

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra ekonomiky**



**Diplomová práce**

**Bioplynová stanice-financování, efektivnost, rentabilita**

**Roman Matys**

© 2015 ČZU v Praze

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Roman Matys

Podnikání a administrativa

Název práce

Bioplynová stanice – nancování, efektivnost, rentabilita

Název anglicky

Biogas plant – nancing, efficiency, pro tability

---

Cíle práce

Hlavním cílem je posouzení ekonomické efektivnosti investice výstavby bioplynové stanice a posouzení uvažovaných ekonomických ukazatelů s reálným provozem.

Díličí cíle:

- určení ekonomické efektivnosti
- posouzení návratnosti investice
- zhodnocení reálného provozu

Metodika

V práci bude popsána realizace investice do zbudování bioplynové stanice vybraného zemědělského družstva, způsob nancování a posouzení efektivnosti dané investice. Posouzení kalkulace nákladů a výnosů z investice s reálným stavem při provozu bioplynové stanice.

Metodické nástroje:

- nanční analýza
- kalkulace nákladů a výnosů (peněžní toky)
- hodnocení ekonomické efektivnosti
- komparace

Doporučený rozsah práce  
50-60 stran

Klíčová slova

bioplyn, ekonomická efektivnost, rentabilita, investiční projekt, nancování, diversi kace příjmů

---

Doporučené zdroje informací

FOTR, Jiří. Podnikatelský plán a investiční rozhodování. 1. vyd. Praha: Grada, 1995, 178 s. ISBN 80-856-2320-X.

MÁČE, Miroslav. Finanční analýza investičních projektů: praktické příklady a použití. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 77 s. ISBN 80-247-1557-0.

MARÍK, Miloš. Finanční analýza a plánování v obchodních podnicích. 1. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, 1994, 165 s. ISBN 80-707-9209-4.

SCHULZ, Heinz. Bioplyn v praxi: teorie – projektování – stavba zařízení – příklady. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-861-6721-6.

VALACH, Josef. Finanční řízení podniku. 1. vyd. Praha: Ekopress, 1997, 247 s. ISBN 80-901-9916-X.

---

Předběžný termín obhajoby  
2015/02 (únor)

Vedoucí práce  
Ing. Michal Malý, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2014

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 11. 3. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2015

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Bioplynová stanice-financování, efektivnost, rentabilita " jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Michalovi Malému, Ph.D. za jeho odborné rady a připomínky, které mi byly přínosem při zpracování práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Zdeňku Popovi, předsedovi Zemědělského družstva Dešov a Ing. Janu Mácalkovi, místopředsedovi Zemědělského družstva Dešov, za poskytnuté informace a jejich ochotu ke spolupráci při zpracování mé diplomové práce. Poděkování patří také mým přátelům a především mé rodině za jejich podporu při studiu.

# Bioplynová stanice-financování, efektivnost, rentabilita

---

## Biogas plant – financing, efficiency, profitability

### Souhrn

Předmětem diplomové práce je ekonomické zhodnocení investice do výstavby a provozu bioplynové stanice zemědělským družstvem. Investorem projektu je Zemědělské družstvo Dešov zabývající se rostlinnou a živočišnou výrobou. Investice do bioplynové stanice je pro družstvo prostředkem diversifikace své podnikatelské činnosti. Samotná práce je rozdělena do dvou hlavních částí. Teoretická část je věnována pojmu bioplyn, tomu, jak ho vnímá technická obec. Popisuje procesy v zemědělských bioplynových stanicích a způsoby, jakými je bioplyn vyráběn ze substrátů k tomu určených. Přeměnu bioplynu na elektrickou energii a legislativní rámec tohoto způsobu podnikání v prostředí České republiky. V praktické části je popsáno technické řešení konkrétní bioplynové stanice, investor a způsob financování projektu. Na základě podnikových dat je provedena predikce budoucích peněžních toků investice pro celou dobu její předpokládané životnosti. K vlastnímu hodnocení investice jsou použity hodnotící metody Doby návratnosti investice, Čisté současné hodnoty investice a Vnitřního výnosového procenta investice. Investice je hodnocena v šesti variantách pro různé úrovně diskontní úrokové míry. Varianty se pohybují mezi dvěma extrémy, velmi nízké a vysoké diskontní sazby. Jako realizovatelná vychází investice ve variantách A, B, C a D. Pro varianty E a F je investice nerealizovatelnou.

**Klíčová slova:** diversifikace, bioplyn, kogenerace, obnovitelné zdroje, Cash flow, investiční projekt, financování, rentabilita, ekonomická efektivnost, diskontní sazba

## **Summary**

The subject of this thesis is the economic evaluation of investment in construction and operation of biogas plant by an agricultural cooperative. The investor is Dešov Agricultural cooperative engaged in crop and livestock production. Investing in biogas plants for cooperative means to diversify their business. The thesis is divided into two main parts. The theoretical part is devoted to the concept of biogas, how he perceives the technical community. Describes the processes in agricultural biogas plants and the ways in which biogas is produced from substrates for this purpose. Conversion of biogas into electricity and legislative framework for this type of business in the Czech Republic. The practical part describes the technical solution specific biogas plant, investor and funding for the project. Prediction of the future cash flows of the investment for the whole period of its expected life is based on corporate data. The actual evaluation of investment evaluation methods used are times return on investment, net present value of the investment and the internal rate of return on investment. The investment is evaluated in six variants for different levels of discount rate. Variants shifts between two extremes, very low and high discount rate. Investment is recoverable in variants A, B, C and D. For variants E and F is an investment unrealisable.

**Keywords:** diversification, biogas, cogeneration, renewable resources, cash flow, investment project, funding, profitability, economic efficiency, discount rate

## Obsah

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Úvod.....   | 8  |
| 2     | Cíl práce.....  | 10 |
| 3     | Metodika.....   | 12 |
| 4     | Teoretická část.....  | 31 |
| 4.1   | Bioplyn.....  | 31 |
| 4.2   | Proces vzniku bioplynu.....   | 32 |
| 4.3   | Vlivy působící na prospívání methanogenních mikroorganismů.....             | 33 |
| 4.4   | Substráty pro výrobu bioplynu.....  | 38 |
| 4.5   | Potenciální výnos a kvalita plynu.....                                      | 41 |
| 4.6   | Využití bioplynu.....   | 43 |
| 4.7   | Technologie výrobních postupů bioplynu.....                                 | 45 |
| 4.8   | Proces výroby bioplynu v bioplynové stanici.....                            | 49 |
| 4.9   | Právní předpisy vztahující se k výstavbě a provozu bioplynových stanic..... | 52 |
| 5     | Praktická část.....   | 60 |
| 5.1   | Charakteristika investičního projektu.....                                  | 60 |
| 5.1.1 | Provozovatel.....   | 60 |
| 5.1.2 | Popis bioplynové stanice.....   | 61 |
| 5.2   | Financování projektu.....   | 62 |
| 5.3   | Hodnocení ekonomické efektivity investice.....                              | 63 |
| 5.3.1 | Definice variant.....   | 63 |
| 5.3.2 | Efekty provozu investice na výkaz Cash Flow.....                            | 65 |
| 5.3.3 | Stanovení diskontní míry.....   | 72 |
| 5.3.4 | Doba návratnosti investice.....   | 74 |
| 5.3.5 | Čistá současná hodnota investice.....                                       | 76 |
| 5.3.6 | Vnitřní výnosové procento.....  | 77 |
| 5.3.7 | Komparace variant.....  | 77 |
| 6     | Závěr.....  | 79 |
| 7     | Použité zdroje.....   | 85 |
| 8     | Seznamy.....  | 90 |



## 1 Úvod

Investiční rozhodování patří k nejdůležitějším a zároveň nejobtížnějším úkolům, před kterými stojí vedení každého podniku. Investice určují budoucí směřování podniku a jeho vývoj v konkurenčním tržním prostředí, představují ale také nemalé riziko a především v realizační fázi investice také mnohdy značnou kapitálovou zátěž. Rozhodování o přijetí, nebo naopak o zamítnutí realizace investičního projektu je tedy zcela zásadní pro konkurenceschopnost a prosperitu podniků a firem na trhu. Investiční projekty jsou proto podrobovány analýzám jejich efektivnosti a budoucích vlivů na hospodaření podniku.

Protože každá realizovaná investice představuje finanční náklad a ovlivňuje budoucí příjmy a výdaje podniku, je důležitá nejen budoucí rentabilita projektu, ale i způsob financování a celkové náklady na kapitál, které s sebou přináší.

V diplomové práci bude sledovaným investičním projektem výstavba bioplynové stanice v rámci zemědělského podniku, konkrétně Zemědělského družstva Dešov. Produkce elektrické energie vyráběné prostřednictvím spalování takzvaného bioplynu je pro zemědělské družstvo vhodným nástrojem diversifikace předmětu podnikání, a to výrobou energie z obnovitelných zdrojů. Ačkoliv odborná veřejnost není jednotná v tom, co vše lze pod pojem bioplyn zahrnout, lze říci, že souhrnným pojmem bioplyn označuje technická praxe plynný produkt vzniklý anaerobní methanovou fermentací organických látek, především sloučeniny metanu a oxidu uhličitého. Zemědělské družstvo jako subjekt hospodaří na půdě schopné rostlinné produkce a v případě živočišné výroby i vedlejší produkce organických látek v podobě chlévské mrvy, popřípadě močůvky, má ideální předpoklady pro samozásobení podniku substrátem pro fermentaci bioplynu.

Dalším silným argumentem pro realizaci výstavby bioplynové stanice je společná dotační politika Evropské unie, která získávání elektrické energie z bioplynu podporuje dotacemi až do výše 30 až 60% investičních nákladů. Navíc výkupní ceny elektrické energie získávané z bioplynu jsou vyšší než například z větrných či malých vodních elektráren. Jistě i tento fakt přispěl k dynamickému rozvoji odvětví, jež má na území České republiky

podle České bioplynové asociace k 31.12.2012, zastoupení v již 481 bioplynových elektrárnách.

Vedle pozitivně vnímaných efektů výroby elektrické energie prostřednictvím bioplynu, tedy obnovitelného zdroje, jako je například energetické využití odpadů v případě fermentace odpadních vod či kafilerního odpadu, podnikatelských příležitostí pro zemědělce a další subjekty disponující potenciálním substrátem pro výrobu bioplynu, až po samotné ekonomické přínosy vlastníků bioplynových stanic, přináší bioplyn i řadu negativních jevů.

Nejčastěji skloňovaným problémem bývá zápach doprovázející provoz těchto zařízení, vznikají dokonce iniciativy za ochranu životního prostředí před emisemi dráždivých zápachů, které se snaží výstavbu bioplynových stanic regulovat. Emise zápachu lze však často snížit vhodným technickým či technologickým zásahem. S rostoucím počtem bioplynových stanic roste i poptávka po substrátech vhodných pro fermentaci bioplynu. Zdaleka nejvhodnějším typem biomasy pro jeho získávání je kukuřičná siláž. Z průzkumu provedeného Českou bioplynovou asociací vyplývá, že podíl kukuřičné siláže na celkovém objemu hmoty pro výrobu bioplynu, bude 34%. Kukuřice pěstovaná pro účel silážování a pozdějšího zpracování při výrobě bioplynu by tedy mohla začít vytlačovat rostlinnou produkci pro potravinovou výrobu, nebo pro výrobu krmiv ve výrobě živočišné.

Toto téma bylo autorem práce zvoleno z toho důvodu, že rozvoj produkce elektrické energie z obnovitelných zdrojů považuje za zvláště důležitý a v případě bioplynových stanic, často využívajících k výrobě energie různých odpadů, i za racionální formu udržitelného rozvoje. Vzhledem k tomu, že je studentem České zemědělské univerzity, autorovi přišlo vhodné zpracovávat práci z prostředí zemědělského družstva, které je provozovatelem bioplynové stanice. Právě pro zemědělce je podle autorova názoru investice do výstavby zařízení využívajících k získávání elektrické energie bioplynu vhodnou formou diversifikace jejich podnikání. Bioplynové stanice navíc přispívají k vytváření pracovních míst a rozvoji venkova.

## 2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je ekonomické zhodnocení investice výstavby bioplynové stanice ve vybraném zemědělském družstvu a komparace uvažovaných ekonomických ukazatelů odvozených z reálného provozu. Hlavní cíl práce lze rozdělit na následující cíle dílčí: určení ekonomické efektivity a doby návratnosti investičního projektu pomocí statických a dynamických metod, posouzení uvažovaných ekonomických ukazatelů metodou komparace.

V souladu s hlavním cílem budou v práci realizovány následující cíle dílčí:

- kvantifikace peněžních toků (Cash flow) provozu bioplynové stanice
- stanovení doby návratnosti investice
- výpočet čisté současné hodnoty
- vyčíslení vnitřního výnosového procenta
- provedení komparace uvažovaných ekonomických ukazatelů
- odvození prognózy vývoje pro budoucí období

První krok práce, kterým je stanovení vlastních nákladů provozu bioplynové stanice, tedy nákladů na výrobu biomasy, bioplynu a posléze elektrické energie, je nezbytný pro kvantifikaci peněžních toků (Cash flow) plynoucích z investice, který bude využit ve statistických a dynamických metodách hodnocení ekonomické efektivity investice. Statistickou metodou uvedenou v práci je doba návratnosti investice, či investičních nákladů. Jejím výstupem bude informace o době, za kterou budou investiční výdaje uhrazeny z výnosů, které investice sama vytvoří. Metody dynamické jsou považovány za vhodnější pro respektování faktoru času a vyjadřování příjmů a výdajů po celou životnost investice. Předností metody čisté současné hodnoty, pro kterou je v práci využita, je její schopnost vyjádřit v absolutní výši rozdíl mezi současnou hodnotou výnosů investice a současnou hodnotou investičních výdajů po celou dobu životnosti investice. Další dynamickou metodou hodnocení investice bude v práci sledované jiné podstatné kritérium. Vnitřní výnosové procento hodnotí investici z pohledu minimální požadované výnosnosti, kterou musí investice dosáhnout, aby nebyla ztrátová. Metoda komparace pak má za úkol

srovnat průběh uvažovaných ekonomických ukazatelů danými hodnotícími metodami odvozených z reálného provozu zařízení. Posledním krokem souhrnného cíle práce bude provést odvození prognózy vývoje ekonomických ukazatelů generovaných z provozu bioplynové stanice pro budoucí období.

Vedlejším cílem práce je vymezit pojem bioplyn a jeho potenciál při získávání elektrické energie. Popsat procesy v bioplynové stanici a způsob získávání bioplynu pro výrobu elektrické energie. Dále představení legislativního rámce podnikání v oblasti výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a jeho podporu státem, cenovou politiku při výkupu takto získávané energie.

### 3 Metodika

Prvním krokem zpracování praktické části je kvantifikace nákladů pořízení investice (investiční výdaj) a vlastních nákladů investice, tedy nákladů na provoz bioplynové stanice. Při výpočtu vlastních nákladů investice se bude v práci vycházet z Metodiky stanovení nákladů a výnosů v zemědělství a Metodiky stanovení nákladů a výnosů bioplynových stanic v zemědělských podnicích. Dále bude odvozena prognóza vývoje pro budoucí období vycházející ze sledování trendu časové řady odvozením trendové funkce.

Následně se kvantifikují tržby plynoucí z provozu stanice a hodnota peněžních toků (Cash flow) generovaná jejím provozem. Pro účel ekonomického zhodnocení investice, které následuje, bude v práci ze statistických metod využita metoda stanovení doby návratnosti investice. Z metod dynamických metoda výpočtu čisté současné hodnoty a vyčíslení vnitřního výnosového procenta. Dalším úkolem praktické části práce je provedení komparace uvažovaných ekonomických ukazatelů odvozených z reálného provozu bioplynové stanice, pro který bude v práci využita statistická metoda komparace, která bude sledovat průměrný absolutní přírůstek kumulovaného Cash flow a dobu návratnosti investice.

Informace pro potřeby literární rešerše budou čerpány z odborné literatury, publikací a článků umístěných na internetu. Na jejich základě bude popsána problematika získávání elektrické energie prostřednictvím bioplynu, technologie bioplynových stanic a principu jejich fungování. Legislativní rámec provozu zařízení využívající bioplyn jako obnovitelný zdroj elektrické energie a státní politiku a podporu v otázce jejich výstavby a provozu.

Pro potřeby posouzení ekonomické efektivnosti investice budou použita podniková data vybraného zemědělského družstva, které zrealizovalo projekt výstavby bioplynové stanice za účelem diversifikace podnikatelské činnosti prostřednictvím produkce a prodeje elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Využity budou zejména výstupy softwaru řídicího centra bioplynové stanice, který sleduje a řídí procesy v zařízení. Jde především o údaje o spotřebě substrátu a jeho složení, vyrobeném množství elektrické energie, energetické náročnosti provozu zařízení, spotřebě energie vlastním provozem družstva a ztrátách při transformaci elektrické energie při její distribuci do veřejné sítě. Dále záznamy o tržních

cenách elektřiny realizovaných u energetické společnosti EON, které družstvo energii prodává a výši Zeleného bonusu, který byl družstvu v jednotlivých letech vyplácen na základě typu dané bioplynové stanice a výkonu kogenerační jednotky. Využity budou dále vnitropodnikové kalkulace cen vstupů vlastní režie družstva a záznamy o struktuře a výši provozních nákladů spojených s bioplynovou stanicí. Veškerá sledovaná data byla v podniku nasbírána za dobu provozu stanice v letech 2010 až 2013.

Metody kalkulace nákladů:

Metodou kalkulace se rozumí způsob zjištění vlastních nákladů na kalkulační jednice jednotlivých výkonů. V kalkulaci vlastních nákladů se vždy staví do vzájemného poměru náklady vynaložené na určitou produkci a množství vyrobené produkce. Úkolem kalkulace je rozdělit náklady určitého výkonu na stanovené kalkulační jednice. Volba kalkulační metody, to jest způsob rozpočítávání nákladů na jednotlivé kalkulační jednice, se liší podle toho, zda příslušné výkony zemědělského podniku vznikají ve sdružené nebo nesdružené výrobě. (Poláčková a kol., 2010)

### **Stupňová metoda**

Metoda stupňová řeší problematiku předávání výkonů mezi jednotlivými útvary podniku. Na rozdíl od výkonů prováděných v jednotlivých fázích mají však výstupy jednotlivých stupňů charakter polotovarů, které mohou být spotřebovány v dalších útvarech podniku, nebo prodány externím odběratelům. (Fibírová, Wagner, Šoljaková, 2004)

Na jednotlivých stupních se podle toho, zda výrobním procesem vzniká jeden nebo více výrobků, uplatňuje metoda dělením nebo odečítací, popřípadě rozčítací kalkulační metoda.

### **Metoda dělením**

Nejjednodušší technikou je kalkulace dělením, kterou je možno používat v případě, kdy se vyrábí jediný druh výrobku, respektive výkonu. Jedná se o homogenní výrobu, jako je například výroba elektrické energie. V tomto případě je anulační jednotkou 1 KWh vyrobené elektrické energie. (Macík, 1994)

### **Metoda odečítací**

Tato metoda spočívá v tom, že ze sdruženého výkonu, jehož náklady se sledují souhrnně, se jeden druh výkonu označí za hlavní výkon (hlavní výrobek) a ostatní za výkony (výrobky) vedlejší. Při kalkulaci odečítací metou se postupuje tak, že všechny náklady na výrobu se přičtou hlavnímu výrobku a od nich se odečtou ceny vedlejších produktů, tyto ceny se považují za náklady vedlejších výrobků. Předmětem kalkulace je tedy hlavní výrobek, zatímco náklady vedlejších výrobků se stanoví či zjišťují nepřímo pomocí některého ze způsobů ocenění. Za cenu se přitom považuje výrobní cena, za niž podnik příslušný vedlejší produkt prodává. (Hradecký, Konečný, 2003)

### **Metoda rozčítací**

Rozčítací metoda se uplatňuje v případech, kdy výsledkem sdruženého procesu jsou výkony považované z hlediska jejich důležitosti za hlavní či přibližně rovnocenné. Výsledné kalkulace těchto výkonů pak vycházejí z podílu celkových nákladů propočtených na jednotlivé druhy nákladů. (Macík, 2008)

### **Kalkulace vlastních nákladů bioplynu a elektrické energie**

Pro složitost výrobního procesu, který zahrnuje pěstování energetických plodin pro výrobu biomasy, jejího technologického zpracování na bioplyn až po samotnou výrobu elektrické energie a vedlejších produktů, kterými jsou teplo a zbytkový produkt po digestaci, je vhodné použít pro kalkulaci vlastních nákladů bioplynové stanice metodu stupňové kalkulace. Tato metoda uvažuje o výrobním procesu jako o souslednosti několika

výrobních stupňů, do kterých vstupuje polotovár vyrobený na stupních nižšího řádu. (Poláčková, 2013)

Při kalkulaci vlastních nákladů provozu bioplynové stanice budou náklady kvantifikovány ve třech stupních:

- Kalkulace nákladů vstupních surovin pro výrobu biomasy
- Kalkulace nákladů výroby bioplynu
- Kalkulace nákladů výroby elektrické energie

### **Kalkulace nákladů vstupních surovin pro výrobu biomasy**

#### **Kalkulace nákladů vstupů rostlinné výroby**

Rostlinná výroba cíleně pěstovaná pro energetické účely představuje například kukuřičnou siláž, siláž ze zavadlých víceletých píceň, zrno obilovin, slunečnice a další. Do nákladů vstupů rostlinné výroby pro využití v bioplynové stanici patří veškeré úpravy fytohmoty pro její využití v tomto zařízení. Jde o její silážování, dosoušení, skladování a dopravu, ale i náklady na pěstování, ochranu rostlin a sklizeň.

Protože se pro zpracování produkce využívá celých rostlin, neuvažuje se zde o hlavním a vedlejším produktu, jako je tomu běžné u kalkulace nákladů v zemědělství, používá se kalkulační metoda dělením celkových nákladů počtem kalkulačních jednic. Kalkulační jednicí je v tomto případě 1 tuna biomasy. (Poláčková, 2013)

Při kalkulaci nákladů na rostlinnou výrobu pro produkci biomasy se bude v práci vycházet z obecného kalkulačního vzorce v rostlinné výrobě.

Obecný kalkulační vzorec v rostlinné výrobě

- Nakoupená osiva
- Vlastní osiva
- Nakoupená hnojiva



- Vlastní hnojiva
- Prostředky ochrany rostlin
- Ostatní přímý materiál
- Ostatní přímé náklady a služby
- Pracovní náklady celkem
- Odpisy majetku
- Náklady pomocných činností
- Výrobní režie
- Vlastní náklady celkem

### **Kalkulace nákladů na silážování**

U kukuřice na siláž, víceletých pícnin na orné půdě a trvalých travních porostů pěstovaných pro výrobu bioplynu, se do vlastních nákladů zahrnují veškeré náklady spojené se zpracováním zelené píce na siláž. Jde například o náklady na dusání, konzervační přípravky či krycí materiál silážní jámy. (Poláčková, 2013)

Pro stanovení těchto nákladů je využívána kalkulační metoda dělením. Kalkulační jednotkou je v tomto případě 1 tuna vyrobené siláže.

#### Kalkulační vzorec nákladů silážování

- Nakoupený materiál
- Výrobky vlastní výroby
- Ostatní přímé náklady a služby
- Pracovní náklady celkem
- Odpisy majetku
- Náklady pomocných činností
- Výrobní režie
- Vlastní náklady celkem

## **Ocenění vstupů živočišné a ostatní výroby**

Jde například o kejdu hospodářských zvířat, hnůj, siláž nevhodnou ke krmení, zbytky zrna obilovin určené k setí a slámu. Jde o produkty zemědělské výroby, které nejsou primárně určené k výrobě biomasy a často vznikají jako vedlejší produkt. Pro potřeby výroby bioplynu se mísí s cíleně pěstovanými plodinami pro technologické zpracování na biomasu.

Rostlinná biomasa se ocení podle zásad metodiky kalkulace rostlinné výroby. K ocenění odpadů živočišné výroby (kejda, hnůj), které se využívají pro potřeby bioplynové stanice, lze přistoupit stejně, jako kdyby byly využity k hnojení v rámci výroby rostlinné produkce. To vyžaduje zjištění množství obsahu živin v takovémto materiálu a jeho relativní ocenění podle nákupních cen živin v průmyslových hnojivech. Kalkulační jednicí je pak 1 tuna biomasy. (Poláčková, 2013)

## **Ocenění nezemědělských vstupů**

Tyto vstupy představují použitelný odpad zpracovatelského průmyslu, kterými mohou být například pivovarské mláto či cukrovarské řízky.

Rozpočitatelným nákladem je v tomto případě cena pořízení biomasy, případně její doprava. Kalkulační jednicí je 1 tuna biomasy. (Poláčková, 2013)

## **Kalkulace nákladů výroby bioplynu**

Do nákladů na výrobu bioplynu se zahrnují veškeré náklady spojené s výrobou bioplynu, a to i náklady na skladování. Používanou metodou je v tomto případě kalkulační metoda odečítací, kdy je proces výroby bioplynu považován za výrobu sdruženou, jejímž vedlejším produktem je zbytkový materiál, digestát. Digestát, respektive obsah živin v něm, je doporučováno oceňovat podle relativní nákupní ceny živin v průmyslových hnojivech. Kalkulační jednicí je 1 metr krychlový bioplynu o obsahu 0,60 metru krychlového metanu. (Poláčková, 2013)

Při kalkulaci nákladů výroby bioplynu se bude v práci vycházet z obecného kalkulačního vzorce nezemědělské výroby.

Kalkulační vzorec nezemědělské výroby

- Nakoupený materiál
- Výrobky vlastní výroby
- Ostatní přímé náklady a služby
- Pracovní náklady celkem
- Odpisy majetku
- Náklady pomocných činností
- Výrobní režie
- Vlastní náklady celkem

### **Kalkulace nákladů výroby elektrické energie**

Základem pro efektivní přeměnu vyprodukovaného bioplynu na elektrickou energii je kogenerační jednotka, ve které dochází spalováním bioplynu k výrobě elektřiny a tepla. Elektrická energie je primárním produktem při spalování bioplynu v kogenerační jednotce, je dodávána přímo do rozvodné elektrické sítě a odkupována energetickými společnostmi. Vedlejším efektem výroby elektrické energie je teplo, které vzniká při chlazení kogenerační jednotky. V případě efektivního využití vyrobeného tepla se doporučuje využít rozčítací kalkulační metodu. Při rozčítací kalkulační metodě se náklady vynaložené na výrobu elektrické energie a tepla rozpočtou v poměru podle množství vyrobené elektrické energie a efektivně využitého tepla. Kalkulační jednicí je 1 kWh elektrické energie. (Poláčková, 2013)

Při kalkulaci nákladů výroby elektrické energie se bude v práci vycházet z obecného kalkulačního vzorce nezemědělské výroby.

Kalkulační vzorec nezemědělské výroby

- Nakoupený materiál

- Výrobky vlastní výroby
- Ostatní přímé náklady a služby
- Pracovní náklady celkem
- Odpisy majetku
- Náklady pomocných činností
- Výrobní režie
- Správní režie
- Vlastní náklady celkem

Základem pro rozhodnutí zda danou investici realizovat či nikoli, respektive jakou variantu projektu vybrat, je propočet kritérií (ukazatelů) ekonomické efektivity. Tyto ukazatele zpravidla měří návratnost zdrojů vynaložených na realizaci projektu (Fotr, Souček, 2005).

Použité statické metody hodnocení ekonomické efektivity investic:

### **Doba návratnosti investice**

Obecně lze říci, že je tato metoda stanovení ekonomické efektivity investic méně vhodnou, právě pro svou statickou povahu, zároveň však široce využívanou díky své jednoduchosti. Doba návratnosti investičních nákladů uvádí, za jak dlouho se investiční výdaje uhradí z výnosů, které investice sama vytvoří. (Žídková, 2007)

Vzorec vyjadřuje dobu návratnosti investice při různých ročních efektech:

$$S = \frac{IV}{\phi CF} \quad (3.1)$$

kde:

S      doba splacení investice

IV     investiční výdaje

$\phi CF$    průměrné roční cash flow

Nevýhodou metody je, že nebere v úvahu výnosy po době splacení a také neuvažuje časové rozložení výnosů v době splacení. Tato druhá nevýhoda lze odstranit diskontováním. Metoda v sobě ještě poskytuje i určitou informaci o rizikovosti investice – investice s kratší dobou splatnosti je méně riziková než investice s delší dobou splatnosti (Synek, 2000).

Přesto, že literatura řadí tuto metodu mezi metody statistické, lze o ní pro potřeby práce mluvit také jako o metodě dynamické, neboť pro její potřeby bude využívat diskontované Cash flow.

Použité dynamické metody hodnocení ekonomické efektivity investic:

### **Čistá současná hodnota (ČSH)**

Čistá současná hodnota je absolutní, a to rozdílově koncipované kritérium. Zjišťuje se jako rozdíl mezi současnou hodnotou přínosů a současnou hodnotou investičních výdajů, a představuje tak v zásadě přebytek, respektive nedostatek peněžních přínosů v porovnání s investičními výdaji, zvýšenými o požadovanou míru zhodnocení kapitálu, kterou investice vyžaduje. Nejlépe se z tohoto hlediska chápe jako přebytek (nedostatek) přínosů z investice ve vztahu k půjčce, kterou jsme investovali a kterou v ročních intervalech (a v maximální výši, kterou přínosy z investice umožňují) splácíme včetně sjednaného ročního úroku. Z této charakteristiky plyne také obecné kritérium přijatelnosti investičního projektu: projekt je v zásadě přijatelný, pokud je jeho čistá současná hodnota vyšší nebo rovna nule. (Kráal, 2010)

Čistá současná hodnota při jednorázových investičních výdajích:

$$ČSH = \sum_{n=1}^N CF_n * \frac{1}{(1+i)^n} - IV \quad (3.2)$$

kde:

N celkový počet let hodnocení provozu investice

- n jednotlivé roky provozu investice  
 CF<sub>n</sub> cash flow v jednotlivých letech investice  
 i úroková míra  
 IV investiční výdaj

Čistá současná hodnota při postupném vkladu, bodem nula je okamžik zahájení výstavby:

$$\check{C}SH = \sum_{n=T+1}^N CF_n * \frac{1}{(1+i)^n} - \sum_{t=1}^T IV_t * \frac{1}{(1+i)^t} \quad (3.3)$$

kde:

- t jednotlivé roky výstavby  
 T celková doba výstavby  
 IV<sub>t</sub> investiční výdaje v jednotlivých letech výstavby

Čistá současná hodnota při postupném vkladu, bodem nula je okamžik uvedení do provozu:

$$\check{C}SH = \sum_{n=T+1}^N CF_n * \frac{1}{(1+i)^n} - \sum_{j=1}^t IV_j * (1+i)^{(t-j)} \quad (3.4)$$

kde:

- j jednotlivé roky výstavby  
 t celková doba výstavby  
 IV<sub>j</sub> investiční výdaje v jednotlivých letech výstavby

Základním požadavkem při hodnocení investice metodou ČSH je, aby byla kladná, čím větší kladnou hodnotu investice přinese, tím lépe. (Žídková, 2007)

Interpretace možných výsledků čisté současné hodnoty:

- a) jestliže je ČSH > 0 (diskontované peněžní příjmy převyšují kapitálové výdaje), pak je investiční projekt pro podnik přijatelný a zvyšuje tržní hodnotu firmy,

- b) jestliže je  $\check{C}SH < 0$  (diskontované peněžní příjmy jsou menší než kapitálové výdaje), pak je investiční projekt pro podnik nepřijatelný, protože jeho realizací by se snižovala tržní hodnota firmy,
- c) jestliže je  $\check{C}SH = 0$ , pak je investiční projekt z hlediska podniku indiferentní (diskontované peněžní příjmy se rovnají kapitálovým výdajům a projekt nezvyšuje ani nesnižuje tržní hodnotu firmy). (Vlach a kol., 2011)

### Vnitřní výnosové procento (VVP)

Vnitřní úrokovou míru (vnitřní výnosové procento) lze definovat jako takovou úrokovou míru, při které se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná současné hodnotě kapitálových výdajů na investice. Z matematického hlediska je vnitřní výnosové procento čistou současnou hodnotou s takovou úrokovou mírou, při které je čistá současná hodnota rovna nule. (Máče, 2006)

Vnitřní výnosové procento lze definovat jako takovou úrokovou míru, při níž současná hodnota očekávaných výnosů investice se rovná současné hodnotě výdajů na pořízení investice. Je rovněž chápáno jako požadovaná minimální výnosnost, kterou musí investice dosáhnout, aby nebyla ztrátová a nezpůsobila zhoršení ekonomické situace podniku. (Židková, 2007)

$$0 = CF_n * \sum_1^n \frac{1}{(1+i)^n} - IV \quad (3.5)$$

$$0 = \sum_1^n \frac{1}{(1+i)^n} - \frac{IV}{CF_n} \quad (3.6)$$

Z toho plyne:

$$\sum_1^n \frac{1}{(1+i)^n} = \frac{IV}{CF_n} \quad (3.7)$$

kde:

N celkový počet let hodnocení provozu investice

n jednotlivé roky provozu investice

CF<sub>n</sub> cash flow v jednotlivých letech investice

i úroková míra

IV investiční výdaj

Technika výpočtu vychází z metody pokusů a omylů, kdy se postupně usiluje o to, aby rozdíl mezi příjmy a výdaji byl nulový. (Vlach a kol., 2011)

Vzorec pro výpočet vnitřního výnosového procenta metodou jednoduché lineární interpolace je následující:

$$VVP = \frac{(i_v - i_n) * \check{C}SH_n}{\check{C}SH_n - \check{C}SH_v} + i_n \quad (3.8)$$

kde:

i<sub>n</sub> úroková sazba nižší

i<sub>v</sub> úroková sazba vyšší

ČSH<sub>n</sub> čistá současná hodnota při nižší úrokové míře

ČSH<sub>v</sub> čistá současná hodnota při vyšší úrokové míře

Za nejpřesnější metodu zjišťování vnitřního výnosového procenta je považována metoda postupné aproximace. Stanoví se vysoká a nízká hodnota úrokové míry a vypočítá se v obou případech čistá současná hodnota. Je-li při nízké úrokové sazbě čistá současná hodnota kladná a při vysoké sazbě záporná, je zřejmé, že hledaná hodnota úrokové sazby vedoucí k nulové čisté současné hodnotě se nachází mezi nimi. V dalším kroku se proto výpočet opakuje pro sníženou hodnotu vysoké úrokové míry a naopak pro zvýšenou hodnotu nízké úrokové míry, tedy dochází ke sblížování úrokových sazeb. Postup se opakuje tak dlouho, až se dospěje k nulové čisté současné hodnotě. Tento postup lze aplikovat s využitím tabulkových procesorů, nebo programů k hodnocení ekonomické efektivnosti investic. (Žídková, 2007)



Stanovení Cash flow neboli peněžních toků předpokládá financování investičního projektu podnikatelským úvěrem.

$$CF = T - Np - D - Us \quad (3.9)$$

kde:

|    |                  |
|----|------------------|
| CF | Cash flow        |
| T  | tržby            |
| Np | provozní náklady |
| D  | daň z příjmu     |
| Us | úvěrová splátka  |

Pro stanovení tržeb z provozu investičního projektu bioplynové stanice je rozhodující fakt, že zemědělské družstvo má možnost vyrobenou elektrickou energii prodávat do veřejné sítě za pevně dané výkupní ceny, nebo v rámci režimu Zeleného bonusu. Přebytečnou tepelnou energii, vytvořenou při procesu spalování bioplynu, zpětně využívá při dobývání suroviny ze substrátu a vytápění administrativních budov. Pro neexistenci poptávky ji neprodává.

Pevně stanovené výkupní ceny elektřiny z obnovitelných zdrojů se pravidelně meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2% a maximálně o 4%. (Švec a kol., 2010)

Vzorec pro výpočet tržeb, za prodanou elektrickou energii v režimu pevně daných výkupních cen, je následující.

$$T = E * VC * \left(1 + \frac{id}{100}\right)^n \quad (3,10)$$

kde:

|    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| T  | tržby                             |
| E  | objem vyrobené elektrické energie |
| VC | výkupní cena elektrické energie   |

id inflační doložka  
n počet let provozu investice

Zelený bonus je příplatek k tržní ceně elektřiny, který může získat výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů elektřiny. V tomto režimu má právo provozovatel bioplynové stanice, který prodá vlastní elektřinu za tržní cenu jakémukoliv konečnému zákazníkovi či obchodníkovi s elektřinou, inkasovat od provozovatele regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu Zelené bonusu. Výše Zeleného bonusu je každoročně upravována a zveřejněna v cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu. (Švec a kol., 2010)

Tržby jsou v tomto případě stanoveny takto:

$$T = Mw * Czb + Mw * Ceon \quad (3.11)$$

kde:

T tržby

Mw megawatt elektrické energie

Czb cena Zeleného bonusu

Ceon tržní cena elektrické energie (v tomto případě realizovaná u energetické společnosti EON)

Provoz bioplynové stanice, jako zdroje produkce elektrické energie z obnovitelných zdrojů, je osvobozen od povinnosti placení daně z příjmu, a to v prvním roce uvedení zařízení do provozu a následujících pěti letech. Stanovení výše daně z příjmu v následujících letech provozu zařízení je dán vstahem:

$$D = Zc * d \quad (3.12)$$

kde:

D daň z příjmu

Zc čistý zisk

d sazba daně z příjmu

$$Zc = T - Nc \quad (3.13)$$

kde:

Zc čistý zisk

T tržby

Nc celkové náklady

$$Nc = Np + U + O \quad (3.14)$$

kde:

Nc celkové náklady

Np provozní náklady

U úroky z úvěru

O odpisy

Odpisy majetku je možné zahájit kdykoliv, je to plně v dispozici poplatníka, období, ve kterém je nutné zahájit odpisy, není žádným zákonem stanoveno. Odpisování je možné přesunout do budoucna, do období, ve kterém bude odpisování pro provozovatele nejvýhodnější. (Žídková, 2007)

Odpisy je tedy možné zahájit až po době uplynutí lhůty osvobození příjmů, což je pro většinu provozovatelů nejvýhodnější.

Vzorec pro rovnoměrné odpisování:

$$RO = VC * \frac{ROS1}{100}, RO = VC * \frac{ROSd}{100} \quad (3.15)$$

kde:

RO roční odpis

VC vstupní cena

ROS1 roční odpisová sazba v prvním roce odpisování

ROSD roční odpisová sazba v dalších letech odpisování

Výše roční splátky úvěru a úroku z úvěru jsou stanoveny vzorci: (Žídková, 2007)

$$a = D * \left( 1 + \frac{r}{1 - V^n} \right) \quad (3.16)$$

kde:

a anuita

D počáteční výše úvěru

r úroková sazba

n počet let splácení úvěru

V diskontní faktor, kde:

$$V = \frac{1}{(1 + r)} \quad (3.17)$$

$$U = a * (1 - V^n) \quad (3.18)$$

kde:

U úrok

a anuita

n počet let splácení úvěru

V diskontní faktor

### **Vážené průměrné náklady na kapitál – WAAC**

Stejně jako ostatní vstupy i kapitál má své náklady, se kterými musíme při hodnocení investic počítat. Investice může být financována z vlastních zdrojů, kde nákladem na kapitál jsou vyplacené dividendy, nebo z cizích zdrojů, kde náklady jsou úroky z úvěru.

Podle těchto kapitálových složek se většinou počítají vážené průměrné kapitálové náklady WACC: (Synek, 2000)

$$WAAC = rd * 1 - t * \frac{D}{C} + re * \frac{E}{C} \quad (3.19)$$

kde:

- WACC            vážené průměrné náklady na kapitál  
D            úročený cizí kapitál  
E            vlastní kapitál  
C            celkový zpoplatněný kapitál,  $C = D + E$   
rd            úroková míra placená z cizího kapitálu  
re            požadovaná procentní výnosnost vlastního kapitálu  
t            sazba daně z příjmů

### **Komparační metoda**

Podstatou metody, je porovnání jednotlivých různých jevů, jejich analýzy a hledání společných vlastností. Sledována bude především míra dynamiky časové řady. Sledovaným ukazatelem bude tedy průměrný absolutní přírůstek diskontovaných příjmů z investice v jednotlivých variantách daných úrovní diskontní sazby a doba návratnosti investice jednotlivých variant.

Vzorec pro výpočet průměrného absolutního přírůstku: (Artl, 1999)

$$\Delta = \frac{\sum \Delta y_t}{n - 1} \quad (3.20)$$

kde:

- $\Delta$             průměrný absolutní přírůstek  
 $\sum \Delta y_t$     suma rozdílů jednotlivých pozorování  
n            délka časové řady

Pro prognózu vývoje budoucího období:

### **Lineární trend**

Při prognóze vývoje časové řady se budeme vycházet z dekompozice řady na čtyři formy časového pohybu, a to na: trendovou, sezónní, cyklickou a náhodnou. (Artl, 2007)

Aditivní tvar rozkladu poté vypadá následovně:

$$y_t = T_t + S_t + C_t + \varepsilon_t = Y_t + \varepsilon_t \quad (3.21)$$

kde:

$y_t$       teoretická složka

$T_t$       trendová složka

$S_t$       sezónní složka

$C_t$       cyklická složka

$\varepsilon_t$       náhodná složka

Pro potřeby prognózy vývoje časové řady se bude práce zaměřovat na trendovou složku, respektive na trendovou funkci řady.

Trendem rozumíme hlavní tendenci dlouhodobého vývoje hodnot ukazatele v čase. Trend může být rostoucí, klesající nebo se jedná o časovou řadu bez trendu. Lineární trend je nejčastěji používaným typem trendové funkce. Můžeme ji použít vždy, chceme – li alespoň orientačně určit základní směr vývoje časové řady. (Svatošová, Prášilová, 2012)

Trendová přímka má tvar:

$$T_t = a_0 + a_1 t \quad (3.22)$$

kde:

$T_t$  trend, trendová složka

$a_0, a_1$  neznámé parametry

$t$  časová proměnná

K odhadu neznámých parametrů  $a_0, a_1$  je využita metoda nejmenších čtverců.

$$Q = \sum_{t=1}^n (y_t - \hat{T}_t)^2 = \sum (y_t - \hat{a}_0 - \hat{a}_1 t)^2 \quad (3.23)$$

Odtud normální rovnice:

$$\sum y_t = n \bar{a}_0 + \bar{a}_1 \sum t \quad (3.24)$$

$$\sum t y_t = \bar{a}_0 \sum t + \bar{a}_1 \sum t^2 \quad (3.25)$$

Jejichž řešením dostáváme:

$$\bar{a}_0 = \bar{y} - \bar{a}_1 \cdot \bar{t} \quad (3.26)$$

$$a_1 = \frac{\sum t y_t - \bar{t} \sum y_t}{\sum t^2 - n \cdot \bar{t}^2} \quad (3.27)$$

kde:

$a_0, a_1$  neznámé parametry

$t$  časová proměnná

$n$  počet sledovaných období

$y_t$  hodnota sledovaného parametru v jednotlivých obdobích

## 4 Teoretická část

### 4.1 Bioplyn

Jak již bylo řečeno v úvodu, pod pojmem bioplyn si lze představit jakoukoli plynnou látku běžně se vyskytující v životním prostředí. Široká laická veřejnost se již nicméně naučila vnímat tento pojem jako zdroj obnovitelné energie, šetrné k životnímu prostředí, získávané jak z biologických odpadních materiálů, tak z účelně pěstované biomasy. Pro potřeby technické praxe, zejména pak pro výrobu elektrické energie, však budeme o bioplynu uvažovat jako o směsi látek vzniklé působením anaerobních bakterií, především těch s vysokým podílem metanu.

Podle Straky přiřazuje současná technická praxe souhrnný termín bioplyn výlučně pro plynný produkt anaerobní methanové fermentace organických látek uváděné též pod pojmy vyhnívání, anaerobní digesce, biomethanizace nebo biogasifikace. V technologiích čištění odpadních vod se často používá i termín anaerobní stabilizace kalů či zkráceně stabilizace, přičemž je míněno téměř vždy totéž, a to anaerobní fermentace.

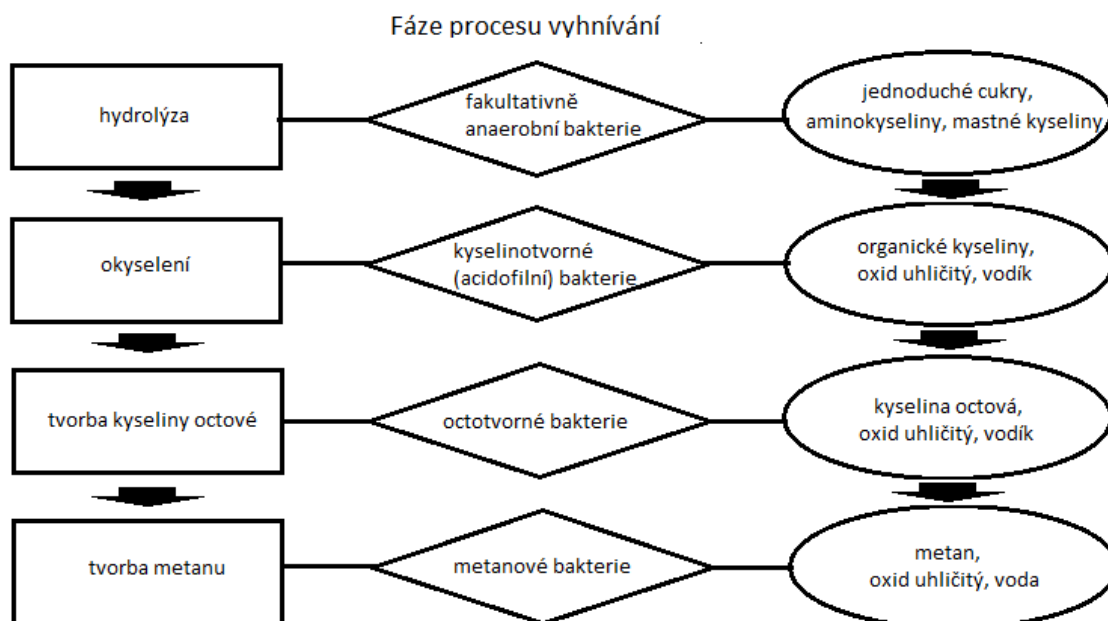
Pojem bioplyn tedy představuje plynný produkt vzniklý vyhníváním organických látek bez přístupu vzduchu za působení methanových bakterií. Takto vzniklá směs je sloučeninou především oxidu uhličitého a metanu, přičemž metan má vždy výraznou převahu na složení směsi. Tento fakt je dán tím, že tvorba metanu je rovnovážným procesem, kde trvale spolupracují acidogenní a methanogenní organismy, proto není vyprodukovaný metan čistý. Jako dosažitelný obsah metanu v bioplynu různí autoři uvádějí 50% - 85% na objemu plynné směsi v závislosti na substrátu použitého k fermentaci. Lze říci, že bioplyn se skládá ze dvou hlavních složek, (metanu a oxidu uhličitého) jejichž podíl na celkovém objemu směsi se téměř blíží 100%. Takovýto ideální plyn však z biologického hlediska není možné vyprodukovat, je tedy nutné počítat s přítomností dalších látek v bioplynu. Mezi nejčastěji se vyskytující patří dusík, kyslík, vodík, oxid dusný, sulfan, amoniak a chlorovodík. U kvalitních bioplynů se však obsah veškerých dalších plynů pohybuje o více než jeden řád níže, tedy na úrovni desetin procenta.



## 4.2 Proces vzniku bioplynu

Anaerobní digesce, nebo také proces methanizace je souborem dějů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá bez přístupu vzduchu organické látky v substrátech určených pro výrobu bioplynu. Konečným produktem je takzvaná stabilizovaná organická hmota obsahující digestát (zbytkovou hmotu substrátu) a plyn, tvořící především směs metanu a oxidu uhličitého. Anaerobní rozklad organických látek vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost různých mikrobiálních skupin a podle nich je možno tento proces rozdělit na následující čtyři fáze: hydrolýzu, acidogenezí (okyselení), acetogenezí (tvorbu kyseliny octové) a samotnou methanogenezí, tedy tvorbu metanu. (Straka, Dohányos, 2006)

Schéma č.: 1, Fáze procesu vyhnívání



Zdroj: Schulz, *Bioplyn v praxi*

V první fázi přeměňují přítomné anaerobní bakterie, představované početnými hydrolytickými a acidogenními mikroorganismy, makromolekulární organické látky jako jsou bílkoviny, uhlovodíky, tuky a celulóza pomocí enzymů na nízkomolekulární sloučeniny, tedy na jednoduché cukry, aminokyseliny, mastné kyseliny a vodu. Tento

proces se nazývá hydrolýza. Tato část procesu přitom může probíhat i za přítomnosti kyslíku, než fakultativní anaerobní bakterie vytvoří plně anaerobní prostředí, ve kterém se mohou rozvíjet také methanogeny. V druhé fázi, acidogenezi, provádějí acidofilní bakterie další rozklad na organické kyseliny, oxid uhličitý, sirovodík a čpavek. Třetí fází je proces acetogeneze, při které octotvorné bakterie vytváří acetáty, oxid uhličitý a vodík. Acidogeny v této fázi procesu produkují oba hlavní substráty pro tvorbu metanu. Jsou jimi kyselina octová a směs vodíku a oxidu uhličitého. Teprve v poslední fázi probíhá metanogeneze, kdy metanové bakterie v alkaickém prostředí vytváří metan, oxid uhličitý a vodu. (Schulz, 2004)

Tyto fáze procesu tvorby bioplynu probíhají následně, avšak je-li použita kontinuální technologie provozu bioplynové stanice, probíhají tyto procesy současně a nejsou odděleny místně ani časově. Pouze v případě technologií dávkových (nespojitéch) a vícestupňových bioplynových stanic probíhají fáze rozkladu odděleně.

#### **4.3 Vlivy působící na prospívání methanogenních mikroorganismů**

Methanogenní bakterie se na naší planetě vyvinuly ještě dříve, než se v zemské atmosféře objevil kyslík. Dokázali se přizpůsobit extrémním teplotám, extrémně nízkým hodnotám pH, vysoké salinitě a plně anaerobnímu prostředí. V průběhu vývoje se u methanogennů vytvořila těsná symbióza s dalšími, například acetogenními mikroorganismy, které svou kooperující činností vytváří vhodné prostředí pro činnost methanogenních bakterií. (Straka, Dohányos, 2006)

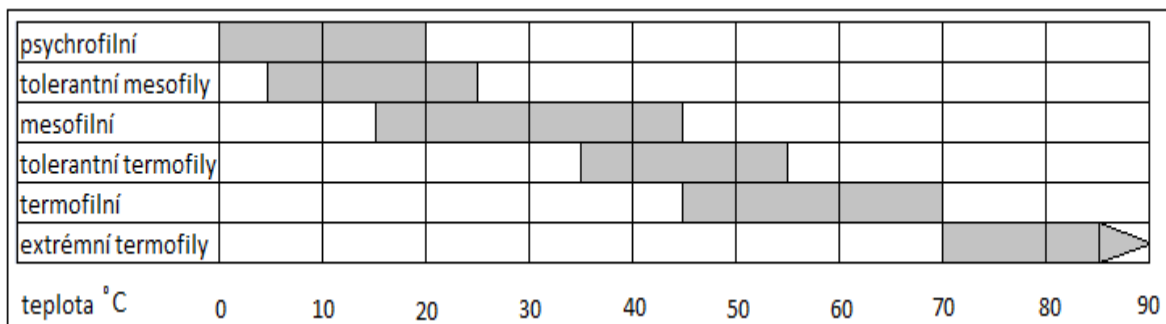
Pro zajištění činnosti methanogenních mikroorganismů, jejich množení a tedy i tvorby samotného bioplynu v umělých podmínkách je nutné vytvořit prostředí, které bude respektovat nároky bakterií, a to především v následujících faktorech.:

##### **Teplota**

Metanové bakterie prospívají při teplotách v rozmezí 0° C až 70° C v závislosti na jednotlivých kmenech bakterií. Skupina bakterií, tak zvaných extrémních termofilů, vyvíjí

činnost i při teplotách vyšších, a to až do 90 °C, většina kmenů však při takovýchto teplotách hyne. Extrémně specializované bakterie žijící v blízkosti termálních pramenů s teplotou vody i 100 °C jsou pak pro technickou praxi nevyužitelné. Naopak při nízkých teplotách blízkých se bodu mrazu a nižších, bakterie sice přežívají, ale již nevyvíjí žádnou činnost. (Schulz, 2004)

Tabulka č.: 1, Teplotní rozdělení typů mikroorganismů



Zdroj: Straka, F. Bioplyn

Podle Schulze praxe ukázala tři typické teplotní oblasti, které jednotlivým bakteriálním kmenům prospívají:

- psychrofilní kmeny – teploty pod 20 °C
- mezofilní kmeny – teploty od 25 °C do 35 °C
- termofilní kmeny – teploty nad 45 °C

Čím vyšší teplota, tím jsou bakterie citlivější na teplotní výkyvy, zejména jsou-li výkyvy krátkodobé a teplota klesne. Zatímco v mezofilní oblasti bakterie denní výkyvy v rozmezí 2 °C až 3 °C kolem střední hodnoty ještě zvládnou, v termofilní oblasti by výkyvy neměly být větší než 1 °C. Po delší době (asi jeden měsíc) se bakterie přizpůsobí nové teplotní úrovni. (Schulz, 2004)

V praxi bylo prokázáno, že termofilní procesy dosahují vysoké účinnosti rozkladu zpracovávaného materiálu, a tím i vyšší produkce bioplynu. Někteří autoři však upozorňují na to, že sice platí: čím vyšší teplota, tím rychlejší je rozklad substrátu a produkce plynu, tím je však kratší doba samotného vyhívání a tedy i obsah metanu v bioplynu je nižší. Je však třeba říci, že množství plynu se v průběhu vzájemného kontaktu složek substrátu

sblíží. Tedy i za nižších teplot je za delší časový úsek dosaženo téměř shodné produkce plynu.

### **Hodnota pH**

Bakterie produkující metan vyžadují prostředí s hodnotami pH v rozmezí 6,2 až 7,8, přičemž některé prameny uvádějí jako ideální stav hodnotu pH okolo 7,5 pro správnou tvorbu kyseliny octové a metanu bakteriemi. Pokles hodnoty pH pod úroveň 6,0 by vedl k zastavení biologických procesů methanogenních mikroorganismů díky vzniku neionizovaných kyselin. Naopak hodnota pH vyšší než 7,6 může procesy zpomalit, až zastavit vlivem nárůstu volného amoniaku. Proto například u některých substrátů, jako jsou syrovátka a siláž, bývá často za účelem zvýšení hodnoty pH přidáváno vápno. (Straka, Dohányos, 2006)

Koná-li se fermentační proces jen v jedné nádrži biofermentoru, musí být toto rozmezí pH dodržováno. Nezávisle na tom, zda je tento proces jednostupňový nebo dvoustupňový, nastaví se hodnota pH uvnitř systému většinou samovolně prostřednictvím alkalických a kyselých produktů látkové výměny, které jsou vytvářeny během aerobního rozkladu. V normálním případě je hodnota pH uvolněným oxidem uhličitým v neutrálním rozmezí vyrovnána, ale pokud přesto poklesne, je pufrací kapacita vyčerpána a metanové bakterie jsou ve své látkové výměnné aktivitě inhibovány. Metanogenní rozklad již nefunguje dost rychle, dochází k nakupení kyselin z acidogeneze, čímž hodnota pH ještě dále poklesne a metanové bakterie zcela zastaví svoji činnost. Je-li takový pokles hodnoty pH zpozorován, musí být dodávání substrátu okamžitě sníženo nebo zastaveno, aby byl dán bakteriím čas k rozložení přítomných kyselin. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

### **Zabránění přístupu vzduchu**

Jak již bylo zmíněno, jsou methanogenní bakterie anaerobními mikroorganismy a pro své přežití vyžadují v první řadě nepřítomnost kyslíku, který je pro ně jedovatým plynem. Zatímco na teplotní výkyvy a do jisté míry i změny pH jsou schopny se adaptovat, je požadavek na dokonale anaerobní prostředí zásadní.

Důvod, proč nejsou metanové bakterie okamžitě inhibovány ve své aktivitě nebo dokonce zcela neodumřou, spočívá v tom, že žijí ve společenství s bakteriemi z předchozích kroků rozkladu. Některé z nich jsou tzv. fakultativně anaerobně žijící bakterie, to znamená, že umějí přežít jak pod vlivem kyslíku, tak i naprosto bez něj. Pokud není množství kyslíku příliš velké, mohou ho ostatní bakterie spotřebovat ještě před tím, než poškodí ty methanogenní, které jsou nutně odkázány na bezkyslíkové okolí. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

### **Zabránění přístupu světla**

Světlo samotné bakterie neničí, jeho přítomnost však proces vyhnívání zpomaluje.

### **Vlhké prostředí**

Metanové bakterie mohou pracovat a množit se jen tehdy, když jsou substráty dostatečně zalaty vodou (alespoň z 50%). Na rozdíl od aerobních bakterií, kvasinek a hub nemohou žít v pevném substrátu. (Pastorek, Kára, Jevič, 2004)

### **Přísun živin a substrátu**

Kolik metanu se nakonec dá z použitých substrátů získat, je určováno obsahem proteinů, tuků (lipidů) a uhlohydrátů. Methanogenní bakterie nemohou rozkládat tuky, bílkoviny, uhlovodíky a celulózu v čisté formě a vyžadují spolupráci s dalšími skupinami mikroorganismů. Pro svou činnost a množení vyžadují přísun reakčního substrátu, kterým je směs oxidu uhličitého a vodíku a kyselina octová. Dalšími prvky, které metanové bakterie vyžadují pro svou činnost a růst jsou dusík, síra, fosfor a četné stopové prvky. (Straka, Dohányos, 2006)

Pro stabilní průběh procesu je důležitý poměr uhlíku a dusíku použitého substrátu. Jestliže je příliš vysoký (mnoho uhlíku a málo dusíku), nemůže být zbylý uhlík úplně přeměněn a není využit možný potenciál výroby bioplynu. V opačném případě může nadbytkem dusíku dojít ke vzniku většího množství amoniaku, který zabrzdí růst bakterií. Pro nerušený průběh procesu musí poměr uhlíku vůči dusíku být v rozmezí 10–30. Abychom bakterie

dostatečně zásobili živinami, měl by být poměr uhlíku : dusíku : fosforu : síře = 600 : 15: 5 : 1. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

Prvkem, který je doporučován pro vstupní substrát (biomasu), je pro praxi využití hnoje a kejdy jako stálého základu a ostatních látek jako přísad, aby nedocházelo k vydělování složek ze směsi a dosáhlo se vyrovnaného poměru kyselosti a zásaditosti.

### **Inhibující látky**

Inhibující látky mohou též zpomalovat průběh procesu, podle okolností působí už v nepatrných množstvích na bakterie toxicky a brání rozkladnému procesu. Chceme-li tyto látky popsat, musíme rozlišovat mezi inhibujícími, které se do biofermentorů dostaly s přídavkem substrátu a takovými, které vycházejí jakožto meziprodukty z jednotlivých rozkladných kroků. Při dávkování si musíme uvědomit, že nadměrný přídavek substrátu může též inhibovat fermentační proces, neboť tu může v podstatě každá látka obsažená v příliš vysoké koncentraci působit škodlivě na bakterie. Důležité je také zmínit antibiotika, desinfekční prostředky, rozpouštědla, herbicidy, soli nebo těžké kovy, které mohou rozkladný proces zabrzdit již v nepatrných množstvích. Také esenciální stopové prvky v příliš vysoké koncentraci mohou být pro bakterie jedovaté. Lze jen těžko určit, jaká koncentrace určité látky bakteriím škodí a to zejména kvůli určité míře přizpůsobivosti. Pro některé inhibitory také existuje proměnlivé působení s ostatními látkami, například těžké kovy působí škodlivě na fermentační proces, jen když jsou k dispozici v rozpustné formě. Sulfanem, který vzniká rovněž ve fermentačním procesu, jsou vázány a vysráženy. Také během fermentačního procesu vznikají látky, které ho mohou inhibovat. Obzvláště amoniak působí na bakterie škodlivě už v nepatrných koncentracích. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

### **Zatížení vyhnivacího prostoru**

Takzvané zatížení vyhnivacího prostoru udává, jaké maximální množství organické sušiny na m<sup>3</sup> a den může být dodáno do fermentoru, aniž by došlo k „překrmění“ bakterií a zastavení procesu. Zatížení vyhnivacího procesu závisí především na úrovni teploty, obsahu sušiny a době kontaktu. Schultz udává jako obvyklé zatížení při teplotě 35 °C mezi

0,5 a 1,5 kg os/m<sup>3</sup> . d, to znamená, že na 1 m<sup>3</sup> obsahu fermentoru je denně dodáno a zpracováno 0,5 až 1,5 kilogramů organické hmoty. (Schulz, 2004)

### **Kontaktní plochy**

Organické látky nerozpustné ve vodě je třeba rozdrobit, popřípadě struskovat tak, aby vznikly velké dotykové plochy. Materiály jako slámu, dlouhou travu, nebo bioodpad, je nutno rozsekat, nejlépe na jemná vlákna, protože jinak vyhnívají velmi dlouho. (Schulz, 2004)

### **Doba kontaktu**

Doba kontaktu substrátu ve fermentoru má v souvislosti s teplotou vyhnívacího procesu velký vliv na stupeň rozkladu a výnos plynu. Krátké doby kontaktu přinášejí vysoký denní objem vyrobeného plynu, neboť dochází především k rozkladu snadno rozložitelných živin. Tím však dochází ke ztrátám na celkovém množství plynu, které by bylo možné získat ze substrátu za delší dobu kontaktu. Při dlouhých dobách kontaktu tak tedy dochází ke snižování denních objemů vyrobeného plynu, ale dochází k plnému rozkladu živin v substrátech a plnému využití jejich plynového potenciálu. (Schulz, 2004)

Schulz uvádí jako orientační údaj doby kontaktu substrátu, v tomto případě kejdy, toto:

- Teplota procesu 20 až 25 °C – doba kontaktu 60 až 80 dní.
- Teplota procesu 30 až 35 °C – doba kontaktu 30 až 35 dní.
- Teplota procesu 45 až 55 °C – doba kontaktu 15 až 25 dní.

## **4.4 Substráty pro výrobu bioplynu**

Veškeré organické látky můžeme pokládat za alespoň z části rozložitelné, a to jak cestou anaerobní, tedy kvašením – fermentací, tak cestou aerobní, například kompostováním. Vhodnost užití různých organických látek pro anaerobní fermentaci je dána obsahem sušiny v substrátu, který spoluvytváří. Pevné materiály jako klestí z ořezů stromů jsou

vhodné pro kompostování, zatímco kapalný mokrý materiál jako kejda, kuchyňské odpady a zbytky jídel, tuky a další jsou vhodné pro zpracování kvašením, tedy anaerobní fermentací. (Straka, Dohányos, 2006)

Podle Schultze je pro bioplynovou technologii optimální obsah sušiny v substrátech mezi 5% až 15%. Při obsahu organické sušiny menší než 5% by proces sice ještě probíhal, avšak zařízením by bylo nutno bez užítu prohánět neekonomicky velké množství vody. Obsah 15% organické sušiny je horní přípustná hodnota, při níž lze substrát ještě čerpat, mísit a promíchávat. Dále je důležitý poměr dusíku a uhlíku, který by měl činit 20 : 1 až 40 : 1.

### **Odpady z chovu zemědělských zvířat**

K výrobě bioplynu v zemědělství se nejčastěji jako substrát využívá kejda a hnůj produkovaný hospodářskými zvířaty. Kejda je směs tuhých a kapalných exkrementů zvířat, která jsou ustájená bez podestýlky nebo jen na nízké podestýlce v boxech s roštovou podlahou. Pro vysoký obsah vody jde o materiál přímo vhodný ke kvašení ve fermentorech. Hnůj naopak je směsí tuhých a kapalných exkrementů zvířat ustájených na vysoké podestýlce. Takto vzniklý hnůj je vhodný k ukládání na hromady, kompostování a jeho pozdější zaorání do polí jako přírodní hnojivo. Jeho smíšením s močůvkou, nebo odpadní vodou se po rozemletí tuhých vláken podestýlky stává vhodným substrátem pro využití k fermentaci s vysokým obsahem sušiny. Předností statkových hnojiv je vysoký obsah živin. Zejména tuku v případě prasečí kejdy. (Schulz 2004)

Bioplynové zpracování kejdy se provádí pomocí anaerobní termofilní fermentace za nepřístupu kyslíku. Uskutečňuje se v plynotěsné vyhnívací nádrži (fermentoru). Výsledným produktem je bioplyn a digestát. Bioplyn se využívá převážně k výrobě elektrické energie a tepla. Surový digestát se využívá ke hnojení v rostlinné výrobě. (Kouda, 2008)

Složení kejdy a hnoje je závislé především na druhu zvířat, jejich využití, způsobu ustájení, typu krmení, přítomnosti podestýlky a zbytků krmiva, přítomností srážkové a čistící vody, ztrátách vody a čpavku vlivem odpařování. Obsah a množství těchto substrátů může také kolísat vlivem změn v krmných dávkách v průběhu roku.



V následující tabulce je naznačen potenciál statkových hnojiv při výrobě bioplynu.

Tabulka č.: 2, Výtěžek plynu a obsah metanu ze statkových hnojiv

| Substrát               | výnos plynu                      |                                    | obsah metanu<br>(objem %) |
|------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
|                        | (m <sup>3</sup> /t<br>substrátu) | (m <sup>3</sup> /t org.<br>Sušiny) |                           |
| 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 - 65                          | 270 - 450                          | 60                        |
| hnůj kuřat a<br>slepíc | 70 - 90                          | 250 - 450                          | 60                        |

Zdroj: Průvodce výrobou a využitím bioplynu

### Rostlinná biomasa

Rostliny odebírají ze zemské atmosféry oxid uhličitý a v procesu fotosyntézy jej pomocí chlorofylu a energie slunečního záření redukují a přetváří na glukózu a řadu složitých organických sloučenin, které potřebují ke svému životu. V průběhu tohoto procesu uvolňují do atmosféry kyslík. Přetváří tak energii slunce na biomasu.

Kromě slunečního záření a oxidu uhličitého potřebuje rostlina ještě další látky k tomu, aby rostla a produkovala biomasu. Důležité jsou zejména minerální látky, přiměřená teplota a dostatek vody. To, kolik uhlíku z atmosférického oxidu uhličitého je rostlinou přeměněno na biomasu, se nazývá „čistá primární produkce“ a je to důležitý údaj pro posouzení té které rostliny z hlediska výnosu biomasy. Obecně platí, že primární produkce každé rostliny má svůj limit. (Murtinger, Dohanyos, 2006)

Rostliny, které mají nejvyšší potenciál tvorby biomasy, jsou pěstovány za účelem jejich energetického využití a jsou označovány jako energetické plodiny.

Pro tvorbu bioplynu z rostlinné biomasy je zásadní přítomnost polysacharidů v její buněčné struktuře, zejména dvou hlavních stavebních složek těl rostlin, jimiž jsou celulóza a hemicelulózy, které jsou snadno rozložitelné. Vedle biologicky rozložitelných sacharidů a polysacharidů je rostlinná biomasa utvářena složkami, jejichž biologická rozložitelnost je velmi nízká až nulová. Mezi tyto látky patří především lignin, dále lignany a terpeny.

Takové látky nedokáží metanové bakterie rozložit, proto z pohledu výroby bioplynu mají pozitivní význam pouze sacharidy v tělech rostlin. (Straka, Dohányos, 2006)

### **Další materiály pro substráty**

Pro provoz bioplynových stanic jsou za vhodné a často využívané považované substráty s vysokým obsahem živin, které vznikají jako odpad zpracovatelského průmyslu, nebo jako odpad domácností. Jde například o jateční a kafilerní odpad, kaly odpadních vod, zbytky jídel, odpad cukrovarského průmyslu, odpady z výroby piva, alkoholu a škrobu. Dále komunální biologicky rozložitelný odpad nebo odpad z údržby zeleně a trávníků. Důležitým faktorem, který je společný pro produktivitu veškerých substrátů v procesu biomethanizace je obsah základních látek schopných přeměny na metan. Jsou jimi polysacharidy a jednoduché cukry, proteiny a tuky (lipidy). (Straka, Dohányos, 2006)

### **4.5 Potenciální výnos a kvalita plynu**

Kolik se v bioplynové stanici vyrobí bioplynu, záleží v podstatě na složení použitých substrátů. V praxi je sotva stanovitelný přesný odhad výtěžku bioplynu, neboť zpravidla nejsou známy koncentrace jednotlivých látek, obzvláště u substrátových směsí. K tomu je při takovém výpočtu vycházeno ze 100 % rozkladu organické směsi, kterého v praxi není dosaženo. Protože mezi rozkladnými procesy v bioplynové stanici a trávícími pochody u přežvýkavců existuje podobnost, může být, podle obsahových látek i jejich stravitelnosti, vypočítán teoreticky dosažitelný výtěžek bioplynu. Tvorbu bioplynu lze odhadnout z krmné hodnoty látek, například podle složení bílkovin, tuků a sacharidů. Jednotlivým látkovým skupinám se přiřadí specifické výnosy plynu a obsahy metanu, které vyplývají z rozdílných relativních podílů uhlíku. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

Tabulka č.: 3, Produktivita různých substrátů v procesu biomethanizace

|                                     | produkce bioplynu<br>(m <sup>3</sup> /kg rozložené sušiny) | obsah metanu<br>teoretický<br>(% obj.) | obsah metanu<br>prakticky<br>nalézáný<br>(% obj.) |
|-------------------------------------|--|--|---|
| polysacharidy a<br>jednoduché cukry | 0,75 - 0,90  | 52 - 54                                | 50 - 58   |
| Proteiny                            | 0,60 - 0,80  |  | 65 - 75   |
| Lipidy                              | 1,10 - 1,60  | 74 - 76                                | 70 - 85   |

Zdroj: Bioplyn

Bioplyn je směsice plynů, která sestává zhruba z jedné třetiny z oxidu uhličitého a ze dvou třetin z metanu, rovněž tak z vodních par a rozličných stopových prvků. Mluvíme-li o kvalitě bioplynu je důležitý zejména obsah hořlavého metanu, tedy potenciální podíl metanu v plynné směsi, neboť z toho vyplývá výsledek získávané energie, naopak oxid uhličitý zředí bioplyn a zapříčiňuje vznik nákladů při jeho skladování. Složení bioplynu může být sice jen omezeně ovlivněno, ovšem obsah metanu v bioplynu závisí na více faktorech, jako je obsah vody v substrátu, fermentační teplota, doba kontaktu a předzpracování substrátu a jeho stupeň rozkladu. Dosažitelný výtěžek metanu je přitom v podstatě určován složením použitého substrátu, tedy podíly tuků, bílkovin a sacharidů. Nejvyšší měrné výtěžnosti je dosahováno u tuku, dále u proteinů a nejméně u sacharidů. (Straka, Dohányos, 2006)

Tabulka č.: 4, Průměrné složení bioplynu

| Podíl         | Koncentrace                |
|---------------|----------------------------|
| Metan         | 50 - 75 objem %            |
| oxid uhličitý | 25 - 45 objem %            |
| Voda          | 2 - 7 objem % (20 - 40 °C) |
| Sirovodík     | 20 - 20000                 |
| Dusík         | < 2% objem                 |
| Kyslík        | < 2% objem                 |
| Vodík         | 2% objem                   |

Zdroj: Průvodce výrobou a využitím bioplynu

#### 4.6 Využití bioplynu

Bioplyn má široké spektrum využití, lze jej spalovat přímo například při vaření, spalovat jej jako palivo tepelných čerpadel při vytápění domů, čistit ho a získávat z něj prostý metan, ve stlačené formě ho distribuovat jako pohonné hmoty aut, využití našel také jako zdroj energie pro infračervené zářiče. Avšak nejvýhodnějším a technologicky nejučinnějším způsobem využití bioplynu se ukázalo jeho využití jako pohonné hmoty motorů pro kogeneraci tepla a elektrické energie.

*Tabulka č.: 5, Spalovací parametry bioplynu (složení 60% metan, 38% oxid uhličitý, 2% stopové plyny) ve srovnání s jinými hořlavými plyny*

| Plyn  |                                | Bioplyn | Zemní plyn | Propan  | Metan   | Vodík   |
|---|--------------------------------|---------|------------|---------|---------|---------|
| Výhřevnost                                  | kWh/m <sup>3</sup>             | 6       | 10         | 26      | 10      | 3       |
| Hustota                                     | kg/m <sup>3</sup>              | 1,2     | 0,7        | 2,01    | 0,72    | 0,09    |
| Hustota v poměru k hustotě vzduchu          |                                | 0,9     | 0,54       | 1,51    | 0,55    | 0,07    |
| Zapalovací teplota                          | °C                             | 700     | 650        | 470     | 650     | 585     |
| Max. rychlost postupu plamene ve vzduchu    | m/s                            | 0,25    | 0,39       | 0,42    | 0,47    | 0,43    |
| Rozsah zápalné koncentrace plynu ve vzduchu | %                              | 6 až 12 | 5 až 15    | 2 až 10 | 5 až 15 | 4 až 80 |
| Teoretická potřeba vzduchu                  | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> | 5,7     | 9,5        | 23,9    | 9,5     | 2,4     |

*Zdroj: Bioplyn*

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že na rozdíl od jiných energetických plynů má bioplyn s výjimkou vodíku zdaleka nejnižší výhřevnost. I proto není praktické jej využívat pro ohřev vody či vytápění v domácnostech. Jeho využití jako paliva k vaření se také uplatňuje spíše jen ve venkovských oblastech rozvojových zemí. Z bezpečnostního hlediska je důležité, že má bioplyn nižší hustotu než vzduch a při úniku se neusazuje u země, ale stoupá. Jeho zapalovací teplota 700° C je dosti vysoká, rychlost šíření plamene naopak nízká. Jako ostatní plyny nehoří bioplyn samovolně, ale pouze s příměsí vzduchu. Samotný bioplyn není zápalný ani výbušný.

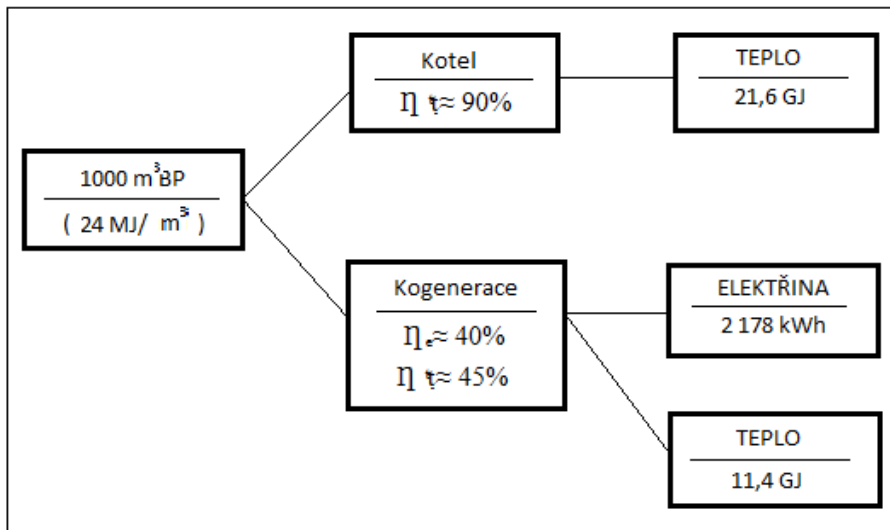
## **Kogenerace tepla a elektrické energie**

Jak již bylo předesláno, nejvýhodnějším způsobem využitím bioplynu se ukazuje být jeho spalování v pístových motorech pohánějících generátory pro výrobu elektrické energie a vytvářející svou činností teplo jako vedlejší produkt. Zatímco elektrická energie je snadno zpeněžitelná a distribuovaná do sítě, zpeněžení tepelné energie je problematictější, zvláště, není-li v blízkosti subjektu provozovatele bioplynové stanice infrastruktura pro distribuci tepelné energie. Přebytečné teplo se však dá využít přímo v provozu bioplynové stanice, a to pro ohřev substrátů ve fermentorech, v závislosti na ročním období je tepelná energie zpětně využita v provozu stanice z 15% až 30%. V případě zemědělského družstva může tato energie také najít uplatnění například při vytápění stájí a dalších budov v zimních měsících. Známé jsou i případy spojení provozu bioplynové stanice s dřevozpracujícím průmyslem, kdy je teplo generované v procesu výroby plynu celoročně využíváno v sušárnách dřeva.

Kogenerační jednotka je nejdůležitější součástí celého kogeneračního systému slouží k přeměně energie obsažené v palivu na energii tepelnou a elektrickou. Podle použité technologie pro výrobu elektrické energie lze primární kogenerační jednotky dělit dle druhu transformace energie na jednotky s přímou transformací, primární jednotky s vnějším spalováním a primární jednotky s vnitřním spalováním. (Dvorský, Hejtmánková, 2005)

Modul kogenerační jednotky se skládá vedle spalovacího motoru a generátoru elektrické energie ze systémů výměníků tepla ke zpětnému získání tepelné energie z odpadních plynů, z uzavřeného oběhu studené vody a z uzavřeného oběhu mazacího oleje. Jako spalovací motory jsou používány plynové Ottovy motory, upravené diesellové motory nebo vznětové motory se zápalným paprskem (dvoupalivové motory). Plynové diesellové motory a plynové Ottovy motory jsou poháněny podle Ottova principu bez dodatečného vznětového paliva, rozdíl spočívá pouze v kompresi. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

Schéma č.: 2, Kombinovaná výroba elektřiny a tepla vs. prostá výroba tepla



Zdroj: [www.bioplyn.cz](http://www.bioplyn.cz)

Schéma číslo 2 srovnává účinnost využití bioplynu při výrobě tepla a elektrické energie. Přestože je účinnost procesu generace tepelné energie 90% je v případě bioplynu stále ekonomicky méně výhodný než jeho transformace na elektrickou energii. Účinnost procesu při získávání elektrické energie může být v závislosti na kogenerační jednotce a kvalitě bioplynu až 40%, literatura počítá s rozmezím 30% až 40%. Přičemž elektrická účinnost sestává z účinnosti motoru a účinnosti generátoru. Potenciál tvorby tepelné energie je při kogeneraci využit ze 45%, a to prostřednictvím odběru tepla ze systému vodního chlazení, tepla výfukových plynů a chlazení provozního oleje, celkově je tak energetický potenciál bioplynu využit až z 85%.

#### 4.7 Technologie výrobních postupů bioplynu

Výrobní technologie bioplynu lze rozdělit podle následujících kritérií, a to: podle počtu procesních stupňů, procesní teploty, způsobu plnění fermentoru substrátem a podle podílu sušiny v substrátu.

## **Počet procesních stupňů**

Proces vyhnívání substrátu a tvorbu bioplynu lze technologicky rozdělit do více stupňů, přičemž u zemědělských bioplynových stanic je kladen důraz především na jednostupňový proces, kdy všechny fáze procesu, tedy hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a methanogeneze, probíhají v jediné nádrži a ve stejném čase. Naopak při dvoustupňovém procesu jsou fáze procesu vyhnívání místně a časově odděleny. V tomto případě jsou fáze hydrolýzy a okyselení odděleny od zbytku procesu v externí nádrži. Celý proces může být navíc pojat jako vícestupňový a všechny jeho fáze prostorově a časově oddělit do samostatných vyhnívacích nádrží. K vícestupňovým procesům se však vzhledem k finančním nákladům na konstrukci fermentorů téměř nepřístupuje.

## **Procesní teplota**

Podle jednotlivých kmenů bakterií jsou i procesy teplotně rozděleny do tří kategorií. Podle teplot jsou to procesy psychrofilní, mezofilní a termofilní. V naprosté většině, přibližně v 85%, probíhají procesy v zemědělských bioplynových stanicích v mezofilní oblasti, tedy při teplotách 25 °C až 35 °C. (Straka, Dohányos, 2006)

## **Obsah sušiny v substrátu**

Podle obsahu sušiny v substrátech se i procesy vyhnívání rozlišují na mokrou a suchou fermentaci. Při mokré fermentaci se využívají jak pevné, tak kapalné substráty, reakční směs je ovšem kapalná a je míchána. U suchého procesu jsou využívány substráty výhradně pevné. U zemědělských bioplynových stanic se používá zatím téměř výlučně mokrá fermentace. Pro zpracování substrátů metodou mokré fermentace mohou být používány různé druhy reaktorů, například reaktory s pístovým tokem materiálu, kdy se obvykle využívají ležaté nebo stojící reaktory s menším průměrem a využívají výtlačný efekt přiváděného čerstvého substrátu, který vyvolá pístový tok skrze nějaký fermentor. Dalším typem reaktoru je tak zvaný ideálně míchaný reaktor. Ty se využívají převážně u zemědělských bioplynových stanic, kdy fermentor je tvořen jedinou stojatou nádrží, která je plně míchána. V procesu suché fermentace se využívá metod kontejnerových fermentorů, nebo metod boxových či fóliových. V těchto případech se dá hovořit spíše o kompostování a účinnost metod suché fermentace se zdaleka nepřibližuje výkonu

bioplynových stanic zpracovávajících substráty metodou mokrého procesu. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

### **Způsob dávkování substrátu**

Zde v podstatě můžeme rozlišit dva přístupy k plnění fermentorů. Kontinuální (spojité) plnění a diskontinuální (nespojité) plnění. U obou těchto přístupů dále můžeme popsat více metod manipulace se substrátem.

### **Diskontinuální plnění**

U diskontinuálního plnění se výrobní proces realizuje Metodou dávkovou, nebo Metodou střídání nádrží.

### **Dávková metoda**

U dávkového způsobu plnění se fermentor naplní najednou. Dávka pak vyhnívá do konce doby kontaktu, aniž by byl substrát ve vyhnívací nádrži doplňován, nebo z nádrže odebírán. Po uplynutí doby kontaktu je biofermentor vyprázdněn a naplněn čerstvým substrátem, přičemž část vyhnílého materiálu může zůstat v nádrži jako startér procesu nové šarže. Při diskontinuálním dávkování produkce plynu pomalu stoupá a po dosažení maxima zase ubývá. Není tak dána konstantní produkce a kvalita plynu. Nerovnoměrnost produkce plynu lze vyrovnat, pokud bude stanice pracovat se dvěma menšími fermentory, které se budou dávkovat střídavě vždy po uplynutí poloviny doby kontaktu. Aby bylo možné dávkovací fermentor plnit, a vyprazdňovat v jednom kroku vyžaduje tento proces mít krom samotné vyhnívací nádrže ještě přípravnou a odpadní nádrž v blízkosti fermentoru. Tento fakt celou metodu prodražuje. (Schulz, 2004)

### **Metoda střídání nádrží**

Metoda střídání nádrží pracuje se dvěma vyhnívacími nádržemi. První je pomalu a rovnoměrně zaplněna substrátem z jímky, přípravné nádrže, zatímco substrát ve druhé vyhnívá. Je-li ukončeno zaplnění první vyhnívací nádrže, je druhá jedním tahem kompletně vyprázdněna do skladovací nádrže a následně je znovu pomalu naplněna. Mezitím je kal z odpadní nádrže průběžně vyvážen. Použitím více nádrží u této metody je



umožněna rovnoměrná produkce plynu. Stejně jako u předchozí metody vyžaduje i Metoda střídání nádrží vyšší investiční náklady vzhledem k nutnosti zřízení dvou fermentorů. (Schulz, 2004)

### **Kontinuální plnění**

Při kontinuálním plnění je do fermentorů dávkováno v průběhu dne množství substrátu v součtu odpovídající denní vsázce. Reaktor zůstává stále naplněn. Dávkování je obvykle automatické a substráty jsou uloženy v zásobnících s denní či vícedenní kapacitou. Metody dávkování při kontinuálním plnění představují Průtoková metoda, Metoda se zásobníkem a Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

Tato metoda dávkování se používá při plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických materiálů s velmi nízkým obsahem sušiny. (Kára, 2007)

### **Průtoková metoda**

Většina bioplynových stanic pracuje na principu průtokové metody. Z jednoho zásobníku, popřípadě zásobní jímky, je substrát pumpován vícekrát denně do vyhnívací nádrže. To samé množství čerstvého substrátu, které je přidáváno do fermentoru, dospěje vytlačením nebo odebíráním do skladu fermentačních zbytků. Fermentor je při tomto postupu stále plněn. Tato metoda vykazuje stejnoměrnou produkci plynu a dobré vyřízení prostoru ke hnití, navíc lze celý proces snadno automatizovat. Existuje ovšem nebezpečí zkratového proudění fermentorem, to znamená, že je třeba počítat s tím, že nepatrná část čerstvě doplněného substrátu je opět okamžitě vynášena. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

### **Metoda se zásobníkem**

Fermentor a uskladňovací nádrž jsou při zásobníkovém postupu sloučeny do jedné nádrže. Ta se postupně plní a pak je až na základní množství materiálu nutného pro zachování procesu vyprázdněna. Následně je nádrž z jímky pomalu plněna stabilním přídatkem substrátu. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

Výhodu této metody představují především nízké náklady, kdy je celé zařízení fermentoru a uskladňovací jímky sloučeno do jediné velké nádže, která může být zakryta prostou fólií. Produkce plynu je však v tomto případě méně rovnoměrná, nežli při průtokovém postupu. (Schulz, 2004)

### **Kombinovaná průtoková metoda se zásobníkem**

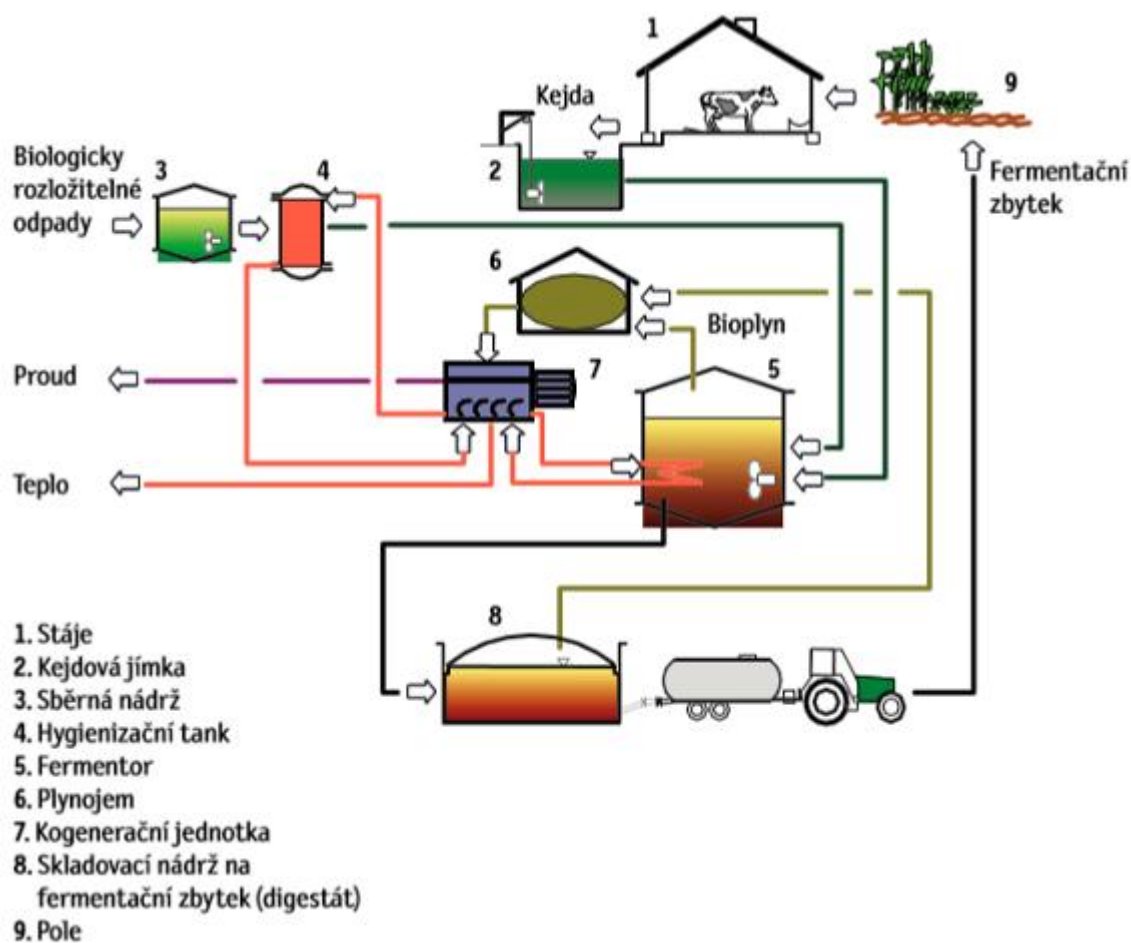
Tato zařízení vznikla přidáním zakryté skladovací nádže k průtokovému fermentoru. Nutnou stavební úpravou přitom bylo jednoduché zakrytí skladovacích nádrží na vyhnílý substrát fólií. Cílem těchto úprav bylo zabránění úniku odpadního bioplynu a jeho jímání. Ten je nadále tvořen ve skladovací nádrži dusíkem vzniklým ve fermentoru působením anaerobního rozkladu. (Schulz, 2004)

## **4.8 Proces výroby bioplynu v bioplynové stanici**

Jaká technologie je zvolena pro bioplynovou stanici, je v první řadě závislé na substrátech, které jsou k dispozici. Množství substrátů určuje dimenzování veškerých agregátů a objemu nádrží. Kvalita substrátů určuje techniku postupu. Vždy podle složení substrátů může být nutné oddělovat rušivé látky nebo přidáním vody substráty macerovat, aby byly převedeny do pumpovatelného stavu. Po předúpravě dospěje substrát do fermentoru, kde je zfermentován. Při mokré fermentaci se upotřebí většinou jednostupňová zařízení, která pracují podle pístového toku. U dvoustupňových postupů je vlastnímu fermentoru předřazen předfermentor. V předfermentoru jsou optimálně nastaveny podmínky pro dva první procesy rozkladu (hydrolýzu a tvoření kyselin). Substrát poté dospěje z předfermentoru do hlavního fermentoru, v němž se konají následující fáze rozkladu. Fermentační zbytek je uskladněn v zavřených dofermentorech nebo otevřených nádržích fermentačních zbytků a zpravidla je vynášen jakožto tekuté hnojivo na potřebné zemědělské plochy. Bioplyn vznikající při zfermetování je uskladňován a upravován. Jeho zhodnocení probíhá většinou v kogenerační jednotce při současné výrobě proudu i tepla. (Institut für Energetik und Umwelt, 2005)

Na obrázku číslo 1 je znázorněno schéma jednostupňové bioplynové stanice a toky substrátu, fermentačního odpadu, bioplynu a samotné vygenerované energie jednotlivými částmi stanice.

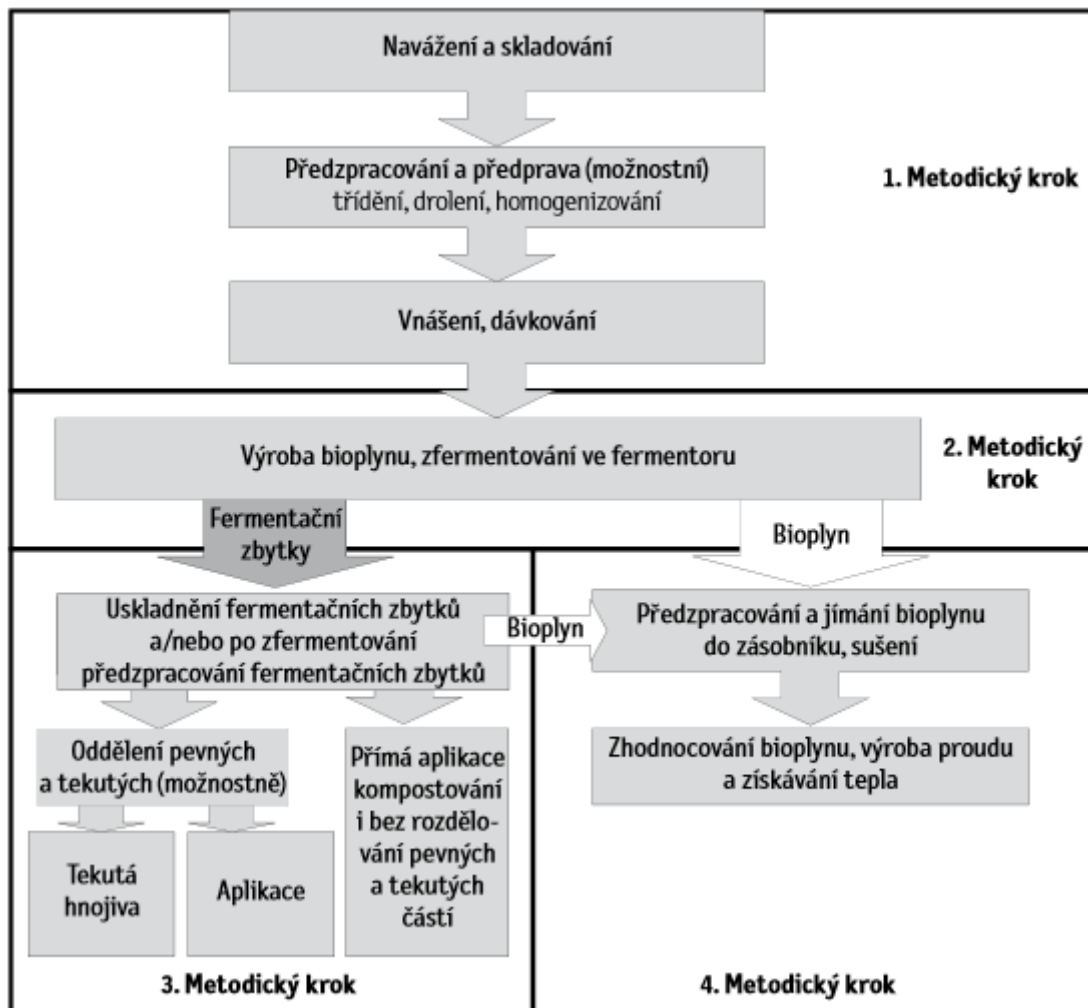
Obrázek č.: 1, Hlavní komponenty zařízení, stavební seskupení a agregáty jednostupňové zemědělské bioplynové stanice s hygienizační jednotkou



Zdroj: Průvodce výrobou a využitím bioplynu

Bez ohledu na užitou technologii a způsobu provozu bioplynové stanice, může být její provozní činnost rozdělena do čtyř různých postupových kroků, přičemž tyto kroky jsou na sobě závislé. V následujícím schématu jsou znázorněny tyto čtyři metodické kroky procesu výroby bioplynu.

Schéma č.: 3, Obecný přehled získávání bioplynu



Zdroj: Průvodce výrobou a využitím bioplynu

V prvním metodickém kroku probíhá doprava substrátu a jeho skladování v jímkách na kejdu a sběrných nádržích. Vyžaduje-li to složení substrátu je předupraven například přidáním močůvky pro jeho ztekucení, či rozsekáním tuhých vláken. Pokud je jako substrát využíván i odpadní materiál jakým je například biologicky rozložitelný komunální odpad, vyžaduje úpravu v hygienizačním zařízení. Druhý postupový krok, samotné získávání bioplynu je realizován v bioplynovém reaktoru, nebo-lifermentoru. Třetí postupový krok je představován skladováním fermentačních zbytků a vynášením zfermentovaného substrátu jako hnojiva na zemědělskou půdu. Čtvrtý metodický krok sestává z jímání bioplynu, jeho skladování v plynojemech a následné transformaci na elektrickou energii a teplo v kogenerační jednotce.

#### **4.9 Právní předpisy vztahující se k výstavbě a provozu bioplynových stanic**

V následujícím přehledu norem jsou uvedeny a stručně popsány ty, které uvádí na svém portálu eagri.cz Ministerstvo zemědělství (Švec a kol., 2010) :

##### **Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu**

Hlavním účelem tohoto metodického pokynu je zavázat příslušné orgány státní správy v oblasti životního prostředí k jednotnému postupu při povolování a schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu a optimalizovat podmínky jejich provozu z hlediska životního prostředí. Metodický pokyn je určen především úředníkům státní správy a provozovatelům k zajištění kvalifikovaného schvalovacího procesu a k eliminaci problémů s umístěním bioplynových stanic.

Metodický pokyn je zaměřen na následující oblasti:

- aspekty povolovacího procesu
- podmínky umístění zdroje,
- požadavky na projektovou dokumentaci,
- požadavky na stavbu, vybavenost technologie, provoz technologie a další technickoorganizační opatření,
- požadavky na provoz BPS,
- požadavky na manipulaci/nakládání se surovinou/odpady,
- požadavky na manipulaci s fermentačním zbytkem,
- požadavky na provozní řád.

##### **Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí**

Na základě jmenovitého tepelného výkonu zařízení – kogenerační jednotka, nebo pokud bude v zařízení nakládáno s ostatními odpady ve smyslu zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, bude krajský úřad posuzovat nutnost

provedení zjišťovacího řízení či provedení celého procesu EIA (Environment Impact Assessment – posouzení vlivů na životní prostředí).

### **Zákon č. 76/2002 Sb., zákon o integrované prevenci**

Ke stavebnímu povolení se předkládá platné integrované povolení, které stanoví podmínky k provozu zařízení dle zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, v platném znění. Podle tohoto zákona musí mít integrované povolení zařízení na odstraňování odpadů, které nejsou klasifikovány jako nebezpečný odpad o kapacitě větší než 50 t denně a zařízení na odstraňování nebo využití konfiskátů živočišného původu a živočišného odpadu o kapacitě zpracování větší než 10 t denně.

### **Zákon č. 183/2006 Sb., stavební zákon**

Vhodnost či naopak nevhodnost území pro bioplynové provozy na svém území mohou definovat jednotlivé kraje i obce během přípravy a schvalování územně plánovací dokumentace. Výsledkem jsou zásady územního rozvoje na úrovni krajů a územní plány obcí. Pokud investor bioplynové stanice hodlá umístit svůj záměr v území, kde s tímto typem staveb územní plán nepočítal, může sám vyvolat jeho změnu. Pokud obec nemá dosud vůbec schválený územní plán pro své nezastavěné a nezastavitelné území, není zde možné povolit stavbu. Podrobnosti jak k územnímu plánování, tak k vydání rozhodnutí o umístění stavby upravuje zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

Při výstavbě bioplynové stanice lze požádat stavební úřad o vyhlášení ochranného pásma podle § 83 stavebního zákona s návrhem na vydání územního rozhodnutí:

- zemědělské bioplynové stanice min. 300 m vzhledem k územnímu plánování rodinné výstavby
- ostatní bioplynové stanice min. 800 m vzhledem k územnímu plánování rodinné výstavby

### **Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon**

Podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění je nutné mít povolení od příslušného vodoprávního úřadu k vypouštění odpadních vod do vod povrchových nebo podzemních. Vodoprávní úřad stanoví podle nařízení vlády č. 61/2003 Sb., § 3 odst. 2 emisní limity, případně lhůtu k dosažení emisních limitů podle požadavku tohoto nařízení, pokud jde o případy, kdy podle zákona č. 254/2001 Sb., § 38 odst. 9 nebo § 127 odst. 6 se povoluje vypouštění odpadních vod s přípustnými hodnotami ukazatelů znečištění odpadních vod vyššími než hodnoty stanovené tímto nařízením a o citlivých oblastech podle nařízení vlády 229/2007 Sb.. Dále stanovuje způsob, četnost, typ a místo odběru vzorků vypouštěných odpadních vod, včetně způsobů provádění rozborů, následné vyhodnocení výsledků rozborů jednotlivých ukazatelů znečištění a jejich předání vodoprávnímu úřadu.

### **Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší**

Jako podklad pro územní a stavební řízení je krajským úřadem vydáváno samostatné povolení podle § 17 zmíněného zákona. Investor musí doložit odborný posudek a rozptylovou studii. V povolení jsou stanoveny emisní limity jak pro vlastní bioplynový provoz, tak i pro zařízení na využití bioplynu. Zákon o ochraně ovzduší u středních (spalovací technologie) a velkých (fermentační provoz) stacionárních zdrojů znečištění také vyžaduje schválení provozního řádu. Vzhledem k charakteru provozu bioplynových stanic je navržena doba zkušebního provozu minimálně 6 a maximálně 12 měsíců. Pokud dojde ke změně skladby surovin/odpadů a tato změna není podchycena v projektové dokumentaci, řídí se dle § 17 odst. 2 písm. f) zákona o ochraně ovzduší a provozovatel je povinen žádat o povolení u příslušného orgánu ochrany ovzduší. Podle vyhlášky č. 362/2006 Sb., o způsobu stanovení koncentrace pachových látek, musí bioplynová stanice dodržovat přípustnou míru obtěžování zápachem.

Další prováděcí vyhlášky a nařízení k zákonu o ochraně ovzduší, které mají vazbu na provoz bioplynových stanic:

- Vyhláška č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší
- a podmínky jejich uplatňování.
- Nařízení vlády č. 615/2006 Sb., o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.
- Nařízení vlády č. 146/2007 Sb., o emisních limitech a dalších podmínkách provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.
- Vyhláška č. 357/2002 Sb., kterou se stanoví požadavky na kvalitu paliv z hlediska ochrany ovzduší.

#### **Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, a jeho prováděcí vyhlášky**

Příslušný obecní úřad obce s rozšířenou působností vydává vyjádření v územním a stavebním řízení z hlediska nakládání s odpady (§ 79 odst. 4 písm. b) zákona o odpadech. Provozovatel bioplynové stanice zpracovávající biologicky rozložitelné odpady je povinen provozovat toto zařízení se souhlasem k provozování zařízení podle § 14 odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb., zákona o odpadech. Pokud se jedná o provoz zařízení k využívání biologicky rozložitelných odpadů, ve kterém se zpracovávají vedlejší živočišné produkty, je nutné kladné vyjádření příslušného orgánu ochrany veřejného zdraví ke zpracování provozního řádu, jehož návrh se zasílá k odsouhlasení na krajský úřad podle § 14 odst. (1) zákona o odpadech.

Další potřebné náležitosti potřebné k získání souhlasu dle § 14 odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb. jsou stanoveny v § 1 prováděcí vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.

#### **Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech**

Jestliže má být digestát použit jako hnojivo, musí splnit podmínky dané zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech, včetně případné registrace či ohlášení u Ústředního kontrolního



a zkušebního ústavu zemědělského (ÚKZÚZ). Skladovat digestát lze v nepropustných nadzemních, popřípadě částečně zapuštěných nádržích nebo v zemních jámkách. Tuhý separát je pak možno skladovat ve stavbách zabezpečených stejným způsobem jako stavby pro skladování tuhých statkových hnojiv, s vyloučením přítoku povrchových nebo srážkových vod, jejichž součástí je sběrná jámka tekutého podílu. Pokud separát pochází ze statkových hnojiv, může být před použitím uložen na zemědělské půdě nejdéle po dobu 24 měsíců. Nesmí dojít k přímému vniknutí či ke splachu hnojiva do povrchových vod a na sousední pozemky. Musí být dodržen ochranný pás, kde se nehnojí, o šířce 3 m okolo vodního toku. Pozornost aplikaci by měli věnovat zemědělci hospodařící ve zranitelných oblastech (cca 50 % zemědělské půdy) – např. omezení hnojení (zákazy hnojení či omezení celkové dávky dusíku k plodinám).

Z hlediska výstupu fermentačního zbytku z bioplynové stanice je několik možností jeho využití, pokud je výstup z bioplynové stanice přímo aplikován na zemědělskou půdu za účelem hnojení v souladu s příslušnými právními předpisy (zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd ve znění pozdějších předpisů), případně je-li dále zpracováván jako organické hnojivo a následně aplikován na zemědělskou půdu, nejedná se v tomto případě o odpad, ale o hnojivo, a je třeba dále postupovat podle příslušných předpisů resortu zemědělství.

Použití digestátu jako organického hnojiva na zemědělské půdě je určeno zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech, upřesněného vyhláškou č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva. Uvádění digestátu do oběhu prodejem nebo jiným způsobem je možné pouze na základě jeho registrace podle § 4 tohoto zákona. Je-li digestát používán na pozemcích samotného producenta, nemusí v tomto případě být registrován jako organické hnojivo.

Podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, je povinnost zaregistrovat hnojivo před jejich uvedením do oběhu – ÚKZÚZ. K registraci se musí přiložit vzorek pro ověření chemicko-fyzikálních vlastností. Rozbory provede akreditovaná laboratoř metodami uvedenými ve vyhlášce č. 273/1998 Sb., o odběrech a chemických rozbořech vzorků hnojiv. Vyhláška č.

474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, udává limitní hodnoty obsahu rizikových prvků.

### **Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie**

Podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů upravuje zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (dále jen zákon o podpoře OZE). Na základě uvedeného zákona jsou provozovatelé distribučních soustav a provozovatelé přenosové soustavy povinni přednostně připojit k soustavě výrobu elektřiny na bázi OZE, pokud splňuje podmínky připojení a dopravy elektřiny stanovené zákonem č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích, a dále pokud v místě připojení není prokazatelný nedostatek kapacity. Provozovatelé regionálních distribučních soustav a provozovatelé přenosové soustavy jsou na svém licenci vymezeném území povinni vykoupit veškerou elektrickou energii vyrobenou z obnovitelných zdrojů. Výrobce elektřiny má právo volby, zda využije systému výkupních cen nebo systému zelených bonusů. Uvedené systémy nelze kombinovat.

V případě, že se výrobce rozhodne využít systém výkupních cen, odebere od něj veškerou vyrobenou elektřinu provozovatel soustavy, ke které bude daná výrobná připojena. Za takto dodanou elektřinu obdrží výrobce od provozovatele soustavy výkupní cenu (Kč/MWh) určenou cenovým rozhodnutím, které vydává každoročně Energetický regulační úřad (dále jen ERÚ).

Pokud výrobce zvolí podporu formou zelených bonusů, může vyrobenou elektřinu prodat za tržní cenu jakémukoliv obchodníkovi s elektřinou v ČR nebo oprávněnému zákazníkovi, a provozovatel soustavy, ke které je výrobná připojena, vyplatí výrobcovi zelený bonus. Výrobce, který vyrábí elektřinu z obnovitelných zdrojů pro vlastní potřebu, je povinen předávat naměřené nebo vypočtené údaje o množství jím vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů provozovateli regionální distribuční soustavy nebo provozovateli přenosové soustavy. Splněním této povinnosti vzniká výrobcovi nárok na úhradu zeleného bonusu.

Zákon o podpoře OZE říká, že výkupní ceny musí být nastaveny tak, aby bylo dosaženo 15leté doby návratnosti investice a dále, že výkupní ceny stanovené ERÚ pro následující kalendářní rok nesmí být nižší než 95 % hodnoty výkupních cen platných v roce, v němž se o novém stanovení rozhoduje. Výše zeleného bonusu není fixována. Při jeho stanovování zohledňuje ERÚ předpokládanou výši ceny silové elektřiny v daném roce a rizikový faktor, kterým je to, že výrobce si musí sám nalézt odběratele.

Vyhláška ERÚ č. 150/2007 Sb., o způsobu regulace cen v energetických odvětvích a postupech pro regulaci cen, uvádí, že výkupní ceny jsou uplatňovány po dobu životnosti výroby a dále, že po dobu životnosti výroby elektřiny, zařazené do příslušné kategorie podle druhu využívaného obnovitelného zdroje a data uvedení do provozu, se výkupní ceny meziročně zvyšují s ohledem na index cen průmyslových výrobců minimálně o 2 % a maximálně o 4 %, s výjimkou výroben spalujících biomasu a bioplyn.

#### **Vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při výrobě elektřiny z biomasy**

Vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky č. 453/2008 Sb. (dále jen „Vyhláška“) je jednou z prováděcích vyhlášek k zákonu č. 180/2005 Sb. V případě, že provozovatel výroby elektřiny využívá pro výrobu elektřiny biomasu, je třeba se řídit právě uvedenou Vyhláškou. Na základě hodnot výhřevnosti, průměrných nákladů na obstarání biomasy a přínosu způsobu užití jednotlivých druhů biomasy k udržitelnému rozvoji vyhláška provádí kategorizaci druhů biomasy do jednotlivých skupin, pro které jsou cenovým rozhodnutím stanoveny výše výkupních cen a zelených bonusů.

Cenové rozhodnutí ERÚ, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z OZE, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů, se v případě výroby elektřiny z biomasy odkazuje právě na Vyhlášku.

**Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2009 ze dne 3. listopadu 2009, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů**

Cenové rozhodnutí ERÚ umožňuje nově od 1.1.2010 podpořit využití bioplynu resp. biometanu (tedy bioplynu vyčištěného na kvalitu zemního plynu) také mimo areál bioplynové stanice prostřednictvím jeho vtláčení do sítě zemního plynu za splnění následujících podmínek:

- účinnost vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla v místě spotřeby je minimálně 75 %,
- výrobce elektřiny při uplatnění nároku na podporu doloží provozovateli elektrizační distribuční soustavy pořízení bioplynu dodaného do plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy,
- vykazovacím obdobím je jeden měsíc, přičemž plyn odebraný z plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy se považuje za bioplyn do okamžiku, kdy se v rámci jednoho kalendářního roku množství tepelného ekvivalentu odebraného plynu rovná množství tepelného ekvivalentu bioplynu, který byl na jiném místě do plynárenské distribuční nebo přenosové soustavy vtláčen,
- kvalita bioplynu dodávaného do plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy nesmí ohrožovat spolehlivý a bezpečný provoz plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy,
- dodávka bioplynu do plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy a odběr bioplynu
- z plynárenské distribuční nebo přepravní soustavy musí být měřena průběhovým měřením typu A.

Pokud jsou tyto podmínky splněny, je výrobce elektřiny oprávněn inkasovat podporu dle zákona

č. 180/2005 Sb. tak, jako by byla elektřina vyrobena v BPS kategorie AF2 (dle vyhlášky č. 482/2005 Sb., v aktuálním znění).

## **5 Praktická část**

### **5.1 Charakteristika investičního projektu**

#### **5.1.1 Provozovatel**

Sledovaná bioplynová stanice je provozována Zemědělským družstvem Dešov nacházejícím se v kraji Vysočina, okres Třebíč. Družstvo bylo zapsáno u Krajského soudu v Brně 22. června 1961. Hlavním předmětem podnikání družstva je zemědělská výroba. Živočišná výroba je orientována na chov skotu a prasat, rostlinná výroba pak na produkci obilovin, řepky, olejného lnu, krmných plodin a krmiv. Družstvo hospodaří na 3 167 ha zemědělské půdy, přičemž 1 500 ha je půdou ornou. V majetku družstva je 1 070 kusů hovězího dobytka a 1 472 kusů prasat. Podnik zaměstnává 59 pracovníků.

Mezi vedlejší předměty podnikání patří dále služby v oblasti oprav zemědělských strojů, klempířství a oprava karoserií, zámečnictví, obráběčství, zednictví, nákladní dopravy vozidly nebo jízdními soupravami přesahující povolenou hmotnost 3,5 tuny jsou-li určeny k přepravě zvířat nebo věcí. Výroba, instalace, opravy elektrických strojů a přístrojů, elektronických a telekomunikačních zařízení. Činnost účetních poradců, vedení účetnictví, vedení daňové evidence a výroba elektrické energie.

Z pohledu organizační struktury se družstvo člení na šest středisek:

- Rostlinná výroba
- Živočišná výroba
- Mechanizační středisko
- Bioplynová stanice
- Sklady
- Správní středisko

### 5.1.2 Popis bioplynové stanice

Hlavním dodavatelem technologického řešení a projekčních prací, jakožto i poradenských služeb v oblasti financování a dotací bioplynové stanice byla česká společnost Farmtec a.s.. Bioplynová stanice je koncipována jako takzvaný systém „kruh v kruhu“. Určujícím znakem tohoto konceptu je uspořádání fermentoru do dvou soustředných skruží. Technologie fermentace zde probíhá mokrou cestou, a to jako fermentace dvoustupňová, kdy první stupeň probíhá ve vnějším prstenci a druhý stupeň pak ve vnitřním fermentoru. K přečerpávání substrátu mezi nádržemi zde dochází prostým přepadem. Jako výhody systému jsou uváděny především nižší náklady na vytápění fermentoru, jelikož zde není nutné vytápět dvě samostatná tělesa. Další úspory plynou ze způsobu pohybu substrátu mezi fermentory bez využití čerpadel. Efektivnější je také promíchávání substrátu v nádržích. Těleso fermentoru je částečně zapuštěné do země, čímž se jeho objem opticky zmenšuje a přispívá se tak k jeho lepší izolaci. Tento systém také umožňuje spojit fermentor s plynojemem formou nadstavby, v tomto případě však plynojem stojí samostatně mimo samotný fermentor. Substrát opouštějící prostor fermentace (digestát) je před přečerpáním do zadržovací nádrže proveden separátorem. Zde se ze substrátu oddělí sušina a výsledný kapalný materiál, takzvaný fugát je skladován v zadržovací nádrži a dále využíván jako statkové hnojivo na pozemcích družstva. Zbýlý tuhý separát je využit jako podestýlka pro hospodářská zvířata. Celý proces je do značné míry automatizován a řízen softwarem z velína, vyžaduje tedy minimum lidské práce. Ta je zapotřebí především při plnění substrátu do dávkovacího kontejneru. Vstupním materiálem je v případě hodnocené stanice především kejda prasat a skotu doplněná o silážovanou směs kukuřice a travní řezačky. Veškeré suroviny ze substrátu pro výrobu bioplynu jsou získávány vlastní rostlinnou a živočišnou výrobou družstva. O samotnou přeměnu bioplynu na elektrickou energii a teplo se stará kogenerační jednotka Jenbacher o výkonu 523 Kwh.

Vyrobená elektrická energie se zpeněžuje v rámci režimu Zeleného bonusu. Část produkce elektrické energie je spotřebována přímo v podniku běžným provozem a také přímo samotným provozem bioplynové stanice. Zbytek je poté prodán do veřejné sítě. Tepelná energie vznikající při kogeneraci je zpětně využívána při technologickém zpracování substrátu ve fermentorech a vytápění administrativních budov družstva.

Na konci ledna roku 2009 byly zahájeny přípravné a stavební práce a v září téhož roku byla hotová stavba předána. V říjnu 2009 byl zahájen zkušební provoz a do konce roku byla postupně navyšována dosažitelná výkonnost stanice z 60% do plného potenciálu zařízení. Během této doby se také podařilo ustálit technologickou spotřebu zařízení vyprodukované elektrické energie z průměrných 8,5% na 5,5%. Důležitým faktorem bylo, že při zavádění zařízení do provozu byla jako substrát určený k fermentaci využívána pouze kukuřičná siláž náročná na ředění vodou a promíchávání. Teprve poté byla směs obohacena o prasečí kejdu a kejdu skotu bohatou na živiny. Od ledna roku 2010 je bioplynová stanice v plném provozu.

Součástí bioplynové stanice tvoří především fermentor, dávkovací kontejner, zadržovací jímka, plynojem, kontejner sloužící jako strojovna kogenerační jednotky, samotná kogenerační jednotka a kontejner poskytující zázemí pro řídicí pracoviště zařízení. Dalšími stavebními a technickými prvky stanice jsou transformátor elektrické energie a prostor pro separaci digestátu. Společně s bioplynovou stanicí byly také vybudovány nové pojezdové a manipulační plochy, kanalizace a teplovod. Stavba se nachází v prostorách družstva v bezprostřední blízkosti ustájení hospodářských zvířat.

## 5.2 Financování projektu

Celkové náklady projektu zahrnující veškeré stavby a technické zařízení bioplynové stanice, včetně stavebních prací a inženýrské činnosti dosáhly částky 63 181 704 Kč. Projekt byl financován podnikatelským úvěrem v celkové hodnotě 63 200 000 Kč. Podrobnosti o úvěru jsou uvedeny v následující tabulce.

*Tabulka č.: 6 Základní informace o podnikatelském úvěru*

|               |     |            |
|---------------|-----|------------|
| výše úvěru    | kč  | 63 200 000 |
| úroková míra  | %   | 3,8        |
| doba splácení | let | 8          |

*Zdroj: interní data podniku*

Ke splacení úvěru včetně úroků dojde v roce 2017. Průběh splátek je vyjádřen v následující tabulce. Výše úroků je spočtena podle vzorce (3.18).

Tabulka č.: 7 Splátky úvěru a průběh placených úroků

| splátka č: | počáteční stav (Kč) | výše splátky (Kč) | úrok (Kč) |
|------------|---------------------|-------------------|-----------|
| 1          | 63 200 000          | 9 309 592         | 2 401 600 |
| 2          | 56 292 008          | 9 309 593         | 2 139 096 |
| 3          | 49 121 513          | 9 309 594         | 1 866 617 |
| 4          | 41 678 538          | 9 309 595         | 1 583 784 |
| 5          | 33 952 731          | 9 309 596         | 1 290 204 |
| 6          | 25 933 343          | 9 309 597         | 985 467   |
| 7          | 17 609 219          | 9 309 598         | 669 150   |
| 8          | 8 968 778           | 9 309 599         | 340 814   |

Zdroj: vlastní zpracování na základě interních dat podniku

Výše roční splátky úvěru je 9 309 592 Kč. Celkově zaplatí družstvo na úrocích 11 276 733 Kč.

Zemědělské družstvo podalo žádost o dotaci z fondu Programu rozvoje venkova, a to v rámci dotačního programu Diverzifikace činností nezemědělské povahy. Na základě vyhovění žádosti mu bylo zpětně proplaceno 24 856 981,6 Kč představujících 40% nákladů na realizaci projektu (výše přiznané dotace je stanovena na základě předložených faktur za části stavebního díla a prací bez inženýrských činností).

### 5.3 Hodnocení ekonomické efektivity investice

#### 5.3.1 Definice variant

Pro zhodnocení investice pomocí vybraných hodnotících metod je v praktické části práce provedeno hodnocení v šesti variantách. Všechny varianty vycházejí ze stejného průběhu Cash flow daného predikcí budoucího vývoje podnikových dat. Rozhodující proměnnou odlišující jednotlivé varianty je hodnota diskontní úrokové míry. Její stanovení pro každou z variant je popsáno níže.



Varianta A využívá jako diskontní sazbu pro investice financované podnikatelským úvěrem výši tržní úrokové míry. V tomto případě byla tedy diskontní sazba stanovena jako 3,8%. Tato výše diskontu je pak shodná pro celou dobu životnosti investice.

Varianta B využívá pro stanovení diskontní sazby výpočtu průměrných vážených nákladů na kapitál – WAAC. Tato metoda zohledňuje jak náklady na kapitál cizí, tak náklady na kapitál vlastní. Zemědělské družstvo Dešov však náklady na vlastní kapitál nesleduje, varianta B proto za tyto náklady považuje alespoň míru inflace, respektive požadovaná výnosnost vlastního kapitálu je právě (roční) míra inflace. Hodnota WAAC bude vypočtena pro jednotlivé roky provozu investice a dále pro budoucí roky jako jejich průměr.

Varianta C pracuje s diskontní sazbou pouze na úrovni roční míry inflace v jednotlivých letech provozu investice s tím, že míra inflace pro budoucí období bude dána jejich průměrem. Tato varianta je jednoznačně optimistickou a nezahrnuje v sobě žádná rizika. Investici do výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie považuje díky státní podpoře za maximálně bezpečnou.

Varianta D vychází při stanovení diskontní sazby z doporučení Evropské komise pro posuzování investic, na které jsou čerpány prostředky z veřejných fondů. Toto doporučení stanovuje diskontní úrokovou míru na úrovni 5%.

Varianta E stejně jako varianta B vychází při stanovení diskontní sazby z výpočtu průměrných vážených nákladů na kapitál – WAAC. Zatímco však v předchozím případě byl požadavek na výnosnost vlastního kapitálu minimální, alespoň na úrovni roční inflace, vychází varianta E z opačného extrému. Za požadovanou výnosnost vlastního kapitálu požaduje kupónový výnos nejkvalitnějšího cenného papíru, dlouhodobého státního dluhopisu. Konkrétně dluhopisu z emise roku 2007 se splatností 15 let. Kupónový výnos činil u této ceniny 4,7%.

Varianta F vychází při stanovení diskontní sazby ze stejných metod a požadavků na výnosnost vlastního kapitálu jako varianta E. Rozdílem je zde však cenný papír, který

posloužil jako podklad pro výpočet hodnoty WAAC. Varianta F pracuje s dlouhodobým státním dluhopisem emitovaným v roce 2009, tedy v roce, kdy bylo rozhodnuto o investici, a započaly stavební práce na bioplynové stanici. Splatnost toho cenného papíru je 15 let a kupónový výnos činí 5,7%.

Vypočtené hodnoty průměrných vážených nákladů na kapitál, sloužící jako diskontní sazba variant B, E a F jsou uvedeny v tabulce č.: 19. Hodnoty diskontní úrokové míry pro jednotlivé roky provozu investice a následující období všech šesti variant jsou uvedeny v tabulce č.: 20.

### **5.3.2 Efekty provozu investice na výkaz Cash Flow**

#### **Tržby**

Jak již bylo uvedeno, zpeněžuje družstvo vyrobenou elektrickou energii v režimu Zeleného bonusu. Znamená to, že vedle přijatých plateb za elektrickou energii, která byla oceněna tržní cenou, má právo si nárokovat od provozovatele regionální distribuční soustavy na základě předloženého výkazu Zelené bonusu. Výši Zeleného bonusu každoročně upravuje a zveřejňuje ve svém cenovém rozhodnutí Energetický regulační úřad. Pro potřeby práce je budoucí vývoj produkce elektrické energie a vývoje tržních cen, stejně tak jako úrovně Zeleného bonusu stanoven na základě trendové funkce časové řady. Vnitropodniková data časových řad jsou výstupem softwaru bioplynové stanice sledující produkci elektrické energie a její spotřebu v družstvu. Tržní ceny elektrické energie byly v tomto případě realizovány u energetické společnosti EON. Výše Zeleného bonusu je dána rozhodnutím Energetického regulačního úřadu v závislosti na typu bioplynové stanice a výkonu kogenerační jednotky.

Tabulka č.: 8 Roční produkce MWh elektrické energie v jednotlivých letech provozu investice

| roční produkce MWh | rok      |          |          |          |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|
|                    | 2010     | 2011     | 2012     | 2013     |
| KVET               | 4545,65  | 4528,13  | 4508,29  | 4609,758 |
| ZB                 | 4288,15  | 4263,8   | 4263,4   | 4367,453 |
| EON                | 3603,558 | 3569,665 | 3522,552 | 3693,246 |

Zdroj: interní data podniku

Údaj KVET představuje celkové množství MWh elektrické energie vyprodukované kogenerační jednotkou za rok. ZB je celkové množství energie snížené o spotřebu bioplynové stanice, která vzniká při jejím provozu. Na tento objem elektrické energie si podnik nárokuje Zelený bonus. Hodnota EON pak představuje množství energie dodané do přenosové sítě po odečtení energetické spotřeby bioplynové stanice, spotřeby družstva a ztrát vznikajících na trafostanici při přenosu do veřejné sítě. Tato elektrická energie je oceněna tržními cenami.

Tabulka č.: 9 Výkupní ceny elektrické energie a Zelený bonus

| výkupní cena Kč/MW | rok  |      |      |      |
|--------------------|------|------|------|------|
|                    | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Zelené bonusy      | 3150 | 3150 | 3007 | 3060 |
| tržní cena energie | 1150 | 1070 | 1250 | 1160 |

Zdroj: interní data podniku, rozhodnutí ERU.

V průběhu lineárního trendu se postupně prosazuje růst produkce elektrické energie v délce nové časové řady  $n = 20$  let. Tento růst byl omezen na úroveň 4620 MWh jako nejvyšší dosažitelné teoretické hodnoty vygenerované softwarem sledující procesy v bioplynové stanici. Tato hodnota je dána technologickými možnostmi zařízení a výkonem kogenerační jednotky. Přepočtení celkového vyprodukovaného množství elektrické energie KVET na hodnoty ZB a EON od bodu dosažení maximální teoretické úrovně je provedeno na základě zjištěné průměrné roční energetické spotřebě bioplynové stanice 5,5%, spotřebě družstva 13% a ztrátám trafostanice 4% z celkového vyprodukovaného množství elektrické

energie. Při odhadu nové ceny Zeleného bonusu je jeho nejnižší hodnota dána úrovní 2900 Kč/MWh. Průběh celé nové časové řady vývoje cen a produkce elektrické energie je uveden v následujících tabulkách.

*Tabulka č.: 10 Predikce vývoje cen elektrické energie a zeleného bonusu*

| výkupní cena<br>kč/MW | rok  |      |      |      |        |        |        |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|--------|--------|--------|------|------|------|
|                       | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014   | 2015   | 2016   | 2017 | 2018 | 2019 |
| Zelené bonusy         | 3150 | 3150 | 3007 | 3060 | 2988,5 | 2947,2 | 2905,9 | 2900 | 2900 | 2900 |
| cena síťové energie   | 1150 | 1070 | 1250 | 1160 | 1210   | 1231   | 1252   | 1273 | 1294 | 1315 |
| výkupní cena<br>kč/MW | rok  |      |      |      |        |        |        |      |      |      |
|                       | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024   | 2025   | 2026   | 2027 | 2028 | 2029 |
| Zelené bonusy         | 2900 | 2900 | 2900 | 2900 | 2900   | 2900   | 2900   | 2900 | 2900 | 2900 |
| cena síťové energie   | 1336 | 1357 | 1378 | 1399 | 1420   | 1441   | 1462   | 1483 | 1504 | 1525 |

*Zdroj: vlastní zpracování na základě vnitropodnikových dat (tržní cena realizovaná u společnosti EON, rozhodnutí ERU)*

*Tabulka č.: 11 Predikce vývoje produkce elektrické energie v nadcházejících letech*

| roční<br>produkce<br>MWh | rok    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                          | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   |
| KVET                     | 4545,7 | 4528,1 | 4508,3 | 4609,8 | 4591,1 | 4608,3 | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   |
| ZB                       | 4288,2 | 4263,8 | 4263,4 | 4367,5 | 4355,1 | 4378,8 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 |
| EON                      | 3603,6 | 3569,7 | 3522,6 | 3693,2 | 3652,7 | 3674,9 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 |
| roční<br>produkce<br>MWh | rok    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                          | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025   | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   |
| KVET                     | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   | 4620   |
| ZB                       | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 | 4365,9 |
| EON                      | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 | 3646,4 |

*Zdroj: vlastní zpracování na základě podnikových dat*

## **Provozní náklady**

### **Vstupní materiál – substrát pro výrobu bioplynu**

Substrát je tvořen kejdou prasat, kejdou skotu a silážovanou kukuřicí s travní řezačkou. Veškeré vstupní materiály produkuje družstvo jako vedlejší produkt živočišné výroby a

jako produkty rostlinné výroby ve vlastní režii a jsou oceňovány vnitropodnikovými cenami. Kejda prasat a skotu je oceněna jako statkové hnojivo a siláž podle kalkulačního vzorce v rostlinné výrobě zahrnující i náklady na silážování. Spotřeba jednotlivých složek substrátu za jednotlivé roky provozu je uvedena v tabulce č.: 12.

*Tabulka č.: 12 Spotřeba vstupních materiálů*

| spotřeba (t) | rok     |          |         |          |
|--------------|---------|----------|---------|----------|
|              | 2010    | 2011     | 2012    | 2013     |
| kejda prasat | 2917,45 | 3775,75  | 3963,87 | 4598,777 |
| kejda skotu  | 9936,87 | 12682,96 | 12799,8 | 14669,47 |
| Siláž        | 8471,8  | 9340,1   | 8021    | 8447,8   |

*Zdroj: interní data podniku*

Jednotlivé složky substrátu jsou vzájemně zaměnitelné, ale z technologického hlediska nelze například zcela vypustit ze směsi siláž, kvůli potřebě nezbytného množství sušiny ve směsi. Budoucí spotřeba jednotlivých materiálů je pro další roky provozu investice dána průměrem za poslední čtyři roky. Spotřeba složek substrátu v jednotlivých letech za celý uvažovaný provoz investice je uvedena v příloze.

Vnitropodnikové ceny používaných složek substrátu pro příslušné roky jsou uvedeny v tabulce č.: 13.

*Tabulka č.: 13 Vnitropodnikové ocenění vstupů vlastní výroby*

| cena (Kč/t)  | rok  |      |      |      |
|--------------|------|------|------|------|
|              | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| kejda prasat | 50   | 50   | 50   | 50   |
| kejda skotu  | 50   | 50   | 50   | 50   |
| siláž        | 540  | 720  | 630  | 640  |

*Zdroj: interní data podniku, ocenění vstupů vnitropodnikovými cenami, vnitropodnikové ocenění siláže na základě kalkulačního vzorce*

Zatímco kejda prasat a skotu je oceňována shodně na úrovni 50 Kč za tunu, je cena siláže ovlivňována hektarovými výnosy kukuřice v daném roce, respektive v roce předcházejí sklizně. Z pohledu optimalizace vstupů se dá říci, že není podstatné jak velké množství kejdy skotu či prasat bude zfermentováno, neboť jsou oceněny zcela stejně. Z pohledu družstva lze konstatovat, že ideální substrát pro potřeby výroby bioplynu obsahuje pokud možno co nejméně siláže, neboť představuje největší náklad. Ceny jednotlivých složek substrátu pro další roky provozu investice jsou dány průměrem cen za poslední čtyři roky. Jejich průběh v časové řadě je uveden v následujících tabulkách.

Tabulka č.: 14 Predikce vývoje cen vstupů vlastní výroby družstva

| cena (kč/t)  | rok   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  |
| kejda prasat | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| kejda skotu  | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| siláž        | 540   | 720   | 630   | 640   | 632,5 | 655,6 | 639,5 | 641,9 | 642,4 | 644,9 |
| cena (kč/t)  | rok   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|              | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  |
| kejda prasat | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| kejda skotu  | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    | 50    |
| siláž        | 642,2 | 642,9 | 643,1 | 643,2 | 642,8 | 643   | 643,1 | 643,1 | 642,9 | 643   |

Zdroj: vlastní zpracování na základě podnikových dat

Tabulka č.: 15 Predikce budoucí spotřeby jednotlivých složek substrátu

| spotřeba (t) | rok     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|              | 2010    | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    |
| kejda prasat | 2917,5  | 3775,8  | 3963,9  | 4598,8  | 3814,0  | 4038,1  | 4103,7  | 4138,6  | 4023,6  | 4076,0  |
| kejda skotu  | 9936,9  | 12683,0 | 12799,8 | 14669,5 | 12522,3 | 13168,6 | 13290,0 | 13412,6 | 13098,4 | 13242,4 |
| siláž        | 8471,8  | 9340,1  | 8021,0  | 8447,8  | 8570,2  | 8594,8  | 8408,4  | 8505,3  | 8519,7  | 8507,0  |
| spotřeba (t) | rok     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|              | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    | 2029    |
| kejda prasat | 4085,5  | 4080,9  | 4066,5  | 4077,2  | 4077,5  | 4075,5  | 4074,2  | 4076,1  | 4075,8  | 4075,4  |
| kejda skotu  | 13260,9 | 13254   | 13213,8 | 13242,7 | 13242,7 | 13238,2 | 13234,2 | 13239,5 | 13238,7 | 13237,7 |
| siláž        | 8485,1  | 8504,3  | 8504    | 8500,1  | 8498,4  | 8501,7  | 8501    | 8500,3  | 8500,4  | 8500,9  |

Zdroj: vlastní zpracování na základě podnikových dat

### **Náklady na zaměstnance**

Provoz bioplynové stanice je z velké části automatizovaný a tak jsou nároky na lidskou práci v jeho průběhu celkem nízké. Její obsluha si vyžaduje dva pracovníky, kteří touto činností tráví 2-4 hodiny pracovní doby.

### **Náklady provozu bioplynové stanice**

Tato položka představuje náklady na nakupované materiály nezbytné k běžnému provozu zařízení. Jsou jimi například náhradní díly a maziva. Jako hodnota této položky byl použit měsíční průměr za poslední rok.

### **Opravy a údržba**

V této položce jsou zahrnuty náklady na běžnou údržbu, kterou si družstvo provádí samo nebo externě a opravy především na strojních zařízeních, které si obstarává dodavatelským způsobem.

### **Pojištění bioplynové stanice**

Vzhledem k vysoké ceně investice přistoupilo zemědělské družstvo k pojištění budov a strojního zařízení bioplynové stanice.

### **Daň z nemovitosti**

Od této daně jsou podle zákona č. 338/1992 Sb. o dani z nemovitosti, ve znění pozdějších předpisů, osvobozeny na 5 let pozemky tvořící jeden funkční celek s generátory bioplynu, včetně systému jejich využití, je-li získaná energie dodávána do sítě či dalším spotřebitelům.

Tabulka č.: 16 Přehled provozních nákladů spojených s bioplynovou stanicí

|  |        |            |
|--|--------|------------|
| zaměstnanci<br>(2 lidé/30% prac. Doby) | Kč/rok | 118 231,20 |
| opravy                                 | Kč/rok | 1 250 000  |
| maziva, náhradní díly                  | kč/rok | 516 000    |
| pojištění                              | Kč/rok | 45 000     |
| daň z nemovitosti                      | Kč/rok | 1 843      |

Zdroj: interní data podniku

### Úvěrová splátka

Úvěrová splátka zatěžuje Cash flow investice, výše splátek úvěru a nákladů na úvěr (úroků) jsou naznačeny v tabulce č.: 7.

### Daň z příjmu

Podle § 4, odst. 1, písm. e) zákona č. 586/1992 Sb., o daních z příjmů jsou příjmy z provozování bioplynové stanice po dobu 5 let od uvedení bioplynové stanice do provozu osvobozeny od daní z příjmů. Pro vyčíslení daně je v práci k výpočtu použita sazba daně z příjmu ve výši 19%. Pro výpočet čistého zisku je zapotřebí odečíst od příjmů hodnotu provozních nákladů, úroků z úvěru a odpisů. Hodnota úroků v jednotlivých letech splácení úvěru je vyjádřena v tabulce č. 7. Odpisy majetku nevytváří reálný odsun peněz z podniku, ale jako daňově uznatelný náklad snižují daňový základ. Struktura daňových odpisů majetku investice je podle vzorce (3.15) vyjádřena v následující tabulce.

Tabulka č.: 17 Daňové odpisy majetku

| třída | suma (Kč)     | 1 rok (Kč) | zbytek (Kč) | let celk. |
|-------|---------------|------------|-------------|-----------|
| 1     | 212 734,02    | 42 547     | 85 094      | 3         |
| 2     | 19 558 843,23 | 2 151 473  | 4 351 842   | 5         |
| 3     | 980 594,38    | 53 933     | 102 962     | 10        |
| 4     | 2 494 198,71  | 53 625     | 128 845     | 20        |
| 5     | 14 247 978,51 | 199 427    | 484 431     | 30        |
| 6     | 241 236,30    | 2 461      | 4 872       | 50        |

Zdroj: vlastní zpracování na základě normativního předpisu



Odepisovaná hodnota majetku je snížena o přijaté dotace.

Při určování provozních nákladů bioplynové stanice na výrobu elektrické energie a tepla budou tyto náklady rozděleny podle tepelné a elektrické účinnosti instalované kogenerační jednotky. Elektrická účinnost  $\eta = 41,1\%$ , tepelná účinnost  $\eta = 42\%$ . Celková účinnost kogenerační jednotky je tedy  $83,1\%$ . Zbylý potenciál bioplynu zůstává nevyužit, náklady na jeho výrobu budou přesto rozděleny mezi produkci tepla a elektrické energie. Vyrobenou tepelnou energii družstvo neprodává, ale využívá ji pro své potřeby. Nepřináší mu tak peněžní prostředky, ale vytváří výnosy z úspory nakoupených energií.

### **5.3.3 Stanovení diskontní míry**

Pro potřeby hodnocení investice je nutné diskontovat tok peněžních příjmů Cash flow z investice na současnou hodnotu a zohlednit tak při výpočtu Cash flow faktor času. Pro práci je stanovena diskontní sazba v šesti variantách. Varianta A počítá s diskontní sazbou cizího kapitálu, která je při financování projektu podnikatelským úvěrem rovna tržní úrokové míře. Hodnota diskontní sazby pro variantu A je  $3,8\%$ . Varianta B, E a F při výpočtu současné hodnoty Cash flow využívá hodnoty průměrných vážených nákladů na kapitál – WAAC. Její hodnoty jsou vyčísleny níže. Varianta C považuje investici do bioplynové stanice vzhledem ke státní podpoře obnovitelných zdrojů energie jako zcela bezrizikovou a jako diskontní sazbu využívá roční míru inflace a dále její průměr. Výše míry inflace pro jednotlivé roky jsou dány její roční mírou podle Českého statistického úřadu. Varianta D naopak je variantou opatrnostní a za diskontní sazbu, pro výpočet současné hodnoty Cash flow, považuje její doporučenou hodnotu při posuzování investic, na které jsou čerpány dotace z veřejných fondů. Její výše je dána doporučením Evropské komise, a to  $5\%$ .

#### **Průměrné vážené náklady na kapitál**

Tato metoda stanovení diskontní míry zohledňuje jak náklady na cizí kapitál, tak náklady na kapitál vlastní. Podnik sám o sobě náklady na vlastní kapitál nesleduje, proto pro

potřeby hodnocení investice bude jako minimální požadovaná výnosnost vlastního kapitálu pro variantu B považována roční míra inflace. Takto stanovená požadovaná výnosnost vlastního kapitálu je v práci považována za nejnižší možnou. Pro varianty E a F je naopak požadovaná výnosnost vlastního kapitálu stanovena jako nejvyšší možná. Jejich úrovně jsou dány kuponovým výnosem dlouhodobých státních dluhopisů z let 2007 a 2009. Jejich výše je zveřejněna na internetových stránkách České národní banky. V tabulce č.: 17 jsou uvedena podkladová data pro výpočet vážených nákladů na kapitál.

*Tabulka č.: 18 Podkladová data pro výpočet WAAC*

| rok                            | 2010        | 2011        | 2012        | 2013        |
|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| vlastní kapitál Kč             | 115 428 000 | 126 822 000 | 139 847 000 | 154 503 000 |
| požadovaný výnos % (var. B)    | 1,5         | 1,9         | 3,3         | 1,4         |
| požadovaný výnos % (var. E)    | 4,7         | 4,7         | 4,7         | 4,7         |
| požadovaný výnos % (var. F)    | 5,7         | 5,7         | 5,7         | 5,7         |
| cizí kapitál Kč                | 63 200 000  | 56 202 008  | 49 121 513  | 41 678 538  |
| úroková míra %                 | 3,8         | 3,8         | 3,8         | 3,8         |
| celkový zpoplatněný kapitál Kč | 178 628 000 | 183 024 008 | 188 968 513 | 196 181 538 |
| sazba daně z příjmu %          | 19          | 19          | 19          | 19          |

*Zdroj: interní data podniku, rozvaha*

Výpočtem, podle vzorce průměrných vážených nákladů na kapitál, (3.19) dostaneme hodnoty diskontních sazeb pro jednotlivé roky.

*Tabulka č.: 19 Průměrné vážené náklady na kapitál*

| WAAC       | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|------------|------|------|------|------|
| varianta B | 2,06 | 2,26 | 3,24 | 1,76 |
| varianta E | 6,58 | 6,83 | 7,09 | 7,35 |
| varianta F | 7,23 | 7,53 | 7,83 | 8,13 |

*Zdroj: vlastní zpracování*

Diskontní sazba pro rok 2014 a následující je poté stanovena jako průměr hodnot WAAC za sledované roky 2010 až 2013.

V následující tabulce jsou v procentním vyjádření uvedeny hodnoty diskontních sazeb pro jednotlivé varianty.

Tabulka č.: 20 Diskontní sazba pro jednotlivé varianty uvedená v procentech

| varianta | rok  |      |      |      |          |
|----------|------|------|------|------|----------|
|          | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014,... |
| A        | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8  | 3,8      |
| B        | 2,06 | 2,26 | 3,24 | 1,76 | 2,33     |
| C        | 1,5  | 1,9  | 3,3  | 1,4  | 2,03     |
| D        | 5    | 5    | 5    | 5    | 5        |
| E        | 6,58 | 6,83 | 7,09 | 7,35 | 6,96     |
| F        | 7,23 | 7,53 | 7,83 | 8,13 | 7,68     |

Zdroj: vlastní zpracování

### 5.3.4 Doba návratnosti investice

Ukazatel udává, za jak dlouho se počáteční investiční výdaje na investici vyrovnají kumulativním příjmům z investice. Obecně platí, že investice je přijatelná, pokud je doba návratnosti kratší než doba životnosti. U bioplynových stanic by se investice v ideálním případě měla navrátit do 15 let jejího provozu. V tabulce jsou vypočtené hodnoty diskontované doby návratnosti pro jednotlivé varianty podle vzorce (3.1).

Tabulka č.: 21 Doba návratnosti investice pro jednotlivé varianty uvedená v letech

| varianta | diskontovaná doba návratnosti |
|----------|-------------------------------|
| A        | 13,23                         |
| B        | 9,93                          |
| C        | 9,79                          |
| D        | 16,65                         |
| E        | 24,10                         |
| F        | 27,55                         |

Zdroj: vlastní zpracování

Podle očekávání mají varianty B a C s nízkou diskontní mírou nejkratší téměř shodnou dobu návratnosti investice. Její úroveň v horizontu deseti let představuje velmi příznivý vývoj a vysokou ekonomickou efektivitu, kdy návratnost investice lze očekávat do poloviny její uvažované životnosti, která je pro práci stanovena jako dvacet let. Varianta A, jejíž diskontní úroková míra je stanovena shodně jako úroková míra tržní, také vykazuje

příznivé ekonomické efekty, i přesto, že je mnohem citlivější k rizikům plynoucím z investice. V případě varianty D, která pracuje s doporučenou diskontní sazbou a byla výše popsána jako varianta opatrnější je podle kritéria doby splatnosti možné prohlásit ji za realizovatelnou. Naopak nerealizovatelné jsou varianty E a F, podle kterých dojde ke splacení investičního projektu až po době uplynutí jeho životnosti. Tento fakt je dán jednoznačně vysokým výnosem dlouhodobých státních dluhopisů, který byl pro tyto varianty použit jako minimální požadovaný výnos vlastního kapitálu při výpočtu průměrných vážených nákladů na kapitál. Diskontované Cash flow obou těchto variant pak nevytvářelo dostatečně vysoký kumulovaný příjem. Průběh kumulovaných diskontovaných příjmů investice v jednotlivých variantách je vyčíslen v následující tabulce.

Tabulka č.: 22 Kumulované Cash flow investice pro jednotlivé varianty v tis. Kč.

| Kumulované Cash flow investice |            |            |            |            |            |            |
|--------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| rok                            | varianta A | varianta B | varianta C | varianta D | varianta E | varianta F |
| 2010                           | 3 778,16   | 5 298,05   | 5 914,35   | 3 002,22   | 2 226,25   | 1 972,78   |
| 2011                           | 6 818,35   | 9 397,56   | 10 313,44  | 5 418,02   | 3 934,60   | 3 473,91   |
| 2012                           | 10 234,88  | 13 204,46  | 14 076,37  | 8 132,88   | 5 764,83   | 5 068,65   |
| 2013                           | 13 740,67  | 18 418,70  | 19 673,60  | 10 918,66  | 7 554,80   | 6 615,15   |
| 2014                           | 17 176,30  | 22 988,47  | 24 270,24  | 13 648,69  | 9 439,39   | 8 264,12   |
| 2015                           | 20 041,02  | 26 798,86  | 28 103,05  | 15 925,07  | 11 010,81  | 9 639,08   |
| 2016                           | 23 084,42  | 30 846,92  | 32 174,91  | 18 343,43  | 12 680,25  | 11 099,79  |
| 2017                           | 26 104,71  | 34 864,23  | 36 215,85  | 20 743,42  | 14 337,00  | 12 549,41  |
| 2018                           | 32 059,04  | 42 784,15  | 44 182,34  | 25 474,87  | 17 603,21  | 15 407,25  |
| 2019                           | 38 039,50  | 50 738,81  | 52 183,78  | 30 227,09  | 20 883,74  | 18 277,64  |
| 2020                           | 43 662,36  | 58 217,83  | 59 706,78  | 34 695,14  | 23 968,12  | 20 976,39  |
| 2021                           | 49 312,12  | 65 732,63  | 67 265,77  | 39 184,57  | 27 067,25  | 23 688,05  |
| 2022                           | 54 991,43  | 73 286,74  | 74 864,30  | 43 697,49  | 30 182,60  | 26 413,90  |
| 2023                           | 60 700,03  | 80 879,80  | 82 502,02  | 48 233,68  | 33 314,01  | 29 153,80  |
| 2024                           | 66 438,71  | 88 512,87  | 90 179,98  | 52 793,77  | 36 461,92  | 31 908,14  |
| 2025                           | 72 197,06  | 96 172,12  | 97 884,27  | 57 369,49  | 39 620,62  | 34 671,92  |
| 2026                           | 77 984,89  | 103 870,56 | 105 627,98 | 61 968,64  | 42 795,49  | 37 449,85  |
| 2027                           | 83 802,16  | 111 608,17 | 113 411,09 | 66 591,18  | 45 986,51  | 40 241,91  |
| 2028                           | 89 648,92  | 119 385,00 | 121 233,66 | 71 237,15  | 49 193,71  | 43 048,13  |
| 2029                           | 95 525,02  | 127 200,85 | 129 095,48 | 75 906,44  | 52 417,00  | 45 868,42  |

Zdroj: vlastní zpracování

Ačkoliv je doba návratnosti pro varianty A, B, C a D kratší, než uvažovaná doba životnosti investičního projektu, která byla v tomto případě stanovena na 20 let a investici lze tedy ve

všech těchto případech považovat za realizovatelnou, je varianta D s diskontní mírou 5% svou dobou návratnosti za horizontem 15 let, který si stanovil Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Varianty E a F s průměrnou diskontní mírou 6,96% a 7,68% jsou nepřijatelnými.

### 5.3.5 Čistá současná hodnota investice

Tato metoda určuje budoucí hodnotu výnosů z investice. Jde o vyjádření současné hodnoty příjmů sníženou o současnou hodnotu výdajů. Čistá současná hodnota tedy představuje zvýšení či snížení hodnoty podniku realizací investice. Za realizovatelnou lze považovat pouze takovou investici, jejíž čistá současná hodnota je kladná. Čistá současná hodnota pro jednotlivé varianty je spočtena podle vzorce (3.2).

*Tabulka č.: 23 Čistá současná hodnota pro jednotlivé varianty*

| varianta | čistá současná hodnota Kč |
|----------|---------------------------|
| A        | 38 248 848                |
| B        | 64 019 149                |
| C        | 73 813 975                |
| D        | 17 417 412                |
| E        | -10 764 703               |
| F        | -17 313 282               |

*Zdroj: vlastní zpracování*

Podle výše uvedeného kritéria je investice realizovatelná pro varianty A, B, C a D. Největší ekonomické zhodnocení potom přináší varianta C. Je však třeba říci, že varianta C pracuje s nejnižší diskontní sazbou, která je stanovena pouze na úrovni inflace a nepracuje s možným rizikem investice. Lze jí označit za variantu maximálně optimistickou, protože považuje investici do bioplynové stanice díky vládní podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za bezrizikovou. Stejně tak pro variantu B, která pracuje s diskontní sazbou, danou průměrnými váženými náklady na kapitál platí, že za minimální požadovanou procentní míru zhodnocení vlastního kapitálu považuje právě míru inflace.

Varianty E a F pak vytváří dokonce záporné ekonomické efekty a jsou tedy považovány za nerealizovatelné.

### 5.3.6 Vnitřní výnosové procento

Výstupem této metody hodnocení investice je hodnota takové diskontní míry, při které je čistá současná hodnota rovna nule a investici je ještě možné realizovat. Diskontní sazba vyšší než vnitřní výnosové procento představuje hodnotu, při které již není investice realizovatelná.

Postupnou aproximací byly nalezeny tyto hodnoty diskontní míry tak, aby se čistá současná hodnota co nejvíce blížila nule. Poté byl proveden výpočet vnitřního výnosového procenta podle vzorce (3.8).

*Tabulka č.: 24 Vnitřní výnosové procento*

|             | diskontní sazba | hodnota investice | ČSH    | VVP  |
|-------------|-----------------|-------------------|--------|------|
| ČSH kladná  | 5,967           | 63 181 704        | 8 712  | 6,04 |
| ČSH záporná | 5,968           | 63 181 704        | -3 213 |      |

*Zdroj: vlastní zpracování*

Z výpočtu vyplývá, že investice je ještě realizovatelná při hodnotě diskontní sazby na úrovni 6,04%. Při úrovni provozních nákladů a tržeb daných množstvím vyprodukované elektřiny a jejich výkupních cen, které byly predikovány pro délku časové řady  $n = 20$  let, bude investice již nerealizovatelnou při diskontní úrokové míře vyšší než právě 6,04%.

### 5.3.7 Komparace variant

Pro potřebu komparace jednotlivých variant, pro které byly v dosavadním průběhu práce stanoveny jednotlivé ekonomické ukazatele, budou využity tyto dva. Hodnota kumulovaného diskontovaného Cash flow, kterou vytvoří investice za dobu její životnosti a doba návratnosti investice, která s ní přímo souvisí. V následující tabulce jsou pracovní

varianty seřazeny sestupně podle jejich ekonomické efektivity, tedy nejvyšší hodnoty kumulovaného Cash flow a nejkratší doby návratnosti investice.

*Tabulka č.: 25 Kumulované Cash flow a doba návratnosti jednotlivých variant*

| varianta | kumulované diskontované Cash flow za dobu životnosti investice (Kč) | doba návratnosti investice (let) |
|----------|---|----------------------------------|
| C        | 129 095 476,65  | 9,79                             |
| B        | 127 200 852,55  | 9,93                             |
| A        | 95 525 017,27   | 13,23                            |
| D        | 75 906 438,45   | 16,65                            |
| E        | 52 417 001,13   | 24,10                            |
| F        | 45 868 421,90   | 27,55                            |

*Zdroj: vlastní zpracování*

Všechny varianty v práci pracovaly se shodným průběhem Cash flow generovaným provozem bioplynové stanice. Odlišujícím faktorem byla hodnota diskontní úrokové míry, kterou byl průběh Cash flow upraven na jeho současnou hodnotu. Pořadí variant v tabulce č.: 24 pak odpovídá vzestupnému pořadí variant podle velikostí diskontní míry variant. Varianty s nižší hodnotou diskontní sazby dosahují vyšší ekonomické efektivity. Není však pravdou, že průběh vývoje Cash flow v celé časové řadě je u všech variant stejný, pouze procentuálně nižší či vyšší podle konkrétní diskontní úrokové míry. V tabulce č.: 25 je podle vzorce (3.20) vyjádřen průměrný absolutní přírůstek Cash flow pro všechny varianty.

*Tabulka č.: 26 Průměrné absolutní přírůstky Cash flow jednotlivých variant*

| Průměrný absolutní přírůstek cash flow jednotlivých variant |            |            |            |           |           |           |
|---|------------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| varianta  | B          | A          | C          | D         | E         | F         |
| přírůstek (Kč)  | 132 515,86 | 110 417,70 | 102 498,63 | 87 740,52 | 52 475,64 | 44 605,88 |

*Zdroj: vlastní zpracování*

Jak je vidět v tabulce dosahuje varianta A s vyšší diskontní mírou vyššího absolutního průměrného přírůstku Cash flow než varianta C, ačkoliv celková suma Cash flow, kterou investice pro tuto variantu přinese za dobu její životnosti je výrazně nižší. Ještě patrnější je tento rozdíl v případě varianty B, která se úrovní diskontní sazby s variantou C liší pouze minimálně.

## 6 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zhodnocení ekonomické efektivity investice do výstavby a provozu bioplynové stanice, kterou realizovalo Zemědělské družstvo Dešov jako prostředek diversifikace podnikání. Samotnou práci lze rozdělit na dvě hlavní části. Teoretickou, ve které je vysvětleno, co považuje technická praxe za bioplyn, způsob jeho výroby v prostředí zemědělských bioplynových stanic a technologické procesy v těchto zařízeních. Popsán je zde způsob, jakým je bioplyn přeměňován na elektrickou a tepelnou energii a legislativa vymezující podnikání v oboru výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů, v tomto případě bioplynu, v prostředí České republiky. Praktická část práce pak na základě podnikových dat a predikce jejich budoucího vývoje hodnotí investici pomocí hodnotících metod. Jsou jimi Doba návratnosti investice, Čistá současná hodnota investice a metoda Vnitřního výnosového procenta. Součástí praktické části je také popis konkrétní bioplynové stanice, jejího provozovatele a investice jako takové.

Investiční projekt financovalo družstvo podnikatelským úvěrem, jehož výše činí 63 200 000 Kč s dobou splatnosti 8 let a úrokovou mírou 3,8%. K jeho splacení dojde podle plánu v roce 2017. Celkové náklady projektu zahrnující veškeré stavby a technické zařízení bioplynové stanice, včetně stavebních prací a inženýrské činnosti dosáhly částky 63 181 704 Kč. Zemědělské družstvo podalo žádost o dotaci z fondu Programu rozvoje venkova, a to v rámci dotačního programu Diverzifikace činností nezemědělské povahy. Na základě vyhovění této žádosti byla družstvu zpětně vyplacena dotace ve výši 40% nákladů na realizaci projektu. Předseda družstva, pan Ing. Zdeněk Pop, považuje tuto částku za vysokou a připisuje tento úspěch především faktu, že jejich podnik byl prvním subjektem v okrese realizujícím podobnou investici.

Vnitropodniková data, se kterými pracovala praktická část práce, byla napozorována za období let 2010 až 2013. Jednalo se především o výstupy softwaru sledujícího procesy v bioplynové stanici. Tyto výstupy obsahují informace o množství a skladbě substrátu používaného k získávání bioplynu v jednotlivých měsících a letech provozu stanice. Množství elektrické energie generované kogenerační jednotkou, její spotřebu způsobenou provozem samotné stanice, spotřebu vnitropodnikovou a množství ztrát, které vzniká při transformaci energie na síťové napětí ve chvíli, kdy je distribuována do přenosové sítě



odběratele. V přímé souvislosti s tím byly dále provozovatelem, zemědělským družstvem, poskytnuty kalkulace nákladů vnitropodnikových cen materiálů vlastní produkce používaných jako substrát pro výrobu bioplynu. Výkupní ceny elektrické energie stanovené odběratelem, energetickou společností EON a výše Zeleného bonusu danou rozhodnutím Energetického regulačního úřadu v závislosti na daném typu bioplynové stanice a výkonu kogenerační jednotky. Pro potřebu výpočtu Cash flow byla poskytnuta také skladba a výše provozních nákladů doprovázející provoz bioplynové stanice.

### **Kvantifikace peněžních toků provozu bioplynové stanice**

Hodnota Cash flow byla vypočtena pro celou délku časové řady danou životností investice, která v tomto případě je stanovena jako 20 let. Za tímto účelem byla provedena predikce budoucího vývoje spotřeby materiálu a produkce elektrické energie, stejně tak, jako jejich cen. Důležitým pro výpočet se stal fakt, že budoucí nejnižší hodnota Zeleného bonusu, stanoveného trendovou funkcí, se omezila na úroveň 2900 Kč/MW. Ačkoliv trend vývoje časové řady je jednoznačně klesající, práce předpokládá, že cena Zeleného bonusu v budoucnosti nebude nižší. Tento předpoklad vychází ze Zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, který upravuje výkupní ceny elektřiny tak, aby doba návratu investice byla kratší, než 15 let její životnosti. Stejně tak v případě maximálního ročního vyprodukovaného množství energie je tato hodnota omezena na 4620 MWh. Toto číslo vychází z technologické kapacity dané bioplynové stanice a výkonu kogenerační jednotky 523 KW/h.

*Tabulka č.: 27 Nediskontované kumulované Cash flow investice v tis. Kč*

|           |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| rok       | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      | 2014      |
| Cash flow | 7 965,8   | 14 375,6  | 21 578,9  | 28 970,4  | 36 213,9  |
| rok       | 2015      | 2016      | 2017      | 2018      | 2019      |
| Cash flow | 42 253,9  | 48 670,5  | 55 038,4  | 67 592,3  | 80 201,4  |
| rok       | 2020      | 2021      | 2022      | 2023      | 2024      |
| Cash flow | 92 056,4  | 103 968,2 | 115 942,3 | 127 978,1 | 140 077,4 |
| rok       | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      |
| Cash flow | 152 218,1 | 164 421,0 | 176 686,0 | 187 013,1 | 201 402,1 |

*Zdroj: Vlastní zpracování*

V tabulce číslo 27 je kvantifikováno kumulované nediskontované Cash flow investice v jednotlivých letech její životnosti. Průběh diskontovaných peněžních toků investice v jednotlivých variantách, ve kterých byla hodnocena, je znázorněn v tabulce číslo 22.

### **Vnitřní výnosové procento investice**

Za těchto předpokladů vypočteného Cash flow na základě podnikových dat a takto stanovené doby životnosti investice, byla vypočtena hodnota Vnitřního výnosového procenta. Jeho hodnota 6,04% znamená, že právě při takovéto úrovni diskontní úrokové míry, je hodnota Čisté současné hodnoty dané investice, za daných podmínek rovna nule a tato investice je považována za realizovatelnou, ačkoli již nepřináší kapitálové zvýšení hodnoty podniku. V případě vyšší diskontní sazby, než právě 6,04% by již naopak tato investice snižovala kapitálovou hodnotu družstva a z pohledu hodnotící metody Vnitřního výnosového procenta je považována za nerealizovatelnou.

### **Doba návratnosti investice a Čistá současná hodnota investice**

Doba návratnosti investice a Její Čistá současná hodnota byla v praktické části vypočtena různě v závislosti na použité diskontní sazbě. Pro výpočet byla diskontní úrokovou míra zvolena v šesti variantách. Průběh kumulovaného diskontovaného Cash flow jednotlivých variant je uveden v tabulce č.: 22. V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty Čisté současné hodnoty investice, Doby návratnosti investice a hodnota Vnitřního výnosového procenta pro všechny varianty.

*Tabulka č.: 28 Výsledky sledovaných ekonomických ukazatelů pro jednotlivé varianty*

| varianta | čistá současná hodnota investice (Kč) | doba návratnosti investice (let) | vnitřní výnosové procento |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| A        | 38 248 848                            | 13,23                            | 6,04                      |
| B        | 64 019 149                            | 9,93                             |                           |
| C        | 73 813 975                            | 9,79                             |                           |
| D        | 17 417 412                            | 16,65                            |                           |
| E        | -10 764 703                           | 24,10                            |                           |
| F        | -17 313 282                           | 27,55                            |                           |

*Zdroj: Vlastní zpracování*

## **Komparace variant a zhodnocení jejich budoucího přínosu podniku**

Komparací variant podle ekonomických ukazatelů Doby návratnosti investice a kumulovaného Cash flow investice byla jako nejrentabilnější varianta určena varianta C, naopak nejhorších ekonomických efektů dosahuje investice ve variantě F. V tabulce číslo 25 jsou varianty seřazeny sestupně podle vybraných dosahovaných ekonomických ukazatelů.

**Varianta A** využívá jako diskontní sazbu pro investice financované podnikatelským úvěrem výši tržní úrokové míry. V tomto případě byla tedy diskontní sazba stanovena jako 3,8%. Podle kritérií metody Vnitřního výnosového procenta je tedy tato varianta považována za přijatelnou, neboť diskontní sazba je nižší než 6,04%. Doba návratnosti investice pro variantu A byla stanovena na 13,23 let. Tedy kratší než uvažovaná doba životnosti investice  $n=20$  let a tedy i z tohoto pohledu vyhovující. Čistá současná hodnota investice pro tuto variantu vychází kladně a přináší podniku zhodnocení ve výši 38 248 848 Kč. Takovouto investici lze za těchto podmínek prohlásit za rentabilní, zdravou.

**Varianta B** využívá pro stanovení diskontní sazby výpočtu průměrných vážených nákladů na kapitál – WAAC. Tato metoda zohledňuje jak náklady na kapitál cizí, tak náklady na kapitál vlastní. Jak již bylo uvedeno, družstvo náklady na vlastní kapitál nesleduje, varianta B však za tyto náklady považuje alespoň míru inflace, respektive požadovaná výnosnost vlastního kapitálu je právě míra inflace. Diskontní sazba tak byla vypočtena pro jednotlivé roky 2010 až 2013 a dále jako jejich průměr pro zbytek celé časové řady na úrovni 2,33%. Diskontní úroková míra je tedy i v tomto případě nižší než 6,04% a investice by měla být za těchto podmínek realizovatelnou. Doba návratnosti investice v případě varianty B je 9,93 let a tedy dokonce kratší než polovina životnosti dané investice. Čistá současná hodnota investice pro tuto variantu je stanovena jako částka 64 019 149 Kč. V této variantě je tedy investice realizovatelná a přináší družstvu také vysoké kapitálové zhodnocení.

**Varianta C** je variantou zdaleka neoptimističtější a diskontní sazbu stanovuje jako nejnižší možnou, právě jako míru inflace. Pro jednotlivé roky 2010 až 2013 je stanovena jako roční míra inflace a dále jako jejich průměr na úrovni 2,03%. Opět je jasně nižší než hodnota vnitřního výnosového procenta a tedy je investice i v tomto případě

realizovatelnou. Doba návratnosti investice byla pro takto stanovenou diskontní sazbu vypočtena jako 9,79 let. Je tedy kratší než dvacetiletá doba životnosti a tím za daných podmínek a úrovně diskontní úrokové míry činí investici přijatelnou. Čistá současná hodnota je v případě varianty C 73 813 975 Kč. Ze všech variant přináší právě varianta C nejvyšší kapitálové zhodnocení a činí investic nejen realizovatelnou, ale také vysoce rentabilní.

**Varianta D** vychází při stanovení diskontní sazby z doporučení Evropské komise pro posuzování investic, na které jsou čerpány prostředky z veřejných fondů. Toto doporučení stanovuje diskontní úrokovou míru na úrovni 5%. I s takto vysokou diskontní sazbou je však stále investice podle hodnotících kritérií metody Vnitřního výnosového procenta pro družstvo přijatelnou. Doba návratnosti investice byla pro variantu D vypočtena jako 16,65 let. Je tedy z tohoto pohledu realizovatelnou, ačkoli je již za horizontem 15 let, ideálem Zákona o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Čistá současná hodnota investice byla pro tuto variantu vypočtena jako částka 17 417 412 Kč.

**Varianta E** stejně jako varianta B vychází při stanovení diskontní sazby z výpočtu průměrných vážených nákladů na kapitál – WAAC. Zatímco však v předchozím případě byl požadavek na výnosnost vlastního kapitálu minimální, alespoň na úrovni roční inflace, vychází varianta E z opačného extrému. Za požadovanou výnosnost vlastního kapitálu požaduje kupónový výnos nejkvalitnějšího cenného papíru, dlouhodobého státního dluhopisu. Konkrétně dluhopisu z emise roku 2007 se splatností 15 let. Kupónový výnos činil u této ceniny 4,7%. Následně vypočítaná hodnota WAAC pro roky 2010 až 2013 stanovila diskontní sazbu pro nadcházející roky jejich průměrem na 6,96%. Tato hodnota diskontní sazby již je vyšší než vnitřní výnosové procento pro danou investici 6,04%. To znamená, že je v tomto případě investice nerentabilní a tedy nerealizovatelnou. Doba návratnosti investice byla pro variantu E vypočtena na 24,1 let. To je o více než 4 roky déle než stanovená doba životnosti investice  $n=20$  let. Čistá současná hodnota investice je tedy zákonitě záporná a zhoršuje kapitálovou hodnotu družstva o částku 10 764 703 Kč. V případě varianty E je daná investice za daných podmínek pro podnik nepřijatelnou.

**Varianta F** vychází při stanovení diskontní sazby ze stejných metod a požadavků na výnosnost vlastního kapitálu jako varianta E. Rozdílem je zde však cenný papír, který

posloužil jako podklad pro výpočet hodnoty WAAC. Varianta F pracuje s dlouhodobým státním dluhopisem emitovaným v roce 2009, tedy v roce, kdy bylo rozhodnuto o investici, a započaly stavební práce na bioplynové stanici. Splatnost toho cenného papíru je 15 let a kupónový výnos činí 5,7%. Následně vypočtená průměrná diskontní úroková míra činila 7,68%. Opět je tedy vyšší než hodnota vnitřního výnosového procenta vypočteného pro danou investici a činí jí tak v této variantě nerealizovatelnou. Doba návratnosti investice byla v této variantě stanovena na 27,55 let, o 7,55 let delší než je samotná její životnost. Čistá současná hodnota investice je záporné hodnoty a investice jako taková by za těchto podmínek zhoršovala kapitálovou hodnotu družstva o 17 313 282 Kč. V této variantě je investice podle všech hodnotících kritérií nepřijatelná.

Pokud jde o autorovo osobní zhodnocení a konečný výrok, považuje výsledky hodnocení investice v případě varianty C a F za krajní. Varianta C pracující s diskontní sazbou na úrovni roční míry inflace je až příliš optimistickou a nezahrnuje v sobě žádná rizika, naopak varianta F požaduje až extrémní výnosnost vlastního majetku podniku a pracuje tak s velmi vysokou diskontní sazbou. Za racionální považuje autor práce hodnotit investici v rozsahu diskontní sazby varianty A, která pracuje s diskontem na úrovni tržní úrokové míry a varianty D, řídící se doporučující hodnotou diskontní úrokové míry podobných investičních projektů. V obou případech, za takto předpokládaného průběhu Cash flow a stanovené doby životnosti, je investice realizovatelnou, rentabilní, zdravou.

## 7 Použité zdroje

### Literatura

1. POLÁČKOVÁ, J. a kol. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů v zemědělství*. Praha : ÚZEI, 2010. ISBN 978-80-86671-75-8.
2. POLÁČKOVÁ, Jana. *Metodika kalkulací nákladů a výnosů bioplynových stanic v zemědělských podnicích*. Praha : Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2013. ISBN 978-80-7271-203-8.
3. FIBÍROVÁ, Jana, Jaroslav WAGNER a Libuše ŠOLJAKOVÁ. *Nákladové účetnictví: (Manažerské účetnictví I)*. 3., přeprac. vyd. Praha: Oeconomica, 2004, 374 s. ISBN 80-245-0746-3.
4. MACÍK, Karel. *Jak kalkulovat podnikové náklady*. 1.vyd. Ostrava: Montanex, 1994, 125 s. ISBN 80-857-8016-X.
5. HRADECKÝ, M., KONEČNÝ, M. *Kalkulace pro podnikatele* 1. vydání. Praha: Prospektrum, 2003. 153 s. ISBN 80 – 7175 – 119 – 7.
6. MACÍK, Karel. *Kalkulace a rozpočetnictví*. Vyd. 3. přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2008, 213 s. ISBN 978-800-1039-267.
7. FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Podnikatelský záměr a investiční rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 356 s. ISBN 80-247-0939-2.
8. SYNEK, Miloslav. *Podniková ekonomika*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 2000, xxii, 456 s. ISBN 80-717-9388-4.
9. KRÁL, Bohumil, et al. *Manažerské účetnictví*. Praha: Management press, 2003. 547s. ISBN 80-7261-062-7.

10. MÁČE, Miroslav. *Finanční analýza investičních projektů: praktické příklady a použití*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 77 s. ISBN 80-247-1557-0.
11. ŽÍDKOVÁ, Dana. *Investice a dlouhodobé financování*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1636-2.
12. VALACH, Josef, a kol. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování, 3. přepracované a rozšířené vydání*. Praha : EKOPRESS, 2011. ISBN: 978-80-86929-71-2.
13. ARLT, Josef. *Moderní metody modelování ekonomických časových řad*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 1999, 307 s. ISBN 80-716-9539-4
14. ARLT, Josef. *Ekonomické časové řady: [vlastnosti, metody modelování, příklady a aplikace]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 285 s. ISBN 978-80-247-1319-9.
15. SVATOŠOVÁ, Libuše a PRÁŠILOVÁ, Marie. *Statistické metody v příkladech*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2012. ISBN 978-80-213-1673-7.
16. STRAKA, František a Michal DOHÁNYOS. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha [i.e. Říčany u Prahy]: GAS, 2006, 706 s. ISBN 80-732-8090-6.
17. KOUŘA, Jaroslav. *Bioplynové stanice s mokrým procesem*. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2008, 119 s. ISBN 978-80-87093-33-7.
18. MURTINGER, Karel a Michal DOHÁNYOS. *Energie z biomasy: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, vi, 94 s. ISBN 80-736-6071-7.
19. KÁRA, Jaroslav. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.

20. GGMBH, Institut für Energetik und Umwelt, Bundesforschungsanstalt für LANDWIRTSCHAFT a Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Hrsg. von der Fachagentur Nachwachsen (FNR). *Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung*. Nachdr. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2005. ISBN 30-001-4333-5.
21. SCHULZ, Heinz. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-861-6721-6.
22. PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5.
23. ŠVEC, J a kol. – *Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství, zemědělské bioplynové stanice*, Chrudim: Vodní zdroje EKOMONITOR spol. s r.o., 2010, ISBN 978-80-86832-49-4
24. DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 281 s. ISBN 80-730-0118-7
25. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. Praha: CZ Biom, 2009, 155 s. ISBN 978-80-903777-5-2.



## Internetové stránky

1. Bioplyn. *Česká bioplynová asociace* [online]. © 2013 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/bioplyn/>
2. BIOPLYN Využití bioplynu. *Bioplyn* [online]. ©2007 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: [http://www.bioplyn.cz/at\\_bioplyn.htm](http://www.bioplyn.cz/at_bioplyn.htm)
3. Biom: biomasa, biopaliva,.. *BIOM* [online]. © 2001-2009 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz-bioplyn>
4. Kogenerační jednotky. *MOTORGAS* [online]. © 2011 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: <http://www.motorgas.cz/cz/vyrobky/kogeneracni-jednotky/jenbacher-motory/jenbacher-bioplyn/>
5. Program rozvoje venkova. *Eagri* [online]. © 2009-2015 [cit. 2014-09-20]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/program-rozvoje-venkova-na-obdobi-2007/>
6. Reference - bioplynové stanice. *Farmtec* [online]. 2012 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.farmtec.cz/reference-bioplynove-stance-172/bps-desov-526-kw-jenbacher-i43.html>
7. ERÚ - POZE. *Energetický regulační úřad* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/poze>
8. Veřejný rejstřík a sbírka listin. *Ministerstvo spravedlnosti* [online]. © 2012-2014 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=302337>
9. Průměrné mzdy. *Český statistický úřad* [online]. 2014 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/kalendar/aktual-pmz>

10. Inflace. *Český statistický úřad* [online]. 2015 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/mira\\_inflace](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/mira_inflace)

11. Seznam povinně kotovaných státních dluhopisů. *Česká národní banka* [online]. © 2003-2015 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: [http://www.cnb.cz/cs/financni\\_trhy/trh\\_statnich\\_dluhopisu/sd/FT\\_NEJLIKVIDNEJSI\\_EMISE\\_SD.HTM](http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/trh_statnich_dluhopisu/sd/FT_NEJLIKVIDNEJSI_EMISE_SD.HTM)

12. E.ON distribuce. *EON* [online]. © 2015 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.eon-distribuce.cz/cs/distribuce-elektriny/faq/pro-vyrobce-energie-z-obnovitelnych-zdroju.shtml>

## 8 Seznamy

### Seznam tabulek

- Tabulka č.: 1 - Teplotní rozdělení typů mikroorganismů
- Tabulka č.: 2 - Výtěžek plynu a obsah metanu ze statkových hnojiv
- Tabulka č.: 3 - Produktivita různých substrátů v procesu biomethanizace
- Tabulka č.: 4 - Průměrné složení bioplynu
- Tabulka č.: 5 - Spalovací parametry bioplynu ve srovnání s jinými hořlavými plyny
- Tabulka č.: 6 - Základní informace o podnikatelském úvěru
- Tabulka č.: 7 - Splátky úvěru a průběh placených úroků
- Tabulka č.: 8 – Roční produkce MWh elektrické energie v jednotlivých letech provozu
- Tabulka č.: 9 - Výkupní ceny elektrické energie a Zelený bonus
- Tabulka č.: 10 - Predikce vývoje cen elektrické energie a zeleného bonusu
- Tabulka č.: 11 - Predikce vývoje produkce elektrické energie v nadcházejících letech
- Tabulka č.: 12 - Spotřeba vstupních materiálů
- Tabulka č.: 13 - Vnitropodnikové ocenění vstupů vlastní výroby
- Tabulka č.: 14 - Predikce vývoje cen vstupů vlastní výroby družstva
- Tabulka č.: 15 - Predikce budoucí spotřeby jednotlivých složek substrátu
- Tabulka č.: 16 - Přehled provozních nákladů spojených s bioplynovou stanicí
- Tabulka č.: 17 - Daňové odpisy majetku
- Tabulka č.: 18 - Podkladová data pro výpočet WAAC
- Tabulka č.: 19 - Průměrné vážené náklady na kapitál
- Tabulka č.: 20 - Diskontní sazba pro jednotlivé varianty uvedená v procentech
- Tabulka č.: 21 - Doba návratnosti investice pro jednotlivé varianty uvedená v letech
- Tabulka č.: 22 - Kumulované Cash flow investice pro jednotlivé varianty v tis. Kč
- Tabulka č.: 23 - Čistá současná hodnota pro jednotlivé varianty
- Tabulka č.: 24 - Vnitřní výnosové procento
- Tabulka č.: 25 - Kumulované Cash flow a doba návratnosti jednotlivých variant
- Tabulka č.: 26 - Průměrné absolutní přírůstky Cash flow jednotlivých variant
- Tabulka č.: 27 – Nediskontované kumulované Cash flow investice v tis. Kč.
- Tabulka č.: 28 – Výsledky sledovaných ekonomických ukazatelů pro jednotlivé varianty

### **Seznam schémat**

Schéma č.: 1 - Fáze procesu vyhnívání

Schéma č.: 2 - Kombinovaná výroba elektřiny a tepla vs. prostá výroba tepla

Schéma č.: 3 - Obecný přehled získávání bioplynu

### **Seznam obrázků**

Obrázek č.: 1 - Hlavní komponenty zařízení, stavební seskupení a agregáty jednostupňové zemědělské bioplynové stanice s hygienizační jednotkou