST	85
5.6	EMISE ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK.....	86
6	VYHODNOCENÍ DAT Z PROVOZU	87

6.1	METODY ZÍSKÁVÁNÍ A VYHODNOCENÍ DAT Z PROVOZU BPS VÍCOV	87
6.1.1	Metody získávání dat	87
6.1.2	Popis poruch při zkušebním provozu	88
6.1.3	Popis získaných dat	88
6.1.4	Zpracování dat	89
6.2	VYHODNOCENÍ DAT Z PROVOZU BPS PĚČÍN	91
6.2.1	Popis poruch při provozu	91
6.2.2	Popis získaných dat	91
6.2.3	Zpracování dat	92
6.3	SROVNÁNÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC	97
7	ŘÍDICÍ SOFTWARE BPS STANIC	101
7.1	ŘÍDICÍ SOFTWARE BPS VÍCOV	101
7.1.1	Hlavní menu	101
7.1.2	Přehled BPE	102
7.1.3	Parametry	103
7.1.4	Údaje	103
7.1.5	Řídicí křivka	104
7.1.6	Přehled poruch	106
7.1.7	Paměť hlášení	107
7.1.8	Fermentor 1 (vnitřní kruh)	107
7.1.9	Fermentor 2 (vnější kruh)	108
7.1.10	Pbox	109
7.1.11	Rozdělovač kejdy	110
7.1.12	KGJ	111
7.1.13	Dávkování	112
7.1.14	Vytápění	113
7.1.15	Vzdálené ovládání BPS	115
7.2	ŘÍDICÍ SOFTWARE BPS PĚČÍN	115
7.2.1	Přehled BPE	115
7.2.2	Analyzátor plynu	116
7.2.3	TimeDiagram	117
7.2.4	Ohřev	118
7.2.5	BTE	119
7.2.6	Údaje	120
7.3	POROVNÁNÍ ŘÍDICÍCH SOFTWARE	121
7.3.1	Výhody řídicího softwaru BPS Vícov	121
7.3.2	Nevýhody řídicího softwaru BPS Vícov	121
7.3.3	Výhody řídicího softwaru BPS Pěčín	122
7.3.4	Nevýhody řídicího softwaru BPS Pěčín	122
8	DOPORUČENÍ K ROZŠÍŘENÍ SBĚRU INFORMACÍ	123
8.1	DOPORUČENÍ SBĚRU INFORMACÍ BPS VÍCOV	123
8.2	DOPORUČENÍ AUTOMATIZACE PROCESŮ BPS VÍCOV	124
8.3	DOPORUČENÍ SBĚRU INFORMACÍ BPS PĚČÍN	124
8.4	DOPORUČENÍ AUTOMATIZACE PROCESŮ BPS PĚČÍN	124
9	ZÁVĚRY DATOVÉ ANALÝZY	126

9.1	ZÁVĚRY K BPS PĚČÍN	126
9.2	ZÁVĚRY K BPS VÍCOV	128
10	HLAVNÍ SMĚRY BUDOUCÍHO VÝZKUMU A VÝVOJE SOFTWARE PRO ŘÍZENÍ A EKONOMIKU BPS.....	130
	ZÁVĚR	133
	CONCLUSION	135
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	137
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	142
	SEZNAM OBRÁZKŮ	143
	SEZNAM TABULEK.....	146
	SEZNAM GRAFŮ	147

ÚVOD

Téma diplomové práce jsem si vybral zejména proto, že využití energie z obnovitelných zdrojů považuji za významný budoucí směr ve vývoji lidstva.

V dnešní době je vysoká poptávka po elektrické energii. Jedním ze způsobů pokrytí je výroba z obnovitelných zdrojů. Jednou z možností je využití bioplynových stanic, které vzniklý bioplyn z energeticky využitelných zdrojů spalují v kogenerační jednotce a vytváří tak elektrickou energii a teplo. Takto vzniklá elektrická energie je prodávána do distribuční sítě a vzniklé teplo je z části využito k ohřevu fermentačních nádrží nebo slouží pro vytápění okolních budov.

Bioplynové stanice neslouží pouze k výrobě elektrické energie a tepla, ale také mohou vzniklý bioplyn upravit na kvalitu zemního plynu a prodávat jej do plynárenských sítí nebo jako palivo pro pohon automobilů.

Tato diplomová práce byla zaměřena na zpracování literární rešerše na téma bioplynových stanic. Dále jsou zde uvedeny technologické možnosti při výstavbě bioplynových stanic, popis procesu anaerobní digesce, obecné úvahy o umístění, hrozící nebezpečí na BPS, druhy dávkování, typy fermentace, povinnosti obsluhy, přehled výkupních cen z obnovitelných zdrojů energie v České republice a výtěžnost bioplynu z různých vstupních surovin. Závěr teoretické části tvoří přehled volně dostupného softwaru k odhadu výtěžnosti bioplynu a ekonomického zhodnocení provozu zemědělských bioplynových stanic.

Praktická část je zaměřena na technologický rozbor bioplynové stanice ve Vícově a v Pěčíně včetně vstupních investic. Dále je z předaných dat provedeno statistické vyhodnocení obou bioplynových stanic a jejich srovnání. Součástí je i přehled řídicích softwarů používaných na BPS ve Vícově i v Pěčíně včetně zhodnocení jejich kladů a nedostatků.

V závěru praktické části jsou navržena doporučení ke sběru informací a automatizaci procesů na těchto stanicích. V další části jsou stanoveny závěry na základě technologické a datové analýzy. V poslední části je představen návrh budoucího výzkumu a vývoje softwaru v oblasti řízení bioplynových stanic a ekonomického zhodnocení celého provozu.

Cílem této diplomové práce je seznámit čtenáře s problematikou a možnostmi bioplynových stanic včetně srovnání dvou reálných bioplynových stanic ve Vícově a

v Pěčíně, představení řídicích softwarů, doporučení k rozšíření sběru informací a automatizace procesů, stanovení závěrů z datové analýzy a návrh budoucího výzkumu a vývoje řídicího softwaru bioplynových stanic.

I. TEORETICKÁ ČÁST

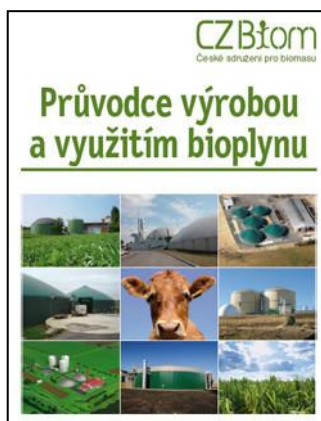
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

1.1 Knihy

Při psaní diplomové práce bylo nejvíce využito následujících třech knižních publikací, které jsou snadno dostupné, přehledné a psané v českém jazyce.

1.1.1 Průvodce výrobou a využitím bioplynu

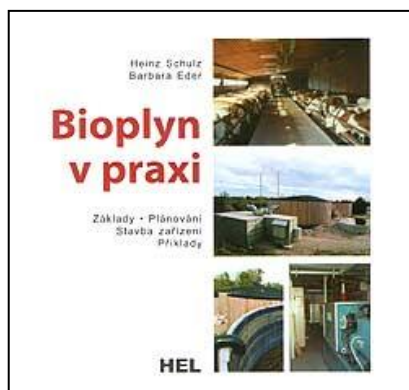
Kniha seznamuje čtenáře se základy anaerobní fermentace, možnostmi pro zařízení na výrobu bioplynu a jeho čištění, metody a druhy fermentace, popis vstupních surovin, možnosti kogenerace a způsoby využití bioplynu, využití zbytků a výstupních produktů bioplynové stanice. [2]



Obr. 1: Průvodce výrobou a využitím bioplynu

1.1.2 Bioplyn v praxi

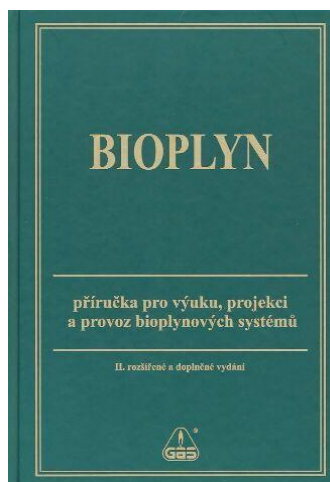
Kniha je především zaměřena na zemědělské BPS. Zabývá se procesy, které probíhají při výrobě bioplynu z biomasy. Popisuje základní bioplynové techniky, průběh bioplynového procesu, technologii výrobních procesů, možnosti skladování, využití bioplynu a vyhnílé biomasy. Je zde popsána příprava stavby, náklady a její hospodárnost včetně uvedení příkladů a výpočtů. Kniha také uvádí příklady kofermentace nejrůznějších přísad, hygienizační a vedlejší účinky. V závěru je uvedeno několik praktických příkladů bioplynových stanic a jejich stručný popis. [9]



Obr. 2: Bioplyn v praxi

1.1.3 Bioplyn

Kniha je vhodná jako učební materiál pro výuku, projekci a také všem příznivcům informací z oblasti bioplynu. Seznamuje čtenáře s principy tvorby bioplynu, chemickým složením a fyzikálně chemickými vlastnostmi bioplynu. Obsahuje návody pro výpočty, vzorce, jejich odvození a použití v praxi. Druhá polovina knihy je zaměřena na reaktorové bioplyny, skládkové bioplyny, životní prostředí a bioplyn. Závěrečnou kapitolu tvoří seznam doporučené české i zahraniční literatury. [16]



Obr. 3: Bioplyn

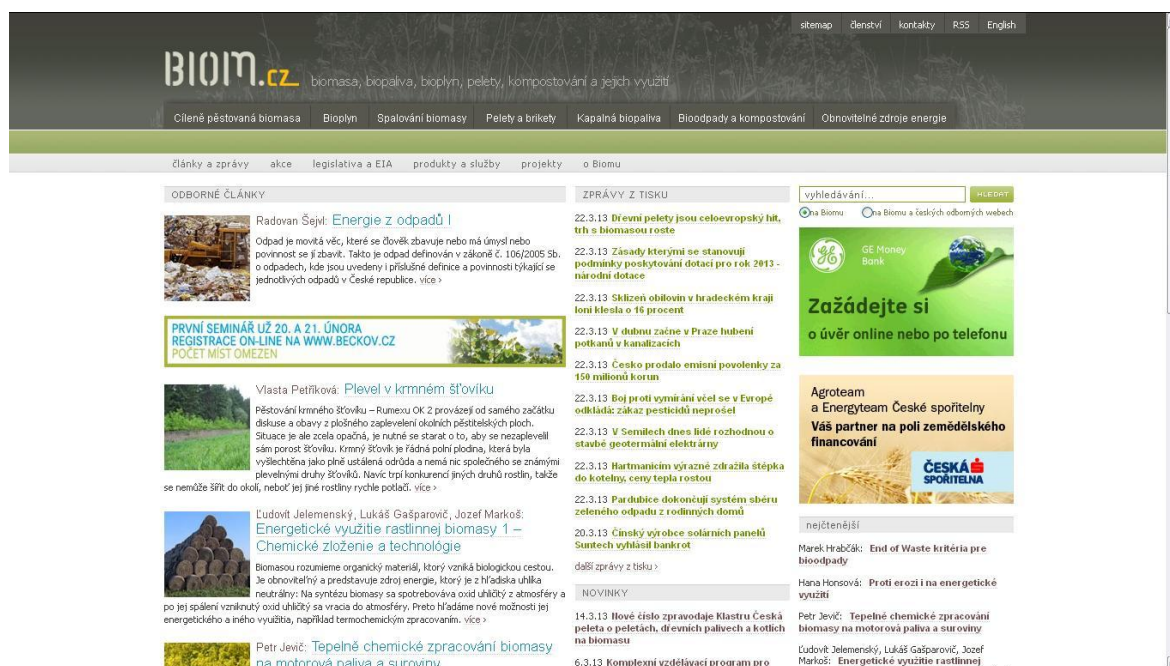
Mezi další odbornou literaturu patří například: [33] [34]

1.2 Internet

Mezi nejnavštěvovanější internetové zdroje v oblasti bioplynu patří webové stránky organizace CZ BIOM. Více informací o webových stránkách obsahuje následující podkapitola.

1.2.1 CZ Biom

Internetové stránky neziskové organizace **CZ Biom** jsou dostupné na adrese [10]. Jejich cílem je podpora, rozvoj a využívání biomasy jako obnovitelných zdrojů surovin. Jde především o sekce kompostárenství, výrobci dřevní biomasy, kapalná biopaliva, bioplyn a fytoenergetika. Organizace vydává odborný a informační časopis BIOM. Vychází jako čtvrtletník vždy každý 15. den v měsíci březnu, červnu, září a prosinci. Informuje o činnosti CZ Biomu a novinkách v oblasti obnovitelných zdrojů energie – biomase. Časopis je k dostání i v elektronické podobě. [14]



Obr. 4: Úvodní stránka webu BIOM.CZ

Další webové stránky, které propaguje organizace CZ BIOM, jsou dostupné na [15]. Nachází se zde přehled aktivit sdružení na českém i mezinárodním poli, možnosti nabídky produktů, služeb, členství a kontaktů na sdružení a jejich zastupující členy.



Obr. 5: Úvodní stránka webu CZBIOM

Dalšími důležitými informačními zdroji v oblasti internetu jsou například: [35] [36] [37] [38] [39] [40]

1.3 Zahraniční články

Články popsané v této podkapitole jsou dostupné z webu WoS (Web of Science), ke kterým má Univerzita Tomáše Bati přístup. Pod klíčovým slovem **biogas** bylo vyhledáno velké množství vědeckých článků. Vybrané články jsou považovány za klíčové na základě doporučení biotechnologa.

Optimalizace anaerobní digesce ze zemědělských zdrojů

Tento článek shrnuje aktuální optimalizační techniky spojené s anaerobní digescí a navrhuje oblasti, kde by bylo možné dosáhnout zlepšení. Zejména v oblasti konstrukce reaktoru, typu reaktoru, výkonu, doby míchání a zachování aktivní mikrobiální biomasy uvnitř reaktoru. Také optimalizace podmínek prostředí ve fermentoru jako je teplota, pH, pufrovací schopnost a koncentrace mastných kyselin. Byl zkoumán potenciál výroby metanu z různých zemědělských zdrojů surovin, jako je komunální tuhý odpad, biomasa a ovocné a zeleninové odpady. [24]

Výtěžek metanu z různých druhů energetických plodin

Článek je zaměřen na optimalizaci anaerobní digesce energetických plodin. Při výzkumu byly zkoumány následující aspekty: vhodnost různých druhů plodin a odrůd, optimální čas

sklizně, zvláštní výnos metanu a výnos metanu na hektar. V projektu bylo porovnáváno 7 druhů kukuřice, 2 druhy pšenice ozimé, 2 druhy tritikale, jeden druh zimního žita, 2 odrůdy slunečnice a 6 druhů travních porostů. Nejvyššího výnosu metanu $7500 - 10200 \text{ m}^3$ na jeden hektar bylo dosaženo u kukuřice. Obiloviny dosahovaly výnosu metanu v rozmezí $3200 - 4500 \text{ m}^3$ na hektar. U slunečnice byl zřetelný rozdíl ve výnosu metanu dle typu odrůdy. Hodnota výtěžnosti plynu je v rozmezí $2600 - 4550 \text{ m}^3$ na jeden hektar. U travního porostu se dosahuje výtěžnosti přibližně $2700 - 3500 \text{ m}^3$ na hektar. [25]

Model pH a výtěžek bioplynu z komunálního odpadu

V článku je představen matematický model, který simuluje optimální pH pro proces anaerobní digesce organického podílu tuhého komunálního odpadu. Tento model byl vyvinut na základě mikrobiálního růstu kinetiky a rozdělen do tří procesů. Proces hydrolyzy substrátů pomocí hydrolytických bakterií, spotřeba rozpustného substrátu pomocí acidogenních bakterií a spotřeba acetátu a tvorba metanu pomocí metanogenních bakterií. V této studii byla použita materiálová vyváženost a chemická rovnováha kapalné fáze. K ověření modelu byly provedeny série experimentů. Výsledky modelu simulace přibližně souhlasily s experimentálními daty při různých teplotách. Experimenty při různých teplotách a s celkem pevnými koncentracemi byly provozovány pod optimální hodnotou pH, kterou předpovídá model. Tento model měl úspěch v podobě zvyšující se produkce metanu, když kumulativní produkce metanu měla průměrný přírůstek o 35% při optimálním pH za různých teplot a s celkem pevnými koncentracemi. [26]

Vliv složení odpadu na výtěžek metanu

Existuje celosvětově zvyšující se poptávka po energeticky využitelných plodinách a zvířecích hnojivech pro výrobu bioplynu. Tento výzkumný projekt byl zaměřen na optimalizaci anaerobní digesce kukuřice a hnojiva mléčného skotu. Produkce metanu byla měřena po dobu 60 dnů v jednolitrových eudiometrech při teplotě $38,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Hnůj získaný od dojníc se střední doживostí, které byly krmeny vyváženou stravou, měl nejvyšší specifickou produkci metanu $166,3 \text{ Nl CH}_4$ na kilogram těkavých látek. Bylo zjištěno, že pozdně zrající odrůdy kukuřice vyprodukují více biomasy než středně nebo brzo zrající odrůdy. Výtěžek metanu klesal, když se plodina blížila plné zralosti. Maximální výnos metanu na hektar od pozdně zrajících odrůd kukuřice byl v rozmezí $7100 - 9000 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4$ na hektar. Časně a středně zrající odrůdy mají výtěžek metanu v rozmezí $5300 - 8500 \text{ Nm}^3$ na hektar, pokud byly pěstovány v příznivých regionech. Nejvyšší výnos metanu na hektar

byl dosažen při digesci celých kukuřičných plodin. Digescí samotných kukuřičných zrn nebo namíchaných kukuřičných klasů se projevilo ve snížení výtěžku metanu na hektar na 70%, respektive na 43%. Z experimentálních digescí s vícenásobnou lineární regresní rovnicí byl odvozen model energetické hodnoty metanu, který odhaduje produkci metanu ze složení kukuřice. Je to užitečný nástroj pro optimalizaci produkce bioplynu z energetických plodin. Model vyžaduje další ověřování a zlepšování. [27]

Mezi další využívané články z oblasti výtěžnosti metanu patří: [28] [29] [30]

1.4 Zhodnocení řešerše

Za nejdůležitější považují zmíněné publikace. Obsahují obecné seznámení s problematikou, chodem a možnostmi bioplynových stanic. Knihy obsahují patřičné obrázky a tabulky k danému tématu.

Jako další cenný zdroj informací jsou bezpochyby internetové stránky organizace CZ Biom včetně časopisu BIOM. Jedná se o největší českou databázi zaměřenou na obnovitelné zdroje energie.

Mezi bibliografické a citační databáze patří webové stránky Web of Knowledge (WoK), které fungují jako rozhraní do databází Web of Science (WoS) a Journal Citation Index (JCI). Obsahují abstrakty, citace, vědecké práce z oblasti živé a neživé přírody, společenské a sociálně ekonomické vědy a techniku. Databáze jsou uživatelům přístupné po zakoupení licence. [21] [22]

2 BIOPLYNOVÁ STANICE

Bioplynová stanice (BPS) je technologické zařízení, které zpracovává biomasu prostřednictvím řízeného procesu anaerobní digesce. Základním produktem anaerobní digesce je bioplyn, který je dále využíván např. jako palivo pro kogenerační jednotku.

2.1 Obecné úvahy o umístění

Nalezení optimálního místa pro vybudování zařízení na výrobu elektrické energie je složitý úkol, který zahrnuje mnohé environmentální, ekonomické a sociální omezení a faktory. Pro posuzování lokalit je potřeba vzít v úvahu několik faktorů. Těmi jsou podle [23]:

- **Suroviny a doprava** – místní dodávky surovin musí být k dispozici, aby náklady na dopravu a dopad na životní prostředí měl pozitivní energetickou bilanci
- **Silnice** – přístupnost silničních cest pro import a export produktů
- **Nadměrné teplo a elektřina** – potenciální využití pro prodej
- **Distribuční sítě** – vhodné umístění může ušetřit čas i peníze za náklady na připojení do sítě. Hodnota elektřiny je posílena tím, že minimalizuje ztráty při přenosu elektrické energie v síti.
- **Dostatek místa** – pro vstupní suroviny, skladování a šíření digestátu na farmě
- **Krajná označení** – v místech, která jsou označena jako chráněná krajinná oblast nebo národní parky, nebude pravděpodobně uděleno stavební povolení
- **Technologie** – velikost vyhnívací nádrže ovlivní výběr místa. Velikost fermentoru závisí na délce doby zdržení
- **Dopad na sousedy** – cílené pěstování biomasy je možné jen v určitých lokalitách. Je třeba zvážit hlučnost dopravní techniky, zápach a dopravní dopady na místní obyvatele.

Studie ve Velké Británii analyzovala důvody místních odpůrců k rozvoji bioplynových elektráren. Mezi vyjádřené obavy patří:

- Nevhodné umístění BPS v blízkosti místních obyvatel
- Emise skleníkových plynů a vodní páry
- Nepříjemný zápach
- Emise světla v noci
- Vibrace a hluk z elektrárny

- Strach z ohrožení veřejného zdraví
- Zvýšení dopravní zátěže, hluk vozidel, dopravní nehodovost
- Strach z negativních dopadů na ekosystémy a vodní prostředí
- Negativní účinek na lokální systém počasí
- Vizuální efekty vyplývající z výšky komínů a jiných staveb
- Negativní vliv na cestovní ruch a podnikání
- Negativní vliv na ceny nemovitostí
- Nevýznamné snížení nezaměstnanosti místních obyvatel

Projektanti a soukromí investoři by měli vzít všechny tyto obecné úvahy na vědomí při plánování nové bioplynové stanice.

2.2 Rozdělení bioplynových stanic

Podle typu biomasy rozlišujeme tři typy stanic [3]:

- **Zemědělské** – jejich vstupy jsou pouze ze zemědělské prvovýroby, zejména statková hnojiva (kejda, hnůj apod.) a cíleně pěstované plodiny (např. kukuřice) k energetickému využití [18]



Obr. 6: Zemědělská bioplynová stanice Agrico

- **Průmyslové** (kofermentační) – zpracovávají výhradně nebo v určitém podílu rizikové vstupy, např. jateční odpady, kaly ze specifických provozů, tuky, masokostní moučku, krev z jatek apod. Důležité je zvolit pečlivou technologii zpracování a je potřeba dodržovat přísné hygienické podmínky pro nakládání s vedlejšími živočišnými produkty. [19]



Obr. 7: Průmyslová BPS Žďár nad Sázavou

- **Komunální** – jsou speciálně zaměřeny na zpracování komunálních bioodpadů, zejména z údržby zeleně, vytríděných bioodpadů z domácností, restaurací a jídelen. [20]



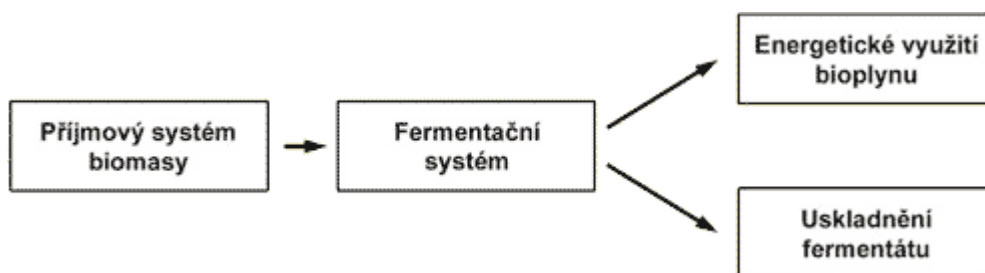
Obr. 8: Komunální BPS Velký Karlov

2.3 Struktura bioplynové stanice

Mezi základní prvky BPS patří čtyři stavebně-technologické celky. Jsou to: příjmový systém biomasy, fermentační systém, energetické využití bioplynu a uskladnění fermentátu.

- **Příjmový systém biomasy** – slouží k přípravě čerstvého substrátu před vstupem do fermentoru.
- **Fermentační systém** – jedná se o částečně zapuštěné, nadzemní nebo podzemní stavby, ve kterých dochází k anaerobnímu vyhnívání.
- **Uskladňovací systém** – digestát, který zůstane po anaerobní digestaci, je potřeba vhodně skladovat. K tomu slouží koncový sklad, ze kterého se digestát odčerpává do cisteren a vyváží na zemědělské pozemky, kde slouží jako hnojivo.

- **Využití bioplynu** – v ČR se bioplyn hojně využívá ke spalování v kogenerační jednotce, která vyrábí elektrickou energii a teplo. Mnohem výhodnější je však bioplyn vyčistit a prodávat do plynárenské sítě (efektivnější přeměna energie, zachování energie v čase - uskladnění). Bohužel díky české legislativě je tato metoda nepraktikována. V sousedním Německu však ano. Dále je možné využít bioplyn pro pohon dopravní techniky a osobních automobilů nebo pro výrobu tepla v teplovodních sítích. [5]



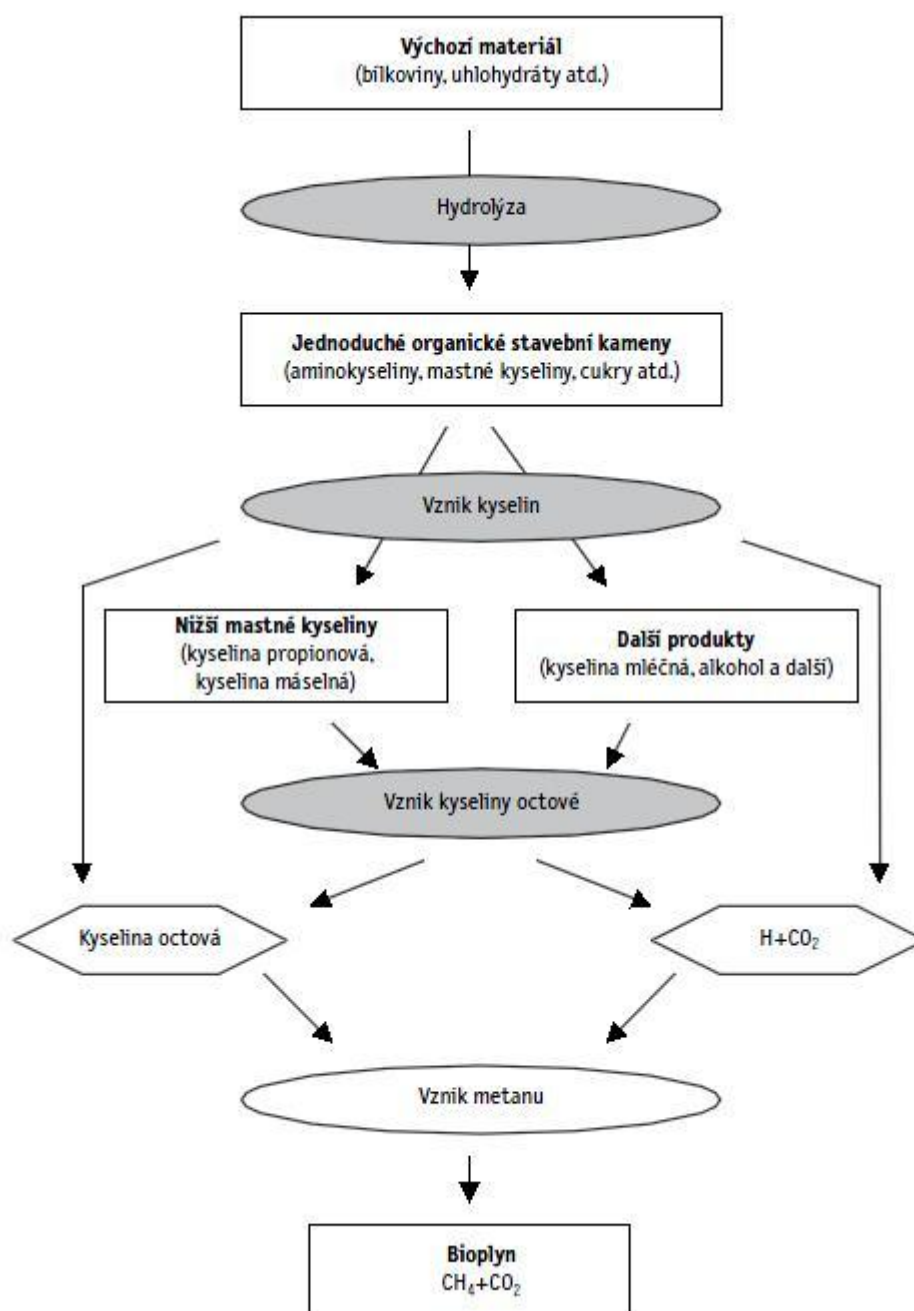
Obr. 9: Blokové schéma BPS

2.4 Anaerobní digesce

Je souborem procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Konečnými produkty jsou biologicky stabilizované substráty s vysokým hnojivým účinkem (digestát) a plyny (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S). Anaerobní (metanová) fermentace je soubor několika dílčích, na sebe navazujících procesů, na kterých se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem skupiny druhé, a proto výpadek jedné skupiny může způsobovat poruchy v celém systému. [1]

Proces můžeme rozdělit do 4 fází:

- **Hydrolýza** – rozkládá komplexní sloučeniny výchozího materiálu (polysacharidy, bílkoviny, tuky) na jednodušší organické sloučeniny (aminokyseliny, monosacharidy, mastné kyseliny)
- **Acidogeneze** – rozkládá produkty hydrolýzy na jednodušší organické látky (kyseliny, alkoholy, CO_2 , H_2)
- **Acetogeneze** – dochází k dalšímu rozkladu látek na CO_2 , H_2 a kyselinu octovou ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)
- **Metanogeneze** - závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká metan - CH_4 , tento krok provádějí metanogenní bakterie [1], [2, s. 13]



Obr. 10: Anaerobní rozklad

Ke správnému průběhu anaerobní digesce je potřeba zajistit vhodné podmínky pro život mikroorganismů. Mezi ně patří: striktně anaerobní prostředí, optimální pH, stálá teplota a vhodné složení substrátu. Naopak mezi nepříznivé složky ovlivňující biologický proces patří přítomnost inhibujících a toxických látek. [4]

Teplota výrazně ovlivňuje interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Chemické reakce probíhají rychleji, pokud je teplota okolí vyšší. Anaerobní procesy dělíme podle optimální teploty na **psychrofilní** (10 - 20°C), **mezofilní** (30 - 40°C), **termofilní** (45 -

60°C) a **extrémně termofilní** (nad 60°C). K udržení stability je nutné zabezpečit konstantní teplotu. Nedodržení může vést k úplné havárii procesu.

Optimální růst bakterií pro jednotlivé procesní stupně závisí také na hodnotě pH. Pro hydrolyzující a acidogenní bakterie je vhodná hodnota pH v rozmezí 4,5 - 6,3. Hodnoty pH od 6,8 - 7,5 jsou vhodné pro acetogenní a metanogenní bakterie.

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. Tím dochází ke zpomalení rozkladného procesu. [1], [2, s. 18]

Tab. 1: Látky omezující fermentaci a jejich škodlivé koncentrace

Tlumicí látka	Koncentrace
Sodík	Mezi 6-30 g/l (v adaptovaných kulturách až k 60 g/l)
Draslík	Od 3 g/l
Vápník	Od 2,8 g/l CaCl_2
Hořčík	Od 2,4 g/l MgCl_2
Čpavek	2,7-10 g/l
Síra	Od 50 g/l H_2S , 100 mg/ S^{2-} , 160 mg/l NaS (v adaptovaných kulturách až k 600 mg/l Na_2S a 1000 mg/l H_2S)
Těžké kovy	<u>Jako volné ionty:</u> Od 10 mg/l Ni, od 40 mg/l Cu, od 130 mg/l Cr, od 340 mg/l Pb, od 400 mg/l Zn <u>V karbonátech:</u> Od 160 mg/l Zn, od 170 mg/l Cu, od 180 mg/l Cd, od 530 mg/l Cr^{3+} , od 1750 mg/l Fe. Těžké kovy mohou být přes sulfidy vysráženy a neutralizovány
Mastné kyseliny	Iso-mléčná kyselina brzdí proces již od 50 mg/l

2.5 Míchání a doba zdržení

Mezi nejdůležitější technologické faktory patří míchání a doba zdržení. Obsah reaktoru musí být dobře promícháván, aby došlo k co nejrychlejšímu a nejdokonalejšímu kontaktu mikroorganismů se substrátem. K dosažení potřebné účinnosti rozkladu je nezbytné znát dobu zdržení, aby nedocházelo k vyplavování potřebných mikroorganismů. Přitom platí, že čím hůře je rozložitelný daný substrát, tím je generační doba příslušných bakterií delší. [1]

Dobu zdržení je možné vypočítat pomocí vztahu:

—

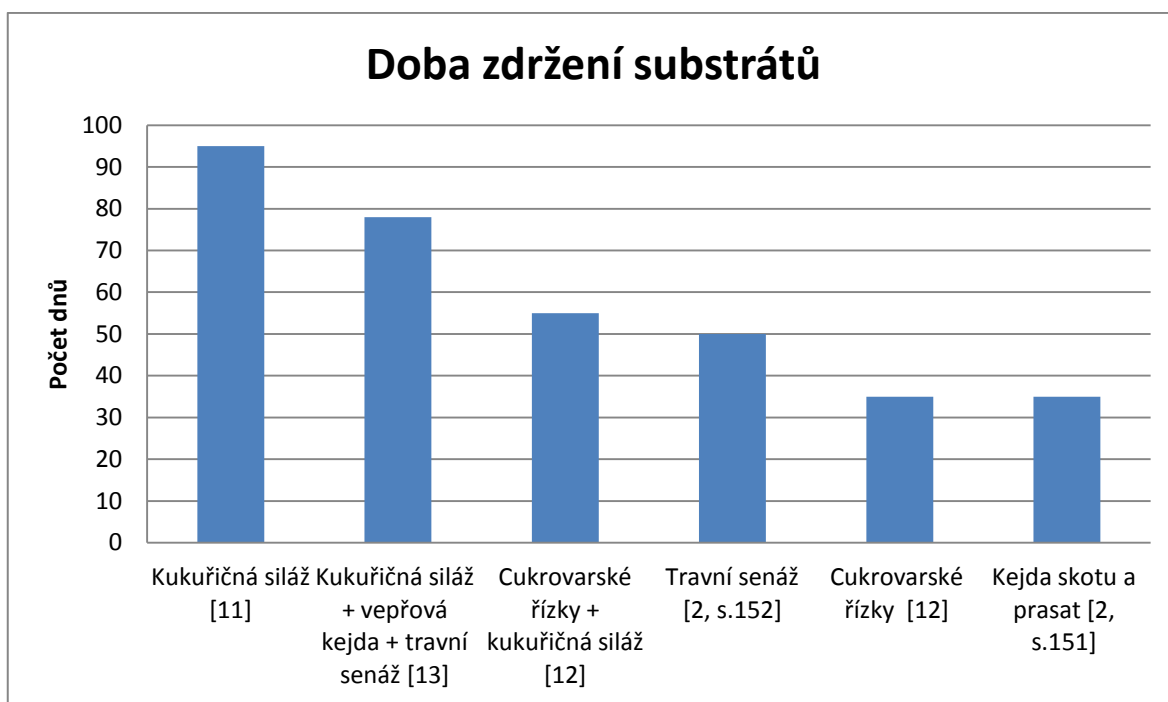
Kde:

V_r – objem reaktoru

V – přivedené množství substrátu

HRT – hydraulická doba prodlevy (hydraulic retention time) [2, s. 20]

Tímto vztahem se vypočítá pouze matematická hodnota, nikoliv však skutečná doba zdržení. Ta závisí na dalších okolnostech, jako je teplota uvnitř fermentoru, jednostupňový nebo vícestupňový proces a druh substrátu.



Graf 1: Doba zdržení jednotlivých druhů substrátu

Graf ukazuje výběr informačních zdrojů, které uvádí dobu zdržení substrátů. Na grafu lze vidět, že kukuřičná siláž má dobu zdržení nejdelší. To je způsobeno tím, že kukuřičná siláž má největší podíl organické sušiny z porovnávaných vzorků. Naopak nejmenší podíl organické sušiny obsahují cukrovarské řízky a kejda skotu a prasat. Jednotlivé doby zdržení jsou orientační. Každá bioplynová stanice má vlastní způsob zpracování.

2.6 Druhy dávkování

Podle dávkování substrátu rozlišujeme tři způsoby:

- **Kontinuální** – jde o plynulý přísun čerstvého substrátu do fermentoru
- **Semikontinuální** – jedná se o postupné dávkování substrátu do reaktoru v průběhu dne v součtu odpovídající denní vsázce
- **Diskontinuální** – dochází k úplnému zaplnění fermentoru čerstvým substrátem. Ten v nádrži zůstane po určitou dobu, aniž by se přidával substrát nový. Po dosažení doby prodlevy je fermentor vyprázdněn a opět znovu naplněn čerstvým substrátem.

2.7 Mokrý a suchá fermentace

Podle obsahu sušiny dělíme bioplynové technologie na dvě základní skupiny:

2.7.1 Mokrý fermentace

Zpracovává substráty s obsahem sušiny <12%. Tato technologie je většinou využívána u zemědělských bioplynových stanic.

Výhody mokré fermentace:

- Možnost zpracovávat tekuté materiály
- Dobře zvládnutý a ověřený proces
- Stálá produkce bioplynu
- Homogenita výstupního digestátu
- S aktivním materiálem se pracuje výhradně v uzavřeném systému

Nevýhody:

- Nutnost zabezpečení stálého přísunu substrátu
- Náročná předúprava bioodpadů
- Produkce velkého množství kapalného výstupního digestátu [6]

2.7.2 Suchá fermentace

Zpracovává substráty s obsahem sušiny 30 – 35%. Většinou se jedná o mezofilní anaerobní proces s rozsahem reakčních teplot 32 - 38°C. Hodnota pH se pohybuje v rozmezí 6,5 - 7,5. [5]

Výhody suché fermentace:

- Možnost pracovat se vstupní hmotou obsahující příměsi (hlína, cizorodé předměty)
- Materiál ze separovaného sběru biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) není třeba v některých aplikacích vůbec upravovat (doporučuje se hrubé drcení)
- Nízká spotřeba elektrické energie
- Nižší nároky na obsluhu

Nevýhody:

- Nižší účinnost rozkladu oproti mokré fermentaci
- Nutnost otevřené manipulace s bioodpadem při naskladnění a vyskladnění
- Výkyvy produkce bioplynu ve startovní fázi procesu
- Není vhodná pro bioodpady vyžadující hygienizaci (kuchyňský odpad, jateční odpad) a pro materiály kapalné konzistence [6]

2.7.3 Srovnání mokré a suché fermentace

Metoda suché fermentace je vhodná zejména tam, kde není k dispozici kejda nebo jiný základní kapalný substrát. Probíhá především ve fermentorech garážového typu, který se přibližně jednou za 28 dní vyprazdňuje. Plnění tedy probíhá diskontinuálně.

Mokrá fermentace probíhá ve velkoobjemových uzavřených nádobách, které jsou promíchávány, ředěny a vyhřívány na určitou teplotu. To přináší větší finanční zátěž na provoz, údržbu a servis zařízení. Fermentory mohou být horizontální, vertikální nebo případně v kombinaci.

2.8 Bioplyn a jeho kvalita

Bioplyn je směsice plynů, která se skládá z oxidu uhličitého (CO_2), metanu (CH_4), vodních par a rozličných stopových prvků (Tab. 2). Obsah metanu, který je pro nás nejdůležitější, záleží na pěti faktorech, jako je obsah vody v substrátu, fermentační teplota, doba zdržení, předzpracování substrátu a jeho stupeň rozkladu. [2, s. 22]

Tab. 2: Průměrné složení bioplynu

Podíl	Koncentrace
Metan (CH₄)	50 – 70 % objem.
Oxid uhličitý (CO₂)	25 – 45 % objem.
Voda (H₂O)	2 – 7 % objem. (20 – 40°C)
Sírovodík (H₂S)	20 – 20000 ppm
Dusík (N₂)	< 2% objem.
Kyslík (O₂)	< 2% objem.
Vodík (H₂)	2% objem.
Čpavek (NH₃)	< 1% objem.

2.9 Hrozící nebezpečí na BPS

Bioplynové stanice jsou zdrojem nebezpečí. Již samotné nadýchání se bioplynu může způsobit udušení nebo smrtelnou otravu. Jeho vůně připomíná zápach zkažených vajec.

Bioplyn smíchaný se vzduchem může za určitých okolností vytvořit výbušnou směsici za předpokladu, že podíl bioplynu ve vzduchu tvoří 6 – 12 % a teplota zápalného zdroje je vyšší než 700 °C. Při podílu bioplynu ve směsi se vzduchem vyšším než 12 % vzniká nebezpečí požáru. [9, s. 84]

Nebezpečí úrazu hrozí u elektrických zařízení, pohyblivých částí strojů, horké části KGJ nebo výměníků tepla. Dalšími zdroji úrazu jsou pády při pohybu na žebřících nebo do nezakrytých jímek.

2.10 Povinnosti obsluhy

Mezi základní povinnosti obsluhy patří:

- Vizuální kontrola celého zařízení bioplynové stanice.
- Údržba zařízení v provozuschopném, bezpečném stavu.
- Údržba funkčnosti plynového zařízení, kontrola stavu a ověřování funkce zabezpečovacího systému plynového zařízení.

- Zjišťování netěsností plynového zařízení, přítomnost škodlivin v obestavěných prostorech.
- Udržovat pořádek ve strojovně a dalších místnostech.
- Dbát, aby se ve strojovně nezdržovaly nepovolané osoby.
- Provádět všechny předepsané kontroly a údržby zařízení.
- Neprodleně oznámit svému nadřízenému poruchu, závadu nebo neobvyklý jev při provozu zařízení a při nebezpečí z prodlení ihned odstavit obsluhované zařízení z provozu.
- Vést provozní deník plynového zařízení a zapisovat všechny požadované údaje bioplynového zařízení.
- Provádět obsluhu a kontrolu zařízení dle návodu výrobce.

2.11 Použitá technologie

Technologie použité při budování BPS se různí. Je třeba ke každé stanici přistupovat individuálně a zvolit tak nejvhodnější armaturu k řízení a provozu BPS.

2.11.1 Čerpadla

Čerpadla jsou nutná pro pohon hydraulických míchadel a pro překonání výškových rozdílů.

Odštědivá (rotační) čerpadla – jsou robustní, konstrukčně jednoduchá a vhodná především pro dopravu řídkých substrátů. Tlak se maximálně pohybuje od 4 – 20 bar. Výkon čerpadla se pohybuje od 2 – 6 m³/min, při příkonu od 3 – 15 kWh.

- **Břítová čerpadla** – jde o zvláštní formu rotačních čerpadel, které dokážou rozsekat vláknité látky v kejdě (sláma, zbytky krmiva).

Objemová (plunžrová) čerpadla – slouží především pro dopravu kejdy s vysokým obsahem sušiny.

- **Šneková čerpadla** – jsou citlivá na přítomnost cizích těles, vláknitých látek a na chod na sucho. Mohou nasávat z hloubky až 8,5 m a vyrábět tlak až 24 barů.
- **Čerpadla s rotujícími písty** – využívají se především u zkapalněných a rozmělněných tuhých substrátů. Výkon čerpadla kolísá mezi 0,5 – 4 m³/min při hnacím výkonu od 7,7 – 55 kWh. Maximální tlak se pohybuje mezi 2 – 10 bary. [9, s. 50]

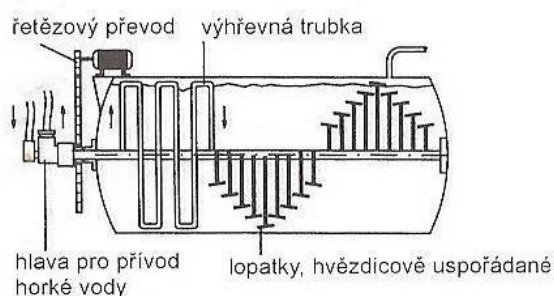
2.11.2 Míchadla

Míchání ve fermentorech probíhá zpravidla několikrát denně. Jde především o to, aby bylo dosaženo smíchání čerstvého substrátu s již vyhnívajícím substrátem, aby teplota ve fermentorech byla co nejrovnoměrněji rozložena, bránila ve vzniku usazenin a vedla ke zlepšení látkové výměny bakterií.

Mechanická míchadla

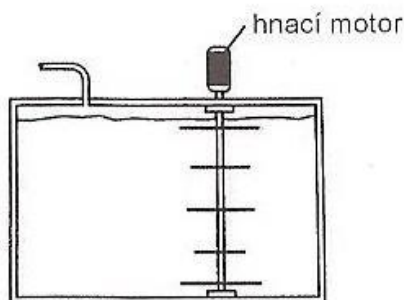
U bioplynových stanic rozlišujeme dva druhy mechanických míchadel. Pomaluběžné míchačky a rychlé kompaktní vrtule a mixéry.

- **Mechanická lopatková míchadla** – využívají se především v horizontálních cisternových fermentorech. Uvnitř fermentoru nevyvolávají žádné významné proudění, protože působí na substrát ve vertikální rovině. Míchadla jsou vhodná i pro substráty o obsahu sušiny až 20% a s vysokým podílem vláknitých látek. [9, s. 53]



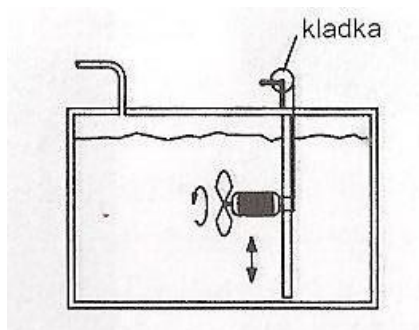
Obr. 11: Lopatkové míchadlo

- **Mlýnová míchadla** – pracují ve svislé rovině, a proto nejsou příliš účinným nástrojem k odstranění a vzniku usazenin. Z tohoto důvodu se dnes již moc nevyužívají. [9, s. 54]



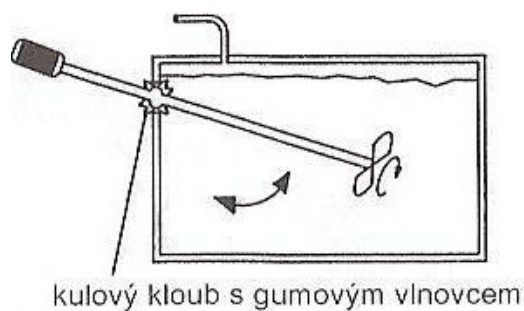
Obr. 12: Mechanické míchadlo

- **Ponorná motorová vrtulová míchadla** – se prosadila především u vertikálních fermentorů, jejichž průměr je větší než jejich výška a objem činí přibližně 1000 m³. Dle typu postavení nádrže vyrábí vrtule horizontální nebo vertikální proudění. Nastavení výšky vrtule vede k odstraňování usazenin a plovoucího příkrovu. Jsou vhodná pro substráty do maximální teploty 40 °C. Při vyšší teplotě zde dochází k nedostatečnému chlazení. [9, s. 54]



Obr. 13: Ponorné vrtulové míchadlo

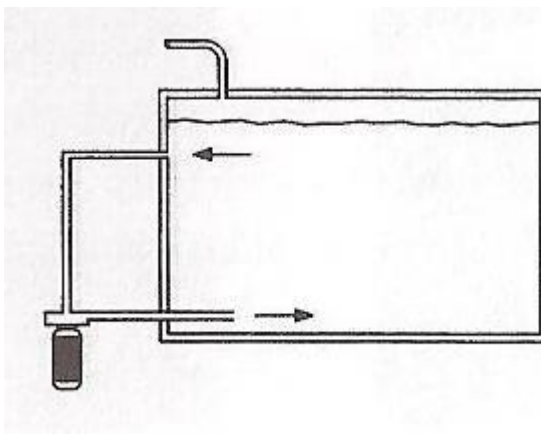
- **Otočné tyčové mixéry** – jsou do nádrže přivedeny stropem nebo boční stěnou. Jsou vhodné i pro míchání substrátů s teplotou nad 40 °C. Tyčové mixéry je možno dovybavit řezačkou k rozmělnění vláknitých látek. [9, s. 55]



Obr. 14: Tyčový mixér, otočný

Hydraulická míchadla

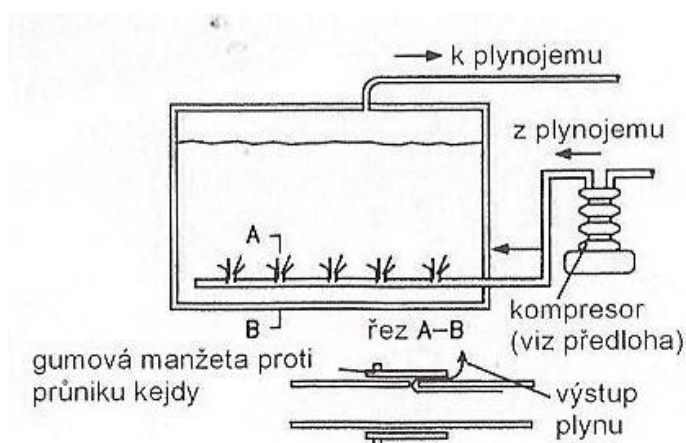
Jsou vhodná především na řídké substráty, kde nedochází k vytváření plovoucích příkrovů a usazenin. K promíchávání substrátu slouží míchací trysky, které je možné natáčet ve vodorovném i svislém směru.



Obr. 15: Hydraulická cirkulace

Pneumatická míchadla

Promíchávají substrát vtlačováním bioplynu do potrubí s tryskami, které je uloženo ve spodní části fermentoru. Bubliny, vznikající při výstupu z potrubí, promíchávají substrát ve vertikální rovině. [9, s. 57]



Obr. 16: Pneumatické vtlačování bioplynu

2.11.3 Kogenerační jednotka

Jedná se o zařízení, které spalováním paliva vyrábí současně teplo a elektrickou energii. Zbytkové teplo je využito k vytápění a tím je zvýšena celková účinnost zařízení. Kogenerační jednotky (KGJ) lze rozdělit na dva druhy.

Zážehové plynové (Ottovy) motory

U Ottových motorů je výhradním palivem bioplyn. Avšak v případě nouzového provozu jsou schopny pracovat na kapalný plyn (benzin). Generální oprava těchto typů motorů se

provádí po 60 000 hodinách provozu. Životnost takovéto KGJ se předpokládá přibližně na 200 000 provozních hodin. [8]

Vznětové motory se vstříkem zapalovacího oleje

Jde o diesellové motory se zápalným vstříkem. Jako základní palivo je použit bioplyn a doplňkové palivo pro zážeh a inicializaci je použita motorová nafta nebo lehký topný olej. U vznětových motorů je generální oprava přibližně po 40 000 hodinách provozu. [8]

Srovnání druhů motorů shrnuje následující tabulka. [9, s. 78]

Tab. 3: Typické znaky různých motorů a způsobů spalování pro bioplyn

	Konstrukční typ motoru a způsob spalování		
Údaj	Benzinový motor: plynový zážehový (Ottův) způsob	Dieselmotor: plynový zážehový (Ottův) způsob	Dieselmotor: zažehnutí vznětem vstříknutého oleje
Cena	Nízká	Velmi vysoká	Vysoká
Celková účinnost	75 – 80 %	80 – 90 %	75 – 85 %
Životnost	Nízká	Střední	Střední
Hlučnost	Střední	Silná	Silná
Saze ve spalinách	-	-	Vyskytují se
Údržba	Náročná	Nenáročná	Náročná
Spotřeba zapalovacího oleje	-	-	10 – 30 %
Náhradní palivo při výpadku bioplynu	Kapalný plyn (benzin)	Kapalný plyn	Topný olej, motorová nafta (rostlinný olej)

2.11.4 Typy plynojemů

U BPS je velikost plynojemů dána výší objemu vyrobeného bioplynu a průběhem spotřeby. Bioplynové zásobníky se dělí na tři druhy podle provozního tlaku, které znázorňuje následující tabulka. [9, s. 65]

Tab. 4: Typy plynojemů, jejich provedení, velikost a tlakové stupně

Tlakový stupeň	Provedení	Provozní tlak	Obvyklá velikost [m ³]
Nízký tlak	Plynojem s vodním uzávěrem	20 – 50 mbar	5 – 200
	Nádrže s fóliovým poklopem, fóliové plynojemy	0,05 – 0,5 mbar	10 – 2000
Střední tlak	Ocelové nádrže	5 – 20 bar	1 – 100
Vysoký tlak	Ocelové lahve	200 – 300 bar	0,1 – 0,5

2.11.5 Ohřev

Bioplynové stanice jsou uměle vytápěny, aby se udržela žádoucí teplotní úroveň a tím se vyrovnaly tepelné ztráty, způsobené únikem tepla do okolí. Ohřev substrátu je zpravidla zahříván pomocí výměníků tepla nebo cirkulací teplé vody.

- **Externí výměníky** – výměna tepla probíhá mimo fermentor. V praxi se osvědčily dva druhy výměníků tepla. Prvním typem je výměník s dvojitými trubkami. Ve vnitřní trubce protéká kejda a vnější trubkou protéká chladicí nebo ohřívací voda. Kejda a voda jsou čerpány teplonosnými zařízeními proti sobě. Druhým typem je spirálový výměník. U tohoto druhu výměníku je možné používat kejdu jako topné nebo chladicí médium. Jsou nenáročné na údržbu a nenáchylné k ucívání. Známkou kvality je především dlouhá životnost při vysokém výkonu a nízkých tlakových ztrátách. [9, s. 58]
- **Podlahové vytápění** – u tohoto typu výměny tepla se přečerpává pouze horká voda, která proudí plastovým potrubím v podlahové desce a tím ohřívá substrát ve fermentoru. [9, s. 58]
- **Stěnové vytápění** – u tohoto druhu vytápění existují dvě varianty provedení. V prvním případě jsou nejčastěji trubky ze síťovaného polyetylénu zality do stěny nádrže. V druhém případě jsou vyhřívací trubky umístěny v určité vzdálenosti od vnitřní stěny fermentoru. Je nezbytné, aby trubky byly stále omývány substrátem a nedocházelo tak ke vzniku mrtvých zón, ve kterých nedochází k výměně tepla. V obou případech je ohřívacím médiem horká voda. [9, s. 58]
- **Topení na hřídeli míchačky** – je vhodné především u horizontálních cisternových nádrží s lopatkovým míchadlem. V místě, kde do nádrže přitéká kejda, je místo

lopatky ocelové potrubí, kterým protéká horká voda. Při otáčení míchadla dochází k dobrému přestupu tepla. [9, s. 58]

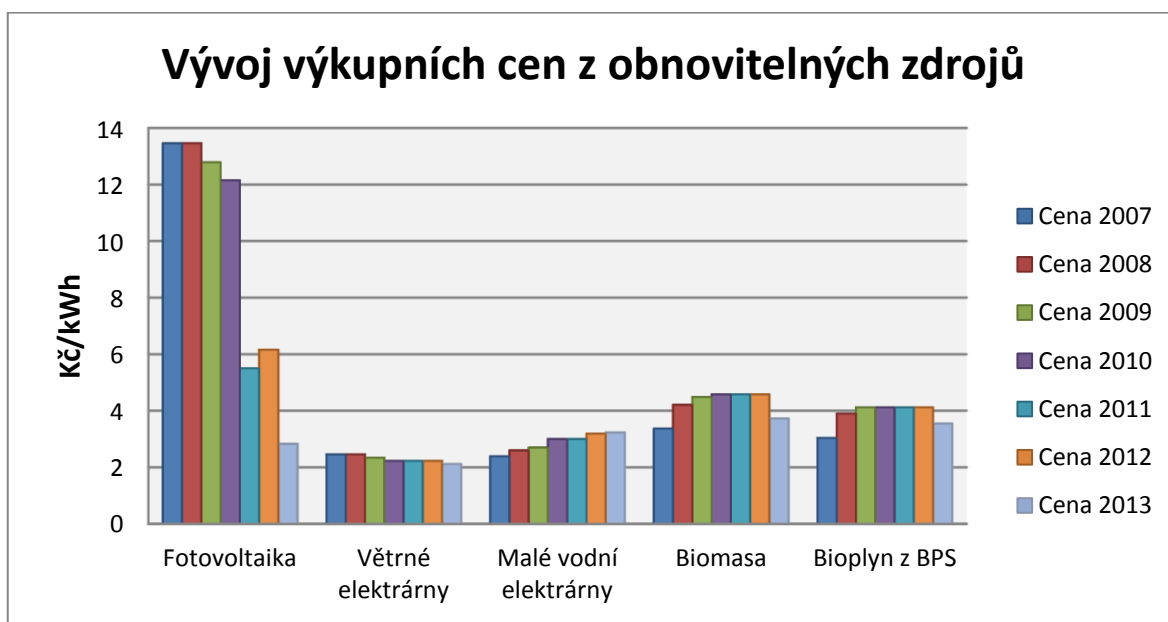
2.11.6 Přípravné nádrže, krmný vůz

Do přípravných nádrží je přivedena kejda ze stájí a odtud je přečerpávána v určitých časových intervalech do fermentoru. Zpravidla jednou až dvakrát denně. Nádrž by měla mít takový objem, aby byla schopna pojmout kejdu a hnůj za 1 až 2 dny. Musí být utěsněna proti úniku kejdy.

Stacionární krmné vozy jsou běžnou součástí zemědělských bioplynových stanic. Zpravidla jsou naskladněny 24 hodin dopředu. Dávkování do fermentoru je plně automatizováno a probíhá v přesně daných intervalech.

2.12 Přehled výkupních cen z obnovitelných zdrojů energie

V grafu jsou znázorněny výkupní ceny z obnovitelných zdrojů energie v ČR.

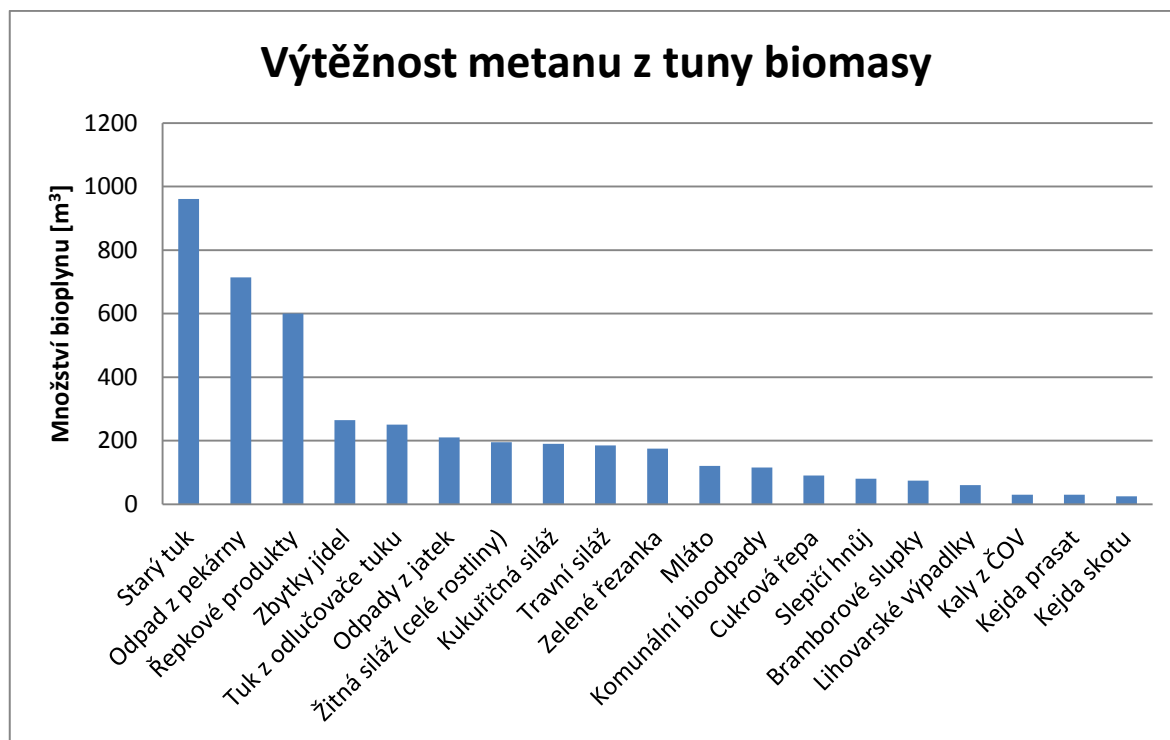


Graf 2: Přehled výkupních cen z OZE

Graf představuje přehled výkupních cen z jednotlivých obnovitelných zdrojů energie v letech 2007 – 2013. [41]

2.13 Přehled výtěžnosti bioplynu z různých druhů vstupních surovin

Graf představuje teoretickou výtěžnost bioplynu z různých druhů vstupních surovin. Výtěžnost bioplynu je závislá na kvalitě vstupní suroviny, teplotě, době zdržení, pH a použité technologii ke zpracování. [44]



Graf 3: Výtěžnost metanu z tuny biomasy

3 SOFTWARE ZAMĚŘENÝ NA EKONOMIKU BPS

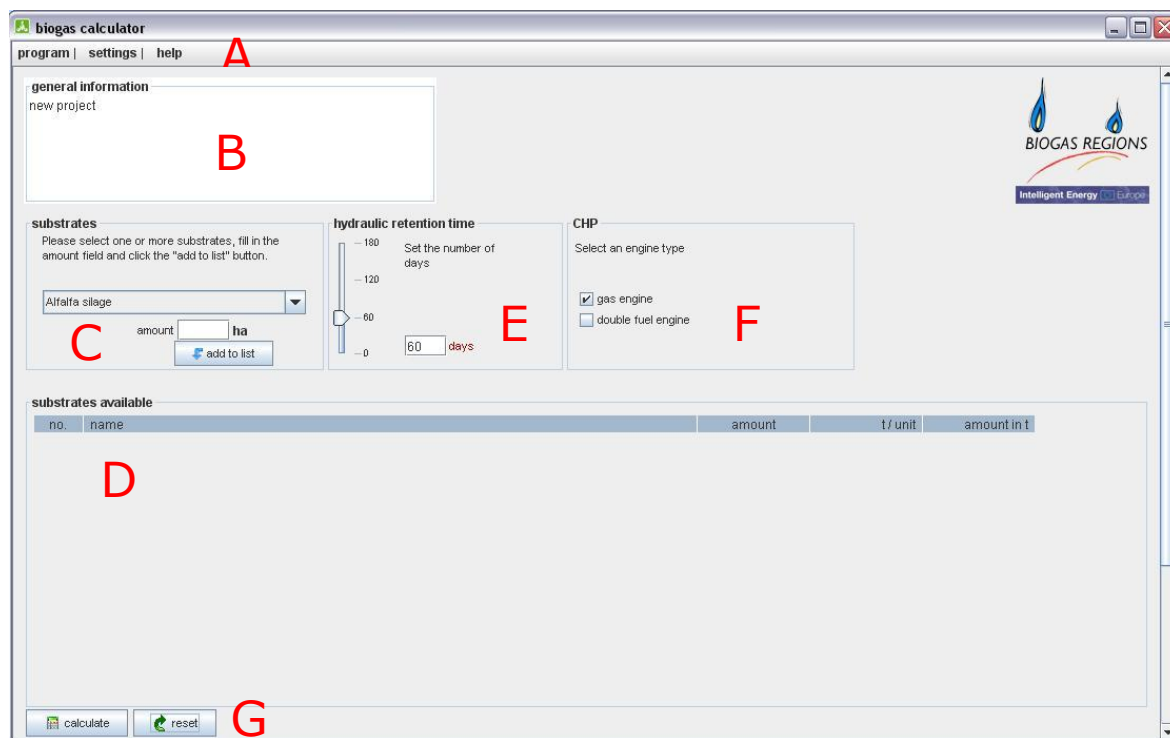
Tato kapitola popisuje software vhodný k ekonomickému zhodnocení návrhu a provozu BPS.

3.1 Biogas Calculator

Jde o ekonomický nástroj pro odhad potencionální produkce bioplynu. Kalkulačka obsahuje řadu proměnlivých nastavení (náklady, substráty, typ motoru), které umožňují upravit nastavení pro různé regiony. Samotné výsledky je pak možno exportovat do aplikace MS Excel. Popis aplikace byl proveden na verzi 1,0 2009.

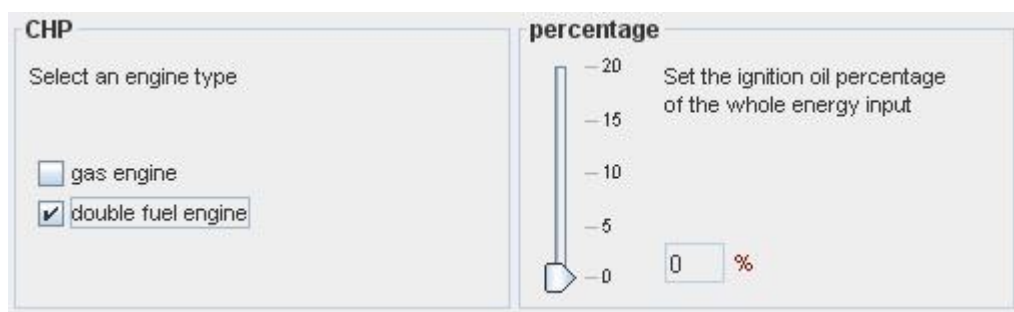
3.1.1 Popis aplikace

Po prvním spuštění aplikace se zobrazí dialogové okno pro výběr jazyka a následně se otevře hlavní okno programu. V hlavní liště se nachází záložky **program**, **settings** a **help** (**A**). Pod nimi je okno **general information**, které slouží k poznámkám o projektu (**B**). Okno **substrates** slouží k výběru jednoho nebo více substrátů. Pro úspěšné přidání substrátu je potřeba zadat jeho množství (**C**). Tlačítkem **add to list** je substrát přidán. Ten se následně zobrazí v okně **substrates available** (**D**). V okně **hydraulic retention time** se zvolí počet dnů zdržení substrátu (**E**). Okno **CHP** umožňuje zvolit typ motoru. První volbou je plynový motor a druhou volbou je motor na dvojí druh paliva (**F**).



Obr. 17: Hlavní okno programu Biogas Calculator

Po zvolení poslední jmenované volby bylo zobrazeno nové okno s názvem **percentage** a zvoleno množství vstříkovaného paliva.

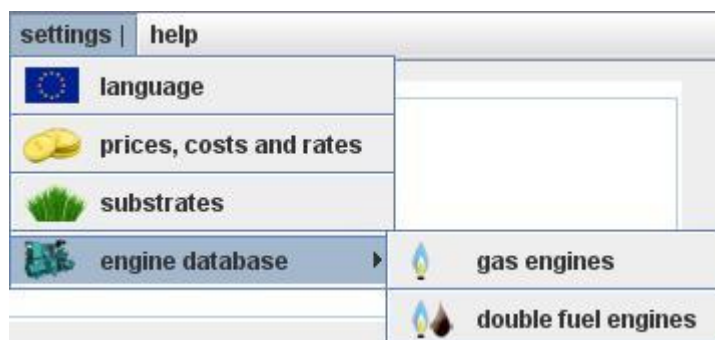


Obr. 18: Nastavení množství vstříkovacího paliva

Tlačítko **calculate** (G) provede ekonomický výpočet a tlačítko **reset** (G) odstraní přidané substráty.

Záložka **program** obsahuje možnosti restartování aplikace (F5) a její ukončení.

Další záložka **settings** nabízí možnost volby jazyka programu (angličtina, němčina, francouzština, italština, španělština, polština, slovinština a belgická francouzština), ceny, náklady a sazby, substráty a druh motoru.



Obr. 19: Záložka settings

Před samotným zahájením výpočtu je nezbytné upravit v záložce **prices, costs and rates** ceny elektřiny, náklady, úrokové sazby, prodejní cenu, investiční náklady aj. Uložení parametrů se provede stisknutím tlačítka **save**.

costs		
electricity price:	15,50	ct/kWh
oil price:	50,00	ct/l
bring out costs:	3,00	€/t
labour costs:	15,00	€/h
working hours:	4,00	h/d
maintenance, repair:	2,00	%
maintenance CHP:	1,00	ct/kWh (el)

selling prices		
electricity:	25,67	ct/kWh
heat:	5,00	ct/kWh
fertiliser value:	10,00	€/t N

investment costs		
interest rate:	6,50	%
insurance:	0,50	%

other		
electricity demand BGP:	5,00	%
allowed kg/N per ha:	170,00	kg

save cancel

Obr. 20: Záložka prices, cost and rates

Záložka **settings - substrates** obsahuje databázi 88 substrátů. Nové záznamy je možno přidat pomocí tlačítka **new**. Staré podklady mohou být aktualizovány nebo vymazány z databáze. Je důležité po vyplnění všech údajů stisknout tlačítko **save**. Pokud nejsou vyplněna všechna pole, záznam nebude možno uložit. Změny se projeví až po restartování aplikace (**F5**).

Tab. 5: Popis jednotlivých záznamů záložky substrates

Název řádku	Význam
Name	Název substrátu
Recordset number	Číslo určuje program podle množství záznamů v databázi
Unit	Výběr jednotky (tuna, hektar, dobytčí jednotka)
t / unit	Kolik tun obsahuje jednotka (např. 1 ha vojtěšky obsahuje 30 t materiálu)
DM % FM	Procento sušiny z čerstvého materiálu
Organic DM % FM	Procento organické sušiny z čerstvého materiálu
m ³ CH ₄ / t organic DM	Množství metanu z tuny organické sušiny
Methane content %	Obsah metanu
Cost € / unit	Náklady na jednotku
N [kg/t]	Hodnota dusíku na tunu

The screenshot shows a software window titled 'database'. Inside, there is a section labeled 'substrates'. Below this label is a form with the following fields and values:

Field	Value
name	Alfalfa silage
recordset number	1
unit	ha
t / unit	30,00
DM % FM	35,00
organic DM % FM	30,00
m ³ CH ₄ / t organic DM	290,00
methane content %	56,00
costs € / unit	700,00
N [kg/t]	7,00

At the bottom of the form, there are navigation buttons (back, forward, search, etc.) and a 'save' button with a floppy disk icon.

Obr. 21: Databáze substrátů

V záložce **settings – engine database** se nastaví parametry motoru. Obdobně jako v záložce **substrate** pomocí tlačítka **new** je možno přidat do databáze záznam o motoru a tlačítkem **delete** jej odstranit. Pro úspěšné uložení pomocí tlačítka **save** je potřeba vyplnit všechny položky. Restartováním aplikace (**F5**) je provedena aktualizace údajů v databázi.

Tab. 6: Popis jednotlivých záznamů záložky engines

Název řádku	Význam
Recordset number	Číslo určuje program podle množství záznamů v databázi
Power	Výkon v kW
Average	Průměrné náklady na instalovaný výkon kW

The screenshot shows a software window titled 'database'. Inside, there's a section labeled 'gas engines'. Below this label, there are three input fields with corresponding values: 'recordset number' with '1', 'power [kW]' with '40', and 'avarage cost per installed kW [€]' with '3000'. At the bottom of the window, there are navigation buttons (left and right arrows), a save button (floppy disk icon), and a close button (red X icon).

Obr. 22: Databáze motorů

Poslední záložkou je volba **help**. Ta obsahuje volbu nápovědy, vyloučení odpovědnosti a informace o programu.

Po přidání položek substrátů do seznamu, nastavení doby zdržení a výběru druhu motoru je možno provést požadovaný výpočet tlačítkem **calculate**. Výsledné zpracování je na následujícím obrázku. V okně **CHP efficiency (A)** se nastaví elektrická a tepelná účinnost motoru pro přesnější výpočet. Program umožňuje exportovat vypočtená data do programu Excel.

program | settings | help

general information

new project

CHP efficiency

A

electrical 43 %

thermal 40 %

initial data

date: 27/03/2013

total weight of the material: 38 747,00t

engine type: gas engine

engine power: 0kW

digester size and storage demand

digester:

hydraulic retention time [days]: 90

required working digester volume [m³]: **9 554,05**

volume load [kg org. DM/m²d]: 3,35

DM content of input mix: 31,48%

required storage volume:

total input [t/a]: 38 747,00

mass loss (1,25 kg/m² BGP) [t]: -9 170,03

balance [t/a]: 29 576,97

Volume for 6 month storage: 14 788,49

required storage volume [m³]: **14 788,49**

Required area for land spreading [ha]: 549

(allowed kg/N per ha: 170, mass loss: 20%)

energy production

electrical efficiency: $\eta_{el}=43\%$

total electricity production [kWh]: 16 587 198,00

electricity demand BGP [kWh] 5%: 829 359,94

electricity sales [kWh]: **16 587 198,00**

thermal energy: $\eta_{th}=40\%$

total heat production [kWh]: 15 429 951,00

heat demand BGP [kWh] 20%: -3 085 990,00

Surplus heat [kWh]: **12 343 961,00**

investment costs

total core biogas plant: 0,00€

running costs:

depreciation period (10 years): 0,00€

interest 1/2 (6,50%): 0,00€

maintenance, repair (2,00%): 0,00€

maintenance CHP (1,00€/kWh): 165 871,98€

insurance (0,50%): 0,00€

labour costs (4.0h/d): 21 900,00€

substrate costs: 892 600,00€

costs ignition oil: 0,00€

total costst: **1 080 372,00€**

gas utilisation

biogas amount [m³/a]: 7 336 020,50

methane content [%]: 52,58%

methane amount [m³]: 3 857 488,25

methane energy content [kW]: 38 574 884,00

continuous power output biogas [kW]: 1894

resulting full load hours [h/a]: ∞

[h/d]: ∞

corresponding load (CHP): ∞%

energy sales

income from electricity sales

income from electricity sales: 4 257 934,00€

electricity demand BGP: -128 550,79€

total income electricity sales: **4 129 383,25€**

income

total income electricity sales: 4 129 383,25€

thermal energy: 617 198,06€

fertiliser value (10,00€/t N): 1166,44€

total income: **4 747 748,00€**

annual income: **3 667 376,00€**

back export to excel

Obr. 23: Výsledný výpočet ekonomického provozu

3.1.2 Výhody

- Jednoduché a přehledné prostředí
- Možnost přidávání a úprava dat do databáze substrátů a motorů

3.1.3 Nevýhody

- Program se nerozvíjí a neaktualizuje
- Nepodporuje českou lokalizaci

3.2 Ekonomika bioplynových stanic (2008)

Jedná se o expresní internetový systém, který slouží k podpoře rozhodování o budoucích investicích a k simulování ekonomiky zemědělských bioplynových stanic.

3.2.1 Popis aplikace

Aplikace pracuje s daty, které jsou uloženy v databázi na serveru. Lze přidat nový druh biomasy nebo upravit hodnoty předem definovaných substrátů. Zadávání údajů se skládá

ze tří kroků. Prvním z nich je zadání množství a vlastností zpracovávaných materiálů. Druhým krokem je zadání způsobu využití produktů a třetím krokem je zadání způsobu financování investice. Do aplikace je možno vstoupit bez přihlášení. Má to však nevýhodu v tom, že data vložená uživatelem nejsou trvale uložena na serveru a nejsou tak k dispozici pro pozdější návrat do aplikace. Aplikace je dostupná na webu [17].



Obr. 24: Úvodní stránka projektu Ekonomika bioplynových stanic

3.2.2 První krok

Po vstupu do aplikace je zobrazen krátký popis s postupem při zadávání údajů a tabulka substrátů. Ta obsahuje název vstupního materiálu, roční množství substrátu v tunách a možnost upravit vstupní hodnoty materiálu. K dispozici je 47 předem připravených substrátů se základními vlastnostmi, důležitými pro anaerobní digestci. Stisknutím tlačítka **Upravit** lze měnit jednotlivé vlastnosti substrátů a v případě potřeby vytvořit substrát nový. Po zadání všech potřebných dat je pod tabulkou tlačítko **Odeslat**, které odešle data na server a zároveň slouží jako odkaz k dalšímu kroku.

Technologie a ekonomika bioplynové stanice

Zadejte roční množství vstupních materiálů v tunách. Materiály je možné vybrat z databáze vstupních materiálů. V databázi má každý materiál přednastavené základní vlastnosti důležité pro proces anaerobní digesce. Tyto vlastnosti lze libovolně měnit dle potřeb uživatele stisknutím tlačítka "Upravit" v příslušném řádku. Tímto způsobem je možné zadat i nový materiál, který databáze neobsahuje (změnou názvu a vlastností materiálu po stisknutí tlačítka "Upravit"). Složení vstupního substrátu by však pro zdárný průběh procesu mělo odpovídat alespoň základním požadavkům - základní kritéria pro složení vstupních substrátů naleznete [zde](#). Po zadání množství vstupních materiálů, popř. změně vlastností zvolených materiálů, stiskněte tlačítko "Odeslat".

Vstupní materiál	Roční množství v tunách		
Bioodpady vytríděné	0	tun	<input type="button" value="Upravit-1"/>
Brambory	0	tun	<input type="button" value="Upravit-2"/>
Brambory nat'	0	tun	<input type="button" value="Upravit-3"/>
Chlévská mrva - koně	0	tun	<input type="button" value="Upravit-4"/>
Chlévská mrva - ovce	0	tun	<input type="button" value="Upravit-5"/>
Chlévská mrva - skot	0	tun	<input type="button" value="Upravit-6"/>
Cukrovarské řízky	0	tun	<input type="button" value="Upravit-7"/>
Cukrová řepa - chrást, siláž	0	tun	<input type="button" value="Upravit-8"/>
Cukrová řepa siláž	0	tun	<input type="button" value="Upravit-9"/>
Glycerol	0	tun	<input type="button" value="Upravit-10"/>
Jateční odpady	0	tun	<input type="button" value="Upravit-11"/>

Obr. 25: Náhled prvního kroku

3.2.3 Druhý krok

Druhý krok se skládá ze tří částí využívání produktů bioplynové stanice. První způsob je **využití produkce elektrické energie**. Tabulka obsahuje na výběr garantovanou cenu do sítě nebo tržní cenu včetně zeleného bonusu. Hodnota ročního množství prodeje se udává v procentech a sazba se uvádí v korunách za megawatt hodinu. Možnosti není možné kombinovat.

Druhým způsobem je možnost **využití tepelné energie**. Tabulka obsahuje možnosti vlastního využití a prodej tepla. Hodnota je udávána v procentech a cena v českých korunách za megawatt hodinu. V tomto případě je možno sazby kombinovat a nesmí přesáhnout 100% produkce.

Třetí způsob zohledňuje možnosti **využití produkce digestátu**. Tabulka nabízí tři způsoby využití digestátu. Jedná se o vlastní využití, prodej digestátu a likvidace digestátu. Poslední uvedená možnost má zápornou hodnotu, protože jde o poplatek za likvidaci přebytečného digestátu. Roční množství je zadáváno v metrech krychlových a sazba v korunách za metr krychlový.

Před odesláním dat na server je zde možnost volby separátoru digestátu. Jeho hodnota je **ano/ne**.

Stisknutím tlačítka **odeslat** přejdeme k poslednímu kroku.

Využití produkce el. energie - odhad je 3192420 kWh ročně tj. 9121 kWh denně

Druh sazby	Roční množství v procentech		Sazba	
Garantovaná cena do sítě	0	%		Kč/MWh
Tržní cena včetně zeleného bonusu	100	%	4400	Kč/MWh

U využití tepelné energie je možné zadat zužitkování libovolného podílu vyprodukovaného tepla od 0 do 100%. V tomto případě je možné obě sazby kombinovat, pouze celkové množství nesmí přesáhnout 100% produkce. Je tedy možné nastavit např. 50% tepla využitého pro vlastní spotřebu a 50% prodeje za jinou sazbu. Názvy obou sazeb i jejich přednastavené hodnoty jsou v tomto případě pouze orientační a lze jimi simulovat i prodej dvěma různým subjektům za různé ceny.

Využití produkce tepelné energie - odhad je 1802430 kWh ročně tj. 5150 kWh denně

Způsob využití	Roční množství v procentech		Sazba	
Vlastní využití	100	%	700	Kč/MWh
Prodej tepla	0	%	1000	Kč/MWh

U využití digestátu je možné opět libovolně kombinovat všechny tři sazby, množství se však zadává v m³ a je třeba zadat využití veškerého digestátu (součet množství u všech sazeb musí být roven zobrazenému odhadu produkce). Názvy obou prvních sazeb jsou stejné jako u tepla pouze orientační a mohou simulovat prodej dvěma různým subjektům za různé ceny. Třetí sazba "Likvidace digestátu" však má zápornou hodnotu a jde tedy o poplatek za likvidaci přebytečného digestátu. Je možné zadat i 100% produkce digestátu k likvidaci, když pro tento není možné najít žádné využití.

Využití produkce digestátu - odhad je 30448 m³ ročně tj. 87 tun denně

Způsob využití	Roční množství v m ³		Sazba	
Vlastní využití	30448	m ³	0	Kč/m ³
Prodej digestátu	0	m ³	50	Kč/m ³
Likvidace digestátu	0	m ³	200	Kč/m ³

Separátor digestátu slouží k jeho odvodnění a zvyšuje ekonomické zhodnocení digestátu.

Chcete separátor digestátu? ☐ ano ☒ ne

Odeslat

Obr. 26: Náhled druhého kroku

3.2.4 Třetí krok

Poslední krok zhodnocuje **způsob financování BPS**. V tabulce je na výběr možnost financování v podobě dotace nebo úvěru. Oba způsoby se zadávají v procentech z celkových investičních nákladů. Pokud financování nedosáhne 100%, systém bere automaticky dopočet do 100% jako financování z vlastních zdrojů. Tlačítko **odeslat** zobrazí výsledný výstup ekonomiky bioplynové stanice a zrekapituluje i zadané vstupní parametry.

Pod tabulkami jsou umístěna tlačítka pro tisk, změnu parametrů a uložení modelu.

Ekonomika bioplynové stanice

Způsob financování	Investiční náklady	Jednotka
Investiční náklady - stavba	12 105 963	Kč
Investiční náklady - technologie	28 247 247	Kč
Investiční náklady - celkem	40 353 210	Kč
z toho - dotace	20 176 605	Kč
z toho - úvěr	18 158 945	Kč
z toho - vlastní kapitál	2 017 660	Kč
Druh nákladů	Fixní náklady	Jednotka
Odpisy - stavba	201 766	Kč
Odpisy - technologie	1 176 969	Kč
Zúročení investičního kapitálu	726 358	Kč
Ostatní fixní náklady	201 766	Kč
Fixní náklady celkem	2 306 859	Kč
Druh nákladů	Variabilní náklady	Jednotka
Materiálové vstupy	6 649 990	Kč
Energie	746 534	Kč
Obsluha	707 200	Kč
Opravy a udržování	1 190 420	Kč
Ostatní variabilní náklady	0	Kč
Variabilní náklady celkem	9 294 144	Kč
CELKOVÉ NÁKLADY	11 601 003	Kč

Druh produkce	Množství produkce	Jednotka	Cena produkce	Jednotka
Produkce el. energie	3 192 420	kWh.rok ⁻¹	14 046 648	Kč
Produkce tepelné energie	1 802 430	kWh.rok ⁻¹	1 261 701	Kč
Produkce digestátu	30 448	t.rok ⁻¹	0	Kč

Ekonomické ukazatele	Velikost	Jednotka
Zisk	3 707 346	Kč.rok ⁻¹
Příspěvek na úhradu fixních nákladů	6 014 205	Kč.rok ⁻¹
Rentabilita celkových nákladů	32	%
Rentabilita variabilních nákladů	39.9	%
Prostá návratnost investice	6	rok

Obr. 27: Výsledné zhodnocení BPS

3.2.5 Výhody

- Úprava a vkládání vlastních dat
- Při přihlášení do aplikace se uživatel může vrátit ke svým datům

3.2.6 Nevýhody

- Časté výpadky internetových stránek, kde je aplikace umístěna

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 TECHNOLOGICKÝ ROZBOR BPS VÍCOV

Bioplynová stanice řeší problematiku zpracování statkových hnojiv, biomasy a jejich energetické využití. Řízenou anaerobní digestcí vzniká bioplyn, který je spalován v kogenerační jednotce a pomocí generátoru je přeměněn na elektrickou energii a teplo. Bioplynová stanice Vícov leží přibližně 15km západně od Prostějova. Výstavba byla realizována ve stávajícím zemědělském areálu jako novostavba. BPS byla uvedena do zkušebního provozu od 20.11.2012 do 31.7.2013.

Cílem BPS je výroba elektrické energie a tepla z obnovitelných zdrojů energie (OZE), zvýšení podílu OZE na výrobě elektřiny a tepla, snížení emisí CO_2 a CH_4 do ovzduší a výroba kvalitního hnojiva.



Obr. 28: Lokalita BPS Vícov

4.1 Výstavba BPS Vícov

Stavební práce na BPS Vícov byly zahájeny 27.7.2012 a jejich dokončení bylo 21.12.2012. Během stavebních prací nebyly zaznamenány žádné větší problémy. Následující obrázky zachycují průběh novostavby BPS Vícov.



Obr. 29: Základy fermentorů



Obr. 30: Výstavba fermentorů



Obr. 31: Výstavba budovy kogenerace



Obr. 32: Výměník tepla na výfukovém vedení

4.2 Stavební objekty

Následující technické vlastnosti byly čerpány z energetického auditu BPS Vícov.

4.2.1 Fermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu

Konstrukce: Železobetonová jímka, základová deska a stěny z vodotěsného železobetonu, vodotěsné provedení, po obvodu izolováno s rozvody tepla, zastropeno částečně železobetonovou monolitickou deskou (nad vnějším kruhem) a částečně nízkotlakým zásobníkem plynu – plynojem.

Druh technologie: Kruh v kruhu

Rozměry: $\varnothing_{\text{vnější}} = 32,6 \text{ m}$ (rozměr nádrže – bez zateplení)

$$\varnothing_{\text{vnitřní}} = 32 \text{ m}, h_i = 6 \text{ m}, h_{\text{účinná}} = 5,5 \text{ m}$$

$$\varnothing \text{ vnitřního fermentoru: } 18 \text{ m}$$

$$\varnothing \text{ plynojemu: } 14 \text{ m}$$

$$V_{\text{celkový:}} 4825 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{účinný:}} 4423 \text{ m}^3$$

Zastavěná plocha: 835 m^2

Objem plynového prostoru: fermentor1 + fermentor2 => 509 m^3

Materiál fólie: Horní fólie je z polyvinylchloridu (PVC) vyztužená tkaninou, spodní fólie je z vysoce elastického polyetylenu (PE)

Použitelné látky: Obnovitelné druhy surovin

Provedení: Míchadla, plnicí potrubí, odváděcí potrubí, nízkotlaký zásobník – plynojem

Parametry zásobníku plynu: průměr základny 16 m , výška $4,6 \text{ m}$, objem 273 m^3 , provozní tlak 2 mbar , pojistný tlak 3 mbar

Provozní doba: pondělí – neděle, 00:00 – 24:00, celoročně

Dvoustupňový fermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu a vstupním dávkovacím zařízením. Kruhy fermentoru jsou mezi sebou a koncovým skladem propojeny jak přepadovým potrubím, tak i tlakovým potrubím. Dopravuje-li se vstupní surovina do fermentoru, odtéká přepadovým potrubím digestát do koncového skladu. Vnitřní fermentor

je plynotěsně uzavřen kuželovitou folií (zásobníkem plynu). Plynojem je vybaven ukazatelem naplnění. Při výpadku motoru lze bioplyn skladovat v plynojem, než se aktivuje zařízení ke snížení přetlaku (fléra).

Fermentory jsou pro eliminaci plovoucích vrstev, pro homogenizaci substrátu a jeho míchání osazeny horizontálními a ponornými míchadly. K řízení teploty a procesu ve fermentorech jsou tyto osazeny teplovodním oběhovým topením. Nerezové potrubní topení je upevněno na vnitřní straně pláště vnějšího i vnitřního kruhu fermentoru. Veškeré stěnové prostupy jsou provedeny z nerezové oceli a plynotěsné.

Zásobník plynu (plynojem) je umístěný na střeše vnitřního kruhu fermentoru. Plynojem je krytý kuželovitou vnější folií. Pod touto folií je volně ložená folie, pod kterou je jímán vznikající bioplyn. Do prostoru mezi vnější krycí folií a vnitřní folií plynojem je vháněn dmychadlem vzduch, který udržuje vnější krycí folií stále napnutou, která tak drží tvar. Vnitřní folie se naplňuje podle momentálního množství vytvářeného bioplynu.



Obr. 33: Fermentor s nízkotlakým zásobníkem plynu a technický sklep

4.2.2 Vstupní dávkovací zařízení

Rozměry: délka 9 m, šířka 3 m, výška 3 m

Plocha pod dávkovačem: 9,7 x 3,7 m

Materiál: kovová konstrukce

BPS je vybavena dávkovacím zařízením na tuhou složku, sloužící k zásobování fermentoru nečerpateľnými surovinami v požadované kvalitě a skladbě. Je to kompaktní jednotka složená z nakládacího zásobníku, výtlačného čela a elektricky poháněného míchacího šneku. Suroviny se dopravují dopravními šneky do fermentoru. Zařízení je několikrát denně doplňováno v konkrétně stanovených časových intervalech. Zatížení je vybaveno elektronickou váhou, která je propojena s ovládáním ve velině budovy kogenerace. Dávkovací zařízení pro dvoustupňový fermentor je značky Fliegl PolyPro mit Rondomat o objemu $48 + 71 \text{ m}^3$. Dávkování kapalných vstupních surovin probíhá v pravidelných nastavených intervalech pomocí centrálního čerpadla bioplynové stanice, umístěného v technickém sklepe.



Obr. 34: Vstupní dávkovací zařízení

4.2.3 Sklad digestátu – stávající jímky

Skład digestátu tvoří tři ocelové kruhové Vítkovické nádrže o účinném objemu (3 x 1250 m³) a jedna železobetonová obdélníková nádrž (1 x 1600m³).



Obr. 35: Koncové sklady

4.2.4 Technický sklep – přečerpávací jednotka

Konstrukce: Zděné stěny z prefabrikovaných betonových tvárnic, část stěny využívá konstrukce jímky fermentoru. Zastřešeno dřevěným krovem a hydroizolační fólií.

Rozměry: délka 11,9 m; šířka 3 – 7 m;

Zastavěná plocha: 48,9 m²

V tomto prostoru je umístěna přečerpávací jednotka, která umožňuje přečerpávání substrátu mezi fermentory a stávajícími jímkami.



Obr. 36: Náhled do technického sklepa

4.2.5 Technická budova – kogenerace

Konstrukce: Zděná stavba se zastřešenou pultovou střechou. Zdivo tvoří prefabrikované tvárnice, zvuková izolace, vnitřní přízdívka z dutinových cihel.

Rozměry: délka 14 m; šířka 7,8 m

Zastavěná plocha: 109,2 m²

Výrobce motoru: MWM GmbH

Typ motoru: TCG 2016 V12 C

Počet motorů: 1

Provedení motoru: čtyřtakt bioplynový – Ottomotor

Počet válců: 12

Počet otáček: 1500 min

Tepelný výkon: 1 x 608 kW

Elektrický výkon: 1 x 600 kW

Palivo: bioplyn cca 268 Nm³/h (při výhřevnosti 19 MJ/Nm³, příkon v palivu 1413 kW)

Odvod spalin: 1 x výfuk, ocelová trubka s $\varnothing = 0,2$ m; $v = 10$ m

Provozní doba: celoročně, pondělí – neděle 0:00 – 24:00

Popis budovy:

Technická budova se skládá ze tří místností a půdního prostoru. V místnosti kogenerace je umístěn motor o výkonu 0,6 MWh. Výměna vzduchu je zajištěna mechanickým odvětráváním. Vzduch v prostoru je hlídán čidlem metanu. Pro nouzové vypnutí spalovacích motorů je v místnosti u vstupních dveří instalován nouzový vypínač bez samodržného zapojení.

V řídicí místnosti je umístěn hlavní rozvaděč BPS a jednotlivých technologických celků BPS. Je zde umístěna řídicí skříň agregátu, synchronizační skříň, skříň silových elektrorozvodů a terminál pro řízení a kontrolu.

Ve třetí místnosti se nachází sklad motorového oleje, který je přístupný samostatným vstupem z exteriéru.

V půdním prostoru jsou umístěny tlumiče hluku a výfukové vedení z kogenerační jednotky. Prostor je přirozeně odvětráván otvory ve zdi.



Obr. 37: Budova kogenerace

Popis motoru:

Bioplyn a vzduch v přesně dávkované směsi tvoří palivo pro spalovací motor, který pak pohání generátor na výrobu elektrické energie. Současně vzniká teplo, které je dále technologicky využíváno nebo v chladičích uvolňováno do ovzduší. Směs bioplynu a vzduchu přivedená do spalovacího prostoru motoru je na konci komprese zažehnuta zapalovací svíčkou. Motor je vybaven čidly pro řízení chodu a hlídání emisí. Regulace emisí bioplynového motoru je prováděna regulací směsi. Hlavními komponenty přípravy směsi před nasátím do uzavřené spalovací komory motoru jsou regulace množství plynu, difúzerový směšovač, škrticí klapka množství směsi a výměník tepla palivové směsi (chladicí směs). Generátor elektrické energie je nízkonapěťový trojfázový alternátor.

Ovládání kogenerační jednotky je automatické s ručním přednastavením parametrů. Obsluha každý den zkontroluje parametry a zapíše je do provozního deníku. Kogenerační jednotka dokáže svůj výkon automaticky regulovat dle nastavení ve třech výkonových stupních a to na základě údaje o tlaku plynu v plynojemu z čidla tlaku plynu. Reguluje tím tedy i spotřebu bioplynu.



Obr. 38: Kogenerační jednotka BPS Vícov

4.2.6 Chladicí zařízení

Umístění: Chladicí zařízení je umístěno na zpevněné ploše o rozměrech 6,5 x 4 m

Počet chladících jednotek a rozměry: 4 ventilátory 2,4 x 2,96 m, 2 ventilátory 1,55 x 2,96 m, výška 1,5 m

Materiál: kovová konstrukce ventilátorů

Vedle technické budovy se nachází chladicí zařízení, které slouží jako chladicí médium v případě, že kogeneraci nebude ochlazovat vratná voda z teplovodu v místě tepelných výměníků.



Obr. 39: Chladicí zařízení

4.2.7 Technický kanál

Rozměry: délka 17 m, šířka 1,7 m, výška 1,8 m

Materiál: Betonové tvárnice

Technický kanál slouží k zajištění vedení mezi objektem kogenerace a technickým sklepem. Jedná se o vedení teplovodu, vodovodu a vedení elektřiny NN.



Obr. 40: Dokončený technický kanál

4.2.8 Trafostanice

Jde o samostatný objekt, který se nachází v těsném sousedství kogenerační jednotky.

Konstrukce: Prefabrikovaná betonová kiosková trafostanice

Rozměry: 6 x 3 m

Zastavěná plocha: 18 m²



Obr. 41: Trafostanice

4.2.9 Přípojka VN

Kabelové vedení: 3 x AXEKVCEY

Délka: 295 m

4.2.10 Plynovod, fléra

Plynovod

Materiál: Nerezavějící ocel

Délka: 76 m

Fléra

Typ: NFT 400-100-100 s dmychadlem

Spotřeba bioplynu: 400 bm^3

Základová deska: beton 6,5 x 3 m

Materiál zařízení: Nerezavějící ocel (velikost od výrobce), ocelový válec o průměru do 60 cm, výška nad 3 m.

Od fermentorů vede ve výšce 3 m nadzemní plynovod ke kogenerační jednotce v celkové délce 24 m a průměru potrubí DN 300. Plynové zařízení začíná hlavním uzávěrem plynu ovládaným vně budovy. Plynovod je odvodněn, má chlazení plynu a je zajištěn před blesky a nebezpečným dotykovým napětím. Z tohoto plynovodu je zřízena odbočka k fléře (nouzovému hořáku), který spaluje přebytkový bioplyn. Fléra je umístěna ve vzdálenosti 15 m od ostatních nadzemních objektů. Plynovod k ní je umístěn nad povrchem. Délka plynovodu činní 52 m a průměr potrubí DN 100. Výška výpustního hořáku je 4 m nad terénem.



Obr. 42: Fléra

4.2.11 Teplovod

Materiál: Předimenzované trubky typu Wehotherm Standard

Průměr potrubí: Rozmezí od DN 90 do DN 225

Délka: 230 m

Teplovodní potrubí slouží k odvodu přebytkového tepla k vybraným objektům zemědělského areálu (výkrmny vepřů, předvýkrmny, porodny a jalovárny, administrativní budovy, dílny, garáže a stáje). K ohřevu fermentoru je využito 30% přebytkového tepla.

4.3 Popis technologického procesu

Bioplynová stanice obsahuje dvoustupňový fermentor (kruh v kruhu) s integrovaným nízkotlakým plynojemem vybaveného dávkovacím zařízením na tuhou složku, koncové sklady, technický sklep s přečerpávací jednotkou, budovu kogenerace a rozvody pro předávání elektrického proudu.

K výrobě energeticky využitelného bioplynu se zde využívají obnovitelné druhy surovin (kukuřičná siláž) jako kvasný substrát. Pomocí dávkovacího zařízení je kukuřičná siláž dopravována přímo do fermentoru.

Nad vnitřním kruhem fermentoru se nachází nad sebou v těsné blízkosti dvě fólie uspořádané do kuželovitého tvaru. Vnitřní fólie umožňuje zachytávat vzniklý bioplyn a dočasně ho skladovat. Vnější fólie je dmychadlem s požadovaným přetlakem udržována ve tvaru kuželu a chrání tak vnitřní fólii před okolními vlivy. Ke správnému udržení tlaku mezi fóliemi slouží přetlakové a podtlakové pojistky.

Fermentory jsou provozovány při teplotě 37 – 42 °C. K temperování kvasného substrátu je využita teplá voda z chlazení motorů přes výměník tepla. Po určité době, kterou kvasný substrát stráví ve fermentoru, je přečerpán do koncových skladů. Odtud je následně digestát odvezen na zemědělské plochy jako hnojivý produkt.

Kvašením obnovitelných zdrojů surovin je získáván bioplyn bohatý na energii. Takto vyrobený bioplyn je plynovodním potrubím dopravován do kogenerační jednotky jako palivo pro výrobu elektrické energie a tepla. Z tepla spalin a chladicí vody se pomocí výměníku tepla vyrábí teplá voda, která je přiváděna do bioplynové stanice jako procesní teplo sloužící k vyhřívání fermentačních nádrží a přilehlých budov. Vyráběná elektrická energie je dodávána do distribuční sítě energetického rozvodného podniku.

Účelem bioplynové stanice je získání elektrické a tepelné energie a jejich prodej. Žádané a prospěšné vedlejší efekty anaerobního procesu biomasy jsou:

- Snížení skleníkového efektu nahrazením fosilních paliv a pohonných hmot bioplynem
- Deaktivace zárodků a semen plevelů
- Využití kvasného substrátu jako kvalitního hnojiva

4.4 Investice a provozní náklady

Tabulka obsahuje přehled investic vložených k vybudování BPS Vícov.

Tab. 7: Přehled investic

Investice	Cena [Kč]
Technologie	28 073 000
Stavební objekty	26 705 000
Celkem	54 778 000

Tabulka představuje roční přehled provozních nákladů. Doprava a manipulace je financována z vlastních zdrojů.

Tab. 8: Přehled provozních nákladů

Vstupní surovina		Množství [t]	Cena [Kč/t]	Cena celkem [Kč]
	Kukuřičná siláž	9 500	650	6 175 000
	Digestát	2 000	0	0
	Voda	1 500	0	0
Servis a údržba				1 663 000
Mzdové náklady				550 000
Pojištění				100 000
Doprava a manipulace				0
Roční provozní náklady				8 488 000

4.5 Vstupy a výstupy BPS Vícov

Vstupní suroviny má provozovatel zajištěny z vlastní výroby a provozu zemědělské činnosti.

Tab. 9: Roční soupis údajů o energetických vstupech

Surovina	Kukuřičná siláž	Digestát	Voda	Celkem
Množství [t]	9500	2000	1500	13 000
Obsah sušiny [%]	32	3	0	
Obsah organické sušiny v sušině [%]	90	0	0	
Výtěžnost plynu [Nm³/t]	780	0	0	
Obsah CH₄ [%]	53	0	0	
Množství bioplynu [Nm³]	2 134 080	0	0	2 134 080
Množství CH₄ [Nm³]	1 131 062	0	0	1 131 062

Tab. 10: Roční soupis údajů o energetických výstupech

Prodej elektřiny, tepla		Množství [%]	Množství [MWh]	Cena [Kč/MWh]	Celkem [Kč]
Elektřina			4 807		
	Prodej	95	4 567	4 120	18 814 657
	Vlastní spotřeba	5	240		
			Množství [GJ]		
Teplo		100	17 509		
	Vlastní spotřeba	30	5 253		
	Ztráta v rozvodech	4	700		
	Prodej, využití	10	1 751	0	875 500
	Nespotřebováno	56	9 805		

4.6 Ekonomická efektivnost

Tab. 11: Kritéria ekonomické efektivnosti

Pořizovací náklady [tis.Kč]	Výroba el. energie [MWh/rok]	Roční výnos [tis.Kč/rok]	Prostá doba návratnosti [roky]	Diskontovaná doba návratnosti [roky]	NPV [tis.kč]	IRR [%]
54 778	4 807	19 691,54	6	8	49 769	18,55

4.7 Emise znečišťujících látek

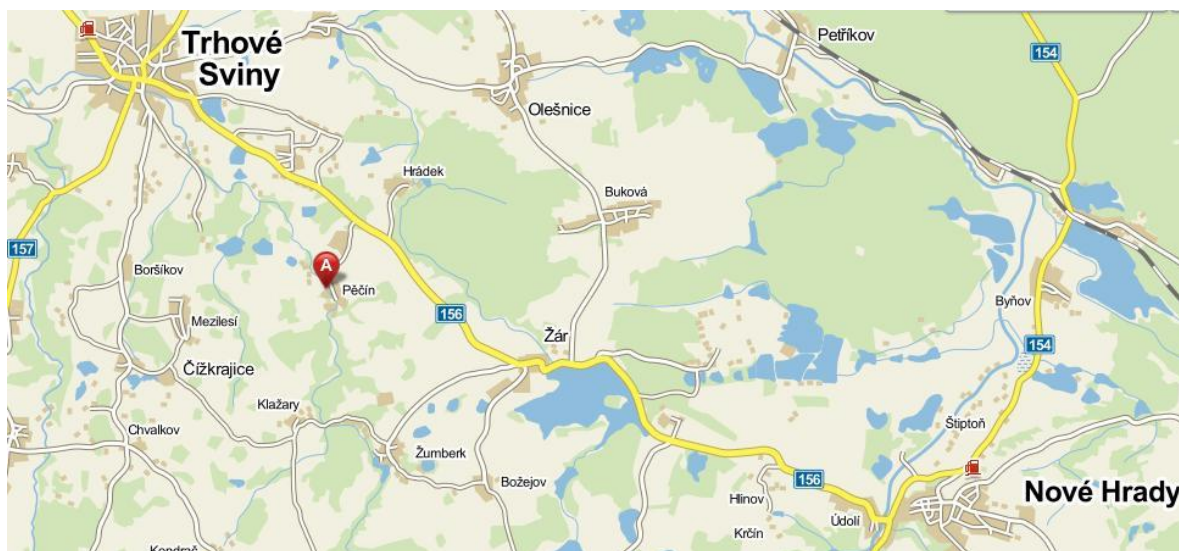
Tab. 12: Emise znečišťujících látek

Znečišťující látky	Výchozí stav [t/rok]	Stav po realizaci [t/rok]	Rozdíl [t/rok]
Tuhé látky	0,42	1,65	1,23
SO ₂	7,98	0	- 7,98
NO _x	6,86	12,68	5,82
CO	0,66	16,49	15,83
CO ₂	5 397,1	0	- 5 397,1

5 TECHNOLOGICKÝ ROZBOR BPS PĚČÍN

Bioplynová stanice Pěčín se nachází přibližně 25 km jihovýchodně od Českých Budějovic. Jedná se o zemědělskou bioplynovou stanici, která byla vybudována jako novostavba. Do provozu byla uvedena v roce 2011. Druh fermentace je dvoustupňový v mezofilní oblasti. BPS Pěčín využívá technologii kontinuální tlakové termické hydrolýzy (TTH) na úpravu vstupních surovin, na kterou má společnost NWT (New World Technology) ochranný patent.

Tlaková termická hydrolýza je biochemický proces, při němž je jakákoli biomasa působením vysokého tlaku, teploty a následné expanze degradována na jednodušší látky. Pracuje na principu destrukce rostlinného pletiva a buněčných vazeb. Biomasa, tedy lignocelulóza, má kompozitní strukturu, tvořenou zejména celulóзовými vlákny a řetězci hemicelulózy, spojenými ligninem. Celulóza a hemicelulózy jsou složité sacharidy, které jsou tlakovou hydrolýzou rozkládány na jednoduché cukry za současného vzniku dalších látek. Získané cukry lze následně fermentovat a destilací získat bioetanol (biobutanol) nebo z nich anaerobním procesem vyrobit bioplyn. Vedle toho je možné ze suspenze po hydrolýze získat látky využitelné v chemickém průmyslu (fural, lignin, organické kyseliny). [31]



Obr. 43: Lokalita BPS Pěčín



Obr. 44: Náhled na BPS Pěčín

5.1 Stavební objekty

Následující údaje byly převzaty z energetického auditu BPS Pěčín.

5.1.1 Dvoustupňový prstencový fermentor s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu a vstupním zařízením

K fermentaci jsou využity tři kruhové železobetonové jímky, které jsou zapuštěny přibližně 2 m do země. Dvě jímky tvoří primární fermentory a třetí jímka slouží jako dofermentor. Všechny tři konstrukce jsou provedeny technologií vodotěsného betonu. Vnější stěny jsou zatepleny a opatřeny hydroizolací s detekčním systémem úniku kapaliny. Střechy jímek tvoří integrované fóliové plynojemy. Vnitřní prostor je osazen míchadly a topným systémem.

Rozměry: fermentor 1 a 2 – průměr 22 m, výška 7 m, objem 2260 m³, objem plynojemu: 2 x 870 m³

Rozměry: dofermentor – průměr 23 m, výška 7 m, objem 2908 m³, objem plynojemu: 950 m³



Obr. 45: Fermentory s fóliovým plynojemem a betonové vstupní jímky (v popředí)

5.1.2 Koncový sklad

Koncový sklad je tvořen nezastropenou kruhovou železobetonovou jímkou, zapuštěnou přibližně 2 m do terénu. Dno i stěny nádrže jsou provedeny technologií vodotěsného betonu. Odběr digestátu je řešen plnicí stanicí autocisteren na zabezpečené ploše vedle objektu koncového skladu. Základy objektu obsahují nosné sloupky pro případné zastřešení objektu. Uvnitř jímky jsou umístěna míchadla k promíchávání digestátu s obsahem sušiny 5 – 8 %.

Rozměry: průměr 36 m, výška 7 m, užitný objem 7120 m³



Obr. 46: Koncový sklad s plnicím ramenem (vlevo)

5.1.3 Separace

V objektu je prováděna separace digestátu na pevnou a kapalnou složku. Separátor se nachází v budově termotlaké přípravy.

Rozměry: 6 x 7,7 m



Obr. 47: Separátor

5.1.4 Technický sklep

Technický sklep je umístěn mezi fermentory a koncovým skladem. Obvodové stěny jsou z betonu. Nosná konstrukce stropu je z dřevěných prken s krytinou z asfaltových pásů se živicí. Uvnitř je umístěna technologie pro provoz fermentorů – výstupy pro ohřev fermentorů, potrubní rozvody a čerpadla.



Obr. 48: Náhled do technického sklepa

5.1.5 Vstupní jímka na tekutou složku

Vstupní jímka slouží k přechodnému uskladnění tekutých vstupních surovin a jejich přesunu do fermentoru. Na BPS jsou umístěny dvě vstupní jímky sestavené z monolitického válcového železobetonu, zapuštěné přibližně 2 m do terénu.

Rozměry: průměr 10 m, výška 3 m



Obr. 49: Vstupní jímky

5.1.6 Budova termotlaké přípravy biomasy

Jedná se o kontinuálně pracující soubor strojů a zařízení, v němž je biomasa podrobena fyzikální destrukci a biochemickému procesu. Dochází tak k její destrukci a degradaci na buněčné úrovni a jsou snáze přístupné pro působení acidogenních a metanogenních mikroorganismů. Ve výsledku lze dosáhnout vyššího množství plynu za kratší dobu. Lze použít suroviny v mokřém i suchém stavu.

Technologické složení termotlaké přípravy:

- Příjmový žlab s vynášecím šnekem
- Zařízení pro mletí biomasy
- Přehříváč
- Hydrolyzér s plnicím čerpadlem a expanzí
- Systém rekuperace tepelné energie
- Systém měření a regulace

Postup procesu

Hydrolyzovaná suspenze je přivedena do směšovací jímky, kde je naředěna na požadovanou sušinu. Šnekovým dopravníkem je suspenze vedena do mlýna (macerátoru) a za přítomnosti vody rozemleta. Biomasa je přivedena scézovacím šnekem do předehříváče, kde dojde k ohřátí biomasy brýdovou parou a horkou vodou. V tomto místě je realizován bypass, který vede rozemletou biomasu do směšovací jímky. Tím je zaručen provoz BPS i v případě, že není termotlaká příprava v provozu.

Z předehříváče putuje biomasa do hydrolyzéru, kde dochází při teplotě přibližně 180 °C a tlaku 1,2 MPa k biochemickému procesu hydrolyzy. Pára je do hydrolyzéru přiváděna ze spalínového výměníku o vstupní teplotě 200 °C a tlaku 1,5 MPa.

Po průchodu hydrolyzérem se biomasa přivede kontinuálně skokově do atmosférického tlaku a tím dojde k destrukci pletiva na buněčné úrovni. Poté je suspenze z expanzní nádoby přečerpána do směšovací jímky. Zde dojde k ochlazení vodou a následnému přečerpání do fermentoru.

Do procesu termotlaké přípravy vstupuje:

- Rostlinná biomasa v původním stavu
- Topná pára ze spalínového výměníku kogenerace (upravená kotlová voda)
- Topná voda
- Užitková voda

Z procesu termotlaké přípravy vystupuje:

- Suspenze hydrolyzované biomasy
- Inertní plyny vedené do atmosféry



Obr. 50: Budova s termotlakou přípravou a odseparovanou sušinou

5.1.7 Technická budova – kogenerace

Jedná se o kontejnerový objekt, ve kterém se nachází technologie na spalování bioplynu a výroby elektrické energie. V jedné části se nachází kogenerační jednotka s periferními zařízeními a v druhé části je umístěno obslužné zařízení.

V místnosti s obslužným zařízením probíhá ovládací a kontrolní činnost obsluhy. Nachází se zde řídicí skříň agregátu, synchronizační skříň, skříň silových elektrorozvodů a terminál pro řízení a kontrolu (stolní počítač a příslušný software).

V místnosti určené pro kogenerační jednotku je umístěn agregát GE Jenbacher JMC 416 GS-B.L, který má celkový elektrický výkon 998 kW a tepelný výkon 1004 kW.

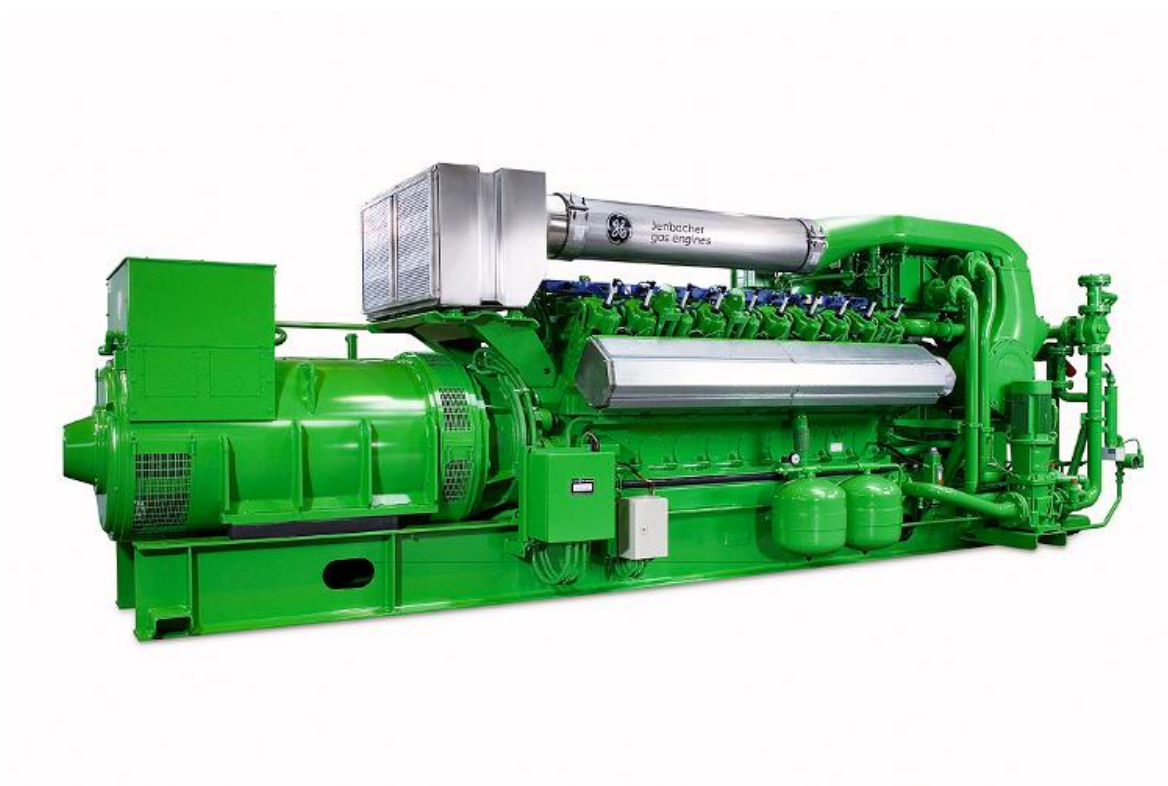
Dále je zde umístěn tlumič výfuku, výměník tepla pro vytápění, generátorové sběrnice.

Větrání je zajištěno přívodem vzduchu z obvodové stěny přes filtr vzduchu a tlumič sání.

V případě odstavení KGJ je nadbytečný plyn, který není možno akumulovat, odváděn k hořáku zbytkového plynu (fléře) a řízeně spalován.



Obr. 51: Kontejner s KGJ (vpravo) a kontejner s vyvíječem páry (vlevo)



Obr. 52: Kogenerační jednotka BPS Pěčín [32]

5.1.8 Fléra

Hořák přebytkového bioplynu je umístěn 15 m od KGJ.

Typ: Bio Joe 800

Výkonnost: 800 Nm³/h

Výhřevnost plynu: 6,5 kWh/m³

Teplota paliva: max. 800 °C

Tlak plynu: ~3 mbar přetlak plynu



Obr. 53: Fléra

5.1.9 Skladovací plocha – silážní žlab

Jedná se o trojžlab z železobetonu, který je ze dvou stran opatřen železobetonovou opěrnou zdí. Každý ze tří žlabů šířky 15 m je podélně průjezdný. Dno je spádováno ke sběrné vpusti, odvádějící silážní šťávy a kontaminované dešťové vody do vstupní jímky. Skladovací kapacita při výšce 2 m je 6750 m³.

Rozměry: 45 x 75 m



Obr. 54: Skladovací plocha

5.1.10 Mostová váha

V prostoru vjezdu do areálu BPS je vybudována zapuštěná mostová váha pro nákladní vozidla.

Rozměry: 3 x 18 m



Obr. 55: Mostová váha

5.1.11 Přípojka VN a trafostanice

V areálu je vybudována přípojka VN a trafostanice na 1250 kVA. Jedná se o prefabrikovaný betonový kontejner.

Rozměry: 6,5 x 3 m, výška 2,6 m



Obr. 56: Trafostanice

5.1.12 Objekt správce

Jedná se o objekt, který se skládá ze dvou částí. V první části je umístěno obslužné zařízení stanice, řídicí skříň agregátu, synchronizační skříň a PC s terminálem pro řízení a kontrolu stanice. V druhé části je umístěna skříň silových elektrorozvodů.

Rozměry první části: 3 x 12 m, výška 2,4 m

Rozměry druhé části: 6,5 x 2,5 m, výška 2,4 m



Obr. 57: Objekt správce

5.2 Popis technologického procesu

Bioplynová stanice Pěčín využívá technologii anaerobní fermentace ve dvou fermentorech a jednom dofermentoru. Systém pro řízení a sledování provozu BPS je umístěn v objektu správce, který slouží k regulaci provozu, řízení rozhodujících parametrů, vyhodnocování havarijních stavů a hlášení poruch včetně dálkového přenosu přes GSM signál.

Suroviny určené k výrobě bioplynu jsou skladovány na silážní ploše a odtud nakladačem dopravovány do zvolených vstupních jímek. Dále jsou po úpravě přečerpávány do zvoleného fermentoru, kde dochází k vývinu bioplynu. K přesunu surovin do fermentoru slouží centrální čerpací jednotka na kapalnou složku. Dávkování je řízeno automaticky.

Odcházející suroviny z fermentorů přepadávají do dofermentoru, kde je konečná fáze fermentace. Bioplyn vznikající ve fermentačních nádržích je jímán v plynojemech, umístěných přímo nad každým fermentorem a odtud putuje plynovodem, ve kterém se odloučí přebytečná voda, do kogenerační jednotky nebo v případě odstavení motoru na fléru. Vyrobená elektrická energie v KGJ je distribuována přes trafostanici do veřejné sítě vysokého napětí.

Zbytkový fermentát je přečerpáván do koncového skladu a odtud putuje na plnicí místo autocisteren. Dle potřeby je digestát separován a kapalnou nebo pevnou fází.

5.3 Investice a provozní náklady

Tabulka obsahuje přehled investic vložených k vybudování BPS Pěčín.

Tab. 13: Přehled investic

Investice	Cena [Kč]
Technologie	33 050 000
Technologie hydrolýzy	17 000 000
Stavební objekty	56 272 000
Celkem	106 322 000

Tabulka představuje roční přehled provozních nákladů.

Tab. 14: Přehled provozních nákladů

Vstupní surovina		Množství [t]	Cena [Kč/t]	Cena celkem [Kč]
	Kukuřičná siláž	6000	715	4 290 000
	Kejda prasat	6500	15	97 500
	Travní siláž	5350	535	2 862 250
Servis a údržba				3 692 500
Mzdové náklady				
Pojištění				
Doprava a manipulace				
Pronájem				3 883 416
Roční provozní náklady				8 488 000

5.4 Vstupy a výstupy BPS Pěčín

Tab. 15: Roční soupis údajů o energetických vstupech

Surovina	Kukuřičná siláž	Kejda prasat	Travní senáž	Celkem
Množství [t]	6 000	6 500	5 350	17 850
Obsah sušiny [%]	35	7	50	
Obsah organické sušiny v sušině [%]	95	84	95	
Výtěžnost plynu [Nm ³ /t]	800	700	620	
Obsah CH ₄ [%]	55	70	55	
Množství bioplynu [Nm ³]	1 596 000	267 540	1 575 575	3 439 115
Množství CH ₄ [Nm ³]	877 800	187 278	866 566	1 931 644

Tab. 16: Roční soupis údajů o energetických výstupech

Prodej elektřiny, tepla		Množství [%]	Množství [MWh]	Cena [Kč/MWh]	Celkem [Kč]
Elektřina			8 287		
	Prodej	88,32	7 707	4 120	31 751 526
	Vlastní spotřeba	5	414		
	Ostatní spotřeba	2	166		
			Množství [GJ]		
Teplo		100	30 458		
	Vlastní spotřeba	30	9 137		
	Ztráta v rozvodech	4	1 218		
	Prodej, využití	51	15 534	250	3 883 416
	Nespotřebováno	15	4 569		

5.5 Ekonomická efektivnost

Tab. 17: Kritéria ekonomické efektivnosti

Pořizovací náklady [tis.Kč]	Výroba el. energie [MWh/rok]	Roční výnos [tis.Kč/rok]	Prostá doba návratnosti [roky]	Diskontovaná doba návratnosti [roky]	NPV [tis.kč]	IRR [%]
106 322	8 287	35 634,94	5	5	216 119	22,3

5.6 Emise znečišťujících látek

Tab. 18: Emise znečišťujících látek

Znečišťující látka	Výchozí stav [t/rok]	Stav po realizaci [t/rok]	Rozdíl [t/rok]
Tuhé látky	0,68	3,01	2,33
SO₂	12,79	0	- 12,79
NO_x	10,87	23,16	12,27
CO	1,03	30,08	29,05
CO₂	8 495	0	- 8 495

6 VYHODNOCENÍ DAT Z PROVOZU

V následující kapitole jsou představeny metody získávání provozních dat, předaná data, jejich vyhodnocení a poruchy zaznamenané během provozu.

6.1 Metody získávání a vyhodnocení dat z provozu BPS Vícov

V této podkapitole jsou popsány poruchy z provozu BPS, metody získávání dat na BPS Vícov včetně možnosti exportu, popisu získaných dat a jejich vyhodnocení.

6.1.1 Metody získávání dat

K bezproblémovému zajištění provozu bioplynové stanice slouží čidla a senzory, které umožňují měřit a zaznamenávat hodnoty. Na základě zaznamenaných hodnot vyhodnocuje řídicí jednotka provoz bioplynové stanice.

BPS Vícov obsahuje následující čidla a senzory:

- Teplotní čidla (Fischer – PT 100)
- Čidlo otáček míchadel
- Čidlo průtoku surovin přes centrální čerpadlo
- Čidlo průtoku plynu plynovodem
- Senzor tlaku plynu v zásobníku (Siemens)
- Čidlo aktuálního příkonu míchadel
- Senzor výšky hladiny ve fermentorech (Siemens – Sitrans LR 200, 1-1/2" BSP)
- Senzor hladiny mazacího oleje u KGJ
- Snímač klepání KGJ
- Senzor dávkování vstupních surovin
- Analyzátor plynu (CH_4 , H_2S , O_2 , CO_2)
- Stav zásobníku plynu
- Váhové čidlo
- Čidlo úniku plynu (Gazele – DHP4)
- Senzor proudění vzduchu (Kriwan – INT 511)
- Čidlo chodu KGJ
- Snímač emisí

Zaznamenaná data se ukládají do paměti počítače a je možné do nich nahlédnout v podobě křivek nebo rovnou vyexportovat.

Vyexportovaný soubor je spustitelný v programu MS Excel. Velkou nevýhodou je nepřehlednost vyexportovaných dat. Uživatel tak musí určitou dobu věnovat úpravě a uspořádání dat.

Další nevýhodou je systém zkratk u vyexportovaných dat. Uživatel na první pohled nepozná, co která data představují a musí jednotlivé zkratky dohledávat v legendě. Ta je umístěna v manuálu k řídící jednotce.

Určitě by stálo za úvahu vložení legendy rovnou k vyexportovaným datům, aby uživatel nemusel zdlouhavě dohledávat jednotlivé zkratky a zvolit uspořádanější výpis exportovaných dat do souboru.

6.1.2 Popis poruch při zkušebním provozu

BPS Vícov se v průběhu svého provozu potýkala s následujícími problémy:

- **Porucha prachového čidla** – vadné čidlo způsobovalo hlášení vysoké koncentrace prachu v prostoru s KGJ a tím docházelo k vypínání motoru
- **Přetlak plynojemu** – čerpadlo zajišťující vyrovnaní tlaku mezi fóliemi plynojemu bylo nepřesně regulováno a došlo k odtržení fólie plynojemu
- **Problém s chlazením bioplynu** – při ochlazování bioplynu v chladicím zařízení nedocházelo k potřebnému odstranění přebytečné vlhkosti a následně docházelo k vypnutí KGJ
- **Ztráta provozních dat** – při výpadku KGJ došlo ke ztrátě veškerých provozních dat zaznamenaných během provozu

6.1.3 Popis získaných dat

Z provozu BPS Vícov byly získány následující soubory:

Soubor: BPS Vícov - Evidence provozních hodnot.xls

Soubor obsahuje seznam přidávaných vstupních složek, ředění substrátů ve fermentorech, doby míchání, teploty ve fermentorech a hodnoty složení bioplynu.

Data jsou zaznamenána v období od 1.2.2013 do 25.4.2013.

Soubor: BPS Vícov - Evidence výroby el. energie.xls

Soubor představuje evidenci vyrobené elektrické energie, čas odečtu hodnot a hodnoty zaznamenané na elektroměru.

Zaznamenané hodnoty se pohybují v období od 1.2.2013 do 21.4.2013.

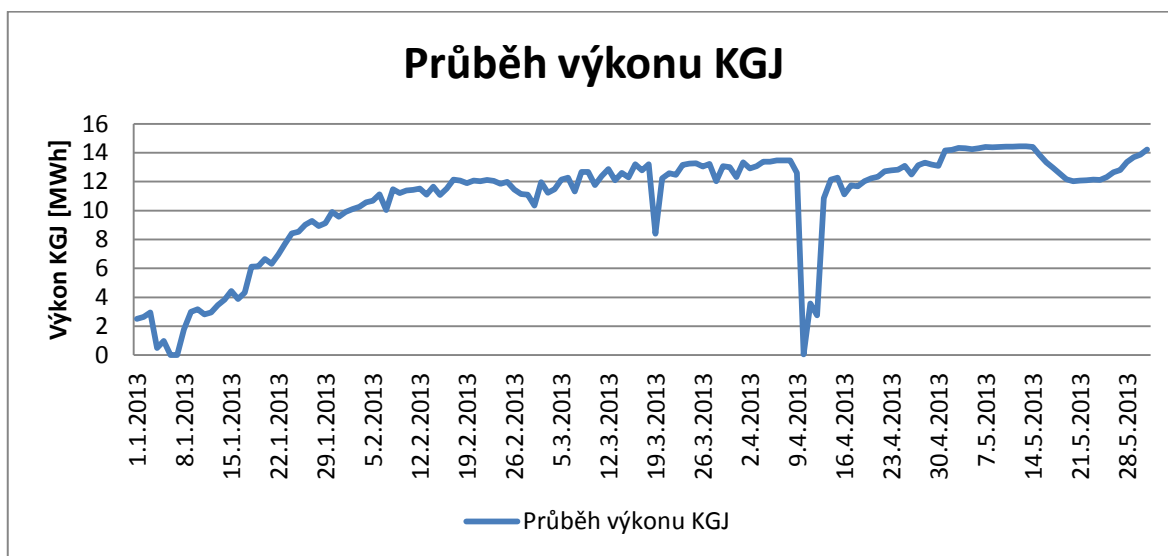
Soubor: ERÚ1-12 - podklady pro výkaz.xls

V tomto souboru je zobrazen přehled měsíčních výkazů v období od ledna – duben 2013 o výrobě a rozvodu elektrické energie. Jsou zde vyčísleny hodnoty vyrobené elektrické energie, vlastní spotřeba na výrobu elektrické energie, prodej do DS a nákup od provozovatele DS.

Soubor: výroba a prodej 01-12 2013.xls

Soubor obsahuje přehled hodinové výroby elektrické energie a množství prodané elektrické energie. Jsou zde uvedeny údaje za období prvních pěti měsíců v roce 2013. Dne 31.5.2013 byla předána doplňující data pouze o výkonu KGJ za měsíc květen.

6.1.4 Zpracování dat



Graf 4: Průběh výkonu KGJ BPS Vícov

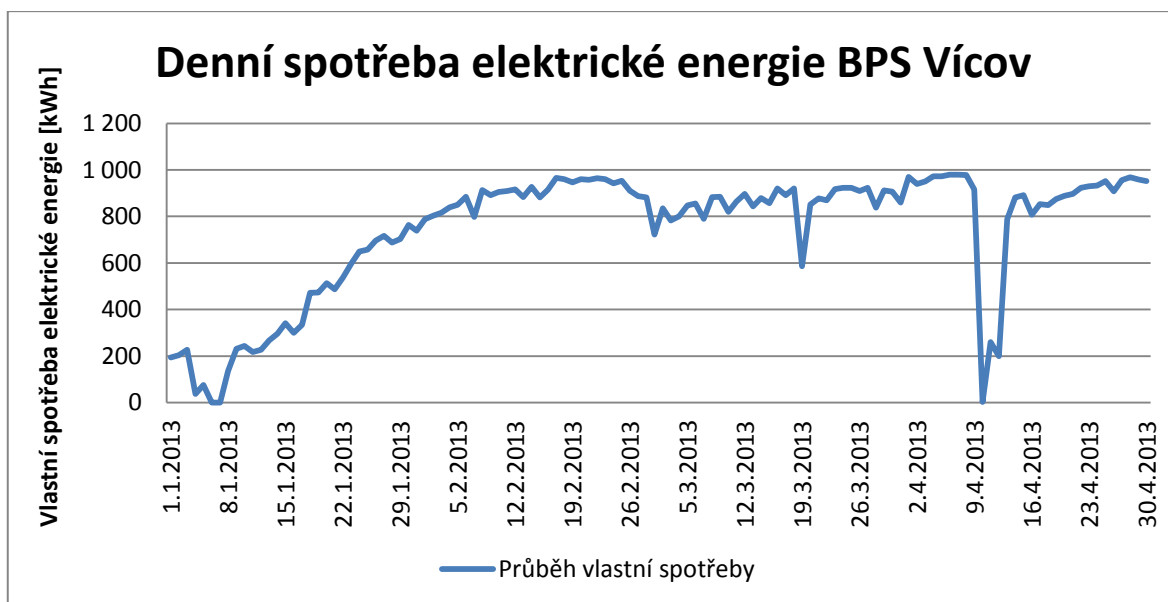
Z grafu je patrné, že při provozu KGJ došlo ke dvěma větším výpadkům. Počátkem ledna nastal problém s plachtou plynojemu. Vlivem trhliny, která zapříčinila smíchání bioplynu s okolním vzduchem, byla kogenerační jednotkou vyhodnocena směs jako nekvalitní a došlo k automatickému vypnutí.

Další problém, který nastal, byl způsoben poruchou chladicího zařízení, které nebylo schopné dostatečně ochladit bioplyn a odstranit z něj přebytečnou vlhkost. Takto

přicházející bioplyn byl kogenerační jednotkou vyhodnocen jako nekvalitní a opět došlo k automatickému vypnutí.

Ve dnech od 12.5.2013 do 14.5.2013 byla dobírána siláž v jednom silážním žlabu a od 15.5.2013 byla brána siláž z druhého silážního žlabu. Při dovybírání silážního žlabu, kdy byly použity i zbytky méně kvalitní siláže a stejně tak při zahájení odběru siláže z nového silážního žlabu, kde byla použita siláž z čelní strany otevřeného silážního žlabu, došlo k poklesu výkonu KGJ. Pokles výkonu je zobrazen v grafu, ke kterému došlo o 3 dny později po přidání nekvalitní siláže. Tato negativní událost trvala 16 dnů, než došlo opět k navýšení výkonu. Od 17.5.2013 byla přidávána již jen kvalitní kukuřičná siláž.

Maximální výkon KGJ byl zaznamenán na hodnotě 14,452 MWh/den, minimální na hodnotě 0 MWh/den a průměrný výkon činil 10,739 MWh/den.



Graf 5: Průběh spotřeby elektrické energie BPS Vícov

Křivka téměř kopíruje křivku výkonu KGJ. To je způsobeno tím, že při výpadku KGJ není nutný chod ostatních zařízení, jako jsou míchadla, krmný vůz a čerpadla.

Výpočet finanční ztráty způsobené odstávkou KGJ

Jelikož je BPS Vícov v rozjezdovém období, byl při výpočtu zohledněn maximální možný výkon KGJ. V lednu byla průměrná výroba elektrické energie za hodinu 226 kWh, v únoru 509 kWh, v březnu 548 kWh, v dubnu 519 kWh a v květnu 582 kWh. Poruchy zaznamenané v následujících měsících činí 170 hodin. Z toho v měsíci lednu je 111 h, v únoru 1 h, v březnu 6 h, v dubnu 52 h a v květnu 0 h poruch. Příspěvek KVET je pro rok

2012 stanoven na 14 Kč/MWh a výkupní cena je 4,205 Kč/kWh. Celková finanční ztráta způsobená odstávkou KGJ je vyčíslena na 235 719 Kč včetně příspěvku KVET.

6.2 Vyhodnocení dat z provozu BPS Pěčín

Tato podkapitola je zaměřena na popis poruch z provozu BPS Pěčín, popis získaných dat a jejich zpracování.

6.2.1 Popis poruch při provozu

Během provozní doby se BPS Pěčín potýkala s následujícími problémy:

- Problémy s měřením hladiny ve fermentorech
- Vytlačení těsnící hadice plynojemu
- Problémy s měřením hladiny plynu v plynojemu
- Problémy s kvalitou plynu
- Trhliny v plachtě plynojemu
- Ucpané potrubí
- Poruchy šoupátka
- Porucha startéru KGJ

6.2.2 Popis získaných dat

Soubor: Data BPS Pěčín hodinova.xlsx

Data byla získána z reálného provozu BPS Pěčín. Jejich počáteční hodnoty se datují ke dni 21.2.2011 a končí ke dni 8.11.2012. Data z období prvních sedmi měsíců jsou považována za rozjezdová data. Jedná se o období zkušebního provozu, kdy dochází ke stabilizaci jednotlivých procesů, odstranění poruch a krmení fermentorů. Data od 1.10.2011 jsou považována za data z plného provozu.

Data představují hodinový provoz jednotlivých částí BPS. Jedná se o provoz KGJ, dobu běhu míchadel, provoz fléry, čerpadel, odsiřovacího ventilátoru, kompresoru a počet motohodin separátoru.

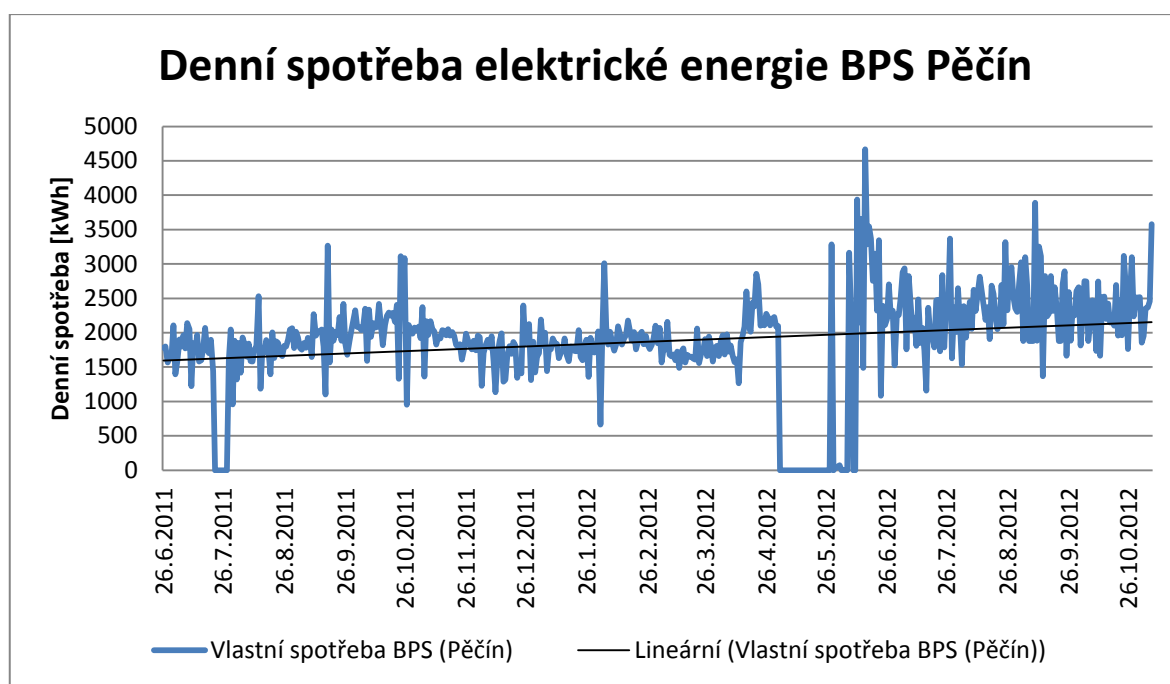
Soubor: Evidence_Pecin2011.xls, Evidence_Pecin2012.xls

K dalšímu vyhodnocení provozu BPS byla poskytnuta data o jejím krmení, která představují konkrétní přidávanou surovinu a její množství.

Posledním souborem dat je soupis stavu elektroměrů pro vlastní elektrickou spotřebu a pro prodej do distribuční sítě. Rozmezí zaznamenaných dat je od 26.6.2011 – 7.11.2012.

6.2.3 Zpracování dat

Z předaných dat byl vyhotoven graf denní spotřeby elektrické energie BPS Pěčín. Z grafu je patrné, že v některých dnech jsou hodnoty nulové. To je způsobeno nekompletními záznamy z provozu, nikoli tím, že by měla BPS nulový odběr elektrické energie.

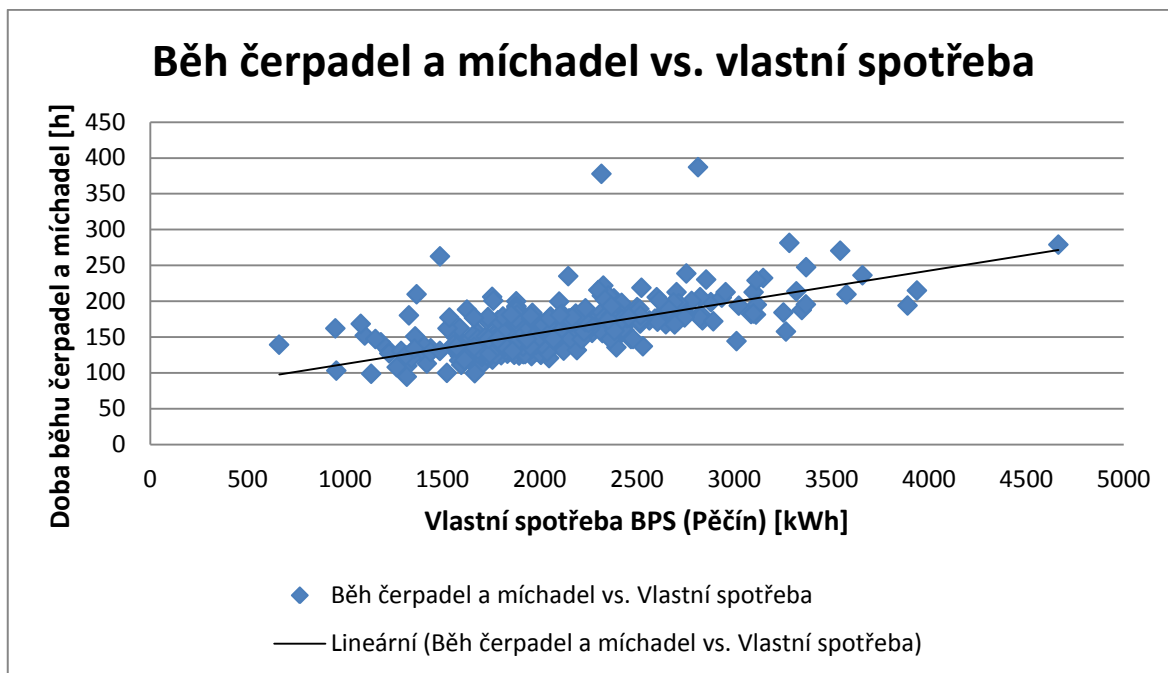


Graf 6: Denní spotřeba elektrické energie BPS Pěčín

V grafu je možno vidět období s nižší spotřebou energie a s vyšší spotřebou energie. V prvním zmiňovaném období činila průměrná denní spotřeba energie 1883 kWh. V druhém období byla průměrná denní spotřeba energie 2395 kWh.

V období koncem května 2012 došlo k úpravě vstupních surovin. Dalším substrátem, který byl přidán do procesu, byla aditivní složka* (cca 22 t/týden). Ta způsobovala příliš velké pění ve fermentoru a docházelo tak k častějšímu míchání a přečerpávání substrátů mezi fermentory. Tím, že se zvedla doba míchání a přečerpávání, rostla i denní spotřeba energie. Následující graf zobrazuje součet provozních hodin čerpadel a míchadel ve fermentoru v závislosti na vlastní spotřebě elektrické energie.

*Obchodní tajemství společnosti NWT



Graf 7: Závislost běhu čerpadel a míchadel na vlastní spotřebě

Z grafu je zřejmé, že vlastní spotřeba elektrické energie lineárně rostla s delším provozem čerpadel a míchadel. Hodnota korelačního koeficientu je v tomto případě 0,645.

Výpočet finanční ztráty při provozu fléry

Jelikož nebyly poskytnuty technické údaje o zařízení, bylo vycházeno z prosté úvahy.

V příložených datech byl údaj o provozu fléry, který činil 84 provozních hodin v období od 21.2.2011 – 31.12.2011. V roce 2011 byla hodnota výkupní cena stanovena ERU na 4,20 Kč/kWh. Z toho 3,15 Kč/kWh tvořil zelený bonus a 1,05 Kč/kWh výkupní cena. V období od 1.1.2012 – 8.11.2012 byl provoz fléry 55,1 hodin. V tomto roce byla stanovena výkupní cena na 4,34 Kč/kWh. Zelený bonus měl hodnotu 3,07 Kč/kWh a výkupní cena 1,27 Kč/kWh. V roce 2011 i 2012 byl příspěvek KVET 45 Kč/MWh.

V roce 2011 činila produkce elektrické energie 5 264 407 kWh za dobu 312 dnů. V roce 2012 bylo vyrobeno 7 464 737 kWh za dobu 311 dnů. V roce 2011 činil zisk z prodeje 22 347 408 Kč a v roce 2012 byl zisk z prodeje 32 732 872 Kč.

Za sledované období byla vypočtena z počtu hodin provozu fléry finanční ztráta, která činí 492 329 Kč včetně příspěvku KVET. Počet ušlých kWh je tedy 114 161 (59 056 + 55 105). Z celkové možné produkce elektrické energie (5 264 407 + 7 464 737 + 114 161) kWh bylo na fléře spáleno 0,92 % elektrické energie v podobě bioplynu, která mohla být prodána do distribuční sítě. Poměr vyrobené energie a spálené je 1 : 0,0092.

Výpočet finanční ztráty způsobené poruchou KGJ

V roce 2011 bylo zaznamenáno 723,1 hodin poruch. V roce 2012 bylo 96,9 hodin poruch. Za celé sledované období tak připadá 1,32 hodiny poruch na den.

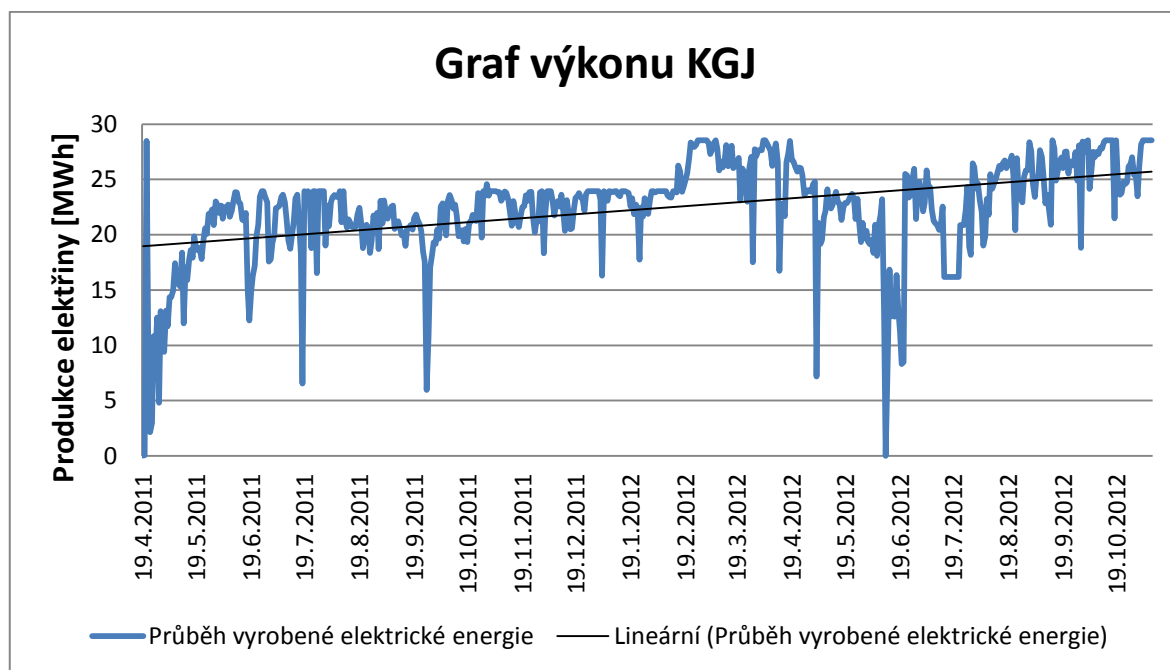
Z předchozího výpočtu je známa finanční hodnota za hodinový provoz, která činí 2952 Kč. Prostým vynásobením byla zjištěna finanční ztráta v roce 2011 ve výši 2 134 591 Kč. V roce 2012 činila finanční ztráta 420 546 Kč. Celková ztráta, která vznikla tím, že KGJ měla poruchu, činí 2 555 137 Kč.

Budeme – li počítat s tím, že KGJ by měla pracovat 24 hodin denně po celé sledované období, dostaneme se k hodnotě 14 952 provozních hodin. V roce 2011 to bylo 7 464 hodin a v roce 2012 to bylo 7 488 hodin. Z předaných dat je provozní doba KGJ stanovena na 13 116,7 hodin za sledované období. Z toho v roce 2011 motor neběžel 1590,8 hodiny a v roce 2012 neběžel 242,5 hodiny.

Z těchto údajů je zřejmé, že KGJ neběžela 1833,3 hodiny, což průměrně činí 2,94 hodiny denně. V tomto případě je finanční ztráta vyčíslena v roce 2011 na 4 747 630 Kč a v roce 2012 na 1 063 467 Kč včetně příspěvku KVET. Celková ztráta tedy činí 5 811 098 Kč.

Průběh výkonu KGJ

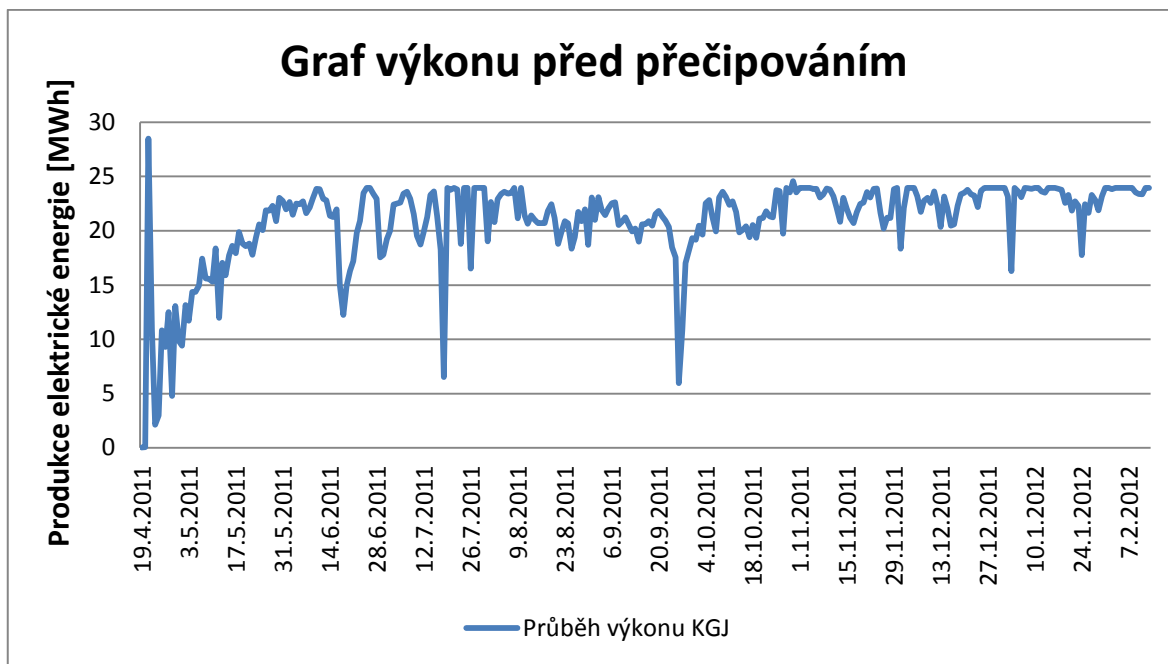
V následujícím grafu je zobrazen přehled průběhu výkonu KGJ bez počátečních nulových hodnot, které byly způsobeny nedostatkem plynu v rozjezdovém období. V prvních dnech provozu bylo nutné vyhřát fermentory na požadovanou hodnotu, kterou stanovil biotechnolog. Po ohřátí fermentorů bylo zahájeno krmení zvolenými substráty. Celková průměrná denní výroba elektrické energie je 20,43 MWh a průměrná provozní doba je 21,21 hodin za den.



Graf 8: Průběh výkonu KGJ BPS Pěčín

V grafu lze vidět počáteční rozjezdové hodnoty KGJ. Produkce elektrické energie stoupá s postupem času, kdy dochází k větší produkci bioplynu. 14.2.2012 došlo k přechipování KGJ na výkon 1,2 MWh. K navýšení výkonu došlo z vlastní iniciativy, aby se prodalo více elektrické energie. Nebylo to způsobeno tím, že by BPS měla přebytek bioplynu, který by se musel spálit na fléře nebo nedostatečnou kapacitou plynojemu.

Průměrná hodnota denní vyprodukované elektrické energie v období před přechipováním činí 19,4 MWh/den, maximální výkon byl 28,496 MWh/den a minimální 0 MWh/den.



Graf 9: Průběh výkonu KGJ před přečipováním

V grafu lze vidět pozvolný nárůst výkonu KGJ, který rostl s produkcí bioplynu.

Po přečipování KGJ se zvedla průměrná denní hodnota vyprodukované elektrické energie na 23,52 MWh/den tj. o 21,23 % více. Maximální výkon byl zaznamenán na hodnotě 28,547 MWh/den a minimální výkon byl zaznamenán na hodnotě 0 MWh/den.



Graf 10: Průběhu výkonu KGJ po přečipování

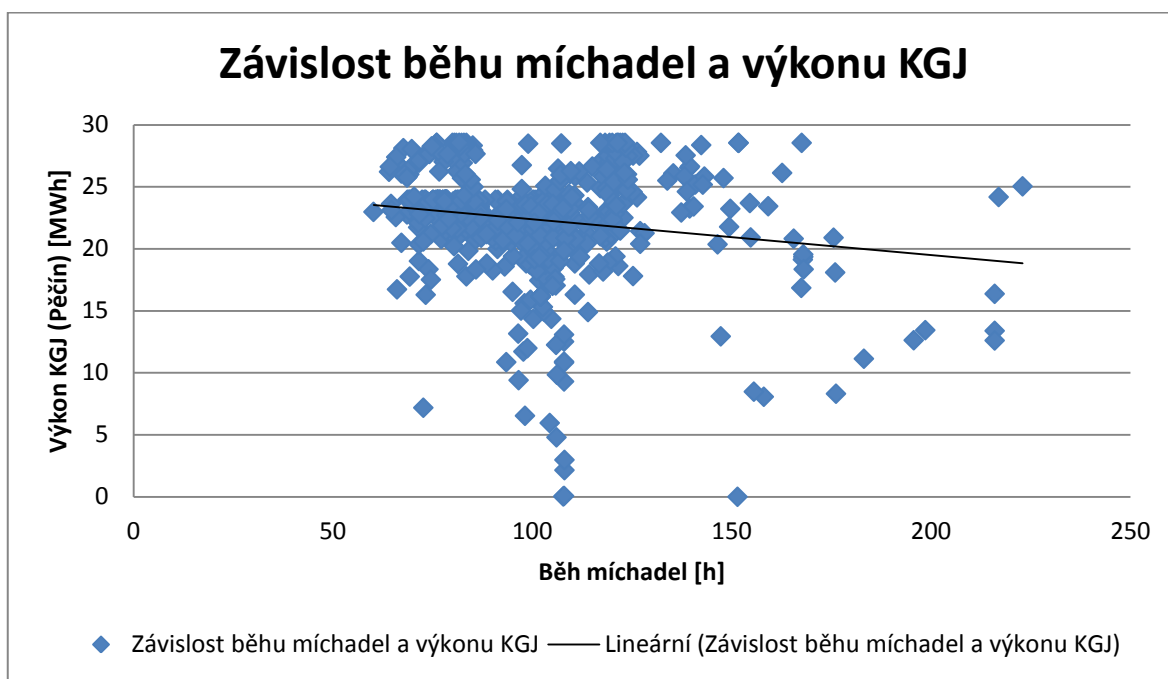
Z grafu je patrné, že po přečipování docházelo ke klesajícímu a následně ke zvyšujícímu výkonu. To bylo způsobeno tím, že KGJ si brala větší množství bioplynu za hodinu. Než se

projevila úprava vstupních surovin, která měla za následek vyšší výtěžnosti bioplynu, tak nedocházelo k maximálnímu využití KGJ.

Hypotéza o míchacích pracích

Na základě vědeckých poznatků byla potvrzena hypotéza o míchacích pracích. Tento výsledek potvrzuje studii, která tvrdí, že při méně častém míchání dochází k větší tvorbě bioplynu. [42]

Z přiložených dat byl sestaven graf závislosti výkonu KGJ a běhu míchadel. Z grafu je patrné, že vliv míchacích prací negativně ovlivňuje tvorbu bioplynu a tedy i výkon KGJ.



Graf 11: Závislost běhu míchadel a výkonu KGJ

6.3 Srovnání bioplynových stanic

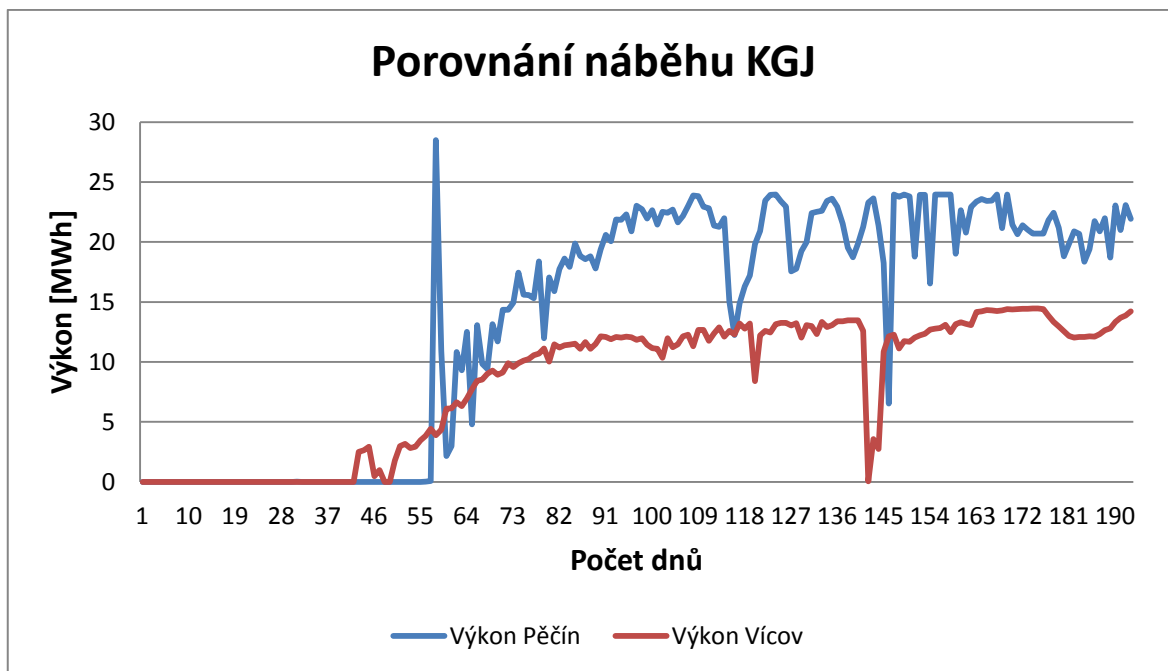
Nejprve je nutné zmínit výkony obou BPS. Na BPS Vícov je použita KGJ o výkonu 0,6 MWh a v Pěčíně je využívána KGJ o výkonu 1 MWh. Později byla tato KGJ přechipována na výkon 1,2 MWh.

Objemový prostor ve fermentorech, který slouží k tvorbě plynu, je na BPS Vícov 4 423 m³ a v Pěčíně je tato hodnota 7 428 m³, tj. o 40% více.

Porovnání náběhu bioplynových stanic

Na následujícím grafu je zobrazen náběh obou bioplynových stanic. Na první pohled je zřejmé, že BPS Vícov byla uvedena do provozu o 13 dnů dříve, protože menší výkon KGJ

odebírání i menší množství bioplynu za hodinu. Pokud by nedošlo v průběhu zkušebního provozu u BPS Vícov k větším haváriím, dalo by se mluvit o bezproblémovém náběhu. Naopak u BPS Pěčín je z grafu patrné, že v rozjezdovém období docházelo ke značnému kolísání výkonu KGJ. To bylo způsobeno drobnými poruchami a nepravidelným zásobováním vstupní suroviny.



Graf 12: Porovnání náběhu BPS

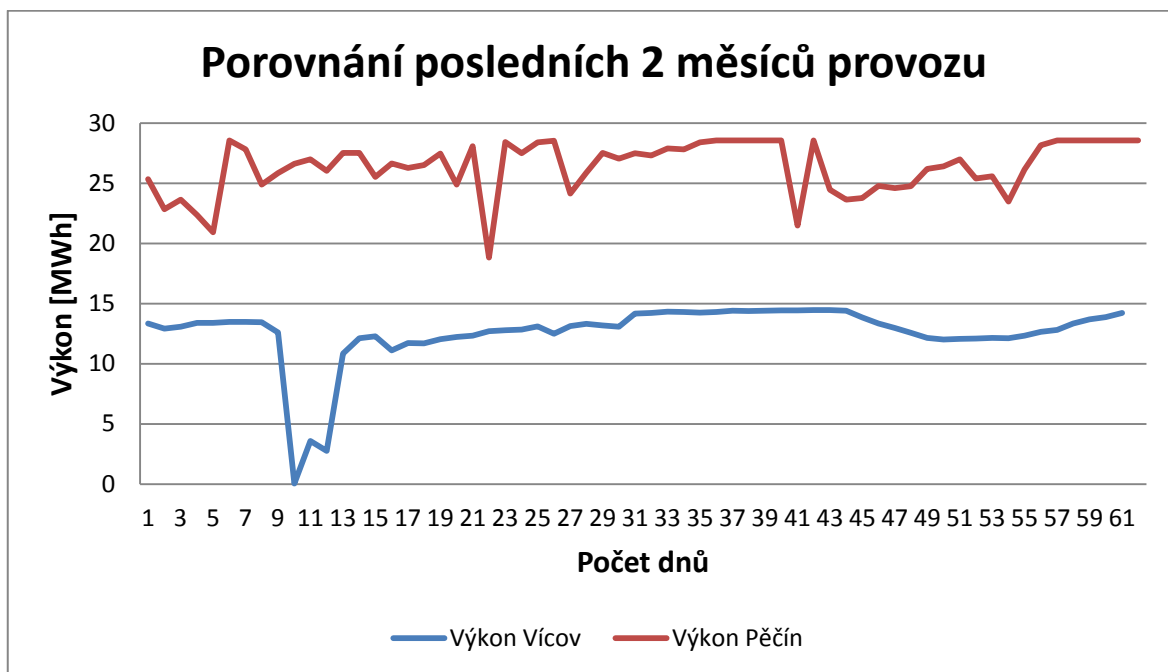
Srovnání množství kukuřičné siláže na výrobu 1 MWh

Z předaných dat obou stanic bylo určeno množství kukuřičné siláže na výrobu 1 MWh. V případě BPS Vícov bylo vypočteno z údajů vstupních surovin a výkonu KGJ množství kukuřičné siláže na 1,95 tuny. U bioplynové stanice Pěčín bylo toto množství o 250 kg vyšší tj. 2,2 tuny. Jelikož v BPS Pěčín je vyrobeno 12 729 MWh za celé sledované období, není tento rozdíl 250 kg zanedbatelný. Dle energetického auditu je stanovena cena jedné tuny kukuřičné siláže na 715 Kč. Celková částka, která je vynaložena na nákup kukuřičné siláže, je stanovena na 20 022 717 Kč. Pokud by BPS Pěčín dosáhla stejného množství kukuřičné siláže na výrobu 1 MWh, mohla by ušetřit 2 275 308 Kč při stejné ceně kukuřičné siláže jakou má doposud. V případě BPS Vícov je za období prvních pěti měsíců vyrobeno 1621,515 MWh. Při ceně 650 Kč za tunu kukuřičné siláže, kterou uvádí energetický audit, je výsledná cena stanovena na 2 055 270 Kč.

Rozdíl v množství kukuřičné siláže na výrobu 1 MWh je ovlivněn kvalitou skladování, technologickým procesem, fermentační teplotou a dobou zdržení.

Srovnání provozu

Na následujícím grafu je znázorněn průběh posledních dvou měsíců z poskytnutých dat. V případě BPS Pěčín se jedná o období od 8.9.2012 do 8.11.2012. U BPS Vícov je to pak období od 1.4.2013 do 31.5.2013.



Graf 13: Srovnání provozu bioplynových stanic

Jelikož se v případě BPS Vícov jedná stále o zkušební období, lze konstatovat, že BPS dosahuje stabilního výkonu s výjimkou krátkého výpadku způsobeného nedostatečným chlazením bioplynu a přidáním nekvalitní kukuřičné siláže.

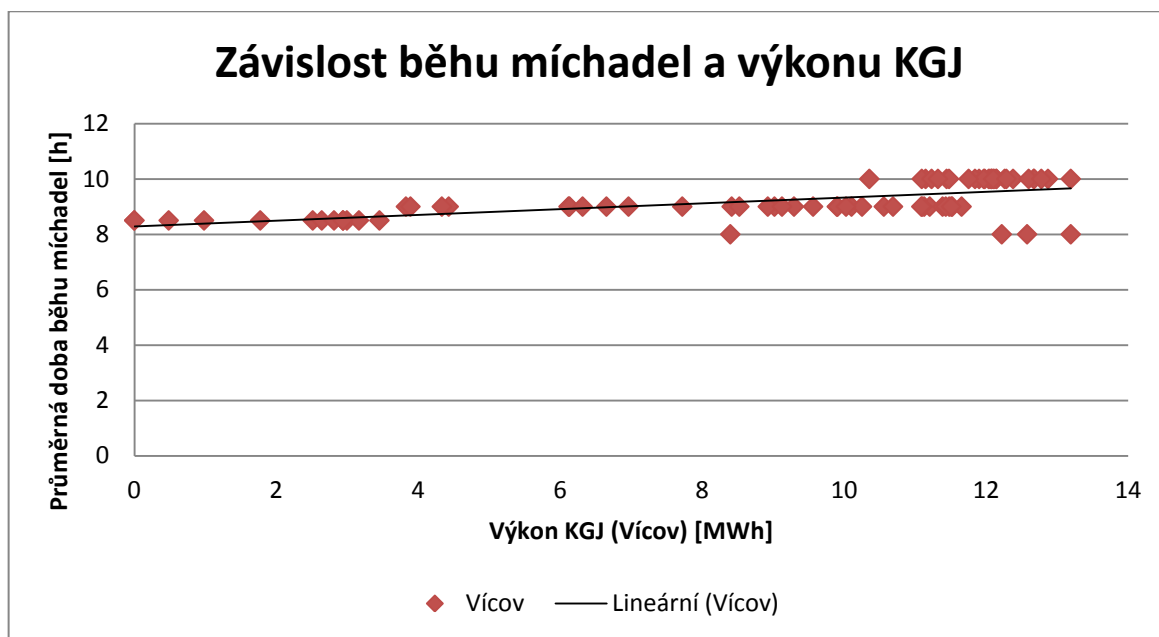
Naopak BPS Pěčín, která je v plném provozu, vykazuje značné kolísání výkonu. Jelikož je tato BPS několikanásobně větší obsahuje také více pohyblivých částí. Vlivem výpadku zařízení nebo poruchy armatury je ovlivněn chod celé BPS a to má za následek nekonstantní průběh výroby elektrické energie.

Srovnání míchacích prací

U bioplynových stanic byl proveden výpočet průměrné denní doby míchání substrátu ve fermentorech. U BPS Pěčín byla vypočtena průměrná doba míchacích prací na 10,57 h/den. V případě BPS Vícov byla tato doba 9,23 h/den.

Potvrzuje se tak hypotéza o míchacích pracích, která tvrdí, že méně častým mícháním dochází k větší tvorbě bioplynu. V případě BPS Vícov je provozní doba míchadel o

1,34 h/den kratší. Následující graf zobrazuje pozitivní vliv nižší doby míchání na průběh tvorby bioplynu a tím i na výkon KGJ.



Graf 14: Závislost běhu míchadel a výkonu KGJ

7 ŘÍDÍCÍ SOFTWARE BPS STANIC

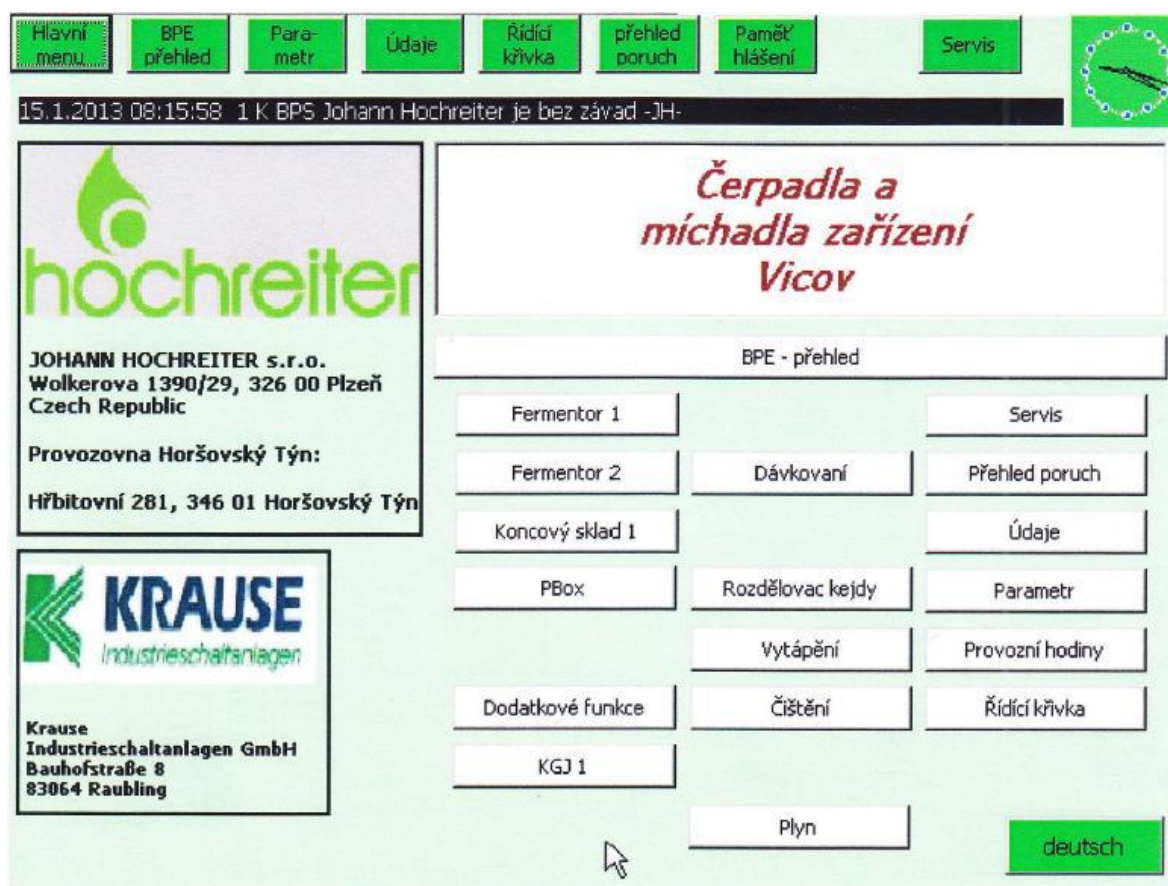
V této kapitole je představen řídicí software obou bioplynových stanic včetně jejich kladů a záporů.

7.1 Řídicí software BPS Vícov

Pro řízení bioplynové stanice se používá dotykový displej, který je umístěn v rozvaděči v místnosti vedle kogenerace nebo pomocí vzdáleného přístupu přes příslušný software.

7.1.1 Hlavní menu

Z hlavního menu je možné stiskem jednotlivých tlačítek vstupovat do nabídek menu. Je zde možnost měnit jazyk tohoto rozhraní z českého na německé. Na hlavní menu je možno se dostat z jakékoliv záložky stiskem tlačítka **Hlavní menu**.

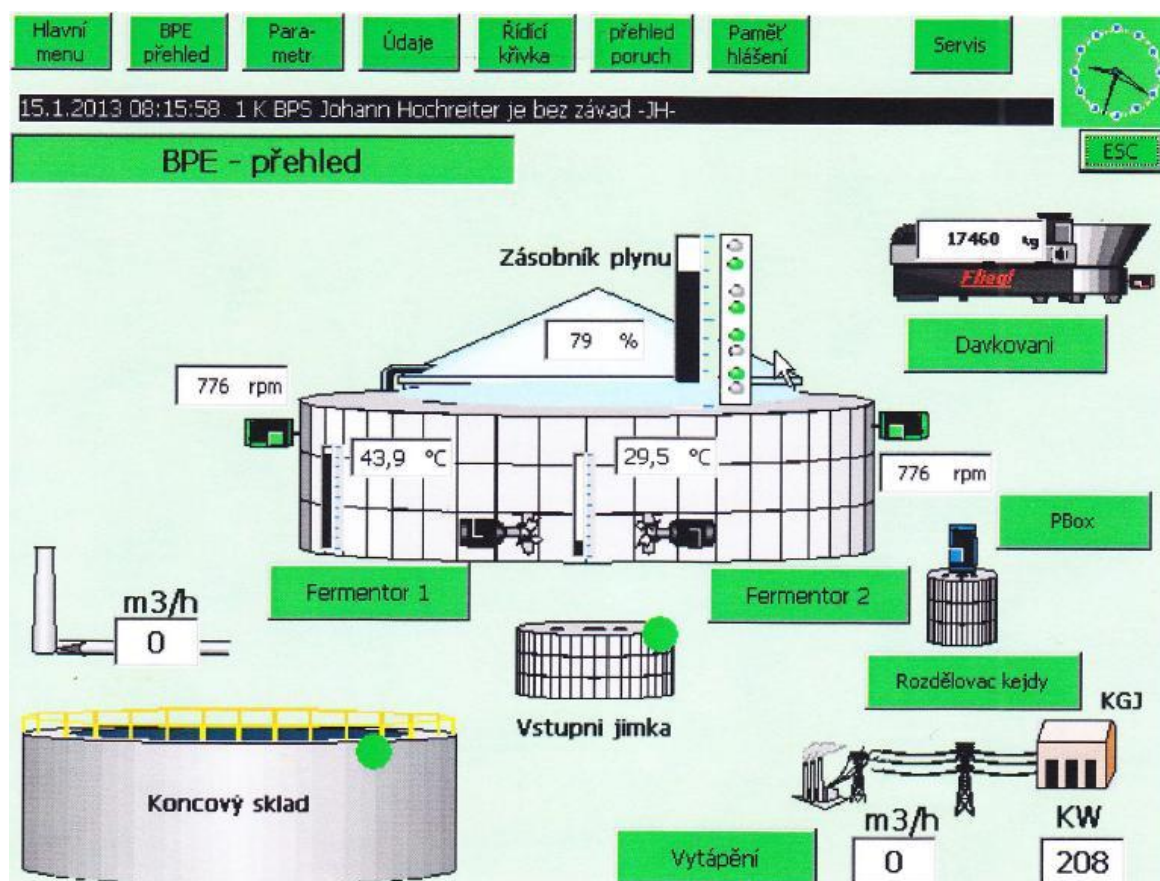


Obr. 58: Hlavní menu

7.1.2 Přehled BPE

Na následujícím obrázku je znázorněn:

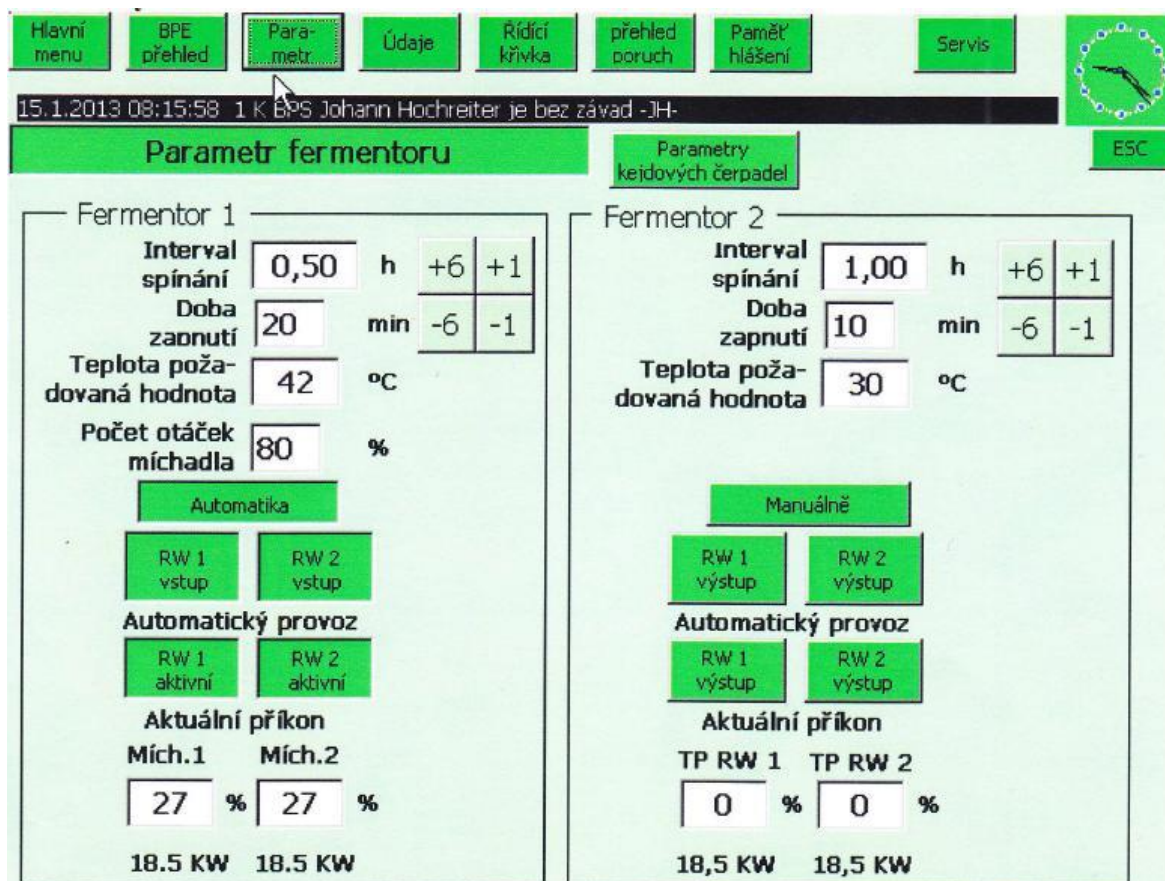
- aktuální stav tlaku plynu v plynojemu v procentech (% tlaku plynu)
- aktuální stav naplnění plynojemu (rozsvícení stupnice čidel)
- aktuální teplota ve fermentorech F1 a F2 (°C)
- barevně je odlišen provozní stav znázorněních agregátů (zelená – chod, červená – porucha, modrá – připraveno), znázorněny jsou i otáčky míchadel Mississippi (rpm)
- aktuální výkon kogeneračních jednotek (kW)
- z tohoto přehledu je možné stiskem příslušného tlačítka vstupovat přímo do konkrétního zobrazení pro jednotlivé části BPS, jako je Pbox, dávkování, vytápění, F1, F2, koncový sklad, rozdělovač kejdy, vstupní jímka



Obr. 59: Přehled BPE

7.1.3 Parametry

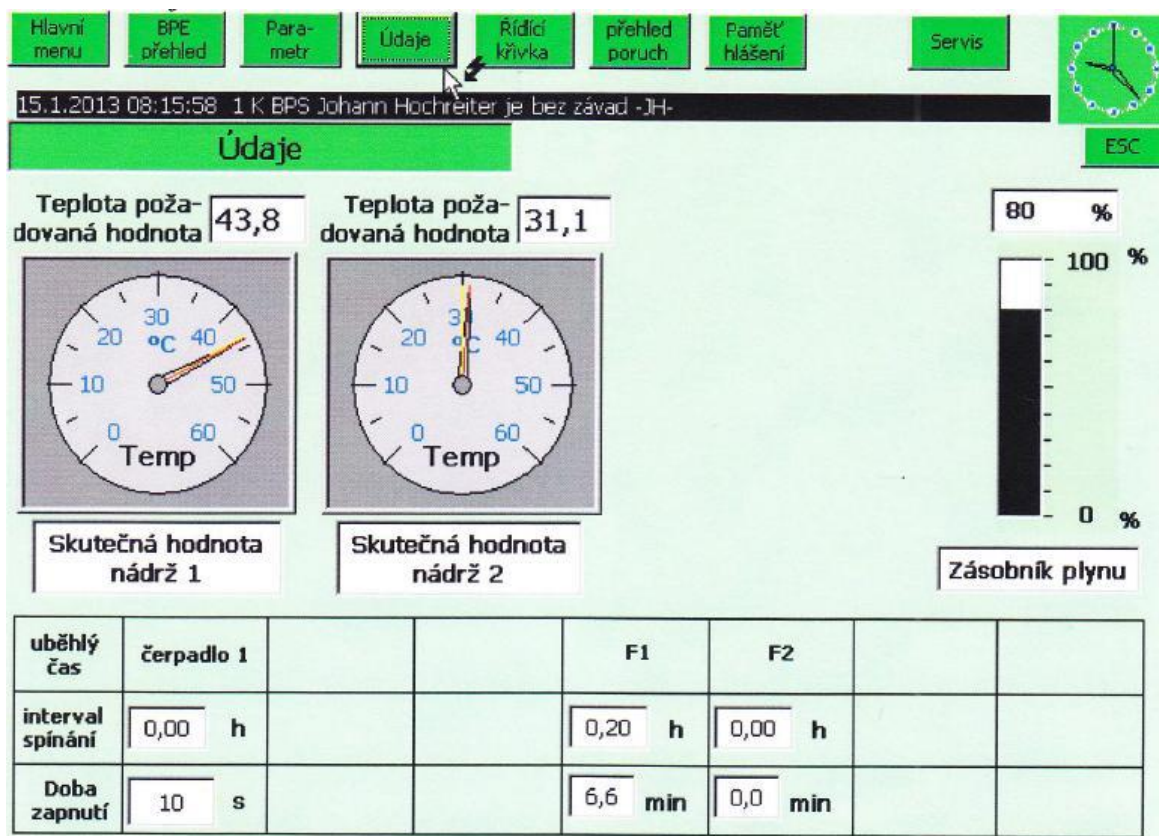
V tomto menu je možné nastavovat a sledovat provozní parametry jednotlivých míchadel, umístěných ve fermentorech. Měnit jejich interval spínání, dobu zapnutí, požadovanou teplotu, počet otáček míchadla a způsob řízení.



Obr. 60: Parametry

7.1.4 Údaje

V tomto menu je přehled základních údajů pro provoz BPS. Na následujícím obrázku je zobrazen grafický přehled stavu teploty ve fermentorech, tlak plynu v plynojemu v procentech a parametry míchání.



Obr. 61: Údaje

7.1.5 Řídicí křivka

V menu je k dispozici grafický průběh teplotní křivky, křivky KJ, křivky analyzátoru a křivky dávkování.

Teplotní křivky představují:

- grafické znázornění vývoje teplot v jednotlivých nádržích
- časové rozpětí pro sledování teplotních křivek (je možné nastavit)
- obraz lze přiblížit stiskem tlačítka pro přiblížení
- křivky jsou odlišeny barvami – co která křivka znázorňuje, lze zobrazit stiskem šipky dolů (nahoru) v pravém spodním rohu menu

Křivka KGJ představuje:

- grafické znázornění vývoje tlaku plynu v plynojemu
- grafické znázornění vývoje výkonu KGJ
- grafické znázornění vývoje obsahu metanu v bioplynu
- časové rozpětí pro sledování křivek (je možné nastavit)

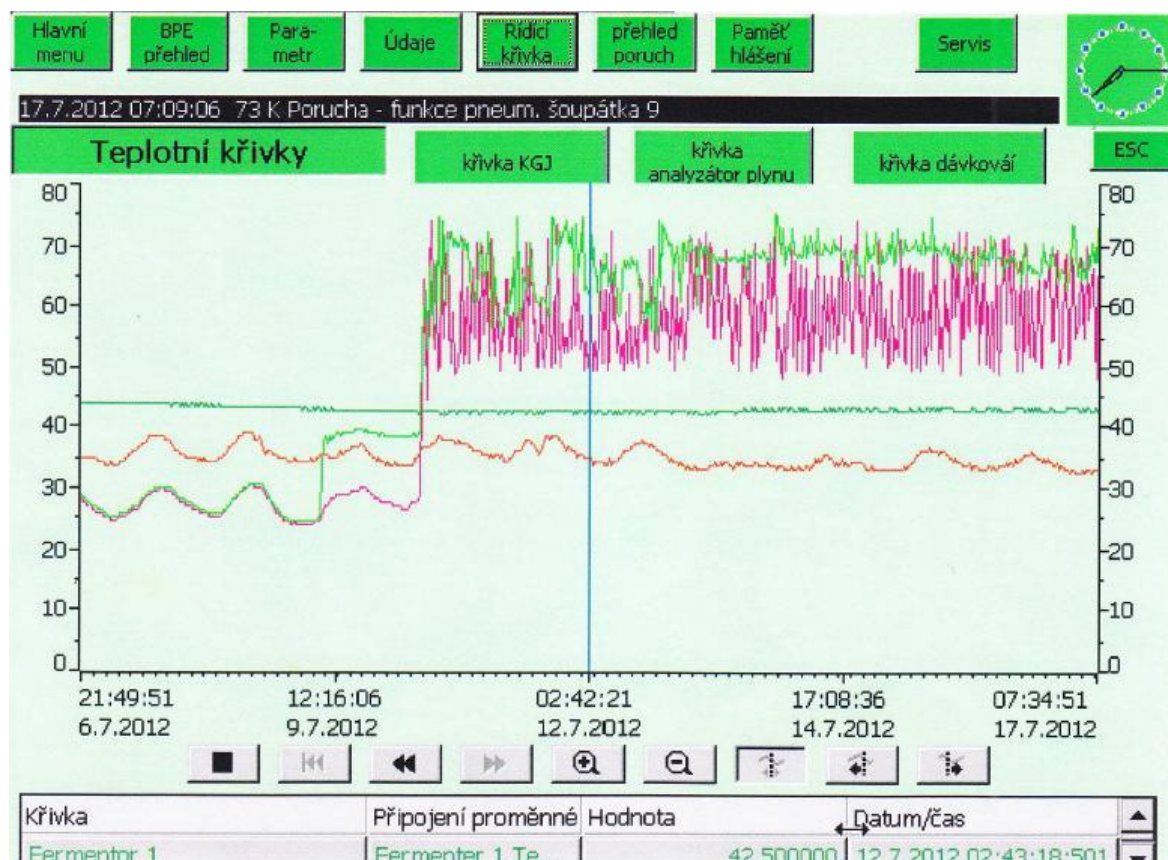
- obraz lze přiblížit stiskem tlačítka pro přiblížení
- křivky jsou odlišeny barvami – co která křivka znázorňuje, lze zobrazit stiskem šipky dolů (nahoru) v pravém spodním rohu menu

Křivka analyzátoru plynu zobrazuje:

- grafické znázornění vývoje obsahu jednotlivých sledovaných parametrů bioplynu (metan, sirovodík, kyslík)
- časové rozpětí pro sledování parametrů bioplynu (je možné nastavit)
- obraz lze přiblížit stiskem tlačítka pro přiblížení
- křivky jsou odlišeny barvami – co která křivka znázorňuje, lze zobrazit stiskem šipky dolů (nahoru) v pravém spodním rohu menu.

Křivka dávkování:

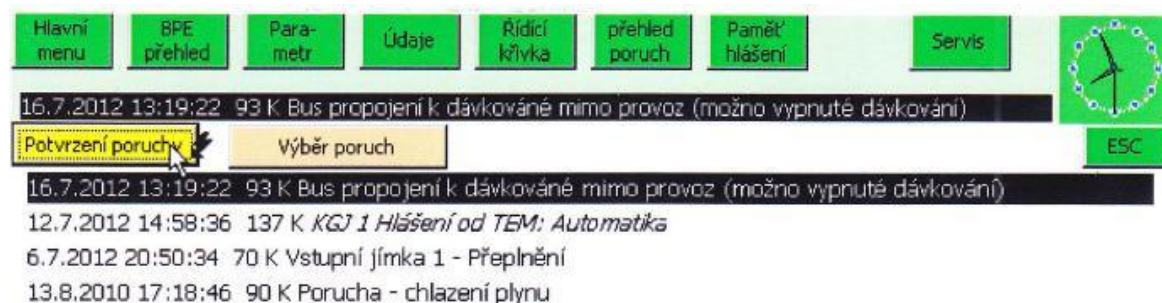
- možné sledovat dávkování v průběhu dne
- časové rozpětí pro sledování dávkovací křivky (je možné nastavit)
- obraz lze přiblížit stiskem tlačítka pro přiblížení
- křivky jsou odlišeny barvami – co která křivka znázorňuje, lze zobrazit stiskem šipky dolů (nahoru) v pravém spodním rohu menu



Obr. 62: Teplotní křivky

7.1.6 Přehled poruch

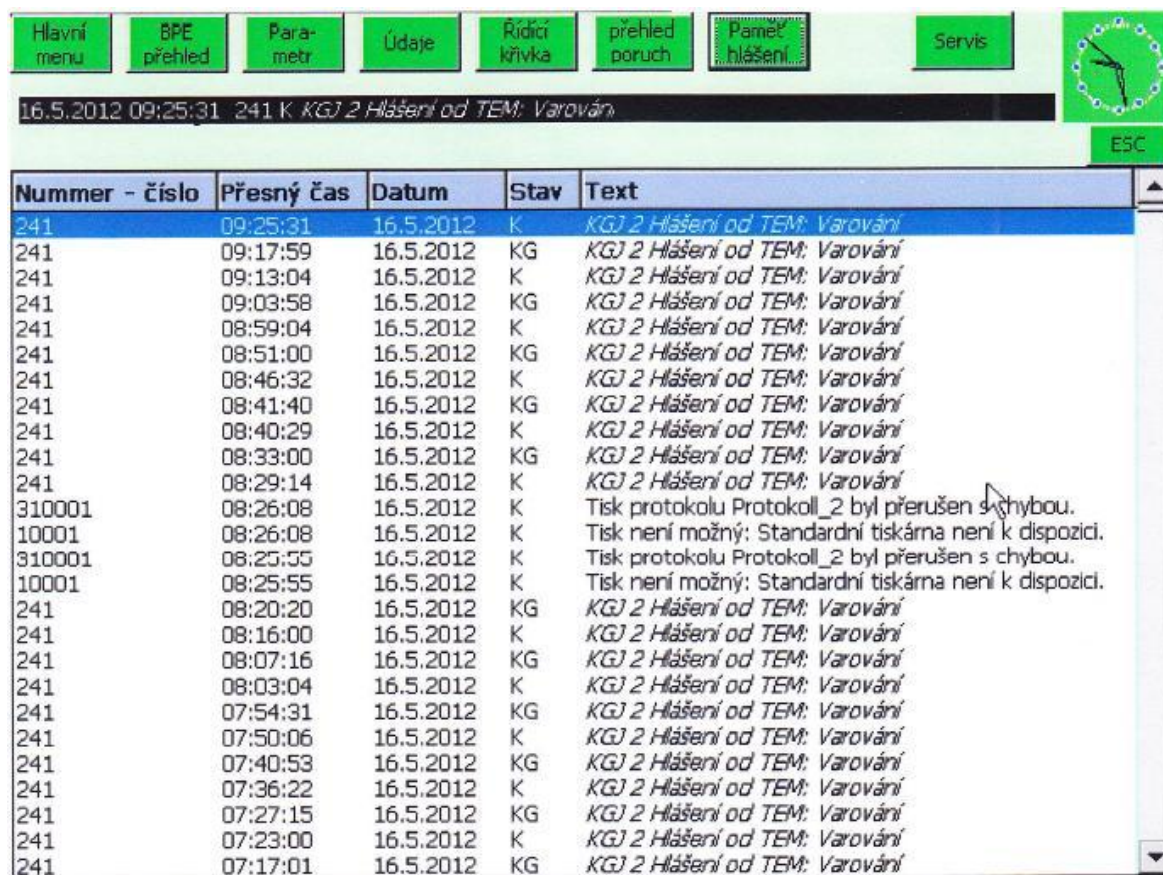
V menu je přehledně zobrazeno hlášení aktuálních poruch a poruch, které již byly odstraněny. Obě varianty obsahují také údaj o čase poruchy a příčině poruchy. K potvrzení poruchy slouží tlačítko **Potvrzení poruchy**. Po jeho stisknutí provede řídicí systém kontrolu. Pokud systém vyhodnotí, že porucha byla odstraněna, vymaže ji ze seznamu aktuálních poruch.



Obr. 63: Přehled poruch

7.1.7 Paměť hlášení

V tomto menu je možné číst všechna systémová hlášení včetně poruch. Přehled zobrazuje kód poruchy, přesný čas kdy porucha nastala, datum, stav poruchy a textový popis.

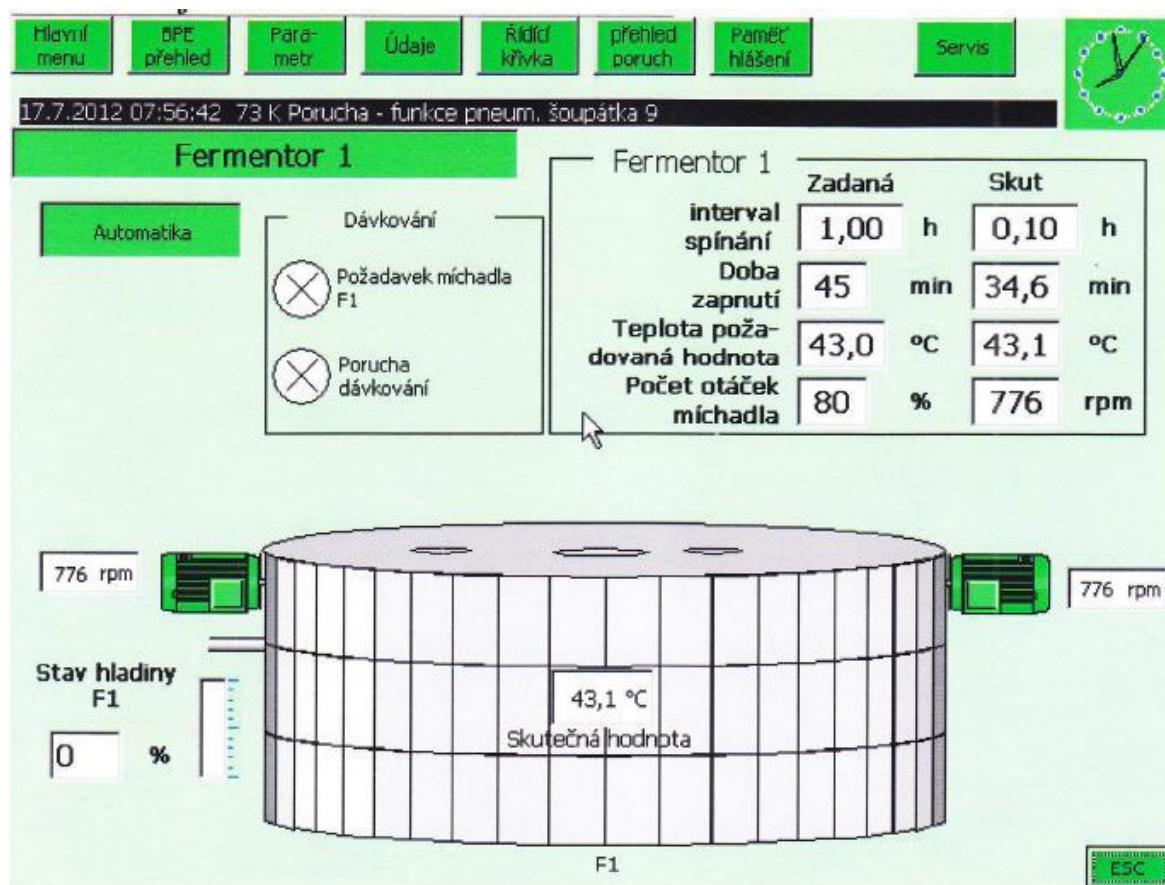


Nummer - číslo	Přesný čas	Datum	Stav	Text
241	09:25:31	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	09:17:59	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	09:13:04	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	09:03:58	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:59:04	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:51:00	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:46:32	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:41:40	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:40:29	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:33:00	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:29:14	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
310001	08:26:08	16.5.2012	K	Tisk protokolu Protokoll_2 byl přerušen s chybou.
10001	08:26:08	16.5.2012	K	Tisk není možný: Standardní tiskárna není k dispozici.
310001	08:25:55	16.5.2012	K	Tisk protokolu Protokoll_2 byl přerušen s chybou.
10001	08:25:55	16.5.2012	K	Tisk není možný: Standardní tiskárna není k dispozici.
241	08:20:20	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:16:00	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:07:16	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	08:03:04	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:54:31	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:50:06	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:40:53	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:36:22	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:27:15	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:23:00	16.5.2012	K	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování
241	07:17:01	16.5.2012	KG	KGJ 2 Hlášení od TEM: Varování

Obr. 64: Paměť hlášení

7.1.8 Fermentor 1 (vnitřní kruh)

V tomto menu je možné odečítat a nastavovat hodnoty související s fermentační nádrží číslo 1 (míchání, stav hladiny, teplota, otáčky míchadel).



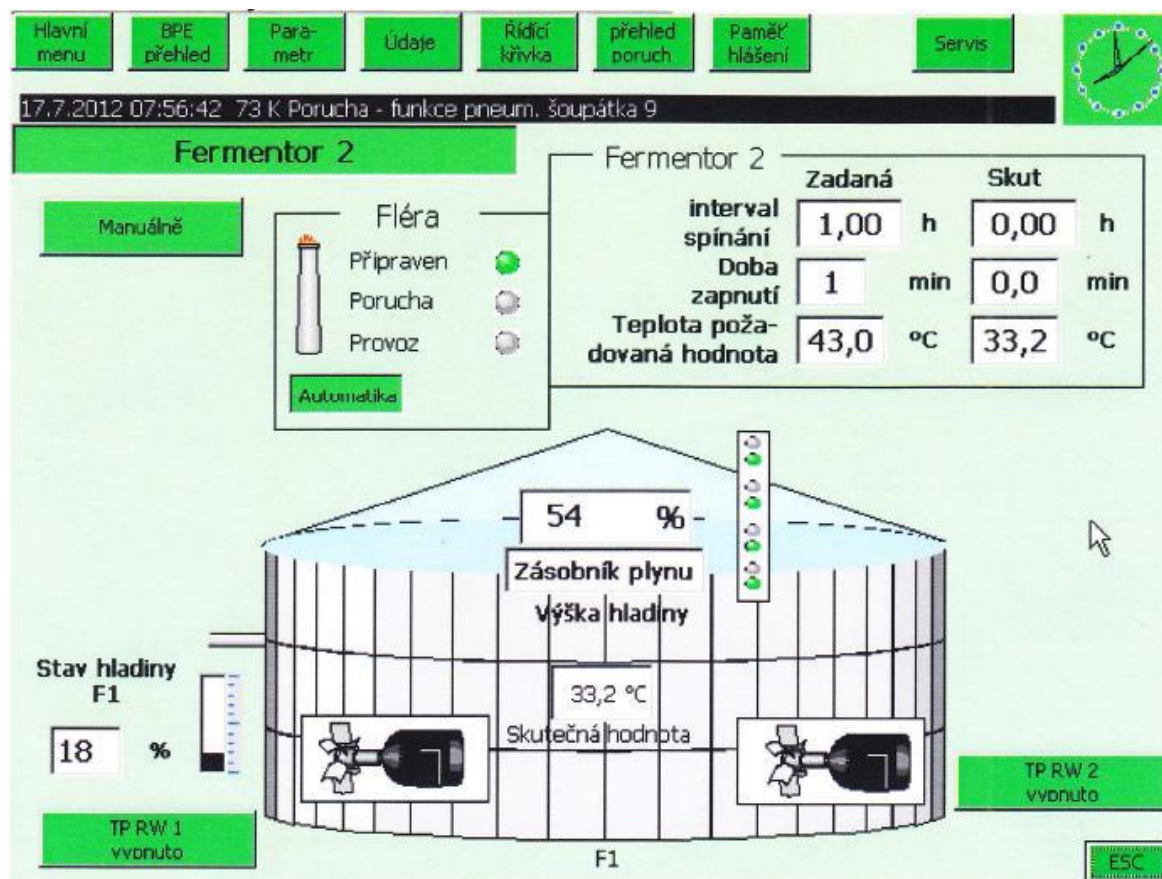
Obr. 65: Fermentor 1

7.1.9 Fermentor 2 (vnější kruh)

Nachází se zde hodnoty spojené s koncovým skladem (stav míchadel, výška hladiny, teplota, množství plynu v plynojemu, tlak plynu v plynojemu). Ovládání hořáku zbytkového plynu je možné přepnout do stavu manuálního nebo automatického provozu. Toto nastavení je stejně tak možné provést přímo na zařízení pro spalování zbytkového bioplynu.

Tab. 19: Signalizace stavů u hořáku zbytkového plynu

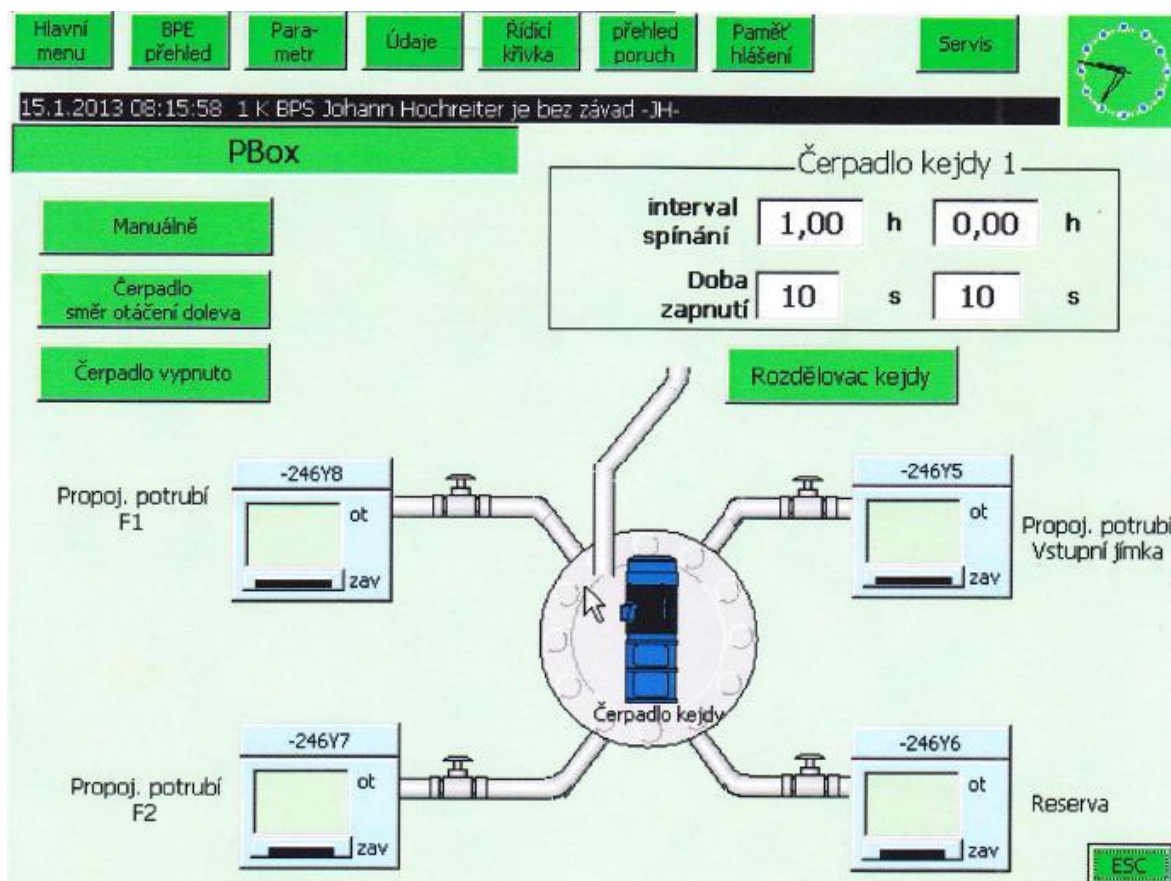
Připraven	Svítlí zelená	Hořák je připraven
	Svítlí červená	Hořák není připraven
Porucha	Nesvítlí	Hořák nemá poruchu
	Svítlí červená	Signalizuje poruchu hořáku
Provoz	Nesvítlí	Hořák není v provozu
	Svítlí zeleně	Hořák je v provozu



Obr. 66: Fermentor 2

7.1.10 Pbox

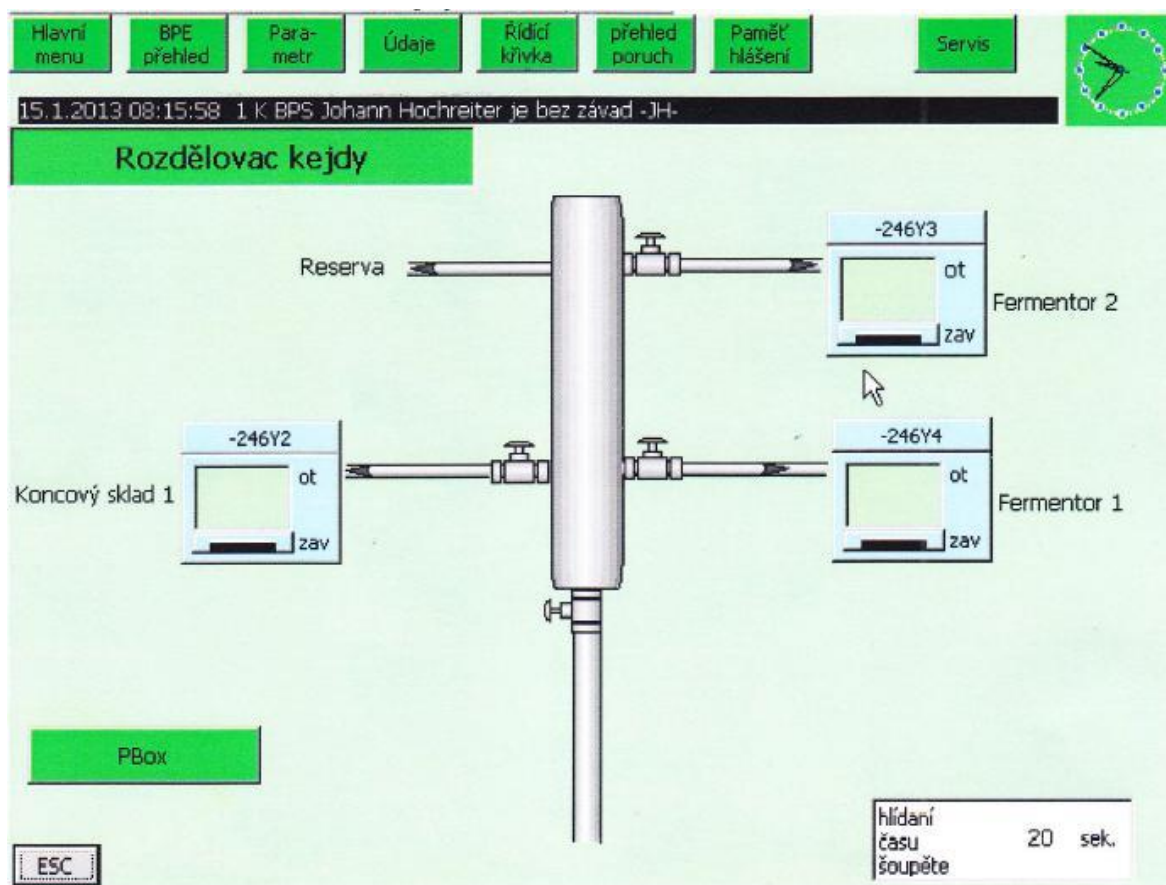
V této části menu je zobrazeno centrální čerpadlo pro čerpání mezi jednotlivými nádržemi, výdejním místem a vstupní jímkou. Pomocí šoupát se nastaví cesta, odkud se bude čerpat. Chod vlastního čerpadla je možné nastavit manuálně nebo automaticky dle nastavených parametrů. Pro dokončení nastavení cesty čerpání je nutné přejít do menu **Rozdělovač kejdy**.



Obr. 67: Pbox

7.1.11 Rozdělovač kejdy

Rozdělovač kejdy slouží k určení cíle pro čerpání do jednotlivých nádrží. Pneumatické šoupě mezi Pboxem a rozdělovačem se otvírá vždy při zapnutí čerpadla Pboxu.



Obr. 68: Rozdělovač kejdý

7.1.12 KGJ

V menu KGJ je možné sledovat a nastavit následující:

- sledování a nastavení jednotlivých parametrů pro KGJ
- aktuální hodnota výkonu kogenerační jednotky
- režim provozu - KGJ reaguje na změnu tlaku plynu v plynojemu, ostatní nastavení je určeno pro servisní organizaci
- požadavek na odběr bioplynu musí být nastaven na volbu **z plynojemu**, ostatní možnosti jsou dostupné pouze pro servisní organizaci
- požadavek – ručně může měnit pouze servisní technik
- CH₄ měření – Automatika – hodnota CH₄ je načítána z analyzátoru bioplynu
- CH₄ hodnota ručně - hodnota CH₄ je pevně nastavena obsluhou BPS
- zásobník plynu – zadání stupňů – slouží k nastavení 3 stupňů výkonu KGJ podle aktuálního tlaku bioplynu v plynojemu.

- Zásobník plynu – zásoba podle POTI – start a stop KGJ při nastaveném tlaku bioplynu

The screenshot displays the 'KGJ 1' control interface. At the top, a navigation bar includes buttons for 'Hlavní menu', 'BPE přehled', 'Parametr', 'Údaje', 'Řídicí křivka', 'přehled poruch', 'Paměť hlášení', and 'Servis'. A status bar shows the date and time '17.7.2012 07:56:42', temperature '73 K', and a fault message 'Porucha - funkce pneum. šoupátka 9'. The main area is divided into several sections:

- KGJ 1**: A green header for the main control section.
- KGJ ZAP / VYP**: A green button to start/stop the gas supply.
- Režim provozu**: A dropdown menu set to 'Auto plyn'.
- požadavek**: A dropdown menu set to 'z plynojemu'.
- požadavek - ručně**: A text input field showing '100,0 %'.
- CH4-měření**: A dropdown menu set to 'automatika'.
- CH4-hodnota ručně**: A text input field showing '58,0 %'.
- start s plynem**: A dropdown menu set to 'zásoba podle POTI'.
- Zásobník plynu - zadání stupňů výkonu**: A table for setting power levels.

stupeň	1 >	Zadaná	je
1	40,0	35,0	%
2	55,0	52,0	%
3	80,0	70,0	%
		58,7	%
- zásoba plynu - s POTI**: A section for setting start and stop pressure.

start při:	stop při:
80,0 %	10,0 %
- CH4**: A section for setting gas flow.

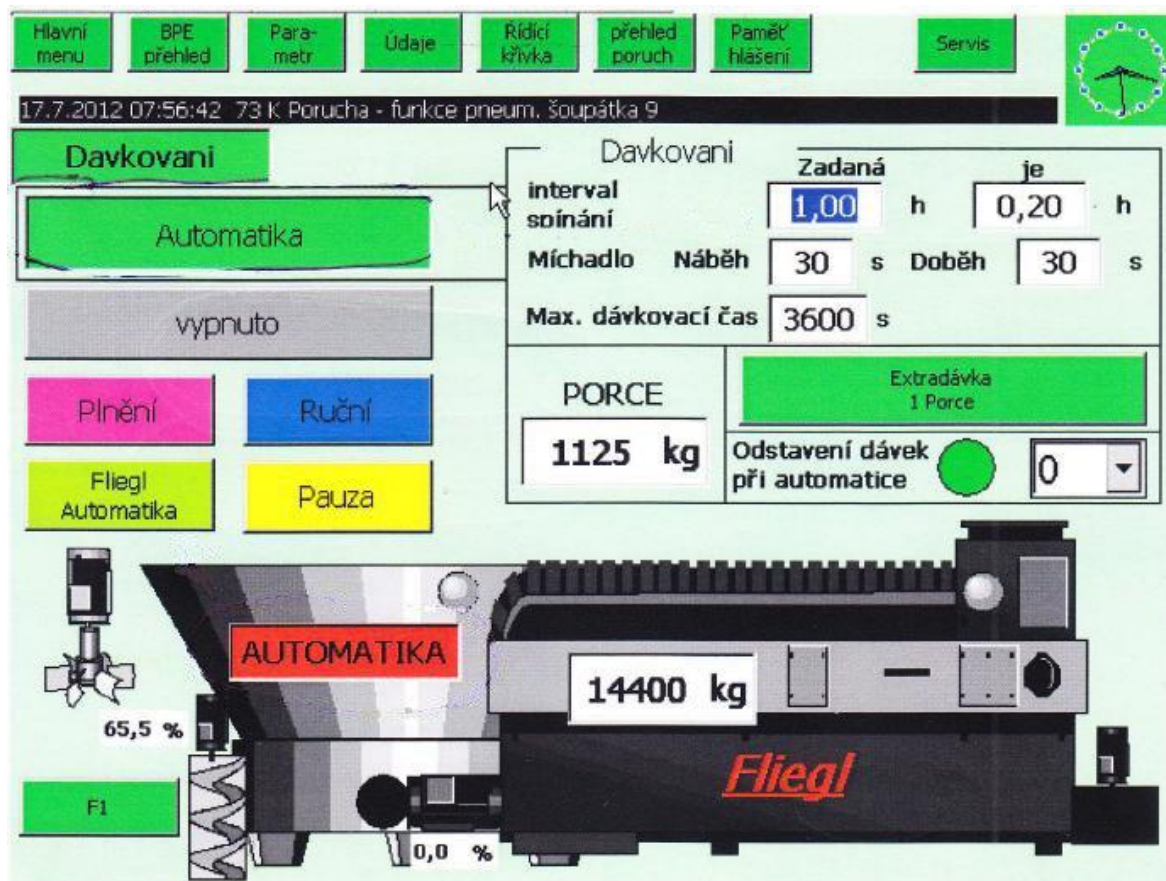
CH4 vstup:	Multiplikator:	CH4 výstup:
57,5 %	1,0	57,5 %

An 'ESC' button is located at the bottom right of the interface.

Obr. 69: KGJ

7.1.13 Dávkování

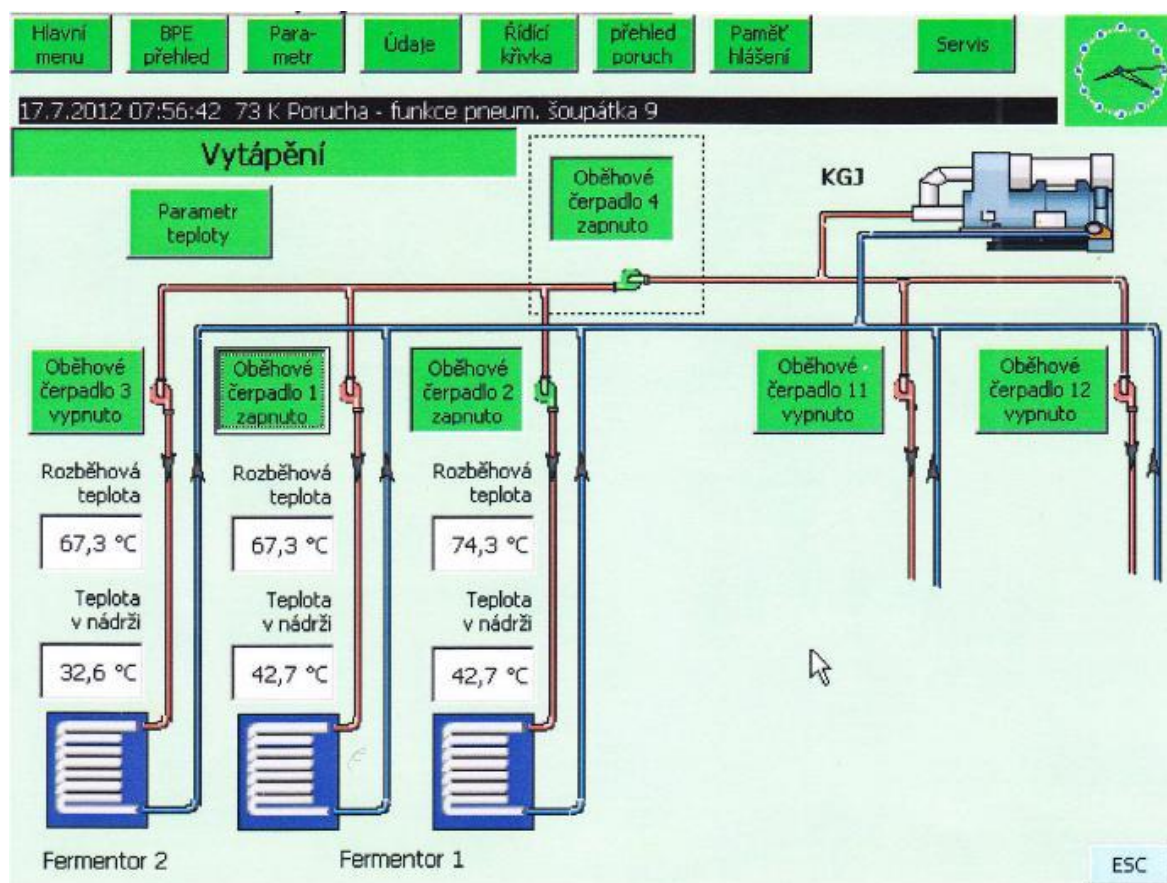
Zde je možné nastavit parametry dávkovacího zařízení (interval spínání, doba rozběhu, doba zapnutí, doběh F1, hodinová dávka), manuální nebo automatický chod dávkovacího zařízení.



Obr. 70: Dávkování

7.1.14 Vytápění

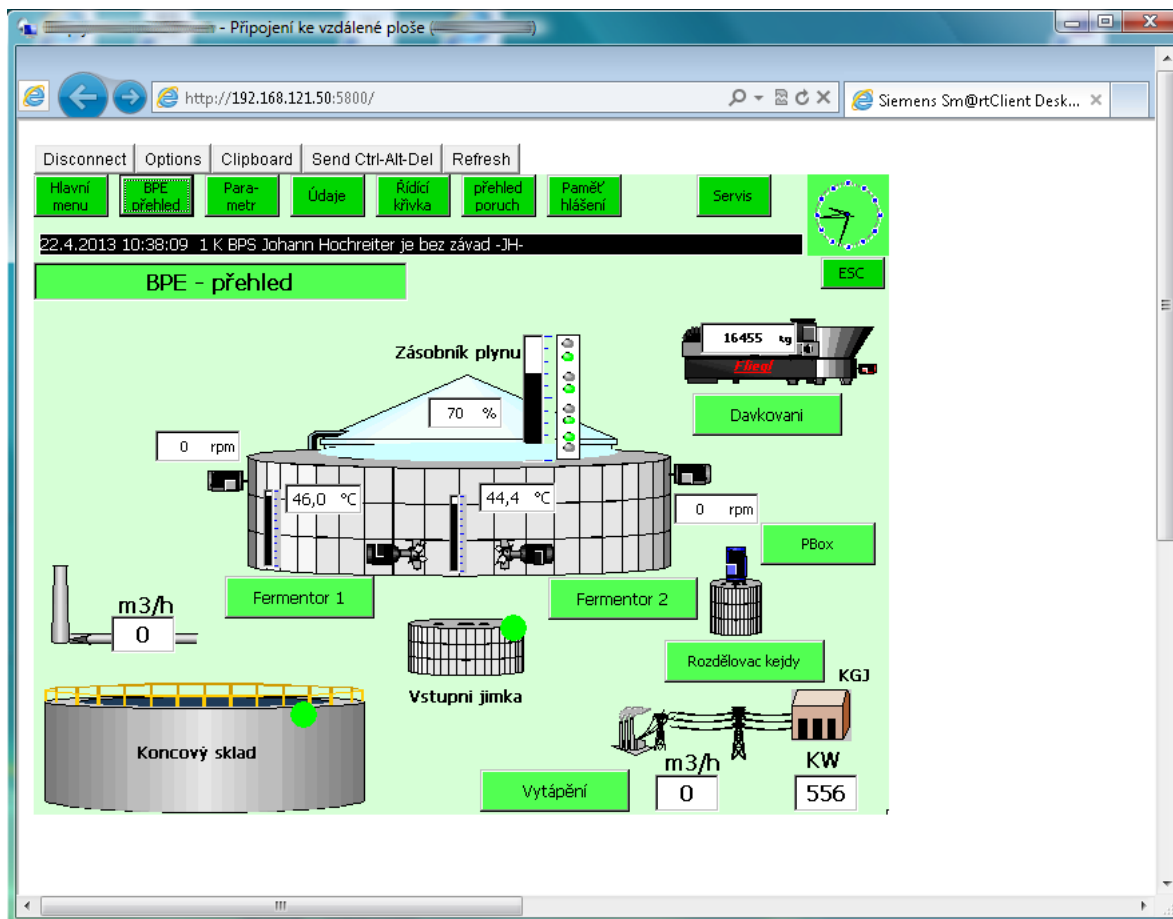
V ručním režimu je možno spínat oběhová čerpadla na jednotlivých topných okruzích. V automatickém režimu jsou čerpadla spínána řídicím systémem. U všech otopných okruhů jsou znázorněny rozběhové teploty a teploty v nádrži.



Obr. 71: Vytápění

7.1.15 Vzdálené ovládání BPS

Bioplynovou stanici je možno řídit pomocí vzdáleného ovládání. Po zadání uživatelského jména a hesla je uživateli povolen přístup k veškerému ovládání a přehledu BPS.



Obr. 72: Náhled vzdáleného ovládání

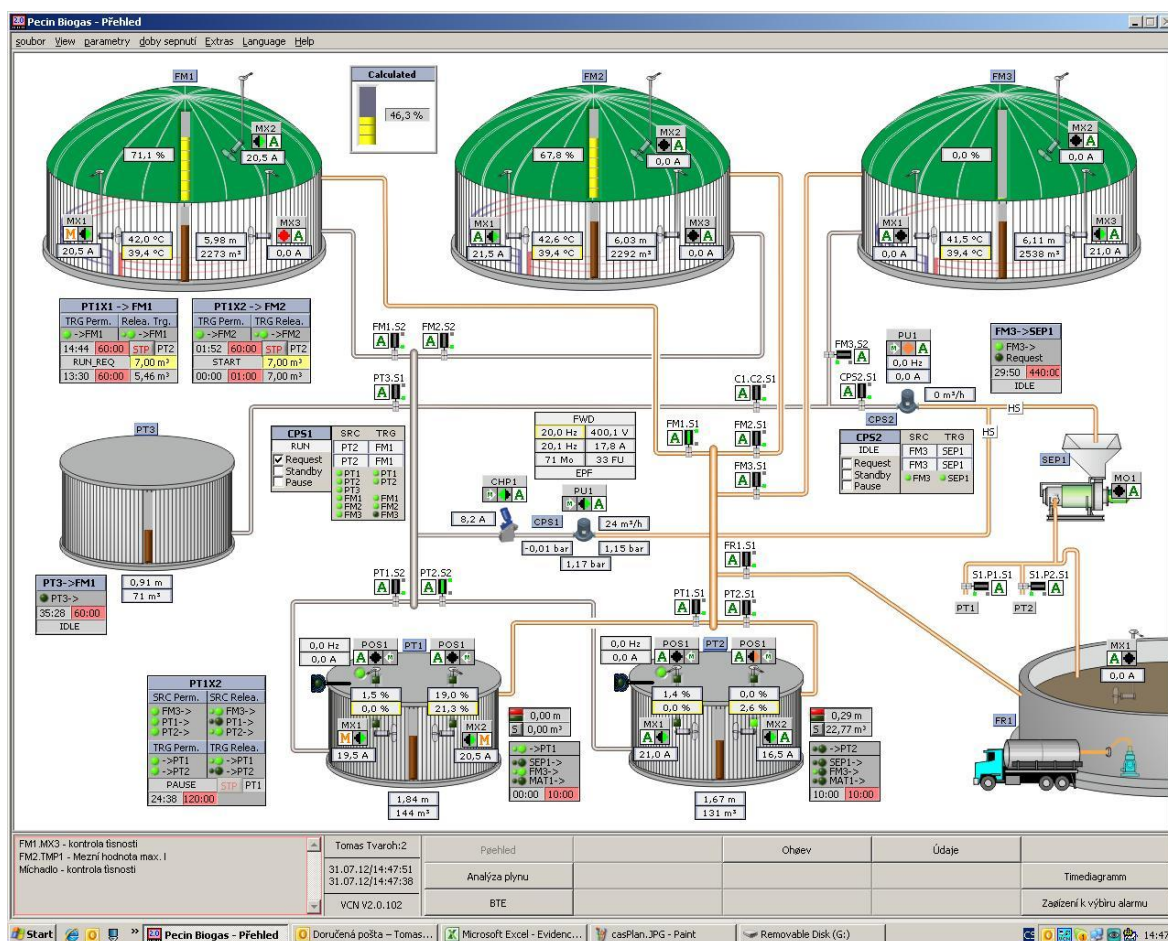
7.2 Řídicí software BPS Pěčín

Ovládání řídicího softwaru probíhá pomocí vzdáleného přístupu z počítače umístěného v budově správce.

7.2.1 Přehled BPE

V tomto menu je zobrazen celkový přehled BPE. Jsou zde znázorněny stavy fermentorů (množství plynu v plynojem, stavy míchadel a jejich napětí, teplota ohřívacích těles na vstupu a na výstupu z fermentoru, objem fermentoru a výška hladiny), vstupních jímek (stavy míchadel a jejich napětí, objem nádrží a výška hladiny), kogenerační jednotky, koncového skladu, separátoru a stavy ventilů. V levém dolním rohu se nachází okno pro

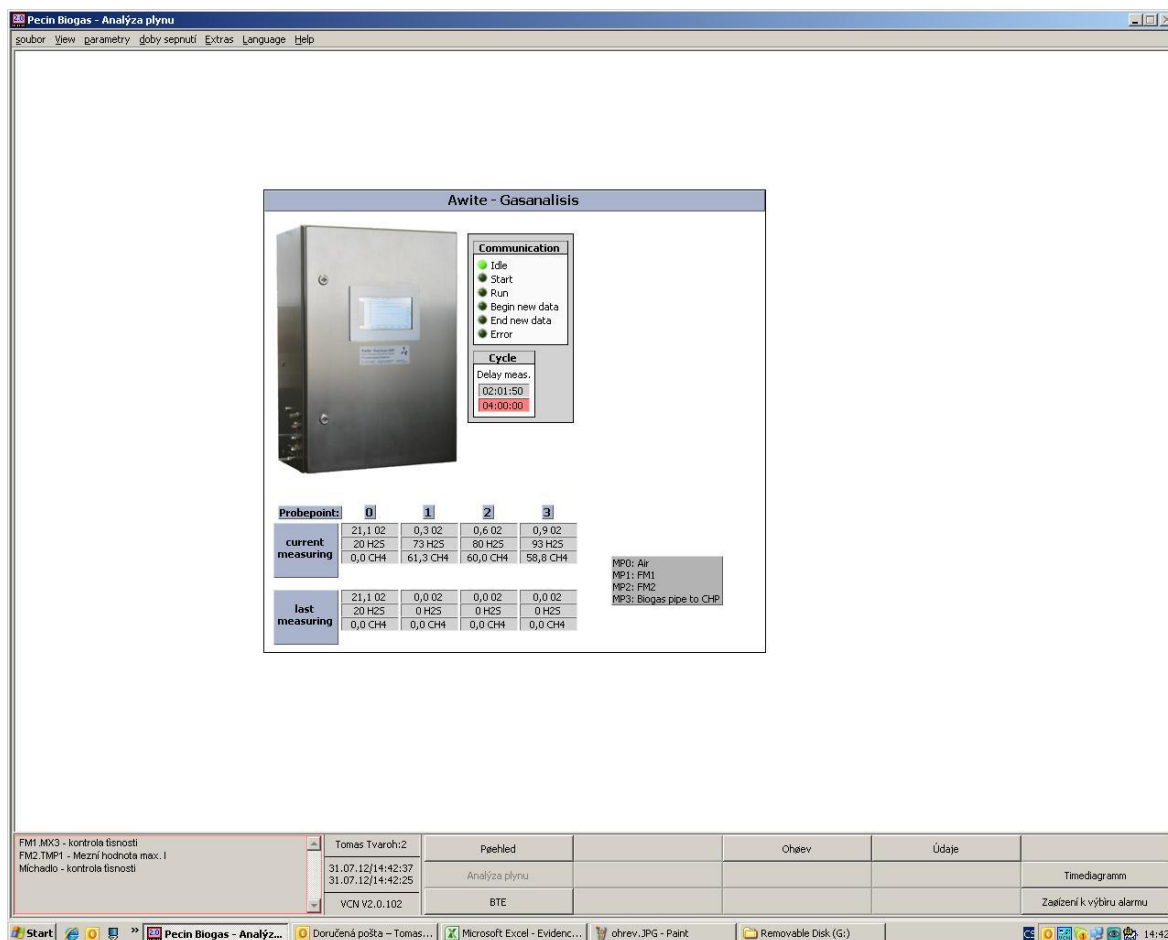
hlášení a výpis poruch. Vedle okna výpisu poruch jsou údaje o přihlášeném uživateli, datum a čas. Vedle tohoto okna je několik možností pro další přehled BPE.



Obr. 73: Přehled BPE

7.2.2 Analyzátor plynu

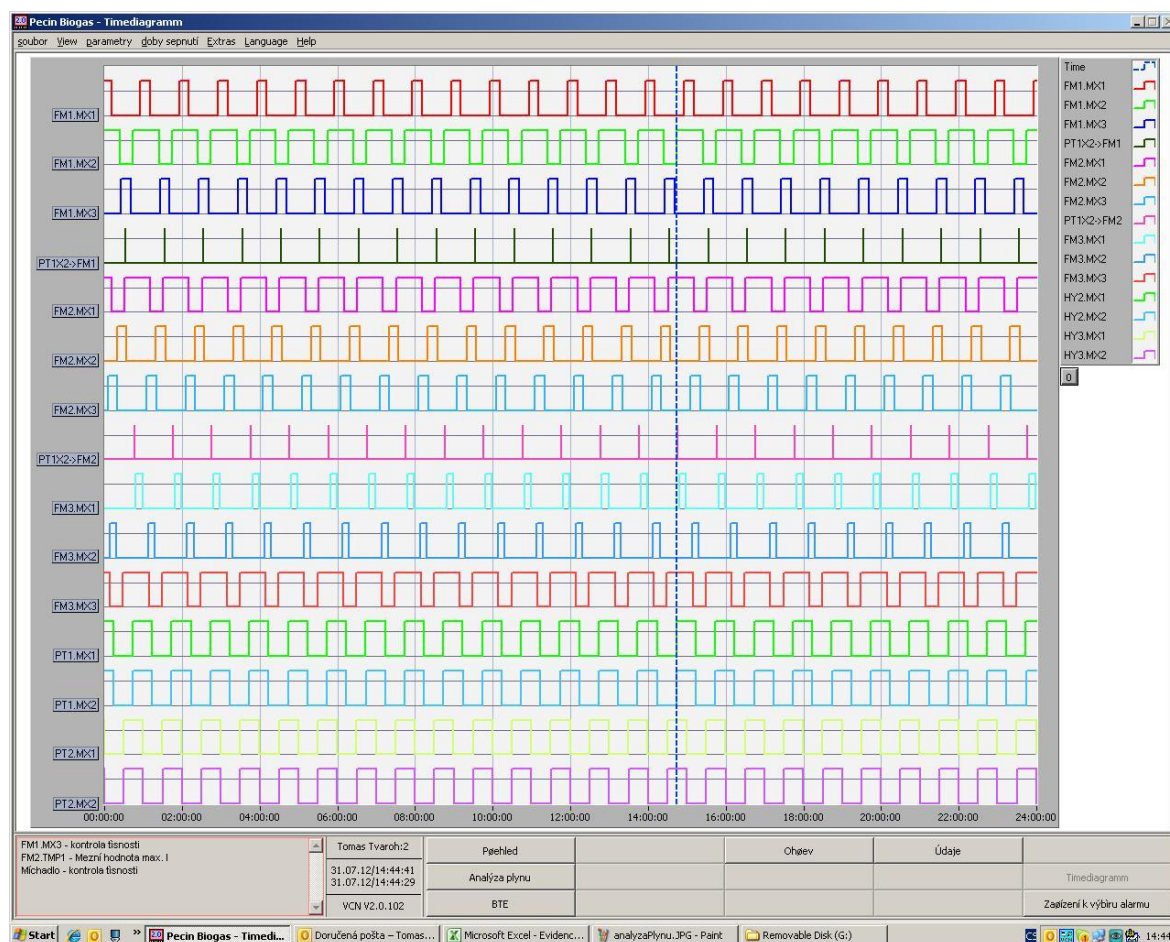
V tomto menu je znázorněna analýza plynu, která je prováděna automaticky každé čtyři hodiny. Je zde vyobrazeno množství kyslíku, sulfanu a metanu v bioplynu. Na stanici jsou umístěny celkem čtyři analyzátoři. Jak je vidět na následujícím obrázku, první slouží k analýze vzduchu, druhý a třetí analyzují složky ve fermentoru 1 a 2 a poslední slouží k analýze bioplynu v potrubí před vstupem do KGJ. Dále jsou zde vyobrazeny hodnoty z posledního měření a stavy provozu analyzátoru.



Obr. 74: Analyzátor plynu

7.2.3 TimeDiagram

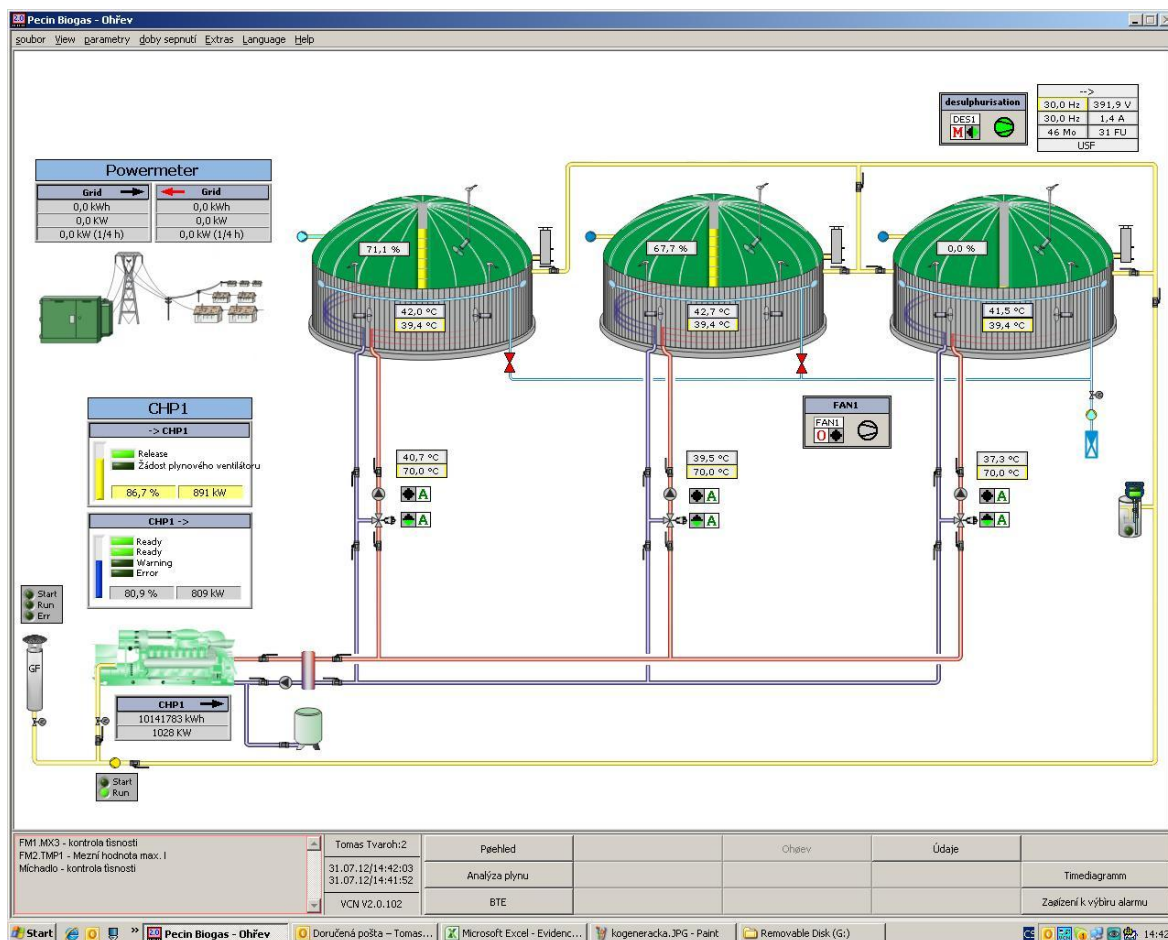
V tomto časovém přehledu je znázorněna doba míchání míchadel v jednotlivých fermentorech a vstupních jímkách. Časové rozpoložení je možné kdykoliv měnit.



Obr. 75: Časový plán

7.2.4 Ohřev

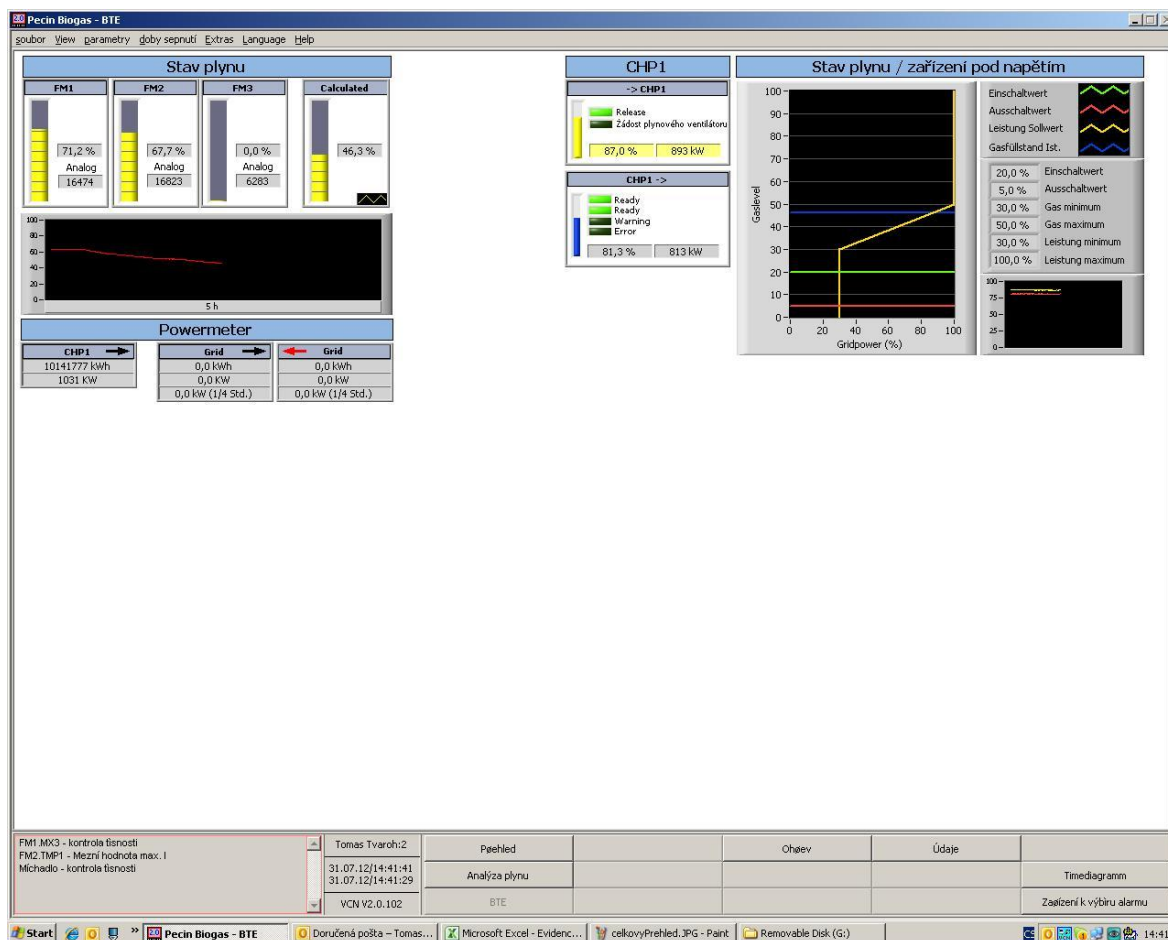
Menu představuje přehled teplot ve fermentorech. Je zde zobrazen i stav chladících ventilátorů a stav odsiřovacího ventilátoru. V levé horní části je zobrazen přehled prodané a odkoupené elektrické energie. Pod tímto přehledem je znázorněn požadovaný výkon KGJ a jeho momentální stav. V levé spodní části obrazovky je znázorněna KGJ s přehledem stavů a fléru.



Obr. 76: Ohřev

7.2.5 BTE

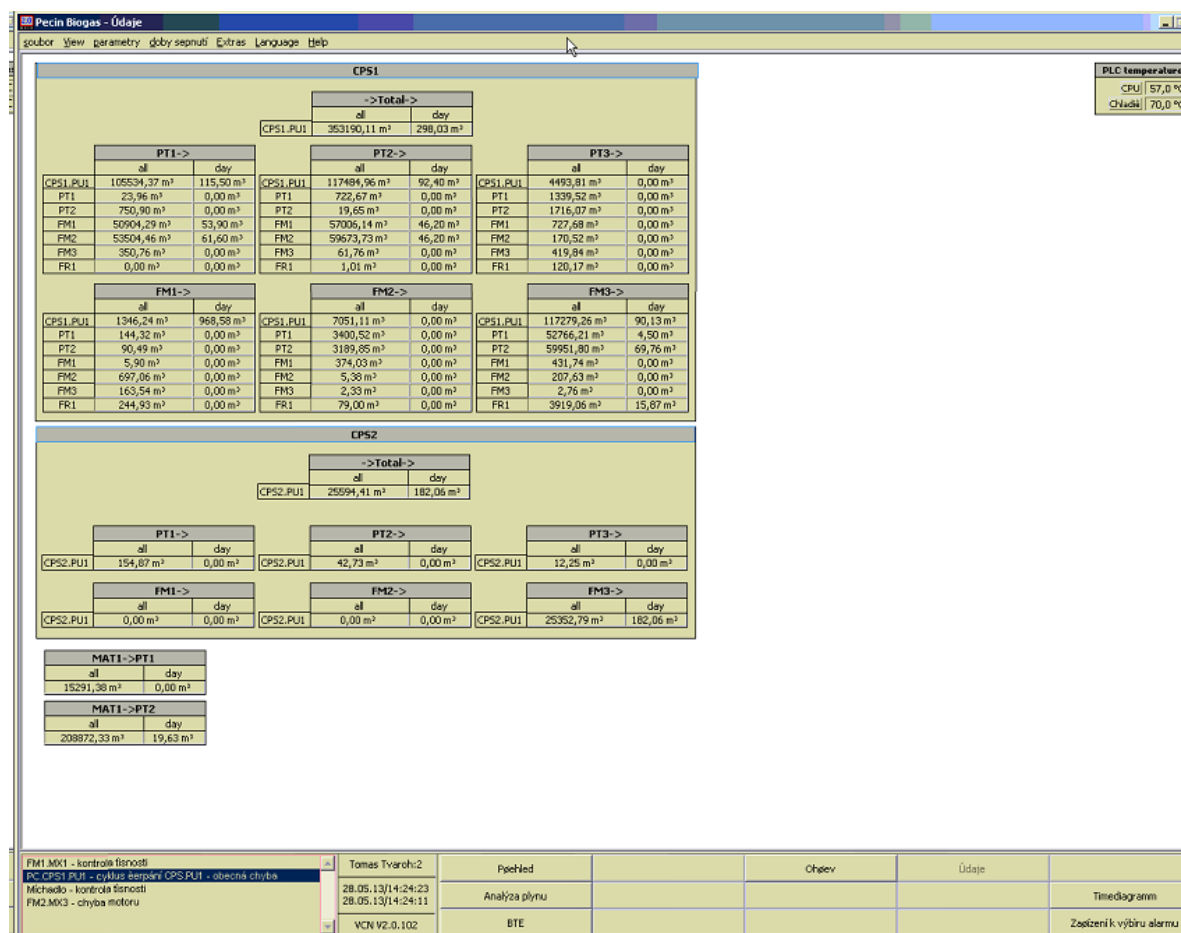
V levé části obrazovky je znázorněn stav plynu ve fermentorech, celkové využití zásobníků plynu a jejich grafický průběh. Pod těmito okny je zobrazeno množství vyrobené, prodané a odkoupené elektrické energie. V pravé části menu se nachází možnosti nastavení plynu pro potřeby KGJ. Zeleně znázorněná křivka značí množství plynu, při kterém dochází k zapnutí motoru. Červená křivka představuje mezní hodnotu plynu pro odpojení KGJ. Modrá křivka značí aktuální přísun plynu do KGJ. S křivkami je možné libovolně posouvat a nastavit tak požadované hodnoty. V okně *-> CHP1* je přehled požadovaného výkonu KGJ a v okně *CHP1 ->* je aktuální přehled výkonu KGJ včetně stavů zařízení.



Obr. 77: Přehled stavů plynu

7.2.6 Údaje

V tomto menu se nachází přehled provozních údajů hlavního (CPS1) a pomocného čerpadla (CPS2). Jsou zde znázorněny celkové a denní hodnoty přečerpávaného materiálu mezi jednotlivými částmi BPS. Jedná se o fermentory 1 – 3 a vstupní jímky 1 – 3. V pravém horním rohu je znázorněna teplota programovatelného automatu.



Obr. 78: Údaje o provozu BPS

7.3 Porovnání řídicích softwarů

Jak jde již na první pohled vidět, řídicí softwary jsou od dvou různých firem. V případě BPS Vícov se jedná o řídicí software německé firmy **Johann Hochreiter**. BPS Pěčín disponuje řídicím softwarem od rakouské firmy **NAHTEC**.

7.3.1 Výhody řídicího softwaru BPS Vícov

- Grafické zpracování
- Vzdálené ovládání

7.3.2 Nevýhody řídicího softwaru BPS Vícov

- Náročnější orientace v menu
- Delší čekací doba na vykreslení grafů a výpisu historie poruch
- Při zadávání přečerpávání je třeba dodržet přesný postup

7.3.3 Výhody řídicího softwaru BPS Pěčín

- Souhrnný přehled údajů jednotlivých zařízení
- Jednoduchá orientace
- Vzdálené ovládání

7.3.4 Nevýhody řídicího softwaru BPS Pěčín

- Chybí seznamy jednotlivých zkratk zařízení

8 DOPORUČENÍ K ROZŠÍŘENÍ SBĚRU INFORMACÍ

Kapitola pojednává o možnostech rozšíření sběru informací a automatizaci procesů.

8.1 Doporučení sběru informací BPS Vícov

Bioplynová stanice postrádá sběr informací ve směru vyhodnocování možných situací. Především chybí možnosti řídicího softwaru. Bylo by vhodné, kdyby se příslušný software uměl sám rozhodnout, zda například po přidání surovin do fermentoru míchat častěji, intenzivněji, rychleji nebo třeba vůbec.

Dalším důležitým záznamem by mohly být údaje o přesném provozu míchadel, kdy běžely, jak dlouho běžely a zda má vliv míchacích prací na tvorbu plynu ve fermentorech.

Přidáním teplotního čidla do plynojemu a záznamu o složení směsi bioplynu z analyzátoru by mohl být přesněji vypočítán objem bioplynu v plynojemu.

U plnicích ramen by mohla být přidána čidla k měření průtoku jak na vstupní straně např. při přečerpání kejdy do fermentorů, tak i na výstupní straně při odčerpání digestátu z koncového skladu.

Vhodným doplněním BPS Vícov by mohl být i infračervený spektrometr, kterým by bylo možné sledovat kontinuální chemické rozborů jak pevné fáze, tak i kapalnou fázi. Pomocí tohoto zařízení je prováděna analýza vstupních substrátů a na základě chemického rozboru je možné automaticky regulovat vstupní dávku dle aktuální sušiny. Tím by byl zajištěn konstantní vstup organické hmoty do fermentoru a zároveň i konstantní odezva na tvorbu bioplynu ve fermentoru. Tato zařízení se také využívají k určení obsahu jednotlivých složek živin v digestátu a tím k určení hnojivé hodnoty.

V zaznamenávaných datech BPS chybí údaj o průtoku bioplynu do KGJ. Úpravou řídicího softwaru a přidáním čidla průtoku plynu by bylo možné tento údaj zjistit.

Dalším doporučením ke sběru informací je údaj o průtoku bioplynu na fléru. Z přesně známé hodnoty by bylo možné přesněji vypočítat finanční ztrátu, která je způsobena spalováním.

8.2 Doporučení automatizace procesů BPS Vícov

Řídicí software by měl být schopen rozhodovat na základě provozních dat. Pokud dojde ze získaných dat k novým poznatkům, např. málo plynu v zásobníku, měl by systém automaticky upravit hodnoty dávkování vstupních surovin nebo doby míchacích prací.

Další možností automatizace by mohla být automatizovaná práce míchadel. Pokud řídicí software uzná za vhodné, že by míchadla měla míchat, měl by je automaticky spustit bez ohledu na to, jaké mají spínací intervaly.

Krmný vůz a skladovací plocha nejsou na této stanici zastřešeny. V období dešťů tak dochází k nasáknutí substrátu vodou. V tomto ohledu by mělo dojít automaticky k přepočítání množství přidávané suroviny. Pokud je substrát nasáknutý vodou, je potřeba ho přidat více než je stanovena přesná hodinová dávka suchého substrátu.

8.3 Doporučení sběru informací BPS Pěčín

U separátoru by bylo vhodné umístit čidlo průtoku zbytkového fugátu. Pomocí tohoto čidla by bylo možné zjistit, zda nedošlo k ucpání potrubí.

Další možnou kontrolovanou veličinou by mohla být kontrola vstupního tlaku na čerpadle u separace.

U koncového skladu, který je otevřenou kruhovou nádrží, je kontrolována pouze maximální hladina. Bylo by vhodné v tomto směru zohlednit vnější vlivy, jako je například déšť, zvolením vhodného tlakového čidla, které by bylo umístěno u dna nádrže. Tímto způsobem by byl snímán nárůst tlaku v koncovém skladu a matematicky vyhodnocována rychlost zvedání hladiny.

Vhodnou úpravou by také mohl být potrubní stromeček z koncového skladu, kterým se dopravuje digestát do fermentorů kvůli ředění obsahu a přidání potřebných bakterií pro tvorbu bioplynu.

Stejně jako na BPS Vícov chybí i zde vhodné měření o průtoku bioplynu do KGJ a na fléru.

8.4 Doporučení automatizace procesů BPS Pěčín

Vhodnou stavební úpravou by bylo možné docílit automatizované dopravy surovin ze silážního žlabu do vstupních jímek. Odpadla by tak práce obsluhy s krmním.

Důležitou roli hraje i teplota fólie nad fermentorem. V případě slunných dnů může dojít k ohřátí plynu pod fólií a tím i k jeho rozpínání. Při tomto jevu dochází k nepřesnému měření údajů o hladině plynu v zásobníku. Samozřejmostí je i opak tohoto jevu. Stav zásobníku plynu by měl být automaticky upravován v závislosti na teplotě plynu uvnitř plynojemu.

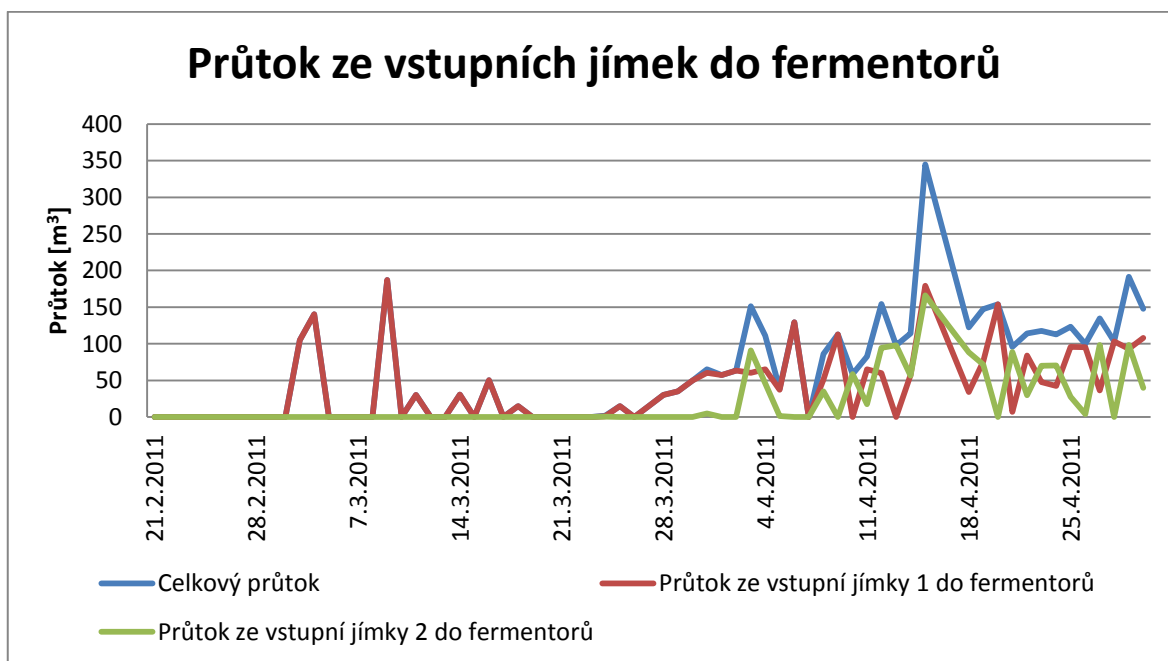
9 ZÁVĚRY DATOVÉ ANALÝZY

9.1 Závěry k BPS Pěčín

Snahou všech provozovatelů je dosáhnout optimálního náběhu a provozu bioplynové stanice. To se však ve většině případů nedaří, protože při rozjezdu dochází k provozním problémům, které jsou odstraňovány v průběhu provozu. V rozjezdovém období, které trvá přibližně 6 měsíců, dochází ke stabilizaci a optimalizaci jednotlivých částí BPS včetně plnění fermentačních nádrží.

Pro optimální náběh je zapotřebí sledovat veškerá snímaná data a ihned při zjištění nevhodných údajů je potřeba reagovat. V rozjezdové fázi je nejdůležitější sledování a řízení procesu anaerobní digesce.

K optimálnímu náběhu BPS je potřeba dbát na to, aby docházelo k pravidelnému a přesnému dávkování vstupní suroviny.



Graf 15: Krmení fermentorů

Graf představuje průběh krmení fermentorů přes vstupní jímky. Z grafu je patrné, že v počátečním období nedocházelo k pravidelnému a tedy i k optimálnímu plnění fermentorů vstupními surovinami.

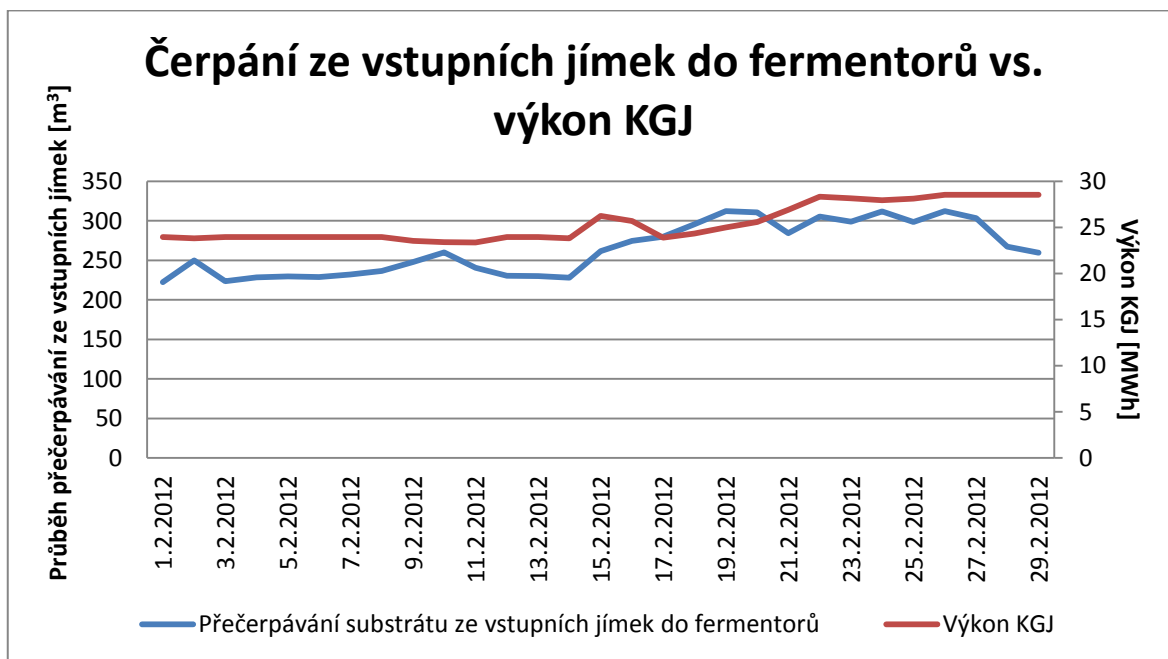
Další důležitou optimalizační složkou je provádění chemických rozborů substrátu uvnitř fermentoru. Jestliže se projeví nepříznivé výsledky v chemickém rozboru, je potřeba ihned

zasáhnout, aby nedošlo k narůstající ztrátě. Včasným zásahem přidáním určité aditivní složky dojde k nápravě a obnovení rovnováhy biochemického procesu. Tímto zásahem nedojde k okamžité nápravě, ale v časovém horizontu několika dnů až týdnů. Záleží zde na rozsahu a typu havárie.

Do procesu anaerobní digesce je nebezpečné přidávat pěnící složky. Nadměrným pěněním může dojít k vytlačení těsnící hadice plynovému nebo ke znečištění plynovodu.

Z provozních dat byla prokázána i nevhodná doba míchacích prací. Častějším mícháním docházelo k menší produkci bioplynu, což vedlo také k vyšší vlastní spotřebě, která byla způsobena delším provozem míchadel a také k rychlejšímu opotřebení armatury.

V průběhu provozu (14.2.2012) došlo k přečipování KGJ z původního výkonu 1 MWh na výkon 1,2 MWh. I když se o tomto zákroku vědělo nějaký čas dopředu, úprava vstupních surovin byla provedena až ve stejný den, kdy byla jednotka přečipována. Došlo tedy k tomu, že po přečipování odebírala KGJ při 100% výkonu větší množství bioplynu ($566 \text{ Nm}^3/\text{h}$) než tomu bylo u předchozího stavu ($480 \text{ Nm}^3/\text{h}$). Z počátku tedy bylo dostatečné množství bioplynu, ale po určité době došlo k jeho poklesu a KGJ přešla do režimu s nižším výkonem. Během toho než se projevila úprava vstupních surovin, neběžela KGJ na plný výkon. To lze vidět na následujícím grafu.

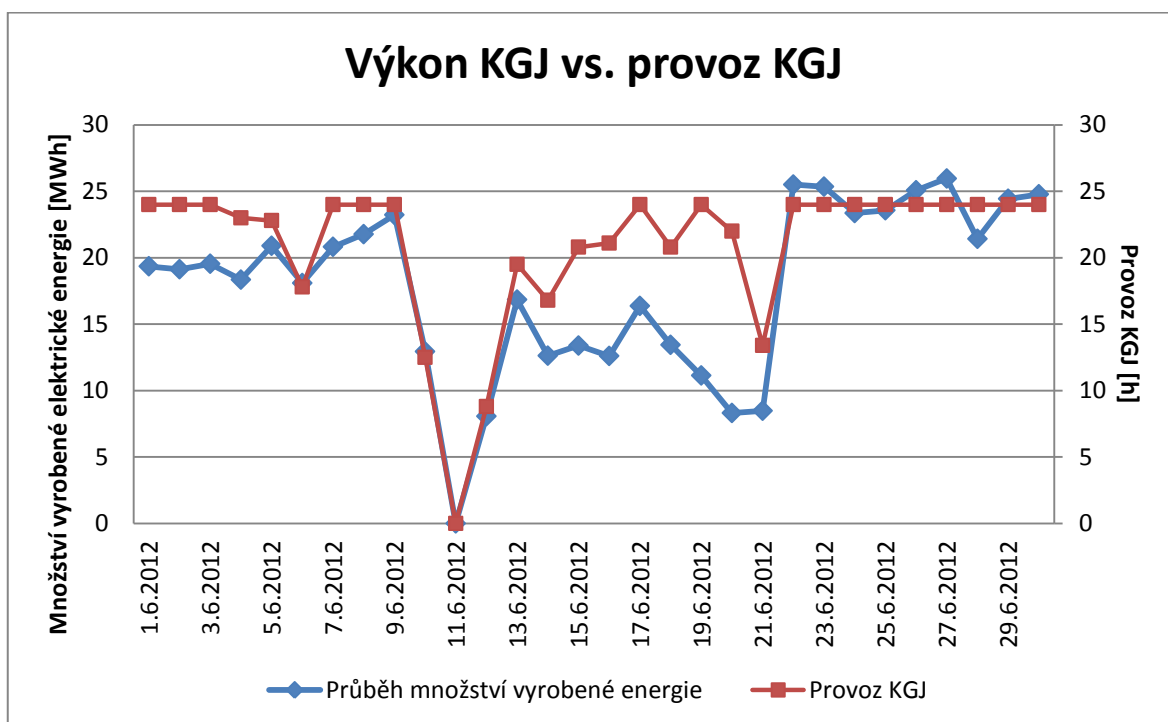


Graf 16: Porovnání výkonu KGJ a množství přečerpaných surovin do fermentorů

V průběhu provozu BPS byla přidána nová vstupní složka. Ta způsobovala nadměrné pění ve fermentorech. Vlivem pěny, která unikla i do plynovodního potrubí, došlo

k ucpání přetlakové klapky i plynovodu. To mělo za následek hromadění plynu v plynojemu a tímto došlo k vytlačení těsnicí hadice, která držela plachtu nad fermentorem. Vlivem netěsností plachty, která propouštěla vzduch do fermentoru, došlo k narušení biologického procesu a taky ke znehodnocení kvality bioplynu. Tato havárie, ke které došlo 13.6.2012, způsobovala výpadky KGJ. V následujícím grafu je zřetelně vidět rapidní pokles výkonu KGJ.

K odstranění pěny byl použit odpěňovač, který výrazně snížil hladinu pěny ve fermentoru. Plynovod a zasažené armatury byly následně očištěny od pěny a propláchnuty vodou.



Graf 17: Průběh výkonu a provozu KGJ při problému s plynojemem

V grafu lze vidět nulový provoz KGJ ještě před havárií s plynojemem. Ten byl způsoben poruchou startéru, kdy po vypnutí motoru se nepodařilo KGJ opět nastartovat. Tento problém byl odstraněn až po 52 hodinách. Oprava byla provedena výměnou nefunkčního startéru za nový.

9.2 Závěry k BPS Vícov

Ve zkušebním provozu nedosahovala KGJ požadovaných otáček motoru, a proto musela být servisním technikem několikrát seřizena dle aktuální kvality bioplynu. Nevhodným přidáním zbytkové a částečně i nové kukuřičné siláže došlo k nižší výtěžnosti bioplynu a tím i k mírnému poklesu výkonu KGJ. Vhodným řešením tohoto nepříznivého vlivu na

tvorbu bioplynu by bylo přidávání méně kvalitní kukuřičné siláže v menším množství nebo smíchání méně kvalitní a kvalitní kukuřičné siláže.

10 HLAVNÍ SMĚRY BUDOUCÍHO VÝZKUMU A VÝVOJE SOFTWARE PRO ŘÍZENÍ A EKONOMIKU BPS

V následující kapitole jsou využity znalosti z přihlášky na TA ČR, která je společným dílem odborníků z NWT a.s., FAI UTB ve Zlíně a ČVUT v Praze.

V současné době je řízení bioplynových elektráren prováděno převážně na základě zkušeností řídicího personálu. Z tohoto důvodu je vhodné jít směrem kupředu ve vývoji ekonomického a efektivního řídicího softwaru BPS.

Jedním z hlavních směrů vývoje je software pro:

Plánování ekonomicky optimálního využití suroviny pro výrobu bioplynu

Tento systém by měl být schopen z historických dat, vnějších okolností, ekonomických údajů a dodavatelsko – odběratelských vztahů navrhnout správnou kombinaci vstupních surovin a to včetně návrhu složení i objemu surovin vzhledem k optimalizačnímu cíli. Tím by mohla být ekonomika provozu, spotřeba surovin z vlastní produkce nebo výkon BPS.

Software by měl být schopen nabídnout kvalifikovaný odhad míry zisku, které lze dosáhnout zpracováním a fermentací dané suroviny. Software by měl obsahovat následující vlastnosti:

- Zadání vstupní suroviny určené ke zpracování, její cenu, kde a jaké množství je možné/nutné vyzvednout a kdy je potřeba surovinu přesunout do fermentoru.
- Možnost výpočtu finančních nákladů na transport surovin do fermentoru (amortizace vozidla, palivo, mzdy)
- Přehled množství a kvality získaného bioplynu z konkrétní suroviny a množství výsledného digestátu. Výtěžek bioplynu bude přepočítán na utržený zisk z vyrobené elektřiny
- Stanovení celkové ceny na výrobu elektrické energie. Software započte vynaložené mzdové náklady, náklady na amortizaci zařízení BPS, další náklady.
- Stanovení ceny odvozu surovin. Obdobně jako v druhém bodu.
- Od vzešlého zisku z prodeje bude odečtena/přičtena cena za odvoz/prodej digestátu, odečtena cena za nákup suroviny, náklady na dopravu suroviny do fermentoru, náklady na odvoz digestátu a provoz elektrárny.
- Výsledkem bude čistý zisk.

Software by měl být schopen odpovědět na otázku. Vyplatí a jak moc se vyplatí zpracovat danou surovinu v našem fermentoru?

Výsledkem softwaru je možnost lépe kvantifikovat ekonomiku zpracování odpadů a tím i fermentovat suroviny, se kterými nebylo v elektrárně kalkulováno. Očekávaným přínosem je i zvýšení poměru dalších fermentovaných surovin vůči kukuřičné siláži. Touto cestou by bylo možné využít kukuřičnou siláž v jiných průmyslových a zemědělských oblastech.

Přínosy softwaru:

- Úspora na mzdách
- Úspora při zaučování nových pracovních sil
- Snížení rizika nehody
- Lepší plánování odstávek KGJ
- Úspora na dopravních nákladech
- Vyšší produkce metanu

Systém podpory rozhodovacích procesů v rámci řízení bioplynové elektrárny

Tento systém by měl být schopen pomocí metod datamining z historických dat navrhnout nejvhodnější rozhodnutí, které bylo učiněno v minulosti nebo jeho interpolaci vzhledem k aktuálním podmínkám v bioplynové stanici. Software by měl také minimalizovat rizika, spojená s chybným rozhodnutím pracovníka nebo se zaškolováním nového personálu.

Software navrhne obsluhu nejvýhodnější řešení daného problému nebo upozorní obsluhu na možnou nadcházející poruchu. Tím systém bude moci předcházet haváriím a kolizím v provozu.

Další možností softwaru by měla být schopnost napojení na elektronické senzory elektrárny, aby bylo možné sledovat a vyhodnocovat například vhodné intervaly promíchávání vzhledem k aktuálnímu stavu směsi ve fermentoru nebo upozornit obsluhu, že již nedošlo delší dobu k promíchání.

Systém by měl být také schopen optimálně plánovat odstávky KGJ, aby nedocházelo zbytečně k vysoké produkci bioplynu a nemusel tak být následně spalován na fléře.

Možnosti budoucího výzkumu

Ve výzkumné oblasti by mohlo být využito přenosných fermentorů, které nabízí firma BioprocessControl ke koupi pro laboratorní účely. Jejich zakoupení by umožnilo více

experimentálních pokusů v oblasti pozorování tvorby bioplynu z různých druhů vstupních surovin, vizuální kontrolu, měření průtoku bioplynu, pH, teploty a u průhledných typů fermentorů pozorování tvorby pěny během anaerobní digesce. Jejich výběr je možný na webové stránce. [43]

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracování literární rešerše na téma bioplynové stanice, technologický popis bioplynové stanice ve Vícově a v Pěčíně, jejich statistické srovnání, popis volně dostupného softwaru k ekonomickému návrhu bioplynových stanic a popis řídicího softwaru. V další části bylo nastíněno doporučení ke sběru informací a automatizaci procesů na obou stanicích. Dále byly stanoveny závěry z datové analýzy. V poslední části je představen návrh budoucího výzkumu a vývoje v oblasti softwaru pro řízení a ekonomický provoz.

Teoretická část je zaměřena na vypracování literární rešerše z oblasti bioplynových stanic. Jsou zde popsány obecné úvahy o umístění bioplynových stanic, jejich struktura, proces anaerobní digesce, druhy fermentací, druhy dávkování a popis možností použitých technologií. V závěru teoretické části byl představen volně dostupný software k ekonomickému návrhu a zhodnocení bioplynových stanic.

Praktická část se zaměřuje na technologický rozbor obou bioplynových stanic. Zde jsou popsány jednotlivé objekty bioplynových stanic, investice, provozní náklady, vstupy a výstupy BPS, ekonomická efektivnost a emise znečišťujících látek. Z obou bioplynových stanic byla získána provozní data, která byla statisticky vyhodnocena a porovnána. U bioplynové stanice Pěčín byl prokázán negativní vliv častějších míchacích prací na tvorbu bioplynu. Dále byla vypočítána finanční ztráta, která byla způsobena spalováním bioplynu na fléře. Také byl proveden výpočet finanční ztráty, která byla způsobena poruchou kogenerační jednotky a celkovou nečinností kogenerační jednotky v době kdy se nejednalo o poruchu, ale pouze o údržbu. U bioplynové stanice Vícov byl rovněž proveden výpočet finanční ztráty způsobené odstávkou kogenerační jednotky. Byly představeny i možnosti a metody sběru dat na této stanici. Při srovnávání bioplynových stanic byla graficky porovnána jejich rozjezdová data. Z grafu vyplývá stabilnější a optimálnější náběh ze strany BPS Vícov. Také bylo určeno množství kukuřičné siláže na výrobu 1 MWh na obou těchto stanicích. V případě BPS Vícov je to 1,95 t a v případě BPS Pěčín 2,2 t. Tento rozdíl je způsoben kvalitou kukuřičné siláže, technologickým zpracováním, teplotou a dobou zdržení ve fermentoru.

V další části je uveden a popsán řídicí software BPS Vícov a BPS Pěčín včetně jejich srovnání.

Po osobní návštěvě obou těchto stanic a konzultace s personálem byla stanovena doporučení k možnostem rozšíření sběru informací a automatizace procesů. Na základě předcházející datové analýzy byly stanoveny závěry k možnostem provozu a řízení obou bioplynových stanic. V poslední části diplomové práce byly nastíněny budoucí možné směry výzkumu a vývoje softwaru určené k ekonomickému zhodnocení provozu a řízení bioplynových stanic.

CONCLUSION

The aim of this thesis was to develop a literature review on the topic of biogas, biogas technology description in Vícov and Pěčín, their statistical comparison, description of free software available to the economic design of biogas plants and a description of the control software. In the next section outlined recommendations for collecting information and automating processes at both stations. Further was determinate the conclusions from the data analysis. The last part presents the design of future research and development in software for management and economy.

The theoretical part is focused on the development of literary research in the field of biogas plants. There are general considerations described the location of biogas plants, their structure, anaerobic digestion process, fermentation kinds, types of dosage and description of technology used. At the end of the theoretical part was introduced freely available software for the design and economic evaluation of biogas plants.

The practical part focuses on technological analysis of two biogas plants. Here are described individual objects biogas plants, investments, operating costs, inputs and outputs BGS, economic efficiency and pollutant emissions. Both biogas plants operating data was obtained which statistically evaluated and compared. The biogas plant Pěčín was demonstrated negative effects of more frequent mixing work on the production of biogas. Furthermore was calculated financial loss caused by the combustion of biogas to the gas burner. Also has been calculated financial losses caused by the failure of cogeneration units and the total inaction of the cogeneration unit at a time when it was not a failure, but only on maintenance. The biogas Vícov was also performed calculation of financial losses due to shutdown of cogeneration unit. In this station were presented options and methods of data collection for this station. When comparing the biogas plant was graphically compared the run up data. The graph shows stable and optimal start of the BGS Vícov. It was also determined by the amount of corn silage to produce 1 MWh at both stations. In the case of BGS Vícov is 1,95 tons and in the case of BGS Pěčín 2,2 tons. This difference is caused by quality of corn silage, processing technology, temperature and residence time in the digester.

The next section is shown and described control software BGS Vícov and BGS Pěčín including their comparison.

After a personal visit both stations and consultation with staff was determined recommendations for scalable data collection on the possibility of operation and control of both biogas stations. In the last part of this thesis were outlined possible future directions of research and software development for the economic evaluation of the operation and control of biogas plants.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Anaerobní reaktor není černou skříňkou - teoretické základy anaerobní fermentace. *Biom* [online]. 2001-2009 [cit. 2013-02-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>
- [2] *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. Praha: CZ Biom, 2009, 155 s. ISBN 978-80-903777-5-2.
- [3] Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. *Biom* [online]. 2001-2009 [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynové-stanice-technologie-celonarodního-významu>
- [4] Co je to bioplynová stanice?. *EnviWeb* [online]. 2003-2012 [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka
- [5] Anaerobní technologie. *Bioplyn* [online]. 2007 [cit. 2013-02-06]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
- [6] Suchou nebo mokrou fermentaci?. *Odpady* [online]. 1996-2013 [cit. 2013-02-09]. Dostupné z: <http://odpady.ihned.cz/c1-54680800-suchou-nebo-mokrou-fermentaci>
- [7] KARAFIÁT, Zbyšek, VÍTĚZ, Tomáš, POSPÍŠIL, Lukáš: Bioplynové stanice na „suchou“ fermentaci – šance pro energetické využití biologicky rozložitelných odpadů (BRO). *Biom.cz* [online]. 2009-08-31 [cit. 2013-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynové-stanice-na-suchou-fermentaci-sance-pro-energetické-využití-biologicky-rozložitelných-odpadů-bro>>. ISSN: 1801-2655.
- [8] CZ Biom, Volba vhodné kogenerační jednotky na bioplyn. *Biom.cz* [online]. 2013-12-18 [cit. 2013-03-17]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/volba-vhodne-kogeneracni-jednotky-na-bioplyn>>. ISSN: 1801-2655.
- [9] SCHULZ, Heinz. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-861-6721-6.
- [10] *Biom CZ* [online]. 2001-2009 [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/>
- [11] ČERMÁKOVÁ, Jiřina: Nové trendy ve využití bioplynu. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2

- [12] Potenciál cukrovarských řízků pro výrobu bioplynu. *Potenciál cukrovarských řízků pro výrobu bioplynu*. červen - srpen 2012, 7-8.
- [13] Projekt BPS Stonava II odstartoval. *Farma Stanova* [online]. 2006 - 2013 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/cs/projekt-mps-stonava-ii-odstartoval.html>
- [14] BIOM - odborný časopis a informační zpravodaj Českého sdružení pro biomasu. *Biom CZ* [online]. 2001-2009 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/o-biomu/casopis-biom>
- [15] Biom. CZ Biom - České sdružení pro biomasu [online]. © CZ Biom 2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: <http://czbiom.cz/>
- [16] STRAKA, František a Karel CIAHOTNÝ. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 3., zkrác. vyd. Praha: GAS, 2010, 305 s. ISBN 978-80-7328-235-6.
- [17] Ekonomika bioplynových stanic. *Ekonomika bioplynových stanic* [online]. 2009 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://svt.pi.gin.cz/vuzt/biom.htm>
- [18] Bioplynové stanice. *Agrico* [online]. © 2008 - 2013 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.agrico.cz/bioplyn-1-52.html>
- [19] Fotogalerie BPS Žďár nad Sázavou. *Fermgas* [online]. © 2008 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: http://www.fermgas.cz/bioplynove-stanice/detail-fotografie/mps-zdar-nad-sazavou/foto_180.html
- [20] Největší bioplynová stanice ve střední Evropě. *Tzbinfo* [online]. © Copyright Topinfo s.r.o. 2001-2013 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.tzbinfo.cz/4638-nejvetsi-bioplynova-stanice-ve-stredni-evrope>
- [21] Web of Knowledge. *Web of Knowledge* [online]. © 2013 Thomson Reuters [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://sub3.webofknowledge.com/error/Error?PathInfo=%2F&Alias=WOK5&Domain=.webofknowledge.com&Src=IP&RouterURL=http%3A%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F&Error=IPError>
- [22] Web of Knowledge. *Knihovna Akademie věd ČR* [online]. © 2012 Knihovna AV ČR, v. v. i. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.lib.cas.cz/online-database/bibliograficke-a-citacni-database/web-of-knowledge/>

- [23] Raj Upreti, B. (a) and Van Der Horst, D. (b) (2004). National Renewable Energy Policy and Local Opposition in the UK: The Failed Development of a Biomass Electricity Plant. (a) King's Centre for Risk Management, School of Social Science and Public Policy, King's College London, UK, (b) Centre for Environmental Strategy, University of Surrey, Surrey, UK. *Biomass and Bioenergy* 26 (2004) 61 - 69.
- [24] WARD, Alastair J., Phil J. HOBBS, Peter J. HOLLIMAN a David L. JONES. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*. 2008, roč. 99, č. 17, s. 7928-7940. ISSN 09608524. DOI: 10.1016/j.biortech.2008.02.044. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852408001880>
- [25] AMON, Thomas, Barbara AMON, Vitaliy KRYVORUCHKO, Andrea MACHMÜLLER, Katharina HOPFNER-SIXT, Vitomir BODIROZA, Regina HRBEK, Jürgen FRIEDEL, Erich PÖTSCH, Helmut WAGENTRISTL, Matthias SCHREINER a Werner ZOLLITSCH. Methane production through anaerobic digestion of various energy crops grown in sustainable crop rotations. *Bioresource Technology*. 2006, roč. 98, č. 17, s. 3204-3212. ISSN 09608524. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.07.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852406003117>
- [26] LIU, CUN-FANG, XING-ZHONG YUAN, GUANG-MING ZENG, WEN-WEI LI a JING LI. Prediction of methane yield at optimum pH for anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste. *Bioresource Technology*. 2007, roč. 99, č. 4, s. 882-888. ISSN 09608524. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.01.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852407000910>
- [27] AMON, Thomas, Barbara AMON, Vitaliy KRYVORUCHKO, Werner ZOLLITSCH, Karl MAYER a Leonhard GRUBER. Biogas production from maize and dairy cattle manure – Influence of biomass composition on the methane yield. *Agriculture, Ecosystems*. 2006, roč. 118, 1-4, s. 173-182. ISSN 01678809. DOI: 10.1016/j.agee.2006.05.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167880906001666>
- [28] CHEN, Ye, Jay J. CHENG a Kurt S. CREAMER. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. *Bioresource Technology*. 2007, roč. 99, č. 10, s.

- 4044-4064. ISSN 09608524. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.01.057. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852407001563>
- [29] DAVIDSSON, Åsa, Christopher GRUVBERGER, Thomas H. CHRISTENSEN, Trine Lund HANSEN a Jes la Cour JANSEN. Methane yield in source-sorted organic fraction of municipal solid waste. *Waste Management*. 2006, roč. 27, č. 3, s. 406-414. ISSN 0956053x. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.02.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X06000730>
- [30] GUNASEELAN, V. Nallathambi. Regression models of ultimate methane yields of fruits and vegetable solid wastes, sorghum and napiergrass on chemical composition. *Bioresource Technology*. 2006, roč. 98, č. 6, s. 1270-1277. ISSN 09608524. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.05.014. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852406002124>
- [31] Bioplynové stanice - mít dobrou technologii nestačí. *NWT* [online]. 2011 [cit. 2013-04-25]. Dostupné z: <http://www.nwt.cz/img/static/file/PR/ASZ.pdf>
- [32] Čtyři výrobní řady. *GE JENBACHER* [online]. © 2010-2012 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://www.jenbacher.cz/obr/rada4.jpg>
- [33] KÁRA, Jaroslav, Zdeněk PASTOREK a Evžen PŘIBYL. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.
- [34] AL SEADI, Teodorita, Dominik RUTZ, Heinz PRASSL, Michael KÖTTNER, Tobias FINSTERWALDER, Silke VOLK a Rainer JANSSEN. *Biogas Handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700 Esbjerg, Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg, 2008. ISBN 978-87-992962-0-0.
- [35] Energetický regulační úřad. *Aktuality* [online]. © 2009 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/>
- [36] Spojujeme trhy a příležitosti. *OTE* [online]. © 2010 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/>
- [37] Programy TA ČR. *Technologická agentura České republiky* [online]. Copyright © Technologická agentura ČR 2012 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.tacr.cz/>

- [38] Products A - Z. *Thomson Reuters* [online]. © 2013 Thomson Reuters [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/web_of_science/
- [39] O společnosti. *Johann Hochreiter* [online]. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: <http://www.johann-hochreiter.cz/cs/o-spolecnosti>
- [40] Úvod. *NWT* [online]. © 1992-2012 NWT a.s. [cit. 2013-05-11]. Dostupné z: http://www.nwt.cz/lang_cs/
- [41] Vývoj výkupních cen větrné energie a ostatních obnovitelných zdrojů. *Česká společnost pro větrnou energii* [online]. © 2013 Česká společnost pro větrnou energii [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.csve.cz/clanky/graf-vyvoje-vykupnich-cen/278>
- [42] STROOT, Peter. Anaerobic codigestion of municipal solid waste and biosolids under various mixing conditions—I. digester performance: fejetony, které vycházely od roku 1997 na internetu na adrese <http://svet.namodro.cz>. *Water Research*. vol. 35, issue 7, s. 1804-1816. DOI: 10.1016/S0043-1354(00)00439-5. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135400004395>
- [43] Bioreactors. *Bioprocess Control* [online]. © Copyright 2013 Bioprocess Control Sweden AB [cit. 2013-06-04]. Dostupné z: <http://www.bioprocesscontrol.com/products/bioreactors.aspx>
- [43] CZ Biom. *Výtěžnost bioplynu z jednotlivých materiálů* [online]. © 2001-2009, CZ Biom [cit. 2013-06-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyteznost-bioplynu-z-jednotlivych-materialu>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BPS	Bioplynová stanice
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
OZE	Obnovitelné zdroje energie
KJ	Kogenerační jednotka
WoS	Web of Science
WoK	Web of Knowledge
JCI	Journal Citation Index
BPE	Bioplynová elektrárna
KGJ	Kogenerační jednotka
TTH	Tlaková termická hydrolýza
VN	Vysoké napětí
NN	Nízké napětí
NWT	New World Technology
FAI	Fakulta aplikované informatiky
UTB	Univerzita Tomáše Bati
ČVUT	České vysoké učení technické
TA ČR	Technologická agentura České republiky
DS	Distribuční síť
BGS	Biogas station

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Průvodce výrobou a využitím bioplynu	14
Obr. 2: Bioplyn v praxi	15
Obr. 3: Bioplyn	15
Obr. 4: Úvodní stránka webu BIOM.CZ	16
Obr. 5: Úvodní stránka webu CZBIOM	17
Obr. 6: Zemědělská bioplynová stanice Agrico.....	21
Obr. 7: Průmyslová BPS Žďár nad Sázavou	22
Obr. 8: Komunální BPS Velký Karlov	22
Obr. 9: Blokové schéma BPS	23
Obr. 10: Anaerobní rozklad	24
Obr. 11: Lopátkové míchadlo	31
Obr. 12: Mechanické míchadlo.....	31
Obr. 13: Ponorné vrtulové míchadlo.....	32
Obr. 14: Tyčový mixér, otočný.....	32
Obr. 15: Hydraulická cirkulace.....	33
Obr. 16: Pneumatické vtlačování bioplynu.....	33
Obr. 17: Hlavní okno programu Biogas Calculator	39
Obr. 18: Nastavení množství vstřikovacího paliva	39
Obr. 19: Záložka settings	40
Obr. 20: Záložka prices, cost and rates	40
Obr. 21: Databáze substrátů.....	42
Obr. 22: Databáze motorů.....	43
Obr. 23: Výsledný výpočet ekonomického provozu	44
Obr. 24: Úvodní stránka projektu Ekonomika bioplynových stanic	45
Obr. 25: Náhled prvního kroku.....	46
Obr. 26: Náhled druhého kroku	47
Obr. 27: Výsledné zhodnocení BPS	48
Obr. 28: Lokalita BPS Vícov	51
Obr. 29: Základy fermentorů	52
Obr. 30: Výstavba fermentorů	52
Obr. 31: Výstavba budovy kogenerace.....	53
Obr. 32: Výměník tepla na výfukovém vedení.....	53

Obr. 33: Fermentor s nízkotlakým zásobníkem plynu a technický sklep	55
Obr. 34: Vstupní dávkovací zařízení	56
Obr. 35: Koncové sklady	57
Obr. 36: Náhled do technického sklepa	58
Obr. 37: Budova kogenerace	59
Obr. 38: Kogenerační jednotka BPS Vícov	60
Obr. 39: Chladicí zařízení	61
Obr. 40: Dokončený technický kanál	62
Obr. 41: Trafostanice	63
Obr. 42: Fléra	64
Obr. 43: Lokalita BPS Pěčín	69
Obr. 44: Náhled na BPS Pěčín	70
Obr. 45: Fermentory s fóliovým plynojemem a betonové vstupní jímky (v popředí)	71
Obr. 46: Koncový sklad s plnicím ramenem (vlevo)	72
Obr. 47: Separátor	73
Obr. 48: Náhled do technického sklepa	74
Obr. 49: Vstupní jímky	75
Obr. 50: Budova s termotlakou přípravou a odseparovanou sušinou	77
Obr. 51: Kontejner s KGJ (vpravo) a kontejner s vyvíječem páry (vlevo)	78
Obr. 52: Kogenerační jednotka BPS Pěčín [32]	78
Obr. 53: Fléra	79
Obr. 54: Skladovací plocha	80
Obr. 55: Mostová váha	81
Obr. 56: Trafostanice	81
Obr. 57: Objekt správce	82
Obr. 58: Hlavní menu	101
Obr. 59: Přehled BPE	102
Obr. 60: Parametry	103
Obr. 61: Údaje	104
Obr. 62: Teplotní křivky	106
Obr. 63: Přehled poruch	106
Obr. 64: Paměť hlášení	107
Obr. 65: Fermentor 1	108

Obr. 66: Fermentor 2	109
Obr. 67: Pbox	110
Obr. 68: Rozdělovač kejdy	111
Obr. 69: KGJ.....	112
Obr. 70: Dávkování.....	113
Obr. 71: Vytápění	114
Obr. 72: Náhled vzdáleného ovládání.....	115
Obr. 73: Přehled BPE.....	116
Obr. 74: Analyzátor plynu	117
Obr. 75: Časový plán	118
Obr. 76: Ohřev	119
Obr. 77: Přehled stavů plynu	120
Obr. 78: Údaje o provozu BPS	121

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Látky omezující fermentaci a jejich škodlivé koncentrace	25
Tab. 2: Průměrné složení bioplynu	29
Tab. 3: Typické znaky různých motorů a způsobů spalování pro bioplyn	34
Tab. 4: Typy plynojemů, jejich provedení, velikost a tlakové stupně	35
Tab. 5: Popis jednotlivých záznamů záložky substrates	41
Tab. 6: Popis jednotlivých záznamů záložky engines	42
Tab. 7: Přehled investic	66
Tab. 8: Přehled provozních nákladů	66
Tab. 9: Roční soupis údajů o energetických vstupech	67
Tab. 10: Roční soupis údajů o energetických výstupech	67
Tab. 11: Kritéria ekonomické efektivnosti	68
Tab. 12: Emise znečišťujících látek	68
Tab. 13: Přehled investic	83
Tab. 14: Přehled provozních nákladů	84
Tab. 15: Roční soupis údajů o energetických vstupech	84
Tab. 16: Roční soupis údajů o energetických výstupech	85
Tab. 17: Kritéria ekonomické efektivnosti	85
Tab. 18: Emise znečišťujících látek	86
Tab. 19: Signalizace stavů u hořáku zbytkového plynu	108

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Doba zdržení jednotlivých druhů substrátu.....	26
Graf 2: Přehled výkupních cen z OZE.....	36
Graf 3: Výťažnost metanu z tuny biomasy.....	37
Graf 4: Průběh výkonu KGJ BPS Vícov	89
Graf 5: Průběh spotřeby elektrické energie BPS Vícov	90
Graf 6: Denní spotřeba elektrické energie BPS Pěčín	92
Graf 7: Závislost běhu čerpadel a míchadel na vlastní spotřebě.....	93
Graf 8: Průběh výkonu KGJ BPS Pěčín	95
Graf 9: Průběh výkonu KGJ před přečipováním	96
Graf 10: Průběhu výkonu KGJ po přečipování	96
Graf 11: Závislost běhu míchadel a výkonu KGJ	97
Graf 12: Porovnání náběhu BPS	98
Graf 13: Srovnání provozu bioplynových stanic	99
Graf 14: Závislost běhu míchadel a výkonu KGJ	100
Graf 15: Krmení fermentorů	126
Graf 16: Porovnání výkonu KGJ a množství přečerpaných surovin do fermentorů	127
Graf 17: Průběh výkonu a provozu KGJ při problému s plynojemem	128