

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

MIROSLAV DVOŘÁK

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



Strojní zařízení v bioplynové stanici
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Josef Filípek, CSc.

Vypracoval:
Miroslav Dvořák

Brno 2015

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci „Strojní zařízení v bioplynové stanici“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své práce panu doc. Ing. Josefu Filípkovi, CSc, za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce a zároveň vedení společnosti Dobrosev a.s. za poskytnutí potřebných materiálů k vypracování této práce.

ABSTRAKT

V první části mé bakalářské práce se budu zabývat obecně obnovitelnými zdroji energie, porovnáám jejich příznivé i možné negativní dopady a jejich ekonomickou náročnost. Dále se zaměřím přímo na bioplynové stanice jako takové. Na vznik bioplynu, podmínky pro život bakterií, které umožňují využívání procesu fermentace a následně i používané technologie. Následující kapitola bude o strojním vybavení zvolené bioplynové stanice v obci Dobronín. A na závěr vyhodnotím zkušenosti z provozu a zamyslím se nad možnými návrhy pro vylepšení současné technologie.

Klíčová slova: obnovitelné zdroje energie, bioplyn, bioplynová stanice, strojní vybavení, bakterie, fermentace, kogenerace

ABSTRACT

In the first part of my bachelor thesis I will deal with generally renewable sources of energy. I compare their positive and possible negative impacts and their economic demands. Next, I will focus directly on the biogas station itself. On the formation of biogas, living conditions for the bacteria, who allowing the use of fermentation and then use technology on biogas stations. The next chapter will be about specific mechanical equipment selected biogas station in the village Dobronín and finally I will evaluate experience of a specific biogas station and i will think about any proposals for improving the current technology.

Keywords: renewable sources of energy, biogas, biogas station, mechanical equipment, bacteria, fermentation, cogeneration

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE.....	11
3.1	Větrné elektrárny.....	12
3.1.1	Základní popis technologie.....	12
3.1.2	Ekonomika instalace, návratnost investice.....	13
3.1.3	Potencionální vlivy na životní prostředí.....	14
3.1.3.1	Narušení krajinného rázu.....	14
3.1.3.2	Hluk.....	14
3.1.3.3	Kolize s ptáky a netopýry.....	14
3.2	Vodní elektrárny.....	15
3.2.1	Základní popis technologie.....	15
3.2.2	Typy vodních elektráren.....	15
3.2.3	Malé vodní elektrárny.....	16
3.2.4	Ekonomika instalace, návratnost investice.....	16
3.2.5	Potencionální vlivy na životní prostředí.....	17
3.2.5.1	Omezení biodiverzity.....	17
3.2.5.2	Zajištění minimálního zůstatkového průtoku.....	17
3.2.5.3	Ochrana ryb.....	17
3.2.5.4	Zlepšení kvality vody.....	17
3.2.5.5	Vypouštění nečistot do toku.....	17
3.3	Geotermální elektrárny.....	18
3.3.1	Základní popis technologie.....	18
3.3.2	Ekonomika instalace, návratnost investice.....	19
3.3.3	Potenciální vlivy na životní prostředí.....	19
3.3.3.1	Vrty odvedou vodu ze studní.....	19
3.3.3.2	Poškození ozonové vrstvy.....	19
3.4	Fotovoltaické elektrárny.....	19
3.4.1	Základní popis technologie, moderní typy.....	20
3.4.2	Umístění fotovoltaických panelů.....	21
3.4.2.1	Na budovách.....	21
3.4.2.2	Na volné ploše.....	21
3.4.2.3	Ekonomika instalace, výše a návratnost investice.....	21
3.4.3	Potenciální vlivy na životní prostředí.....	22
3.4.3.1	Narušení krajinného rázu.....	22
3.4.3.2	Zábor zemědělské půdy.....	22
3.4.4	Energetická návratnost.....	22
3.5	Pevná biomasa.....	23
3.5.1	Základní popis technologie.....	23
3.5.2	Kombinovaná výroba tepla a elektřiny.....	23
3.5.3	Ekonomika instalace, výše a návratnost investice.....	24
3.5.4	Potencionální vlivy na životní prostředí.....	25
3.6	Bioplynové stanice.....	25
3.6.1	Ekonomika instalace, výše a návratnost investice.....	25
3.6.2	Potencionální vlivy na životní prostředí.....	25
3.6.2.1	Zápach.....	25
3.6.2.2	Snižování skleníkového efektu.....	26
3.6.2.3	Energetické využití odpadů.....	26
4	TECHNOLOGIE BIOPLYNOVÝCH STANIC.....	27
4.1	Vznik bioplynu.....	27
4.1.1	Důležité životní podmínky metanových bakterií.....	27
4.1.1.1	Vlhké prostředí.....	27
4.1.1.2	Zabránění přístupu vzduchu.....	27
4.1.1.3	Zabránění přístupu světla.....	27

4.1.1.4	Stálá teplota.....	27
4.1.1.5	Hodnota pH.....	28
4.2	Technologie výrobních postupů.....	28
4.2.1	Anaerobní technologie.....	28
4.2.2	Mokrý fermentace.....	29
4.2.2.1	Příjmový systém.....	29
4.2.2.2	Fermentační systém.....	29
4.2.2.3	Uskladňovací systém.....	29
4.2.2.4	Energetické využití bioplynu.....	30
4.2.3	Suchá fermentace.....	30
4.2.4	Srovnání mokré a suché fermentace.....	31
4.3	Technika postupů.....	31
4.3.1	Hlavní komponenty zařízení.....	32
4.4	Popis vybraných substrátů.....	33
4.4.1	Statková hnojiva.....	33
4.4.2	Cíleně pěstované plodiny.....	33
4.4.2.1	Kukuřice.....	33
4.4.2.2	Žitná siláž z celých rostlin (GPS).....	34
4.4.2.3	Řepa.....	34
4.4.2.4	Travní siláž.....	34
4.4.2.5	Odpady z údržby zeleně, trávníků.....	35
5	BIOPLYNOVÁ STANICE V OBCI DOBRONÍN.....	36
5.1	Stavební prvky.....	36
5.1.1	Homogenizační přípravná jímka.....	36
5.1.2	Fermentor s betonovým stropem.....	36
5.1.3	Dofermentor s integrovaným plynojemem.....	38
5.1.3.1	Objekt čerpací techniky a řídicího systému.....	39
5.1.3.2	Systém provozní analýzy.....	39
5.1.4	Dávkovač pevných substrátů.....	39
5.1.5	Objekt kogenerace.....	40
5.1.5.1	Kogenerační jednotky.....	40
5.1.6	Bezpečností hořák (fléra).....	42
5.1.6.1	Technické údaje.....	42
5.2	Rozmístění stavebních prvků v areálu.....	43
6	ZKUŠENOSTI Z PROVOZU BIOPLYNOVÉ STANICE V DOBRONÍNĚ.....	45
6.1	Ponorné mísiče.....	45
6.2	Provázky a pneumatiky.....	45
6.3	Skladovací jímka.....	46
6.4	Zastřešení skladovacích jímek.....	46
6.5	Výroba elektřiny.....	46
7	ZÁVĚR.....	49
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	50
8.1	Obrázky.....	50
8.2	Tabulky.....	50
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	51

1 ÚVOD

Obnovitelné zdroje energie jsou takové zdroje, které mají schopnost sami se v průběhu času obnovit. Tím se liší od neobnovitelných zdrojů, jako je ropa, uhlí apod. V dnešní době je kladen důraz na efektivnější využívání těchto zdrojů a zmírnit tak závislost na zdrojích neobnovitelných, protože jejich kapacity budou jednou vyčerpány. Postupným zvyšováním využívání obnovitelných zdrojů se tato situace dá posunout v čase. Jedním z těchto obnovitelných zdrojů je právě bioplyn a s ním související bioplynové stanice, které jsou řešením, jak z bioplynu vyrobit teplo a současně i elektrickou energii. V zemědělství, potravinářství a při chovu zemědělských zvířat vzniká velké množství biologických odpadů, které můžeme díky této technologii zužitkovat využitím pro výrobu bioplynu. Tato možnost dává nejen zemědělcům, ale i jiným subjektům zajímavou možnost, jak využít zdroje, které by jim takový zisk za normálních okolností nemohly vykázat.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je zhodnotit a porovnat vybrané obnovitelné zdroje energie. Jejich dopady na přírodu, ekonomiku investice a jejich technologie, aby mohlo být provedeno přehledné srovnání těchto různých technologií pro využívání obnovitelných zdrojů. Dále mnohem podrobněji objasnit problematiku bioplynu a bioplynových stanic. Popsat různé technologie, které se v současnosti používají při provozu bioplynových stanic, říci základní informace o vzniku bioplynu a o bakteriích, které rozkládají organické materiály. Rozebrat a popsat konkrétní bioplynovou stanici, hlavně její strojní vybavení a technické řešení této stavby, kterou provozuje firma Dobrosev a.s. na mléčné farmě u Dobronína. Součástí práce bude i zhodnocení několika letého provozu konkrétní bioplynové stanice, s důkladnějším zaměřením na vyhodnocení provozu dvou kogeneračních jednotek, které zde jsou nainstalovány. Hodnocení bude obsahovat i návrhy na zlepšení zde současně používané technologie.

3 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

Za obnovitelné zdroje energie jsou v České republice považovány nefosilní přírodní zdroje energie, jako je energie slunečního záření, vody, větru, biomasy a bioplynu, dále ještě geotermální energie a energie kapalných biopaliv. Věda a technika jde stále kupředu a vynalézají nové postupy a možnosti, jak zvýšit efektivitu využívání obnovitelných zdrojů.

Většina obnovitelných zdrojů jako je energie biomasy, vody, větru a jiných, má původ ve slunečním záření, které dopadá na povrch naší planety. Výjimku tvoří geotermální energie, která vzniká různorodými procesy v nitru Země. Spolu s touto energií ani energie přílivu a odlivu nepochází ze Slunce, ale ze vzájemné přitažlivosti působící mezi Zemí a Měsícem. Slunečního záření dopadající na Zemi je k dispozici více než by lidstvo dokázalo využít. Uvádí se, že za hodinu dopadne na zemskou kuli zhruba tolik solární energie, kolik činí veškerá spotřeba na celé planetě za rok. Roční spotřeba všech primárních zdrojů v České republice odpovídá sluneční energii, která dopadne za jeden rok na pouhé 0,7 % plochy republiky. Což je při rozloze České republiky přibližně 552 km². Pro srovnání, je to plocha, na které se v roce 2012 v ČR pěstoval oves.

Potenciál obnovitelných zdrojů je ale omezen. Je omezeno jak využívání sluneční energie, protože orná půda je potřeba pro pěstování zemědělských plodin. To samé platí pro využívání větrné, vodní a geotermální energie. Pro tyto zdroje se musí najít vhodná lokalita, ve které by bylo výhodné tyto zdroje využívat.

Zásadním problémem ale zůstává účinnost přeměny, zejména u biomasy, kde je velmi nízká. Sklizené rostliny obsahují přibližně 1% využitelné sluneční energie. Je to dáno i tím, že rostliny využívají sluneční paprsky pouze během několika měsíců vegetačního období. Protože využíváme jen část biomasy, např. zrno, tak se účinnost procesu dále snižuje. Další ztráty vznikají při spalování. Proto je z hlediska účinnosti lepší přeměňovat sluneční záření na energii přímo. Pro získání elektřiny lze použít fotovoltaické panely. Fotovoltaická elektrárna je velice jednoduchá a není potřeba žádná obsluha, pouze zřizovací náklady jsou mnohem vyšší, oproti jiným zařízením pro výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Ceny těchto panelů se ale stále snižují, zatímco ceny fosilních paliv rostou, lze proto očekávat, že se tyto ceny po určité době nakonec vyrovnají.

Oproti tomu, získání tepelné energie ze slunečního záření je mnohem jednodušší. Využívá se principu ohřívání vody, vzduchu nebo jiného média. Ohřáté médium se pak

rozvádí po budovách tam, kde je potřeba. V případě, že médiem je voda, tak se může přivést ihned do koupelny a tam spotřebovat. Pro porovnání je v tabulce 1. zanesena účinnost vybraných způsobů využití obnovitelné energie.

Tab. 1 Účinnost využívání obnovitelné energie v porovnání s dopadajícím slunečním zářením

Dopadající sluneční záření	1000 kWh/m ² za rok
solární termální kolektor	600 kWh/m ² za rok
účinnost	60%
fotovoltaický panel	120 kWh/m ² za rok
účinnost	12%
energetická biomasa-výnos 15 až 25t/ha	10 kWh/m ² za rok
účinnost	1%
středoevropský les-výnos dřeva 6,5m ³ /ha	1 kWh/m ² za rok
účinnost	0,10%

3.1 Větrné elektrárny

Hlavní výhodou větrných elektráren je jejich levný provoz. Nepotřebují totiž žádné palivo, a proto ani neprodukují žádné emise. Jsou tedy přínosem i pro snížení koncentrace CO₂ v atmosféře, ale i ke snížení dalších emisí z tuhých paliv. Protože nepotřebují palivo k provozu, odpadá i dopravní zatížení dané lokality, kde se elektrárna nachází.

Další výhodou je rychlost, kterou může být elektrárna postavena. Stavba tepelné elektrárny může trvat až 5 let, stavba jaderné elektrárny i 7 let. Navíc je nutné přizpůsobit v okolí elektrárny i infrastrukturu. Oproti tomu, větrnou elektrárnu lze postavit v řádu několika týdnů až měsíců. Stavbě ale musí předcházet tři až pětiletá projektová příprava a schvalovací řízení.

3.1.1 Základní popis technologie

Větrné elektrárny jsou de facto novodobé větrné mlýny. Dříve se síla větru používala k mletí obilí a pohonu různých strojů, ale dnes v drtivé většině případů k výrobě elektrické energie. Moderní větrné elektrárny mají třílistý rotor s vodorovnou osou otáčení. Vývoj a zkušenosti z provozu ukázaly, že tato varianta s třemi listy rotoru je nejlepší. Jedno, dvou a čtyřlísté rotory nejsou tak účinné. Elektrárna pracuje na vztlakovém principu, kdy jsou listy rotoru obtékány vzduchem. Tvar listu rotoru je podobný jako u křídel letadel. Vrtule pohání přes převodovku asynchronní generátor, který dodává do soustavy střídavý proud, ve většině případů o napětí 660V, proto nemohou pracovat jako autonomní zdroje energie. Existují i varianty, kdy elektrárny mají mnohapolové generátory, které

nevyžadují převodovou skříň. U těchto elektráren odpadají problémy s hlukem a údržbou převodového ústrojí. Veškerá technologie je umístěna v gondole na vrcholu dutého sloupu a ta se otáčí podle směru větru. V patě sloupu větrné elektrárny je umístěna elektrotechnická část.

Listy vrtule se natáčí podle rychlosti větru, takže rotor se otáčí stále stejnou rychlostí. Rozběhová rychlost větru je většinou $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a při rychlostech větru mezi 20 a $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ se elektrárna z bezpečnostních důvodů zastavuje. Někdy je nutné elektrárnu zastavit i kvůli námraze, která se při nízkých teplotách tvoří na lopatkách.

Je výhodné stavět elektrárny vyšší a s větším rotorem. Prvním důvodem je, že rychlost větru s rostoucí výškou nad terénem také roste, takže platí jednoduchá rovnice, že čím vyšší stožár, tím vyšší produkce. Rotor s delšími lopatkami se hodí více do vnitrozemských podmínek, kde je rychlost větru nižší. Lopatky mají větší plochu, přes kterou obtéká vítr, proto je výnos energie vyšší. Dalším důvodem, proč stavět velké větrné elektrárny je ekonomické hledisko. Jedna elektrárna s výkonem 2MW je mnohem levnější, než čtyři menší elektrárny o výkonech 0,5 MW. Dalším důvodem je snaha o využití potenciálu příhodné lokality co nejvíce. Proto se někdy i již vybudované elektrárny postupně demontují a nahrazují se většími. Ty demontované pak putují do jiných, méně příhodných lokalit, kde se znovu postaví. Z ekonomického hlediska se staví více elektráren na jednom místě. Vznikají tak větrné farmy nebo parky.

Novým trendem je výstavba větrných elektráren na moři až několik kilometrů od pevniny. Důvodem je vyšší rychlost větru nad mořskou hladinou a stálost větru oproti pevnině. Instalovaný výkon těchto elektráren je až 6 MW, což je až třikrát více, než u elektráren na pevnině, kde se staví elektrárny o výkonu od 1 do 2 MW.

Existují i elektrárny, které mají svislou osu otáčení. Výhodou je, že se nemusí natáčet podle směru větru. Nevýhodou naopak, že jejich rotor je poměrně nízko nad terénem a vítr zde má malou rychlost. V ČR se s nimi nesetkáme nikde a ve světě pouze ojediněle.

3.1.2 Ekonomika instalace, návratnost investice

V současnosti je pro větrné elektrárny výkupní cena elektřiny garantována na 20 let. Pokud se investiční náklady pohybují na hranici 38 500 Kč za jednu kW instalovaného výkonu a roční využití elektrárny 1900 hodin, bude návratnost investice 15 let. Pokud v dané lokalitě fouká vítr častěji a ve větší míře, takže roční využití elektrárny stoupne, sníží se doba návratnosti (Dobré lokality v ČR mají až 2500 hodin za rok). Snížení doby

návratnosti platí také, pokud se podaří elektrárnu postavit levněji než za sumu, kterou jsem uvedl výše.

Vzhledem k tomu, že se větrné elektrárny nestaví po jednom kusu, je investice do větrné farmy poměrně nákladná. Pro větrnou farmu, kde bude postaveno pět elektráren, každá s výkonem 2 MW, bude potřeba na stavbu zhruba 385 mil. Kč. Během 20 let životnosti můžeme předpokládat, že 15 let bude investor splácet úvěr a až posledních 5 let bude vydělávat.

3.1.3 Potencionální vlivy na životní prostředí

3.1.3.1 *Narušení krajinného rázu*

Asi nejvýznamnějším argumentem proti větrným elektrárnám je narušení krajinného rázu. Ovšem proti tomu je těžké dnes najít v naší krajině panorama nenarušené stožáry elektrického vedení nebo vysílači mobilních operátorů. Díky dnešnímu trendu stavět větší elektrárny s vyšším instalovaným výkonem můžeme docílit menšího množství elektráren v krajině při zachování stejného množství vyrobené elektrické energie. Nevýhodou je, že budou vidět ze vzdálenosti až několika kilometrů. Dalším faktorem, který nahrává stavbě větších elektráren je ten, že můžeme snížit množství jiných rušících prvků v krajině, jako jsou vysílače mobilních operátorů. Ty totiž můžeme instalovat přímo na větrnou elektrárnu. Díky životnosti 20 let můžeme říci, že jde o dočasnou stavbu, která po přesáhnutí své životnosti bude demontována a zmizí z dané lokality.

3.1.3.2 *Hluk*

Dalším argumentem proti je hluk. Starší stroje byly opravdu mnohem hlučnější, ale vývoj elektráren tento negativní faktor velice snížil. Hluková studie je dnes běžnou součástí stavební dokumentace. V případě pochybností se provádí kontrolní měření hluku, aby se zjistilo, zda elektrárna nepřesahuje povolené hlukové limity stanovené při povolovacím řízení. Stejně tak i hladiny infrazvuku a nízkofrekvenčního hluku v okolí elektrárny jsou hluboko pod hygienickými limity, které jsou v ČR mnohem přísnější, než v jiných zemích EU.

3.1.3.3 *Kolize s ptáky a netopýry*

Tento problém je často velice zdůrazňován, protože k němu opravdu dochází, zejména za mlhy a v noci. Dále i v určité části roku, kdy jsou dané druhy více aktivní. Pokud elektrárna nestojí v místě migračního tahu ptáků nebo netopýrů tak není množství usmrcených zvířat ani zdaleka tak vysoké, jako při kolizích s auty, prosklenými budovami a dráty vysokého napětí. V současnosti se intenzivně zkoumá způsob jak ptáky a netopýry

více ochránit, například za pomoci radaru, který by měl netopýry odpudit. Při stavbě je vyžadován ornitologický posudek, který má za úkol ochránit některé druhy hnízdicích ptáků, pokud by žili v okolí stavby.

3.2 Vodní elektrárny

Vodní elektrárny mají v České republice nejvyšší podíl vyrobené elektrické energie ze všech obnovitelných zdrojů. Hydroenergetika je lukrativní v oblastech, kde se vyskytují prudké vodní toky s velkými spády. Bohužel, v naší republice nejsou podmínky pro tyto elektrárny zcela ideální. Naše toky nedosahují potřebného spádu a nevynikají ani protékajícím množstvím vody. Úkolem těchto elektráren u nás je především pracovat jako doplňkové zdroje hlavních výrobců elektrické energie (tepelné a jaderné elektrárny). Využívá se toho, že dokáží během krátkého okamžiku dosáhnout velké výkonu a vyrovnat tak energetickou bilanci v elektrizační soustavě. Toho se využívá hlavně u přečerpávacích a velkých elektráren, které mohou vodu zadržet v hrázi.

3.2.1 Základní popis technologie

Ve vodní elektrárně se využívá vody k pohonu turbíny. Ta je uložena na společné hřídeli s generátorem elektrické energie. Dohromady tvoří tzv. turbogenerátor. Mechanická energie proudící vody se díky tomuto systému mění na energii elektrickou, která se pak dodává do míst spotřeby.

Podle účelu a podmínek celé elektrárny se volí typ turbíny. Často se používají turbíny reakčního typu (Francisova nebo Kaplanova turbína), a to ve velkém množství modifikací. Pro vysoké spády, které mohou být, až 500 metrů se používá akční Peltonova turbína pro výkony od 10 kW do 1 MW. V přečerpávacích elektrárnách se používají turbíny s reverzním chodem a s přestavitelnými lopatkami. V malých elektrárnách se používají konstrukčně náročné Kaplanovy turbíny, pro výkony od 5 kW do 1 MW a spádu do 20 m. Dále pak upravená Francisova turbína, pro spády od 10 m a výkony od 20 kW do 5 MW. Dále je možné použít Bánkiho turbínu, která je konstrukčně mnohem jednodušší. Používá se pro výkony od 1 kW do 100 kW pro spády od 2 m.

3.2.2 Typy vodních elektráren

Mimo průtokových vodních elektráren, které jsou nejznámější, existují i akumulární elektrárny. Ty jsou součástí vodních nádrží. Ty kromě své funkce pro akumulaci vody slouží i pro stabilizaci průtoku koryta vodního toku, chrání před povodněmi a podporují

plavební možnosti celého toku. Nádrže mohou sloužit i jako zdroj pitné vody pro vodárny, technologické vody pro průmysl nebo vody na zavlažování pro zemědělství.

Umístění elektrárny se může lišit podle tvaru terénu, výškových a spádových vlastností a množství vody. Existují elektrárny zabudované přímo do tělesa hráze, nebo je elektrárna postavena hluboko v podzemí. Voda je k ní poté přiváděna tlakovým potrubím a odvádí se podzemním kanálem.

3.2.3 Malé vodní elektrárny

Potenciál velkých vodních elektráren je v České republice prakticky vyčerpán. Oproti tomu malé vodní elektrárny stavět lze. Tyto elektrárny jsou rozmístěné po našem celém území. Tím snižují ztráty v přenosových sítích. Díky svému velkému počtu jsou spolehlivým zdrojem. Ani výpadek několika těchto elektráren se v součtu prakticky nepozná. Produkce elektrické energie kolísá v průběhu roku, protože je závislá na počasí. Nejvyšší dodávky jsou na jaře, kdy jsou řeky plné vody a nejnižší koncem léta. Stejně jako u velkých elektráren je výhodné, aby dodávaly elektrickou energii v odběrových špičkách. U malých vodních elektráren lze vodu zadržovat také, ale musí se dbát na to, aby nedocházelo k velkému kolísání hladiny vodního toku nad a pod elektrárnou.

3.2.4 Ekonomika instalace, návratnost investice

Každá vodní elektrárna musí být navržena podle přírodních podmínek v místě stavby s ohledem na daný tok a požadavky ochrany přírody v cílené oblasti. V současnosti je výstavba nových elektráren vzácná, setkáváme se spíše s obnovou elektráren v místech, kde v minulosti stával vodní mlýn nebo pila. Dále se modernizují starší elektrárny. Přistavují se další turbíny pro využití sezónních průtoků nebo se staré turbíny vyměňují za modernější a účinnější typy. Ekonomika každé vodní elektrárny je vždy individuální. Pokud se jedná o výstavbu nové nebo obnovu zcela zničené elektrárny, kdy se musí budovat celé nové vodní dílo (přivaděče, jezy, odpadní kanály) jsou pořizovací náklady v řádu desítek až stovek milionů korun. Proto může být návratnost i více než 50 let. V případech, kdy se jedná pouze o vylepšení stávající elektrárny, jako je montáž nové turbíny se náklady mohou pohybovat pouze v řádech statisíců korun a návratnost je proto několiknásobně kratší. Dalším efektivním způsobem je instalace turbíny do vodárenské nádrže, kdy je veškerá infrastruktura již postavená a pouze se nahradí škrťící armatura, která snižovala tlak na požadovanou úroveň za turbínu.

3.2.5 Potencionální vlivy na životní prostředí.

3.2.5.1 Omezení biodiverzity

Vodní elektrárny nezanedbatelně ovlivňují vodní toky, protože v přirozeném toku vytvářejí umělou překážku. V ojedinělých případech může také dojít k zatopení cenných biotopů. Při rekonstrukcích se obvykle budují rybí přechody, které u stávajících vodních děl často chybí. Díky tomu se tok stává prostupnější pro migrující živočichy a nedochází k tak velkým ztrátám na jejich populaci. Při povolovacím řízení je téměř vždy vyžadováno vypracované biologické hodnocení od odborníků.

3.2.5.2 Zajištění minimálního zůstatkového průtoku

Provozovatelé ve snaze vyrobít co nejvíce elektrické energie nenechávají často v původním korytě toku předepsané minimální množství vody. To negativně ovlivňuje živé organismy žijící v tomto ekosystému, jak ryby, tak další vodní živočichy. Všechna voda protéká přes turbínu a jez a zbylá část koryta je bez dostatečného množství vody. To je v rozporu s provozním řádem a je sankcionováno.

3.2.5.3 Ochrana ryb

Aby se zabránilo pronikání ryb do turbín, instalují se před ně jemné česle a elektronický odpuzovač na vstupu do náhonu. Díky bezohlednému chování některých lidí ve snaze minimalizovat ztráty při průtoku dochází k odstranění jemných česlí, což ryby ohrožuje na životě.

3.2.5.4 Zlepšení kvality vody

Je často zdůrazňováno, že vodní elektrárny okysličují vodu a zvyšují tak její samočisticí schopnost. To je ale pravda pouze u některých turbín, zejména u oblíbené a velice jednoduché Bánkiho turbíně. U jiných druhů turbín ale může docházet dokonce ke snížení obsahu vzduchu ve vodě. Pro okysličení vody je ale také důležitý jez, přes který voda přepadá. I proto je důležité dodržet minimální průtok vody v korytě toku, který je předepsaný. Některé typy rybích přechodů mají také funkci okysličovat vodu. Obecně tedy lze říci, že vodní elektrárny příznivě pomáhají k okysličování vody.

3.2.5.5 Vypouštění nečistot do toku

Provozovatelé mají povinnost likvidovat nečistoty zachycené na česlích vodní elektrárny. Je zakázáno je pouštět zpátky do toku. Pokud tento postup není dodržen, je pokutován.

3.3 Geotermální elektrárny

Geotermální energie měla využití už dávno v minulosti, jako ohřívač pramenů teplých lázeňských vod. Tyto vody byly ohřívány teplem, které vycházelo ze žhavého jádra naší planety a postupovalo až na povrch. V našich podmínkách se moc teplých pramenů nenachází. Opačná situace je na Islandu nebo v Severní Americe. Potenciál zemského tepla v naší republice převyšuje současnou spotřebu primárních paliv. Stavbu geotermálních elektráren ale negativně ovlivňuje jejich velice vysoká cena a možnost dalších nákladů na provoz při chodu elektrárny. Prognóza ale mluví ve prospěch těchto elektráren. Zpráva Nezávislé energetické komise říká, že v roce 2050 bude činit výroba elektrické energie z geotermálních elektráren zhruba 14% celkové výroby v České republice. To je už velice významný podíl, který bude zřejmě podpořen vývojem nových technologií v budování těchto elektráren.

3.3.1 Základní popis technologie

Aby bylo možné vyrábět elektřinu, je zapotřebí mít k dispozici teplo o teplotě minimálně 130 °C. Takovéto teplo se dá získat dvěma způsoby, závislými na konkrétních geologických podmínkách. První způsob je ten, že z vrtu hlubokého až 5 km samovolně vyvěrá horká voda, nebo se z vrtu čerpá. Druhý způsob funguje na principu dvou vrtů, hlubokých několik kilometrů, které jsou od sebe vzdáleny několik stovek metrů. Do prvního vrtu se pod vysokým tlakem vhná voda, která se poté z druhého vrtu čerpá ohřátá. Někdy je ještě nutné narušit horninu, která je mezi oběma vrty, aby mohla voda volně proudit. Horká voda se pak používá stejně, jako v konvenční tepelné elektrárně. To znamená, že se přemění na páru, která pohání turbíny generátorů elektrické energie. Podzemní voda se nepoužívá přímo, ale přes výměník, který ohřívá uzavřený parní okruh turbíny. Tento způsob se používá z důvodu mineralizace a znečištění. Lze-li v místě geotermální elektrárny odebírat teplo přímo na vytápění budov, můžeme dosáhnout mnohem lepší návratnosti celé investice na její stavbu. Poslední a zároveň nejrozšířenější možností, jak využívat geotermální energii, je využívání tepla z nejsvrchnějších vrstev zemské kůry. Vrty jsou hluboké 60 až 150 m. V této hloubce je v našich podmínkách celoroční teplota 8 až 12°C. To sice k přímému vytápění nestačí, ale poslouží to jako zdroj nízkopotencionálního tepla pro tepelná čerpadla. Bohužel, kvůli nižší teplotě vody je efektivnost těchto tepelných čerpadel nižší než v předchozích způsobech využívání geotermální energie. Nespornou výhodou je ale možnost provést tyto vrty prakticky kdekoliv (kromě ochranných pásem lázeňských zařízení a minerálních vod). Výjimečně

lze z podzemí přímo čerpat vodu, která se pak ochlazuje ve výměníku tepelného čerpadla a po ochlazení se vrací do podzemí zasakovací studnou. Častěji se však setkáme ale s tzv. "suchým" vrtem. Do vrtu se spustí hadice naplněná nemrznoucí směsí, která slouží jako médium pro přenos tepla mezi horninou a tepelným čerpadlem. Vrty, jako zdroj nízkopotenciálního tepla pro tepelná čerpadla, jsou v současnosti nahrazovány plošným zemním výměníkem, kdy se čerpá teplo ze zeminy z hloubky cca 1,5 m.

3.3.2 Ekonomika instalace, návratnost investice

V České republice dosud nejsou dostatečné zkušenosti se stavbou a provozem velkých geotermálních elektráren. Velice nákladné je již pouhá příprava stavby, protože je nutné provést zkušební vrty, které stojí desítky milionů korun. V nejhorší variantě vrty ukážou, že lokalita není vhodná pro stavbu a vše musí začít od začátku. Ale naopak jsou velké zkušenosti s používáním mělkých vrtů jako zdroj nízkopotenciálního tepla pro tepelná čerpadla a výměníky pro vytápění rodinných domů a ostatních budov. Investiční náklady na jeden rodinný dům se pohybují okolo 400 000 Kč. Návratnost je asi 10 let v porovnání s vytápěním elektrickou energií. Návratnost se může snížit využitím dotací.

3.3.3 Potenciální vlivy na životní prostředí

3.3.3.1 Vrty odvedou vodu ze studní

Vrty, které jsou nesprávně provedené, mohou ohrozit hydrogeologické poměry v podloží. Je nutné dělat u větších projektů rozsáhlý průzkum. Provedení vrtů a čerpání podzemní vody musí být povoleno příslušným vodoprávním úřadem. Provádění vrtů v I. a v II. ochranném pásmu lázní a minerálních vod je navíc upravené zvláštními předpisy. Můžeme tedy říci, že správně provedený vrt by neměl způsobit žádné problémy v podloží. Platí to jak u hlubinných vrtů, tak u krátkých vrtů pro rodinné domy.

3.3.3.2 Poškození ozonové vrstvy

Pokud se používají tepelná čerpadla pro využití geotermální energie, většinou pracují s tzv. měkkými freony, které nejsou pro ozónovou vrstvu v atmosféře tolik nebezpečné. Při opravě tepelných čerpadel se freony odsávají a recyklují, do ovzduší se tedy teoreticky dostat nemohou.

3.4 Fotovoltaické elektrárny

Většina obnovitelných zdrojů využívá transformovanou sluneční energii, jedná se o energii vody, větru nebo o biomasu. Fotovoltaická elektrárna mění dopadající sluneční energii na elektrickou energii přímo. Potenciál této dopadající sluneční energie je

obrovský, pro představu si můžeme říci, že na území ČR dopadne za jeden rok 140 násobek energie, než činí roční spotřeba veškerých primárních zdrojů. Můžeme tedy do budoucna předpokládat, že fotovoltaika bude mnohem významnějším zdrojem, než je tomu doposud. Díky rychlému technologickému pokroku v této oblasti lze čekat jednak snížení dosavadní výrobní ceny panelů z křemíku, a jednak nástup nových technologií, které křemík nemusí využívat. Fotovoltaika má ale jednu velkou nevýhodu, pokud by se totiž podílela například v rámci ČR na produkci elektrické energie několika desítky procent, musel by se vyřešit problém, že fotovoltaika vyrábí elektřinu jen v době slunečního svitu. V současné době je výroba elektřiny z dopadajícího slunečního záření tak malá, že jakékoli výkyvy současná síť absorbuje bez jakýchkoliv problémů. Fotovoltaika je velice zajímavým zdrojem elektrické energie i pro rozvojové země. Montáž několika panelů na střechu budovy a pořízení akumulátorů je mnohem jednodušší, než postavit velkou elektrárnu a k ní budovat rozvodnou síť. Navíc je fotovoltaika prakticky bezúdržbová, nepotřebuje ani žádné palivo na provoz.

3.4.1 Základní popis technologie, moderní typy

Fotovoltaika využívá křemíkové polovodiče. Křemík je na jednu stranu dostupný materiál, ale pro výrobu fotovoltaických panelů je potřeba křemík o poměrně vysoké čistotě (ta je ale pro srovnání nižší, než požadavky na čistotu křemíku pro počítačové součástky). Výroba fotovoltaických panelů je náročná, jak na zdroje, tak na technologii. To jsou hlavní důvody, proč je cena těchto panelů vysoká. Křemíkové články můžeme rozdělit na tři druhy.

Články z monokrystalického křemíku - (Účinnost 14 až 18 %)

Panel se skládá z článků tvaru čtverce s kulatými rohy (to je dáno výrobní technologií, destičky se řezou z válcové tyče).

Články z polykrystalického křemíku – (Účinnost 13 až 16 %)

Panely jsou složeny z destiček čistě čtvercového tvaru s jasně viditelnou kontaktní mřížkou.

Panely z amorfního tenkovrstvého křemíku – (Účinnost 5 až 8 %)

Panely jsou na pohled tvořeny jednolitou tmavou plochou, s nevýraznou kontaktní mřížkou. Mohou být i na ohebných materiálech (střešní fólie).

Na výrobu panelů z amorfního křemíku je potřeba až stokrát méně křemíku než na výrobu krystalických článků. Proto je jejich cena nižší, zároveň ale kvůli horší účinnosti potřebují amorfní panely přibližně dvojnásobnou plochu instalace pro dosažení stejného

výkonu jako panely z krystalických článků. Křemíkové články pracují na principu fotoelektrického jevu: částice světla (fotony) dopadají na křemíkový článek a svou energií z něho tzv. vyráží elektrony. Polovodičová struktura článku pak uspořádává pohyb elektronů na stejnosměrný elektrický proud, který pak využíváme. Ten se pak převádí pomocí konvertoru na střídavý, aby mohl být dodáván do elektrické sítě. Do budoucna je pravděpodobné zvyšování účinnosti zařízení, která jsou vyrobena na bázi amorfního křemíku a také snižování spotřeby materiálu u krystalických panelů. Spotřeba křemíku může být snižována využíváním nanotechnologií při výrobě. Jiným řešením vysoké ceny čistého křemíku je výroba článků z jiných materiálů, například kadmium- telurové nebo z organických polymerů.

3.4.2 Umístění fotovoltaických panelů

3.4.2.1 Na budovách

Instalace panelů na budovách sebou nese mnoho výhod. Například zvýšení energetické soběstačnosti budovy. Fotovoltaické panely jsou nejčastěji umístovány na šikmých střeších budov, a to nad krytinou. Můžeme se setkat i s tím, že jsou panely instalovány tak, že tvoří přímo krytinu, zde je ale nutno brát ohled na vodotěsnost spojení mezi panely, teplotní dilataci a hlavně odvětrání panelů kvůli chlazení, protože s vyšší teplotou klesá účinnost panelů.

3.4.2.2 Na volné ploše

U fotovoltaických elektráren platí, že čím je zastavěná plocha větší, tím jsou měrné investiční náklady nižší. Investor, který má v plánu postavit elektrárnu s výkonem v řádu stovek kilowatt a více, se nemůže vejít na střechu jakékoliv budovy. Pokud je tedy elektrárna vybudována na volném prostranství, lze všechny panely umístit s ideálním sklonem a orientací vůči slunci. Lze využít i tzv. trackery, neboli pohyblivou konstrukci, která může panely natáčet tak, aby na ně sluneční záření dopadalo vždy pod ideálním úhlem. To může zvýšit produkci až o 35 % v porovnání s panely, které jsou umístěny na pevno. Trackery jsou samozřejmě dražší než pevná konstrukce, zároveň vyžadují i častější servis.

3.4.2.3 Ekonomika instalace, výše a návratnost investice

Hlavní položkou v rozpočtu stavby fotovoltaické elektrárny jsou panely. Jejich cena se ale neustále snižuje díky zvyšujícímu se objemu produkce a technologickému vývoji. Pro investory je důležité, že české zákony zaručují výkupní cenu, která bude platit po dobu 20 let, s meziročním zvýšením pro vyrovnání vlivu inflace. Zákon o OZE č.

180/2005 stanovil, že výkupní ceny pro nové zdroje mohou poklesnout meziročně jen o 5 %. Přitom investiční náklady na fotovoltaické elektrárny klesají rychleji, takže je investice stále výhodnější.

Tab. 2 Výkupní ceny za elektřinu z fotovoltaiky v roce 2007

Země	€/kWh	Země	€/kWh
Belgie	0,15–0,45	Lucembursko	0,37–0,42
Česká republika	0,49	Německo	0,33–0,43
Francie	0,30–0,40	Portugalsko	0,28–0,45
Irsko	0,36–0,49	Řecko	0,40–0,50
Kypr	0,36–0,42	Slovensko	0,45

3.4.3 Potenciální vlivy na životní prostředí

Fotovoltaika je ideálním zdrojem energie: nepotřebuje totiž žádné palivo, není tedy nutná ani jakákoliv doprava a nutná infrastruktura pro zásobování. Neprodukuje také žádné emise, odpady, hluk či vibrace.

3.4.3.1 *Narušení krajinného rázu*

Elektrárny, postavené na volné ploše nejsou z větší vzdálenosti příliš vidět, protože nosné konstrukce panelů jsou poměrně nízko u země. Nenarušují tedy obvykle ani krajinný ráz. Pokud se pozorovatel dívá pod určitým úhlem, může mu lesklá plocha panelů připomínat vodní hladinu. Tím, že elektrárny postavené na volné ploše musí být oploceny, snižují tím průchodnost krajiny.

3.4.3.2 *Zábor zemědělské půdy*

Elektrárnám, které jsou postaveny na volné ploše, je vytykán zábor zemědělské půdy. Životnost elektrárny je jen 20 až 25 let a zásah do půdy je prakticky minimální, navíc je možnost využívat plochu pod panely jako pastvinu a lze po skončení životnosti a odstranění elektrárny zabranou půdu opět využívat v zemědělství. Fotovoltaickou elektrárnu můžeme chápat také jako jistý způsob konzervace a odpočinek půdy pro budoucí využití.

3.4.4 Energetická návratnost

Výroba křemíkových panelů byla dříve poměrně náročná. V současné době však platí, že fotovoltaický panel je schopen v podmínkách ČR za tři až čtyři roky provozu vytvořit tolik energie, kolik se spotřebovalo na jeho výrobu. Dalších více jak 20 let už přináší jen čistý zisk. Panely lze již recyklovat, aby se získal zpět křemík.

3.5 Pevná biomasa

Dřevo je palivo, které pohánělo všechny civilizace už od pradávna. Dnes ho umíme využívat mnohem efektivněji než naši předkové. Kromě dřeva můžeme energeticky využít i další pevnou biomasu – spálit se dá téměř jakákoliv organická hmota, která nemá příliš velký obsah vody (pokud obsahuje více vody, jedná se o tzv. mokrou biomasu a ta se může zpracovávat v bioplynových stanicích. Patří sem třeba tráva, kukuřice a jiné plodiny). V ČR se pěstují i rychle rostoucích dřeviny, zejména topoly a vrby a další. Hlavní výhodou biomasy je to, že slouží jako akumulátor sluneční energie, snadno se skladuje a pro její zpracování se využívají dostupné dřevařské a zemědělské technologie. Naproti tomu nevýhodou je poměrně malý obsah energie v palivu (tuna suchého dřeva má přibližně dvojnásobný objem než jedna tuna hnědého uhlí, přitom ale obsahuje zhruba stejné množství energie). Dřevo je surovinou i pro stavebnictví, papírenský, nábytkářský průmysl i pro jiná odvětví. Proto se z lesní produkce nemůže energeticky využít asi polovina z celkově vytěžené dřevní hmoty. Biomasa, která je cíleně pěstovaná na zemědělské půdě může konkurovat potravinářské produkci. Další dostupnou biomasu představuje hlavně sláma.

3.5.1 Základní popis technologie

Při využití pevné suché biomasy jde vždy o spalování, přičemž spalovací zařízení se odlišují velikostí a druhem paliva, které spalují. Nejčastěji se teplo využívá pro vytápění objektů, případně pro sušení zemědělských produktů na požadovanou vlhkost. Teplo lze využít i pro výrobu elektřiny.

3.5.2 Kombinovaná výroba tepla a elektřiny

V ČR se již mnoho let používá systém, kdy se v klasických elektrárnách přidává k uhlí dřevní štěpka. Nebývá však využito pro teplo, které vzniká, takže 2/3 energie obsažené v palivu se vypouští do vzduchu chladicími věžemi. Mnohem efektivnější je vyrábět elektřinu tam, kde lze účelně využít i teplo, které vždy vzniká při spalování. U největších zařízení lze biomasu spálit v parním kotli a párou pohánět turbínu s generátorem, který vyrábí elektrickou energii. Častěji se setkáme s řešením, kdy je vodní pára nahrazena silikonovým olejem v tzv. ORC cyklu. Výhodou jsou nízké ztráty a potřeba nižších pracovních tlaků. Řešením pro malá zařízení je kogenerace na bázi dřevoplynu. Dřevoplyn pohání upravený pístový motor s generátorem, podobně jako bioplyn v bioplynových stanicích. Dřevoplyn však musí být velmi čistý, je potřeba i relativně

kvalitní dřevo pro jeho výrobu. Existují i kogenerační jednotky na biomasu vhodné pro menší budovy, palivem jsou peletky. Vzhledem k vysoké ceně (pořizovací náklady přibližně 1 mil. Kč) se ale nepoužívají

3.5.3 Ekonomika instalace, výše a návratnost investice

Výstavba centrálního zdroje pro výrobu elektřiny a tepla je investicí v řádu desítek mil. Kč, přičemž velká část rozpočtu připadne na vybudování rozvodné sítě, která je potřeba u velkých zařízení. Čím je hustota okolní zástavby menší, tím je horší efektivita budování této sítě.

Biomasu můžeme považovat za levné palivo, ale náklady na její pořízení tvoří jen část konečné ceny tepla. Do této ceny je totiž potřeba zanést náklady na výstavbu kotelny i rozvodů. Je zřejmé, že čím větší bude poptávka po teple, tím může být jeho konečná cena nižší. Naopak pokud je skutečná poptávka nižší, než se původně předpokládalo, musí dojít ke zdražení tepla. To může následně vést k odpojování stávajících odběratelů a dalšímu snížení poptávky. Při návrhu centrálního zdroje tepla je tedy zásadní správně odhadnout poptávku. Důležité je důkladně zmapovat potenciál dostupných typů paliv. Jde o obtížnou úlohu, protože např. podnik dodávající dřevní odpad může v budoucnosti změnit výrobu a biomasu bude nutno nakupovat odjinud a zároveň jí dovážet. To je jeden z důvodů, proč je výhodné mít vlastní zdroj biomasy, například plantáže rychle rostoucích dřevin v těsné blízkosti.

Návratnost investice je ovlivněna dotacemi, které je možné dostat. Pokud je investorem obec, nemusí být pro ni ekonomický efekt prvořadý a návratnost může být i více než 20 let. Pokud je však investorem podnikatelský subjekt, vyžaduje obvykle návratnost 15 až 20 let. V mnoha případech by se mohlo stát, že centrální zdroj tepla nebude efektivní ani se získanou dotací. Pak může např. obec podpořit instalaci individuálních kotlů na biomasu v jednotlivých objektech. Celkové náklady jsou pak nižší než při výstavbě centrálního zdroje a zřizovatel nemusí zajišťovat provoz a palivo, nehrozí riziko zvýšení ceny tepla, pokud se někdo rozhodne, že se k projektu nepřipojí. Z hlediska soukromého majitele rodinného domku je cena tepla spalováním dřeva levnou alternativou. Zřizovací náklady například na kotel na peletky s příslušenstvím jsou vyšší než třeba na plynový kotel a přípojku, ale rozdíl v nákladech se může během několika let vrátit. Dá se předpokládat, že cena peletek neporooste tak rychle jako cena plynu.

3.5.4 Potencionální vlivy na životní prostředí

Energetické využití je CO₂ neutrální, uvolňuje se pouze CO₂, které rostlina přijala při svém růstu. Má i další pozitiva, při náhradě za uhlí klesá lokální znečištění vzduchu. Problém nastává u jemných prachových částic, zejména u malých kotlů, protože ty větší mají instalované filtry spalin.

3.6 Bioplynové stanice

Technologie bioplynových stanic bude popsána v samostatné kapitole. Zde bude uvedena pouze ekonomika instalace, návratnost investice a potencionální vlivy na životní prostředí, pro srovnání s ostatními druhy obnovitelných zdrojů.

3.6.1 Ekonomika instalace, výše a návratnost investice

Bioplynové stanice lze stavět od výkonu několika kW, ale nejčastěji se setkáme s instalovaným výkonem v řádů stovek kW. Důvodem je to, že takováto instalace je relativně levnější. U bioplynových stanic, které zpracovávají exkrementy zvířat a zemědělské odpady jsou investiční náklady zhruba 120 000 Kč na 1 kW instalovaného výkonu. U stanic, které zpracovávají komunální odpady a zbytky potravin jsou investiční náklady až dvakrát vyšší, hlavně z důvodu nutnosti vybudovat prostor a technologii pro třídění odpadu. Předpokládaná životnost zařízení je 20 let, proto je nutné navrhout bioplynovou stanici tak, aby měla po celou dobu životnosti dostatek vstupních surovin. U dobře připraveného projektu je návratnost 15 až 20 let. Hlavním zdrojem příjmů bioplynové stanice je prodej elektřiny do sítě. Výkupní cena je předepsána Energetickým regulačním úřadem a je také zaručena na 20 let (s meziročním nárůstem o inflaci). Dalším příjmem může být prodej tepla. Prodejní cena 1GJ tepla je 200 až 350 Kč, která je závislá na zpracovávaných surovinách.

3.6.2 Potencionální vlivy na životní prostředí

3.6.2.1 Zápach

Problémy se zápachem nastávají obvykle nedodržením provozního řádu, nekázní personálu, případně špatně zvoleným projektem. Zdrojem zápachu mohou být i vozidla dopravující biomasu. Pokud kejda uniká z cisteren, nebo se živočišné odpady přepravují v nezakrytých kontejnerech, jedná se o porušení předpisů. Dalším možným zdrojem zápachu je digestát, který nebyl ve fermentoru dostatečně dlouho a není proto zcela

rozložen. Pokud technologie bioplynové stanice předpokládá, že kvůli zrychlení procesu nebude digestát zcela vyzrálý, musí být nádrže na jeho uskladnění uzavřené.

3.6.2.2 Snižování skleníkového efektu

Při rozkladu biomasy vzniká metan, který zesiluje skleníkový efekt. Při samovolném rozkladu uniká volně do ovzduší, ale v bioplynové stanici je zachycen a spálen, tedy přeměněn na vodu a CO₂, který není tak silným skleníkovým plynem.

3.6.2.3 Energetické využití odpadů

V bioplynové stanici uplatňujeme využívání odpadů s vyšším obsahem vody, proto by se nedaly jednoduše spálit např. ve spalovnách odpadů. Umožňují i neutralizovat různé potravinářské odpady.

4 TECHNOLOGIE BIOPLYNOVÝCH STANIC

4.1 Vznik bioplynu

Bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií, ke které dochází, když bakterie rozkládají organickou hmotu. Tento proces rozkladu má čtyři fáze.

V první fázi přeměňují přítomné anaerobní bakterie, tedy ještě nikoliv metanové bakterie, makromolekulární organické látky (bílkoviny, uhlovodíky, tuky, celulózu) pomocí enzymů na nízkomolekulární sloučeniny, jako jsou jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a voda. Tento proces se nazývá hydrolýza.

Ve druhé fázi poté mohou acidofilní bakterie provést další rozklad na organické kyseliny, oxid uhličitý, sirovodík a čpavek.

Ve třetí fázi octotvorné bakterie vytvoří acetáty, oxid uhličitý a vodík.

V poslední, čtvrté fázi teprve nakonec metanové bakterie v alkalickém prostředí vytvoří metan, oxid uhličitý a vodu.

4.1.1 Důležité životní podmínky metanových bakterií

4.1.1.1 *Vlhké prostředí*

Metanové bakterie mohou pracovat a množit se pouze tehdy, když jsou substráty zalaty dostatečně vodou (min. 50%). Na rozdíl od aerobních bakterií, kvasinek a hub nemohou žít v pevném substrátu.

4.1.1.2 *Zabránění přístupu vzduchu*

Metanové bakterie jsou striktně anaerobní. Je-li v substrátu přítomen kyslík, jako například v čerstvé kejďě, musí ho aerobní bakterie nejdříve spotřebovat. K tomu dochází v první fázi bioplynového procesu. Nepatrné množství kyslíku, jaké vzniká z cíleného nafoukání vzduchu při odsíření, však neškodí.

4.1.1.3 *Zabránění přístupu světla*

Světlo sice bakterie neničí, ale brzdí proces.

4.1.1.4 *Stálá teplota*

Metanové bakterie pracují při teplotě mezi 0°C až 70°C. kromě několika kmenů, které mohou žít při teplotě až 90°C, při vyšších teplotách umírají. Při teplotách pod bodem mrazu přežívají, ale nepracují.

Rychlost procesu vyhnívání je na teplotě velice závislá. Obecně platí: čím vyšší teplota, tím rychlejší je rozklad a tím vyšší je produkce plynu. Čím kratší je doba vyhnívání, tím nižší je obsah metanu v bioplynu.

Rozlišujeme tři teplotní oblasti, které jsou pro jednotlivé bakteriální kmeny vhodné:

Psychrofilní kmeny – teploty pod 20°C

Mezofilní kmeny - teploty od 25 do 35°C

Termofilní kmeny – teploty nad 45°C

Čím vyšší je teplota, tak tím jsou bakterie citlivější na její změnu, zejména pokud se jedná o krátkodobé změny a teplota klesá. Bakterie v mezofilní oblasti zvládnou výkyvy v rozmezí 2-3°C střední denní teploty, v termofilní oblasti by výkyvy neměly přesáhnout 1°C.

4.1.1.5 Hodnota pH

Hodnota pH by se měla pohybovat přibližně na hodnotě 7,5. U kejdy a hnoje tento stav nastává většinou samovolně, ale u kyselých substrátů, jako jsou výpalky, syrovátka a siláž, bývá zapotřebí přidávat vápno, aby se hodnota pH dostala k hranici 7,5.

4.2 Technologie výrobních postupů

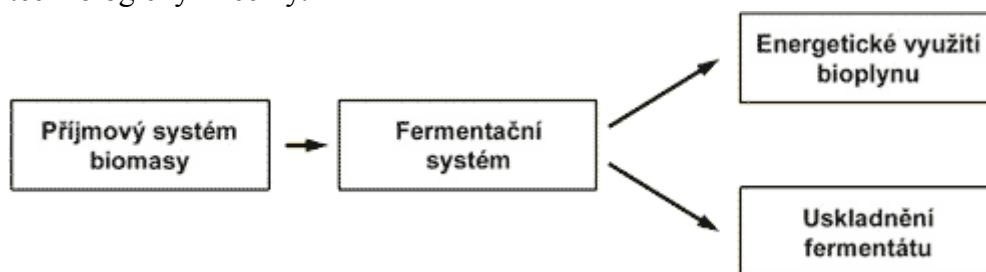
4.2.1 Anaerobní technologie

Anaerobní fermentace je proces rozkladu organické hmoty, který probíhá za nepřístupu vzduchu. Tento proces může přirozeně probíhat v přírodě např. v bažinách, na dně vodních ploch nebo na skládkách komunálního odpadu. Při tomto procesu mikroorganismy postupně v několika stupních rozkládají organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu.

Fermentace se obvykle provádí ve velkých vyhřívaných a míchaných nádržích, zvaných fermentory. Pracovní sušina suspenze se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 – 12% při mokré fermentaci a 30-35% při suché fermentaci. Ve fermentoru dochází k odbourání organické sušiny materiálu. Velikost nádrží je dána množstvím a kvalitou materiálu, množstvím aktivní biomasy v reaktoru a požadovanou dobou zdržení. Tyto parametry ovlivňují produkci bioplynu a také kvalitu výstupního materiálu.

4.2.2 Mokrá fermentace

Jedná se hojně využívanou technologií výroby bioplynu. Tato technologie zpracovává substráty s obsahem sušiny menším než 12%. Technologická linka je tvořena 4 technologickými celky.



Obr. 1 Mokrá fermentace

4.2.2.1 Příjmový systém

Slouží pro úpravu čerstvého substrátu před jeho vstupem do fermentoru (úprava velikosti částic, míchání, homogenizace, ředění, apod.). Podle druhu zpracovávané biomasy se rozděluje na příjmové zásobníky pro tuhou biomasu (sušina >20%) a příjmové jímky kapalné biomasy (sušina <12%).

4.2.2.2 Fermentační systém

Zde probíhá vlastní anaerobní vyhnívání v čistě anaerobním prostředí. Fermentory lze koncipovat jako podzemní, nadzemní či částečně zapuštěné do terénu. Případné částečné/úplné zapuštění fermentoru do terénu záleží nejen na přání investora, ale i na dalších okolnostech (např. nutnost potlačení vlivu stavby na charakter krajiny, apod.).

Nejčastěji se využívá válcových železobetonových plynotěsných fermentorů se svislou osou. Fermentor je vybaven odpovídajícím příslušenstvím podle konstrukce a druhu substrátu. Běžně jde o míchací a topný systém.

4.2.2.3 Uskladňovací systém

Fermentační zbytek nebo také digestát je nutné uskladňovat v souladu se zásadami správné zemědělské praxe. V případě, že je fermentační zbytek separován na tuhou frakci (sušina přibližně 25 až 35%) a kapalnou fází (fugát), který má sušinu <1%, je nutné koncipovat uskladňovací systém pro obě frakce.

Tuhá frakce se běžně uskladňuje na stávajících hnojištích nebo vodohospodářsky zabezpečených plochách. Může být využita i jako stelivo pro skot. Fugát se uskladňuje ve vhodně dimenzovaných jímkách. Potřebná velikost uskladňovacího systému u bioplynových stanic je volena s ohledem na splnění zásad správné zemědělské praxe, běžně pro dobu 140 až 150 dnů.

SeparáčnÍ zařÍzenÍ bývá osazováno např. z důvodu záměrného využití fugátu pro ředění čerstvého substrátu na požadovanou procesní sušinu nebo v případě zvláštních technologických požadavků farmy. Vlivem recirkulace fugátu se snižuje potřebná velikost uskladňovací jímky a snižuje se spotřeba ředící vody. Je ovšem potřeba pravidelně kontrolovat obsah dusíku v recirkulovaném fugátu, a to z důvodu zamezení inhibičním vlivům na anaerobní proces.[x]

4.2.2.4 Energetické využití bioplynu

Využití bioplynu můžeme rozdělit na tři základní způsoby, první je výroba tepla v teplovodních (horkovodních) kotlích, druhá je kombinovaná výroba elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách a třetí možnost využití je čištění bioplynu a jeho prodej do plynárenské sítě nebo provozovatelům jiných energetických systémů nebo pro pohon dopravní techniky a automobilů. Nejčastěji se však bioplyn využívá pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla v kogeneračních jednotkách na bázi pístových spalovacích motorů.

4.2.3 Suchá fermentace

Tato technologie zpracovává substráty o celkové sušině 30-35%. Zpravidla se zde využívá mezofilního anaerobního procesu, při rozsahu teplot 32-38°C. Tuto technologii můžeme dále rozdělit na tzv. vsázkovou a kontinuální metodu.

Vsázková (diskontinuální) technologie suché fermentace se skládá z několika reakčních komor a meziskladu. Doprava materiálu se uskutečňuje za použití běžné manipulační techniky (manipulátory, traktory s čelním nakladačem). Anaerobní proces je řízen dávkováním procesní tekutiny. Proces je diskontinuální – vyprázdnění a znovu naplnění komor, start reakce trvá přibližně 3 dny. Vlastní produkce bioplynu následujících 24-27 dnů.

Kontinuální technologie jsou provozně a investičně nákladnější. Jsou např. využívány pro zpracování komunálních a tříděných domovních odpadů. Reakční objem bývá rozdělen na několik fermentorů. Běžně se používají ležaté válcové fermentory s 1 až 2 pomaloběžnými míchacími zařízeními. Platí, že z jednoho zásobníku nebo jímky je substrát několikrát denně přečerpáván (dopravován) do fermentoru na hnití. To samé množství substrátu, které je přidáno do fermentoru se dostává vytlačením nebo odebíráním do skladu fermentačních zbytků. Fermentor je při tomto postupu stále naplňován a je vyprázdněn jen kvůli nezbytným opravným pracím. Tato metoda vykazuje stejnoměrnou produkci bioplynu a dobré vytížení prostoru ke hnití. Existuje zde

ale riziko zkratového proudění fermentorem, kdy nepatrná část čerstvě doplněného substrátu je okamžitě vynášena do skladu fermentačních zbytků. Tomuto problému lze předejít víceúrovňovým uspořádáním fermentoru.

4.2.4 Srovnání mokré a suché fermentace

Mokré technologie mají mnohem širší uplatnění, jsou historicky rozšířenější, navíc jsou technicky propracovanější a jsou dobře provozně prověřené. Bohatší technologická výbava a příslušenství (např. míchadla, čerpadla, drtiče) ale zvyšuje provozní náklady (spotřeba elektřiny, servis a údržba) a četnosti poruch.

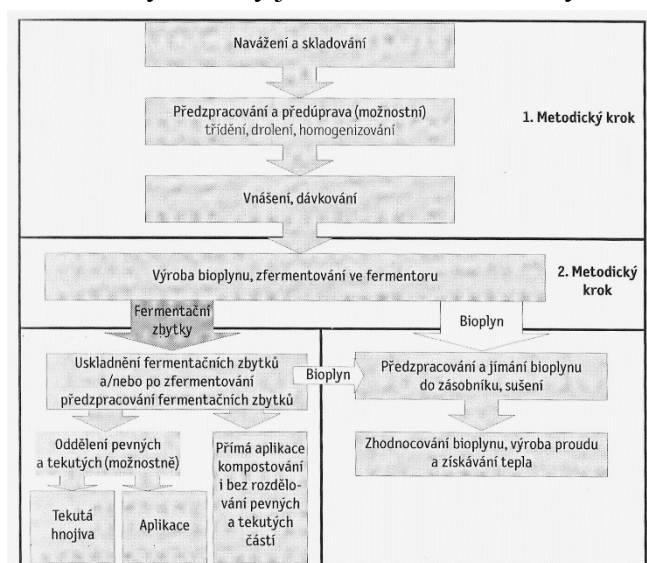
Suché technologie byly původně navrženy pro zpracování komunálních bioodpadů. V podmínkách ČR bude využitelná především v zemědělských provozech, kde jsou k dispozici pouze vysoko sušiny substráty. Problematičtější bude uplatnění v komunálních a průmyslových projektech, které jsou obtížnější pro splnění legislativních požadavků.

Z hlediska četnosti silně převažují technologie mokré fermentace nad suchou fermentací. Je to dáno do jisté míry i tím, že většina bioplynových stanic je stavěna u intenzivních chovů hospodářských zvířat. Suchá fermentace má ve srovnání s mokrou fermentací nižší specifické výtěžnosti bioplynu.

Suché technologie fermentace zpracovávají substráty s přibližně 3 až 4 násobným obsahem organické hmoty ve srovnání s reaktory navrženými pro mokrou fermentaci.

4.3 Technika postupů

Zemědělská bioplynová stanice může být nezávisle na způsobu provozu rozdělena do čtyř postupových kroků. Tyto kroky jsou názorně zobrazeny na obrázku.



Obr. 2 Postupové kroky tvorby bioplynu

1. Krok

Navážení, uskladnění, úprava, transport a dávkování substrátu.

2. Krok

Samotná výroba bioplynu

3. Krok

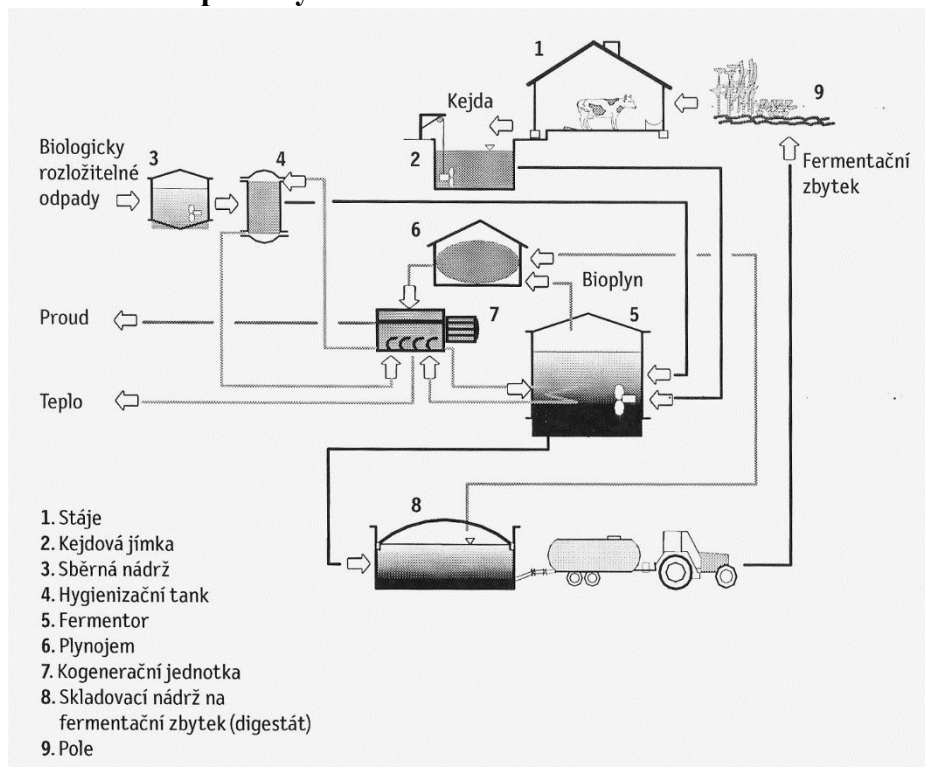
Uskladňování fermentačních zbytků a možná předúprava a vyčištění.

4. Krok

Jímání, úprava a zhodnocování bioplynu.

Tyto čtyři postupové kroky jsou na sobě závislé

4.3.1 Hlavní komponenty zařízení



Obr. 3 Zařízení v bioplynové stanici

K prvnímu metodickému kroku patří jímka na kejdu (2), sběrná nádrž (3) a hygienizační tank (4). Druhý krok je prováděn v bioplynovém reaktoru neboli fermentoru (5). Třetí krok je představen skladovací nádrží fermentačních zbytků (8) a vynášením tohoto zfermentovaného substrátu na ornou půdu (9). Čtvrtý krok je prováděn v plynojemu (6) a v kogenerační jednotce (7).

Technika, která je použita na stanici je závislá na substrátech, které má daná stanice k dispozici. Množství substrátu určuje dimenzování veškerých agregátů a objemů skladovacích nádrží. Kvalita substrátu určuje techniku postupu. Patří sem obsah sušiny, struktura, původ substrátu. Podle jeho složení je někdy nutné oddělit rušivé látky, nebo přidáním vody substrát macerovat, abychom ho převáděli v pumpovatelném stavu. Jsou-li použity látky, které mají potřebu hygienizace, je nutné začlenit do plánu hygienizační stupeň. Po předúpravě se dostane substrát do fermentoru, kde je zfermentován.

4.4 Popis vybraných substrátů

4.4.1 Statková hnojiva

Tato hnojiva tvoří významný potenciál substrátů pro výrobu bioplynu. Hovězí i prasečí kejda se dá díky nízkému obsahu sušiny dobře kombinovat s ostatními substráty. Obtíže nastávají u slamatého hnoje, protože ten musí být naředěn z důvodu vysokého obsahu sušiny, aby byl pumpovatelný. Kejda se přivádí buď přes předjímku, nebo přímo.

Tab. 3 Statková hnojiva

substrát	výnos plynu		obsah metanu
	[m ³ /t substrátu]	[m ³ /t org. sušiny]	[objem. %]
kejda skotu	20-30	200-500	60
kejda prasat	20-35	300-700	60-70
hnůj skotu	40-50	210-300	60
hnůj prasat	55-56	270-450	60
hnůj kuřat a slepic	70-90	250-450	60

4.4.2 Cíleně pěstované plodiny

4.4.2.1 Kukuřice

Kukuřice se pro výrobu bioplynu hodí svým vysokým výnosem živého materiálu na hektar. V podnicích, zaměřených na chov dobytka, však může znamenat využití kukuřičné siláže zatížení osevních postupů. Některé bioplynové stanice umí zpracovat kukuřičnou siláž a podobné materiály bez dalších substrátů, přesto se doporučuje fermentovat kukuřičnou siláž jako přídatný substrát s kejdou, protože je při této kombinaci proces stabilnější a při fermentaci nastávají synergické efekty, které mohou zvýšit rozložitelnost, popřípadě i zvýšit výnos metanu.

Tab. 4 Kukuřičná siláž

substrát	výnos plynu		obsah metanu
	[m ³ /t čerstvé hmoty]	[m ³ /t sušiny]	[objem. %]
kukuřičná siláž	170-200	450-700	50-55

4.4.2.2 Žitná siláž z celých rostlin (GPS)

Zdrojem substrátu může být i siláž triticale nebo žitná siláž z celých rostlin. Tato obilovina má nízké nároky na kvalitu půdy a podnebí, proto se hodí pro pěstování v chladnějších oblastech a také na lehkých půdách. Výnos zrna je přibližně 5-6 tun z hektaru, poměr zrna a slámy je 1:1,6. Z toho vyplývá celkový výnos přibližně 13 až 15 tun živé hmoty na hektar.

Tab. 5 Žitná siláž z celých rostlin

Substrát	výnos plynu		obsah metanu
	[m ³ /t čerstvé hmoty]	[m ³ /t sušiny]	[objem. %]
žitná siláž z celých rostlin	170-220	550-680	55

4.4.2.3 Řepa

Řepa je pro výrobu bioplynu vhodná díky vysokým výnosům živé hmoty. Vyžaduje však vysoké nároky na podnebí a půdu. Potřebuje mírné podnebí a hlubokou ornou humózní půdu. Výnosy jsou rozdílné podle půdních předpokladů, ale u cukrové řepy se pohybují kolem 50-60 tun na hektar.

Problémem je suché čištění řep. Zemina, která je na hlízách musí být pokud možno úplně odstraněna, jinak se usadí na dně fermentoru. To samé platí pro kameny., ty musí být odstraněny ještě před rozdrolením. Řepa se sklízí sezónně, je proto nutné uskladnění, abychom mohli tento substrát používat po celý rok. Tento problém se řeší silážováním drcených rostlin.

Tab. 6 Cukrová a krmná řepa

substrát	sušina [%]	org. Sušina [% sušiny]	výnos plynu		obsah metanu
			[m ³ /t čerstvé hmoty]	[m ³ /t sušiny]	[objem. %]
cukrová řepa	23	90-95	170-180	800-860	53-54
krmná řepa	12	75-85	75-100	620-850	53-54

4.4.2.4 Travní siláž

Pěstování a sklizeň trávy a využití travní siláže je dobře mechanizovatelné. Vždy podle počasí a klimatických podmínek můžeme uvažovat se dvěma až čtyřmi sklizněmi v roce.

Tab. 7 Travní siláž

substrát	sušina [%]	org. Sušina [% sušiny]	výnos plynu		obsah metanu
			[m ³ /t čerstvé hmoty]	[m ³ /t sušiny]	[objem. %]
travní siláž	25-50	70-95	170-200	550-620	54-55

4.4.2.5 Odpady z údržby zeleně, trávníků

Díky obecní péči o veřejnou zeleň, zatravněné okraje silnic atd. vzniká množství odpadů, které musí být při použití na bioplynový substrát silážovány, protože se jedná o produkty sezónního charakteru. Jedná se o dobře zfermentovatelný doplňkový substrát, na základě vysokého obsahu sušiny ho ale nelze používat jako monosubstrát. Před zpracováním musí být materiál zbaven větví a kamenů, které by se usazovaly ve fermentoru a následně i homogenizován.

Tab. 8 Odpady z údržby zeleně

substrát	sušina [%]	org. Sušina [% sušiny]	výnos plynu		obsah metanu
			[m ³ /t čerstvé hmoty]	[m ³ /t sušiny]	[objem. %]
odpady z údržby zeleně	12	83-92	150-220	550-680	55-65

5 BIOPLYNOVÁ STANICE V OBCI DOBRONÍN

5.1 Stavební prvky

5.1.1 Homogenizační přípravná jímka

Vnitřní průměr – 7m, světlá výška jímky – 4m, celkový objem – 154m³, využitelný objem – 115m³, zastavěná plocha – 38,5m².

Homogenizační jímka slouží pro načerpání kejdy, případně dalších kofermentátů. Jímka je navržena pro potřebnou kapacitu celé technologie bioplynové stanice. Je prvním stupněm přípravy suroviny před vlastním načerpáním do fermentoru. Surovina se homogenizuje na vhodnou substanci. Jímka je umístěna před fermentační nádrží.

V plášti jsou vybudovány otvory pro přívod kejdy ze stájí, v obvodové konstrukci je i otvor pro průchod vedení čerpadla, které je řešené jako kalové ponorné čerpadlo. Toto čerpadlo se posouvá po čtyřhranném nerezovém sloupku. V nepracovní poloze je možné jej vytáhnout nad hladinu substrátu v jímce. Pro zamezení sedání sušiny je osazena jímka míchacím zařízením. Interval míchání se stanovuje podle složení substrátu. Jedná se o ponorné elektrické rychloběžné míchadlo, které je také umístěno na čtyřhranném sloupku.

Součástí jímky je systém vytápění, který je tvořen potrubím po obvodu nádrže, přibližně 1 m ode dna. Jedná se o tři potrubí z ušlechtilé oceli o průměru 114 mm umístěným nad sebou, teplota vytápění je 40°C.

5.1.2 Fermentor s betonovým stropem

Vnitřní průměr – 2 m, světlá výška jímky – 6m, celkový objem – 2270m³, využitelný objem – 2043m³, zastavěná plocha – 380m².

Čerstvé suroviny jsou přiváděny pomocí čerpadla z přípravné homogenizační jímky. Odtud jsou dopravovány suroviny se sušinou do 10%. Ostatní suroviny jsou dávkovány pomocí dávkovacího zařízení a soustavy dopravníků přes šnekový podavač, který dopravuje hmotu přes stěnu fermentační nádrže pod hladinou substrátu ve fermentoru. Šnekový dopravník vyústí pod hladinou substrátu a tím nedochází k průniku produkovaného bioplynu přes šnekový dopravník do venkovního prostředí.

Fermentor dále suroviny promíchává pomocí instalovaných ponorných míchadel v pravidelných intervalech. Substrát uvnitř je ohříván pomocí topného potrubí o průměru 114 mm po obvodu jímky na teplotu cca 40°C, což je podmínkou pro tzv. mezofilní fermentaci. Po přibližně 30 dnech jsou suroviny dopravovány přepadem, případně čerpadlem do dofermentoru s integrovaným plynojemem. Proces fermentace a dávkování

je kontinuální, to znamená, že je denně přiváděna čerstvá hmota a odváděna hmota do druhého stupně fermentace.

V plášti jsou vybudovány otvory pro přívod kejdy z homogenizační jímky. Současně jsou v plášti zabetonované rámy, na kterých je namontovaná technologie dopravy pevných surovin pomocí šnekového dopravníku. Průměr šneku je 500 mm. Pro kontinuální promíchávání substrátu jsou instalována dvě rychloběžná ponorná míchadla, ty jsou nainstalována na čtyřstranném sloupku, který umožní jejich výškové a směrové nastavení. Ovládání míchadla se provádí pomocí směrové páky a ručního navijáku umístěného na servisní šachtě. Tato šachta je posazena na stropu fermentoru v místě vyústění míchadel. Jsou vyrobeny z nerezové oceli a jsou opatřeny kontrolním zaskleným otvorem. Tyto šachty umožňují údržbu a servis míchadel i během provozu bioplynové stanice bez vypouštění substrátu, nebo vypouštění plynu z prostoru nad substrátem.



Obr. 4 Servisní šachta



Obr. 5 Dávkovací zařízení se šnekovým dopravníkem

5.1.3 Dofermentor s integrovaným plynojemem.

Vnitřní průměr – 23m, světlá výška jímky – 6m, celkový objem – 2480m³, využitelný objem – 2232m³, zastavěná plocha – 415m², výška stavby nad terénem – 8m.

Suroviny po 30-ti denním zdržení v 1. fermentoru jsou následně samospádem nebo čerpadlem dávkovány do dofermentoru. Zde dále probíhá anaerobní proces fermentace, během kterého dochází k rozkladu organických látek až z 60%. Substrát je promícháván pomocí dvou ponorných míchadel. Dofermentor je opatřen integrovaným plynojemem, který tvoří současně plynotěsné zastřešení jímky. Jde o nízkotlaký dvoumembránový plynojem CENO-TEC (speciální PVC fólie s polyesterovou výztuží, která slouží jako ochrana proti povětrnostním vlivům a vnitřní EPDM fólie, která je zde jako provozní plynojem). Tyto 2 technologie integrovaného plynojemu zajišťují absolutní plynotěsnost nádrže, jak proti unikání bioplynu do ovzduší, tak i proti vnikání vzduchu do fermentačního prostoru. Tvar zastřešení je kopule, která je kontinuálně udržována dofukováním vzduchu mezi membrány kompresorem. Plynojem je zde umístěn pro dočasné skladování bioplynu v případě servisní odstávky kogenerace nebo pro jiné krátkodobé skladování.



Obr. 6 Betonový strop fermentoru a dofermentor s integrovaným plynojemem

5.1.3.1 Objekt čerpací techniky a řídicího systému

Stavba čerpacího centra se nachází mezi objekty fermentoru a dofermentoru. V tomto objektu jsou umístěna čerpadla a potrubí pro rozvod surovin mezi jednotlivými nádržemi.

Dále je v této budově instalován řídicí a ovládací systém celé bioplynové stanice.

5.1.3.2 Systém provozní analýzy

Systém provozní analýzy aktivně nasává bioplyn z místa odběru i přes velkou vzdálenost. Čidla jsou mezi intervaly měření vyplachována čistým vzduchem. Tím se zvyšuje životnost čidel. Doba pro nasátí analyzovaného plynu do odtokového potrubí je variabilní a je nastavena při uvedení do provozu. Tento systém má čidla pro měření metanu, oxidu uhličitého, vodíku, sirovodíku, kyslíku. Tento systém také nastavuje přísávání vzduchu do fermentoru, kvůli odsíření.



Obr. 8 Dávkovač vzduchu do fermentoru



Obr. 7 Systém provozní analýzy

5.1.4 Dávkovač pevných substrátů

Dávkovač pevných substrátů je s fermentorem spojen pásovými zakrytými dopravníky, plastovým i nerezovým potrubím na povrchu objektů i pod povrchem. Suroviny s obsahem sušiny nižším než 10% jsou dávkovány do fermentoru z přípravné



Obr. 9 Dávkovací zařízení s víkem.

homogenizační jímky. Tento dávkovač je opatřen váhou a řídicím článkem pro dávkování podle nastavených parametrů. Materiál je v dávkovači rozduřován vertikálními míchači. Vstupní suroviny jsou nakládány do tohoto dávkovače kolovým manipulátorem. Kontejner dávkovače je tvořen z ocele. Kontejner je vyspárovaný a obsahuje boční jímku pro zadržení a odvod dešťové vody do stávající kejdomé nádrže.

5.1.5 Objekt kogenerace

Zastavěná plocha – 153m², světlá výška stavby – 4m.

Tento objekt obsahuje 2 kogenerační jednotky a řídicí systém pro obě kogenerační jednotky.

5.1.5.1 Kogenerační jednotky

Bioplynová stanice v Dobroníně je osazena 2 kogeneračními jednotkami MAN. Jejich parametry jsou zaneseny v tabulce.

Tab. 9 Kogenerační jednotky

Typ	2G KWK-250BGG	2G KWK-370BGG
Výrobce	MAN AG, Norimberk	
Typ motoru	Ottův motor	Ottův motor
Značka	MAN E2848 LE322	MAN E2842 LE322
Válce	8 V-uspořádání	12 V-uspořádání
Zdvihový objem [m ³]	14620	21930
Otáčky [ot./min]	1500	1500
Objem a proud spalovaného vzduchu (při 25 °C, 100 kPa) [m ³ /h]	925	1400
Hmotnost [kg]	4500	5500
Výkon - elektrický [kW]	250	370
Výkon - tepelný [kW]	218	423
Spotřeba plynu (při 60 %CH) [m ³ /h]	105	158



Obr. 10 Kogenerační jednotka 2G-KWK-370 BGG Obr. 11 Kogenerační jednotka 2G-KWK-250 BGG

Kogenerační jednotka je složena z následujících konstrukčních skupin.

a) Základový rám a protihlukový kryt

Svařovaný základový rám je proveden z ocelových profilů s vytvořenou olejovou vanou. Motor a generátor jsou izolovány prvky k tlumení kmitů, aby nedocházelo k přenosu zvuku na základový rám. V protihlukovém krytu jsou nasazeny dveře a údržbové klapky, které umožní snadnou údržbu všech konstrukčních skupin zařízení.

b) Motor s příslušenstvím

Průmyslový motor s malými nároky na údržbu. Svou koncepcí zaručuje dobrý stupeň účinnosti a dlouho životnost. Automatické doplňování mazacího oleje optimalizuje stav oleje v motoru.

c) Generátor

Generátor střídavého proudu je proveden jako bezkartáčový synchronní generátor s vnitřními póly. Má vestavěné budící vinutí, klec tlumiče a 2/3 vinutí se zkráceným krokem v provedení s nízkými harmonickými vlnami.

d) Spojka

Spojka spojuje motor s generátorem. Točivý moment setrvačnicku motoru se přenáší elastickou spojkou na hřídel generátoru.

e) Výměníky tepla

Tento typ kogenerační jednotky je vybaven dvěma výměníky tepla. Jeden je integrován do okruhu chladící vody motoru, druhý do systému výfukových plynů. Výměník chladící vody je deskový výměník z ušlechtilé oceli, výměník výfukových plynů je složen ze svazku trubek a je vyroben také z oceli.

f) Přívod plynu

Přívod plynu se provádí přes regulační trasu plynu. Vedení je provedeno s uzavíracím orgánem, filtrem, regulátorem tlaku plynu, dvěma magnetickými ventily, regulátorem nulového tlaku, kompenzátorem z oceli a pojistkou proti šlehnutí plamene.

g) Skříňový rozvaděč

Tento rozvaděč je proveden jako separátní jednotka. Nachází se v něm všechny spínače, řídicí a regulační prvky, které jsou potřebné pro automatizovaný provoz zařízení. Ve dveřích rozvaděče je namontováno ovládací a zobrazovací pole k hlášení stavu a poruch. Funkční tlačítka umožňují odvolání a změnu

proměnných a provozních parametrů. Další displej ukazuje elektrické veličiny tří fází, jakož i celkové množství vyrobené energie a je zde umístěno i tlačítko pro nouzové vypnutí.

5.1.6 Bezpečnostní hořák (fléra)

Toto zařízení slouží ke spalování bioplynu v případě náhlé poruchy kogenerační jednotky nebo nadměrné tvorby bioplynu. Tento hořák funguje i při výpadku elektrické energie.

5.1.6.1 Technické údaje

Název – Plynová pochodeň FAII 100, kompletně provedená z ušlechtilé oceli.

Kapacita – 80-150 Nm³/h

Vstupní tlak – min. 10 barů, max. 60 barů

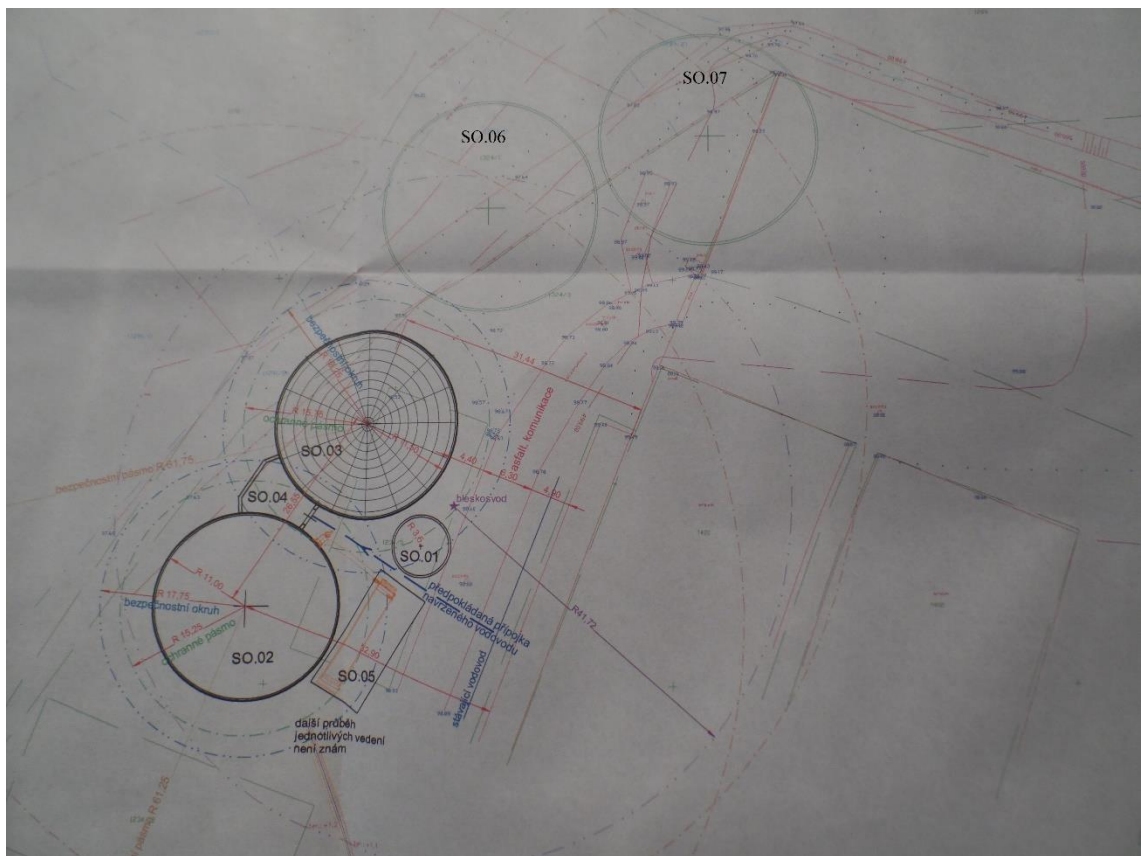
Médium – Bioplyn (65% CH₄, 34% CO₂, 1% H₂S)

Řízení – Siemens S7-200



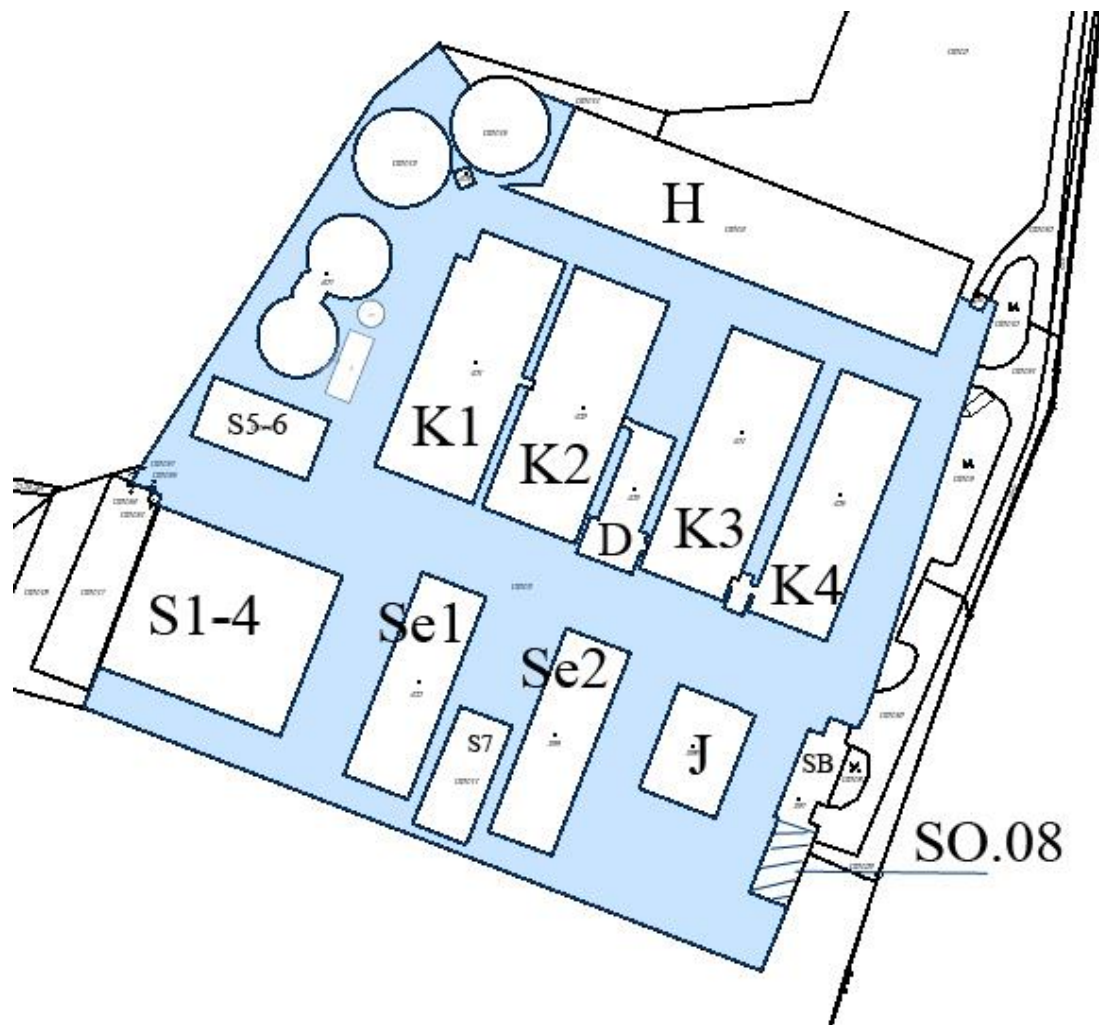
Obr. 12 Bezpečnostní hořák (fléra)

5.2 Rozmístění stavebních prvků v areálu



Obr. 13 Stavební prvky bioplynové stanice

- SO-01 – Homogenizační přípravná jímka
- SO-02 – Fermentor s betonovým stropem
- SO-03 – Dofermentor s integrovaným plynojemem
- SO-04 – Objekt čerpací techniky
- SO-05 – Dávkovací zařízení
- SO-06 – Skladovací jímka
- SO-07 – Skladovací jímka



Obr. 14 Objekt bioplynové stanice

SO.08 – objekt kogenerace

H – hnojiště

D – dojírna

J – ustájení jalovic

SB – správní budova

K1-4 – kravíny

Se1-2 – seníky

S1-7 – silážní žlaby

6 ZKUŠENOSTI Z PROVOZU BIOPLYNOVÉ STANICE V DOBRONÍNĚ

6.1 Ponorné mísiče

V bioplynové stanici v Dobroníně jsou použity ponorné mísiče TGR-H-R. V označení této jednotky znamená písmeno H, že je hydraulicky poháněn a R, že je zde použit radiální motor. K pohonu hydromotorů jsou použity hydraulické agregáty UTS, umístěné v objektu čerpací techniky. V průběhu provozu bioplynové stanice se však muselo řešit mnoho technických závad na hydromotorech Rexroth MCR5, kterými byly tyto ponorné mísiče osazeny. Docházelo k mechanickému poškození ložisek v hydromotoru, průsakům oleje a jejich zřejmě poddimenzovaná konstrukce vedla k další spoustě technických závad. Tento poruchový hydromotor byl nahrazen jiným typem hydromotoru s označením GM2 350 9HGP. Tato výměna zajistila stabilnější chod ponorných mísidel a jejich méně častou demontáž z důvodu oprav. I tyto motoru ovšem nejsou bez poruch. Bylo by možná dobré zkusit použít hydromotor dimenzovaný pro větší zátěž. Vhodnou alternativou by mohl být hydromotor GM3 425, který je mnohem robustnější a konstruovaný pro přenos točivého momentu až 1660 Nm a váží 87kg. GM2 350 váží 51 kg a může přenést až 1355 Nm točivého momentu. Problém by ovšem mohl být s jeho instalací, protože použitý ponorný mísič nemusí být konstruován na takovýto hydromotor.

Dalším opatřením pro zlepšení chodu ponorných mísiců byla instalace třetího mísiče ke stávajícím dvěma. Tento nově přidaný mísič je ale elektrický, pomaloběžný a je umístěn v boku stěny fermentoru. Dva původní mísiče jsou zavěšeny z betonového stropu fermentoru.

6.2 Provázky a pneumatiky

Se vstupním materiálem se do dávkovacího zařízení a fermentoru dostává spousta nežádoucích prvků. Provázky, které se používají k vázání balíků ze slámy určené ke stlaní pod skot, ty tvoří problém pro dávkovací zařízení pro tuhé materiály. Provázky se namotávají na nože frézovacího zařízení. Zhoršují tak průchodnost materiálu, protože snižují schopnost frézy rozmělnit materiál. Poté je nutné dávkovač odstavit a manuálně provázky vyřezat. Dalšími nežádoucími materiály jsou pneumatiky používané k zakrytí siláže. Ty se dostanou přes dávkovací zařízení do fermentoru a z něj jsou nasáty do centrálního čerpadla, kde se zaseknou a zastaví tak jeho provoz. Poté se musí centrální

čerpadlo rozdělat a pneumatiku z něj vyřezat. Oba tyto problémy mají jednoduché řešení. Tím je kázeň zaměstnanců, kteří při stlaní neodstraní z balíků všechny provázky a při odkrývání siláže nesundají všechny pneumatiky. Pokud by nic nezanedbávali, tak by se tyto problémy vůbec nevyskytovaly.

6.3 Skladovací jímka

Během provozu bioplynové stanice se objevil problém s netěsností skladovací jímky. Průsaky se objevují přibližně na sto místech za rok, takto postižená místa opravuje sám zhotovitel skladovací jímky. Vyvrtá otvor prosakujícím místem a vzniklou díru vyplní speciální hmotou pro utěsnění.

6.4 Zastřešení skladovacích jímek

Možným návrhem na zlepšení je zastřešení jímek pro uskladnění fermentačních zbytků. Současné nádrže jsou totiž otevřené a veškerý bioplyn, který se tam vytvoří, odchází nevyužit pryč. V případě instalace stropu nádrží, nejlépe tou samou technologií, jakou je plyn zadržován v dofermentoru, čili nízkotlakým dvoumembránovým plynojem, aby byla zajištěna dokonalá plynotěsnost. Ze zkušeností bioplynových stanic, kde bylo provedeno zastřešení skladovacích nádrží, je potvrzeno, že z fermentačních zbytků ve skladovacích nádržích jsme schopni zadržet až 10% veškerého vytvořeného bioplynu, který zadržíme v dofermentoru. Tato operace by tak zefektivnila celkový provoz stanice, při zachování současného množství vyprodukovaného bioplynu. Při zachování stejné produkce by se snížilo množství potřebných surovin pro výrobu bioplynu, snížily by se také náklady na dopravu tohoto materiálu. Dalším bonusem je, že existuje možnost dotace pro tuto technologickou úpravu stávající technologie. Nutné by ovšem bylo vše prokalkulovat, na kolik by tato úprava vyšla, výška státní dotace a výška vlastní investice. Bioplynová stanice je v provozu už pátým rokem a při předpokládané životnosti tohoto projektu 20 let, je v jedné čtvrtině životnosti. Proto není jisté, jestli by se nová investice mohla vrátit.

6.5 Výroba elektřiny

Výroba elektrické energie je hlavním příjmem finančních zdrojů bioplynové stanice v Dobroníně. V následujících tabulkách jsou zaznamenány hodnoty vyrobené elektrické energie na obou kogeneračních jednotkách MAN za tři roky (mimo prosinec 2013).

Tab. 10 Výroba elektrické energie 2011

2011				
	MAN 250		MAN 370	
Měsíc	Hodiny provozu [h]	Vyrobena el.en. [kWh]	Hodiny provozu [h]	Vyrobena el.en. [kWh]
1	689	19755	1 070	205601
2	864	33678	1 616	190527
3	1 579	114583	2 348	271208
4	2 291	161696	3 033	252604
5	3 027	159039	3 753	266282
6	3 283	37821	4 433	215333
7	3 839	86856	5 151	254527
8	4 461	112465	5 890	268187
9	5 167	169496	6 604	263999
10	5 906	183057	7 340	273032
11	6 612	172035	8 051	262964
12	7 339	171844	8 788	272890

Tab. 11 Výroba elektrické energie 2011 přehled

2011			
MAN 250		MAN 370	
Celkem [kWh]	1422325	Celkem [kWh]	2997154

Tab. 12 Výroba elektrické energie 2012

2012				
	MAN 250		MAN 370	
Měsíc	Hodiny provozu [h]	Vyrobena el.en. [kWh]	Hodiny provozu [h]	Vyrobena el.en. [kWh]
1	8 077	183846	9 524	272532
2	8 766	165161	10 212	254112
3	9 505	184437	10 942	269770
4	10 224	180237	11 662	266879
5	10 965	184731	12 368	260447
6	11 678	178175	13 082	264672
7	12 418	184930	13 821	273265
8	13 159	185405	14 550	270260
9	13 875	179524	15 266	264753
10	14 614	185312	15 999	271126
11	15 334	180297	16 640	237156
12	16 077	185955	17 376	272640

Tab. 13 Výroba elektrické energie 2012 přehled

2012			
MAN 250		MAN 370	
Celkem [kWh]	2178010	Celkem [kWh]	3177612

Tab. 14 Výroba elektrické energie 2013

2013				
	MAN 250		MAN 370	
Měsíc	Hodiny provozu [h]	Vyrobena el.en. [kWh]	Hodiny provozu [h]	Vyrobena el.en. [kWh]
1	16 819	184873	18 115	272511
2	17 489	168036	18 784	248086
3	18 231	185807	19 523	273881
4	18 946	177453	20 235	262874
5	19 688	185176	20 973	271710
6	20 404	176883	21 690	263581
7	21 144	183317	22 429	273789
8	21 886	184368	23 171	274836
9	22 600	177687	23 886	263021
10	23 342	180701	24 626	272292
11	24 059	179152	25 344	266503
12				

Tab. 15 Výroba elektrické energie 2013 přehled

2013			
MAN 250		MAN 370	
Celkem [kWh]	1983453	Celkem [kWh]	2943084

Z tabulek můžeme vidět, že v roce 2011 měl motor MAN 250 menší technické problémy v 1,2,6,7 měsíci, jinak po zbytek doby pracovaly obě kogenerační jednotky bez větších výkyvů výroby elektrické energie. Tato čísla ovšem nejsou konečná, protože bioplynová stanice potřebuje elektrickou energii pro svůj vlastní chod. Řádově se spotřeba pohybuje přibližně do 5% z vyrobené elektrické energie.

Tab. 16 Spotřeba elektrické energie

Spotřebovaná el.en. [kWh]			
Rok	2011	2012	2013
1	19366	24447	22822
2	20868	21754	17847
3	21125	21960	19430
4	21147	21663	17458
5	20929	20677	17442
6	23751,8	20143	18312
7	23019,2	23133	17517
8	24821	21019	15880,7
9	26992	21785	15728,3
10	28514	21839	16826
11	28160	20102	15349
12	28132	21901	
Průměr	23902,08	21701,92	17692

7 ZÁVĚR

Nutnost využívat obnovitelné zdroje energie stále roste, protože si společnost začíná uvědomovat, že fosilní paliva nelze využívat donekonečna. Existuje mnoho dotačních programů, které mají za úkol ztraktivnit investorům investice do obnovitelných zdrojů, protože se jedná o náročné a drahé technologie. Pro zemědělce jsou bioplynové stanice velice příhodnou možností, jak zužitkovat „odpady“, které vznikají při jejich podnikání. Dávají jim tak možnost dále je zužitkovat a mít z nich prospěch. Kromě tržby za mléko je tržba za prodej elektrické energie druhou stabilní položkou příjmu zemědělců, kterou inkasují po celý rok a ne nárazově. Těmito příjmy mohou financovat chod podniku během roku, kdy nemohou počítat s příjmy za prodej sklizených produktů nebo za prodej hospodářských zvířat.

Co se týče zhodnocení zkušeností z provozu bioplynové stanice v Dobroníně, můžu říci, že tento projekt byl připraven dobře. Objevilo se zde několik problémů, ale ty neměly zásadní vliv na činnost bioplynové stanice jako celku. Největším problémem, který se musel řešit, byla nespolehlivost ponorných míchačů. Ty nedokázaly plnit svůj úkol, měli mnoho technických poruch a docházelo tak k usazování materiálu ve fermentoru, což vedlo ke komplikacím a nutnosti servisovat tato zařízení v ne zcela příjemném prostředí pro obsluhu přímo ve fermentoru, pomocí servisní šachty. Jediným problémem, který stále přetrvává je netěsnost jedné ze skladovacích jímek. Zde nastalo zřejmě nějaké pochybení při samotné stavbě, protože druhá jímka, zcela identická, tímto problémem netrpí. Tato skutečnost ale nemá na chod bioplynové stanice vliv, zatěžuje pouze obsluhu této stanice, protože musí denně kontrolovat celý plášť jímky a monitorovat prosakující místa, aby je mohla nahlásit zhotoviteli a ten mohl zjednat nápravu.

Instalované kogenerační jednotky fungují již pátým rokem bez závažných poruch. Je nutné ovšem dodržovat stanovené intervaly výměny oleje, které se mění v závislosti na výsledcích rozborů olejů, které se provádí. Prostoje vznikají pouze při nutné výměně spotřebních dílů. Na jaře roku 2015 prošly obě jednotky první generální opravou, která byla nutná při odpracování přibližně 40 000 Mth. Ta zahrnovala výměnu ojnic, pístů a pístních kroužků.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

8.1 Obrázky

Obr. 1 Mokrý fermentace.....	29
Obr. 2 Postupové kroky tvorby bioplynu.....	31
Obr. 3 Zařízení v bioplynové stanici.....	32
Obr. 4 Servisní šachta.....	37
Obr. 5 Dávkovací zařízení se šnekovým dopravníkem.....	37
Obr. 6 Betonový strop fermentoru a dofermentor s integrovaným plynojemem.....	38
Obr. 7 Systém provozní analýzy.....	39
Obr. 8 Dávkovač vzduchu do fermentoru.....	39
Obr. 9 Dávkovací zařízení s víkem.....	39
Obr. 11 Kogenerační jednotka 2G-KWK-370 BGG.....	40
Obr. 10 Kogenerační jednotka 2G-KWK-250 BGG.....	40
Obr. 12 Bezpečnostní hořák (fléra).....	42
Obr. 13 Stavební prvky bioplynové stanice.....	43
Obr. 14 Objekt bioplynové stanice.....	44

8.2 Tabulky

Tab. 1 Účinnost využívání obnovitelné energie v porovnání s dopadajícím slunečním zářením.....	12
Tab. 2 Výkupní ceny za elektřinu z fotovoltaiky v roce 2007.....	22
Tab. 3 Statková hnojiva.....	33
Tab. 4 Kukuřičná siláž.....	33
Tab. 5 Žitná siláž z celých rostlin.....	34
Tab. 6 Cukrová a krmná řepa.....	34
Tab. 7 Travní siláž.....	35
Tab. 8 Odpady z údržby zeleně.....	35
Tab. 9 Kogenerační jednotky.....	40
Tab. 10 Výroba elektrické energie 2011.....	47
Tab. 11 Výroba elektrické energie 2011 přehled.....	47
Tab. 12 Výroba elektrické energie 2012.....	47
Tab. 13 Výroba elektrické energie 2012 přehled.....	47
Tab. 14 Výroba elektrické energie 2013.....	48
Tab. 15 Výroba elektrické energie 2013 přehled.....	48
Tab. 16 Spotřeba elektrické energie.....	48

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. 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.
2. SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-86167-21-6.
3. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. Praha: CZ Biom, 2009, 155 s. ISBN 978-80-903777-5-2.
4. BRANDEJSOVÁ, Eliška a Zdeněk PŘIBYLA. *Bioplynové stanice: (zásady zřizování a provozu plynového hospodářství)*. Praha: GAS, 2009, 118, [16] s. GAS. ISBN 978-80-7328-192-2.
5. AGROPROJEKT JIHLAVA. *Bioplynová zemědělská stanice v Dobroníně: Projektová dokumentace ke stavebnímu řízení*. Jihlava, 2010.
6. 2G ENERGIETECHNIK GMBH. *Kogenerační jednotka na bioplyn 2G-KWK-BGG serie: Návod k provozu*. Heek, 2007.
7. BILGERI ENVIRONTEC GMBH. *Plynová pochodeň FAII 100 lp: Návod k obsluze a údržbě*. Schilfweg, 2010.
8. AWITE BIOENERGIE GMBH. *AWITE Systém provozní analýzy: Návod na obsluhu*. Langenbach-Niederhummel, 2008.
9. BGS BIOGAS, a.s. *Příjmový dávkovač typ: H100-60m3: Návod na obsluhu*. Světlá nad Sázavou, 2009.
10. Alternativní zdroje energie. [online]. [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>
11. Obnovitelné zdroje energie. *Skupina ČEZ* [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje.html>
12. Česká republika. *Těžba a zemědělství* [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Cesko>
13. Jaderná energetika. *Rizika a přínosy jaderné energie* [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://www.pro-energy.cz/clanky3/4.pdf>
14. Bioplyn. *Anaerobní fermentace* [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
15. Odpady-online. *Fermentace* [online]. 2015 [cit. 2015-04-14]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/suchou-nebo-mokrou-fermentaci/>
16. Český úřad zeměměřický a katastrální. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. 2015 [cit. 2015-04-16]. Dostupné z: [http://www.cuzk.cz/Urady/Cesky-urad-zememericky-a-katastralni.aspx](http://www.cuzk.cz/Urady/Cesky-urad-zememericky-a-katastralni/Cesky-urad-zememericky-a-katastralni.aspx)