

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**



**Popis a zhodnocení technologie na výrobu  
bioplynu ve vybraném podniku**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Bc. Jana Vávrová**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.**

**2019**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jana Vávrová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Popis a zhodnocení technologie na výrobu bioplynu ve vybraném podniku

Název anglicky

The description and evaluation of technology for biogas production in the selected company

---

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést popis a zhodnocení technologie na výrobu bioplynu ve vybraném podniku.

Seznámit se s problematikou výroby bioplynu a na základě rozboru současného stavu vybrané technologické linky/bioplynové stanice navrhnout inovaci se zaměřením na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory (např. energie, práce) a dodržení potřebných provozních parametrů. Na základě poznatků z literatury, vlastní analýzy a měření, provést rozbor jednotlivých možností a navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktickou aplikaci, která budou posouzena z hlediska technického a ekonomického a dopadů na životní prostředí.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce
4. Současný stav sledované problematiky
5. Vlastní řešení
6. Výsledky a diskuse
7. Závěr a doporučení
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

**Doporučený rozsah práce**

45 až 55 stran

**Klíčová slova**

Bioplyn, plyn, bioplynová stanice, biologicky rozložitelné odpady, zemědělské odpady

---

**Doporučené zdroje informací**

BRANDEJSOVÁ, E. – PŘIBYLA, Z.: Bioplynové stanice: zásady zřízení a provozu plynového hospodářství. Praha, GAS, 2009, 118 s., ISBN 978-80-7328-192-2

CENEK, M. et al.: Obnovitelné zdroje energie. FCC PUBLIC, Praha 2001, 208 s., ISBN 80-901985-8-9

PASTOREK, Z. – KÁRA, J. – JEVÍČ, P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC, Praha 2004, 286 s., ISBN 80-86534-06-5

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

STRAKA, F. et al.: Bioplyn. GAS s.r.o., Říčany 2003, 517 s., ISBN 80-7328-029-9

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

---

**Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra technologických zařízení staveb

---

**Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2019**

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

---

**Elektronicky schváleno dne 8. 1. 2019**

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2019

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Popis a zhodnocení technologie na výrobu bioplynu ve vybraném podniku“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Vaculíka, Ph.D., a použila jen pramenů, které jsem řádně citovala a uvedla v seznamu použité literatury.

Zároveň prohlašuji, že tištěná verze je shodná s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 18.4.2019

.....

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala svému školiteli doc. Ing. Petru Vaculíkovi, PhD., za odborné vedení, za pomoc a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Největší díky patří mé rodině a přátelům za obrovskou podporu, lásku a pozitivní energii.

## **Popis a zhodnocení technologie na výrobu bioplynu ve vybraném podniku**

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá popisem a zhodnocením technologie vybrané bioplynové stanice zasazené v širším kontextu aktuálního dění okolo problematiky produkce bioplynu.

Na základě osobních návštěv vybrané bioplynové stanice a poskytnutých materiálech, je v této práci uvedena stručná charakteristika podniku, podrobný popis technologického procesu na výrobu bioplynu a informace o aktuálním výnosu bioplynu.

Díky těmto informacím byla zhodnocena výše výnosu bioplynu v průběhu let v souvislosti s typem vstupních surovin a v rámci aktuálních trendů této problematiky byly navrženy technologické inovace, které přispívají k celkovému zlepšení ekonomické stránky podniku s ohledem na dopady na životní prostředí.

**Klíčová slova:** bioplyn, bioplynová stanice, biologicky rozložitelné odpady, zemědělské odpady, udržitelný rozvoj

## **The description and evaluation of technology for biogas production in the selected company**

### **Abstract**

This master thesis deals with the description and evaluation of the technology of selected biogas plant set in the wider context of current situation around biogas production.

Based on personal visits of this biogas plant and provided materials, this work presents a brief description of the company, a detailed description of the technological process of biogas production and information about current biogas yield.

Thanks to these informations the amount of biogas yield over the years in relation to the type of feedstock was evaluated and technological innovations were proposed within the current trends of this issue, which contribute the overall improvement of the economic aspect of the company with regard to environmental impacts.

**Key words:** biogas, biogas plant, biodegradable waste, agricultural waste, sustainable development

## Obsah

1	Úvod .....	9
2	Cíl práce .....	11
3	Metodika .....	12
4	Charakteristika problematiky výroby bioplynu.....	13
4.1	Základní definice a pojmy .....	13
4.2	Obnovitelné zdroje energie .....	14
4.3	Odpady a odpadové hospodářství .....	15
4.4	Biologicky rozložitelné odpady .....	16
4.4.1	Biomasa.....	17
4.5	Technologie využití a zpracování bioodpadů .....	17
4.5.1	Aerobní technologie – kompostování .....	17
4.5.2	Anaerobní technologie – výroba bioplynu .....	18
4.5.3	Proces tvorby bioplynu.....	19
4.5.4	Obecné podmínky tvorbu bioplynu .....	21
4.5.5	Druh a složení substrátu .....	21
4.6	Bioplyn.....	23
4.6.1	Chemické složení bioplynu a jeho fyzikální vlastnosti .....	23
4.6.2	Bioplyn a životní prostředí.....	25
4.7	Způsob nakládání s biologicky rozložitelnými odpady v ČR a EU .....	26
4.7.1	Právní předpisy ČR.....	26
4.7.2	Právní předpisy EU .....	27
4.7.3	Situace ve světě a u nás .....	28
5	Měření a výsledky .....	30
5.1	Charakteristika sledované linky na výrobu bioplynu .....	30
5.1.1	Vstupní materiály.....	30
5.1.2	Výstupy z BPS .....	31
5.2	Popis technologického zařízení.....	32

5.2.1	Příjem biomasy .....	32
5.2.2	Příjem kalů .....	33
5.2.3	Centrální rozdělovač substrátů (CRS) .....	34
5.2.4	Příjem VŽP – Linka termotlaké hydrolýzy (TTH) .....	34
5.2.5	Fermentační nádrže .....	36
5.2.6	Kogenerační jednotky .....	37
5.2.7	Separace a uskladnění digestátu .....	37
5.2.8	Energetické potrubní rozvody .....	37
5.2.9	Ostatní technologická zařízení .....	38
5.3	Vlastní měření .....	38
5.3.1	Lineární regrese .....	46
5.3.2	Zhodnocení ekonomické inovace .....	49
6	Diskuze .....	52
7	Závěr .....	53
	Zdroje: .....	54



# 1 Úvod

Stále pokračující čerpání celosvětových zdrojů fosilních paliv společně se stále narůstající spotřebou energie a negativním dopadem využívání právě těchto paliv na životní prostředí postupně vede k využívání alternativních obnovitelných zdrojů energie. Bioplyn by mohl být právě tím požadovaným potencionálním obnovitelným zdrojem pro tvorbu tepla, elektřiny, a i pohonných hmot, který by významně přispíval k udržitelnému rozvoji ve smyslu environmentálním i ekonomickém (ONTHONG et al., 2017). Navzdory tomu, že bioplyn zatím není schopný vytlačit fosilní paliva z jejich dominantního postavení na trhu s energiemi, má na rozdíl od nich zcela neomezené perspektivy pro budoucí využití. Bioplynové systémy ve všech možných uspořádání a variantách pracují jako plně obnovitelné zdroje podobně jako například solární systémy (STRAKA; 2006).

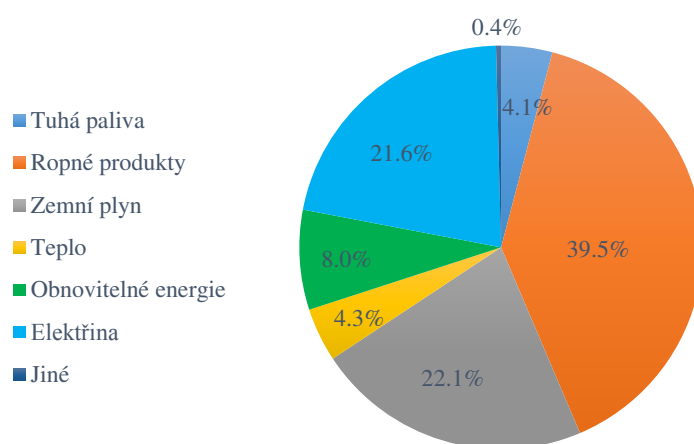
Současná iracionální míra užívání fosilních paliv a dopad vlivu skleníkového plynu na životní prostředí dohání nespočet vědců k výzkumu produkce obnovitelné energie z organických zdrojů a odpadů. Celosvětová poptávka po energii je vysoká a většina této energie pochází právě z fosilních zdrojů. Několik dosavadních výzkumů ukazuje, že anaerobní digesce je účinnou alternativní technologií kombinující produkci bioplynu a udržitelné odpadové hospodářství. Zároveň v dnešní době existuje pozitivně vzrůstající trend v bioplynovém průmyslu mající za následek nárůst inovativních technologií zabývající se produkcí bioplynu (ACHINAS et al., 2017).

Původně byl rozvoj bioplynových stanic vázán na zpracování zemědělských odpadů, hlavně z živočišné výroby (keřda, hnůj). Tento záměr umožňoval výrobu elektrické energie a tepla v lokálním měřítku a zároveň tak přinášelo řadu dalších výhod, například nabídku pracovních míst. V posledních letech však dochází k dramatickému poklesu stavu hospodářských zvířat, jeden z důvodů může být i postupně přibývajícím počtem zastánců názoru tzv. etických důvodů ke snížení živočišné produkce, toto vedlo k širšímu cílenému pěstování biomasy. Otázka je, která z těchto variant je správná? (MORHMANN; 2014)

Podíl energetických produktů na celkové spotřebě energie v EU jsou na prvním místě ropné produkty (topné oleje, benzín, nafta), které reprezentují 39 % z celkové konečné spotřebě energie, následuje elektřina a zemní plyn (22 %), obnovitelné zdroje (8 %), tuhá fosilní paliva (nejčastěji uhlí) a teplo získané pomocí spalování hořlavých paliv jako uhlí, zemní plyn, bioplyn a odpady a je používáno nejčastěji na vytápění a průmyslové procesy (4 %). Reálná spotřeba obnovitelných

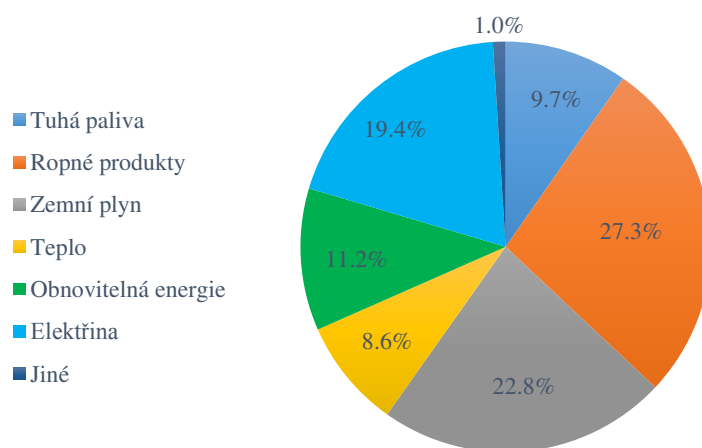
paliv je vyšší než 8 %, protože další obnovitelné zdroje jsou započteny ve spotřebě elektřiny (vodní elektrárny, větrné elektrárny, solární energie). V rámci 28 zemí Evropské Unie se konečná spotřeba energie značně liší. Například ropné produkty nabývají až 60 % na Kypru, Maltě a Lucembursku, zatímco plyn představuje více než 30 % v Nizozemí, Bulharsku a Slovensku. Obnovitelné zdroje energie dosahují 20 % již tradičně v Lotyšsku, Finsku a Švédsku, zatímco spotřeba elektřiny ve Švédsku a Maltě dosahuje 30 % jejich celkové konečné spotřeby energie. V České republice největší spotřební položkou jsou ropné produkty, obnovitelné zdroje energie zaujímají 11 %, což je více než evropský standart (EUROSTAT; 2016).

Obrázek 1: Podíl energetických produktů na celkové spotřebě energie v EU za rok 2016



Zdroj: EUROSTAT; 2016

Obrázek 2: Podíl energetických produktů v na celkové spotřebě energie v ČR za rok 2016



Zdroj: EUROSTAT;2016

## 2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je provést popis a zhodnocení technologie na výrobu bioplynu ve vybraném podniku.

Seznámit se s problematikou výroby bioplynu a na základě rozboru současného stavu vybrané technologické linky/bioplynové stanice navrhnout inovaci se zaměřením na posouzení nákladů na investice, předpokládané úspory (např. energie, práce) a dodržení potřebných provozních parametrů. Na základě poznatků z literatury, vlastní analýzy a měření, provést rozbor jednotlivých možností a navrhnout a doporučit vhodná opatření a řešení pro praktickou aplikaci, která budou posouzena z hlediska technického a ekonomického a dopadů na životní prostředí.

### 3 Metodika

V rámci stanovených cílů diplomové práce je účelem metodiky podrobná analýza bilance množství vstupních surovin, celková výnosnost vyprodukovaného bioplynu a zhodnocení optimálního využití stávající technologie v širších souvislostech. Dále je předmětem diplomové práce zhodnocení produkce bioplynu v závislosti na množství a druhu vstupních surovin.

V první řadě došlo ke studiu zejména zahraničních ale i domácích studií a literatury v oblasti obnovitelných zdrojů, odpadového hospodářství a samotné technologie na výrobu bioplynu. Na základě získaných poznatků probíhal samotný výzkum a analýza.

Data pro tento výzkum byla sbírána ze softwaru vybrané bioplynové stanice a doplněna pozorováním přímo v terénu včetně nestrukturovaných rozhovorů s provozovatelem bioplynové stanice a se zaměstnanci. Obdržená data jsou z období od června roku 2016 do června roku 2018. Tato data se týkala kvality bioplynu, množství a druhu vstupních surovin a výkonu bioplynové stanice. Pozorování v terénu probíhala v několika po sobě jdoucích návštěvách od května roku 2017 do října roku 2018. Data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel a R studio. Pro analýzu závislosti výnosu bioplynu na vstupních surovinách byla zpracována lineární regrese.

Hypotéza:

- $H_0$ : vstupní suroviny nemají vliv na výsledný výnos bioplynu

Proměnné analýzy:

- Vstupní suroviny rozdělené dle katalogového čísla odpadů a dále záměrně pěstovaná fytomasa a glycerin
- Celkové množství jednotlivých vstupních surovin za každý měsíc ve sledovaném období (t/měsíc)
- Množství vyprodukovaného bioplynu ( $m^3$ /měsíc)

Spotřeba bioplynu byla určena jako hlavní ukazatel kvality bioplynu. Pro analýzu celého období byla použita vícenásobná lineární regresní analýza, která slouží k analýze vlivu proměnných na výnos bioplynu. V rámci analýzy byl zanedbán vliv roku a měsíce na výsledný výnos bioplynu.

Další část analýzy se zabývá ekonomickými faktory se zaměřením na zvýšení výnosnosti některých vstupních surovin zejména fytomasy a zhodnocení možností využití odpadního tepla vyprodukované BPS dle odborné literatury a některých metod využívaných v praxi.

## 4 Charakteristika problematiky výroby bioplynu

Tato kapitola obsahuje výčet základních pojmů napříč celou touto problematikou, dále se stručně zabývá obnovitelnými zdroji energie, základním ustanovením hierarchie odpadového hospodářství, dále se blíže zaměřuje na biologicky rozložitelné odpady, technologii na výrobu bioplynu a jeho chemicko-fyzikálními vlastnostmi, současným stavem produkce bioplynu v ČR a EU a jeho legislativní rámec.

### 4.1 Základní definice a pojmy

Následující výčet odborných pojmů, jak uvádí Altmann et al., souvisí s odpadovým hospodářstvím, obnovitelnými zdroji energie a výrobou bioplynu.

- Odpad – *„každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit“;*
- Odpadové hospodářství – *„činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností.“;*
- Biologicky rozložitelné odpady – *„jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu. Jedná se zejména o odpady zemědělské, lesnické, potravinářské, celulózo-papírenské, ze zpracování dřeva, kůží, textilního průmyslu, patří sem i biologicky rozložitelné odpady komunální včetně odpadů z veřejné zeleně“;*
- Biologicky rozložitelné komunální odpady – *„část komunálního odpadu, která podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu“;*
- Biomasa - *„substance biologického původu, tedy pocházející z pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, z chovu živočichů, produkce organického původu či z organických odpadů.“;*
- Siláž – *„krmivo pro domácí zvířata vzniklé fermentováním čerstvé nebo zavadlé píče a jiných zemědělských plodin s přidavkem látek, které inhibují bakteriální činnost“;*
- Senáž – *„způsob konzervace krmiva, založen na bakteriální produkci kyseliny mléčné, při níž se snižuje pH“;*
- Aerobní rozklad – *„snížení čisté energetické hladiny organické hmoty aerobními organismy“;*

- Anaerobní digesce – „řízený a kontrolovatelný mikrobiální mezofilní nebo termofilní rozklad organických látek bez přístupu vzduchu v zařízení bioplynové stanice za vzniku bioplynu a digestátu“;
- Digestát – „stabilizovaný výstup z anaerobního zpracování biologicky rozložitelných materiálů“;
- Bioplyn – „směs metanu, oxidu uhličitého, dusíku, vodíku a dalších plynů, vzniká anaerobním zpracováním biologicky rozložitelných materiálů, která je schopna hoření“.

## 4.2 Obnovitelné zdroje energie

Veškeré organismy na světě přetvářejí své ekosystémy a lidé nejsou výjimka. S nárůstem lidské populace společně s exponenciálním rozšířením nejrůznějších technologií spojené s narůstající poptávkou po energii se povaha a rozměr změn ekosystémů drasticky změnila, a ne zrovna v dobrém světle (SORENSEN; 2011). Přitom naše spotřeba energie patří mezi hlavní viníky stále větších globálních problémů, které v budoucnu nastanou nebo snad dokonce již nastaly. Naštěstí existují však alternativy ke stávajícím formám a dodávek energie, díky nimž můžeme vybudovat dlouhodobě stabilní a spolehlivou výrobu energie, jejíž vliv na životní prostředí je zvládnutelný (QUASCHNING; 2010).

Zdroje obnovitelných zdrojů energie v současné době poskytují zhruba 25 % z celkového množství spotřeby energie. Velká část těchto obnovitelných zdrojů energie je ve formě energie z biomasy. Mezi další zdroje obnovitelné energie se řadí voda, slunce a vítr, přičemž vodní zdroje energie jsou v dnešní době značně limitovány environmentální situací v různých místech s potenciálním zdrojem vody. Pasivní solární systémy se na druhou stranu řadí ke klíčovým prvkům v konstrukcích budov napříč celým světem, ovšem aktivní solární systémy v podobě solárních panelů jsou stále na počátku využívání svého potenciálu. Zároveň energie v podobě větrných elektráren je v dnešní době v rozkvětu v mnohých oblastech po celém světě. Malou částí z celkového množství obnovitelných zdrojů energie tvoří biopaliva jako bioplyn nebo geotermální zdroje energie (SORENSEN; 2011). I když je možností zdánlivě dosti, je důležité se soustředit na několik klíčových otázek týkajících se obnovitelných zdrojů energie, a to především kolik přesně energie je k dispozici, respektive co přesně je ten zdroj? Jaký mají jednotlivé technologie týkající se obnovitelných zdrojů energie vliv na životní prostředí? A v neposlední řadě otázka financí – Za jakou cenu se tato energie dá pořídit, jedná se o efektivní zdroj energie?

Jak je vidět jedná se o komplexní problematiku týkající se všech třech hlavních složek udržitelného rozvoje světa, a to složka sociální, ekonomická a environmentální, přičemž udržitelný rozvoj se dá definovat jako produkce a spotřeba takovým způsobem, které naplňuje očekávání stávající generace, ale zároveň neomezuje potřeby generací budoucích (TWIDELL et WEIR; 2006).

### **4.3 Odpady a odpadové hospodářství**

Obecně odpadovým hospodářstvím chápeme soubor činností se zaměřením na předcházení a omezování vzniku odpadů a nakládání s nimi. Prvotním pravidlem odpadového hospodářství je, předcházení vzniku odpadů, jejímž cílem je změnit, případně úplně odstranit výrobní procesy, při kterých vznikají produkty, které znečišťují životní prostředí. Pokud dojde k tomu, že odpad i přesto vznikne, je nutno jejich produkci snížit. Recyklací označujeme opětovné nebo další využívání zpracovatelských a spotřebních odpadů. Účinnost recyklace samozřejmě závisí na charakteru výrobní technologie (KUDELOVÁ; 2000).

Systém odpadového hospodářství se dotýká takřka všech výrobních a spotřebních cyklů a procesů, od těžby surovin, přes dopravu, výrobu a spotřebu produktů, až po jejich odstranění. Se vzniklými odpady lze nakládat dvojitým způsobem – využití nebo odstranění (KURAŠ; 2014).

Struktura odpadů a jejich původ, včetně různorodých způsobů manipulace s nimi, je velmi variabilní. Odpadové hospodářství České republiky je v zásadě vymezeno dvěma zákony, a to zákonem o odpadech (zákon č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů) a zákonem o obalech (zákon č. 477/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů) (KURAŠ; 2014).

Odpady se podle Katalogu odpadů dělí na dvě kategorie, a to na odpady ostatní a odpady nebezpečné. Největší složkou ostatního odpadu je odpad komunální.

Mezi komunální odpady řadíme i biologicky rozložitelné odpady (BRO) potažmo biologicky rozložitelné komunální odpady (BRKO), které vznikají na území obce. Pojem BRKO je ve zjednodušené podobě nazýván “komunální bioodpad” (ALTMANN et al.; 2010).

Cílem celého odpadového managementu je naplnění ideologického plánu, který stanovuje Evropský Unie a Česká republika má povinnost tyto cíle zahrnout do svého Plánu odpadového hospodářství (UCEKAL et ŠARLEJ; 2016).

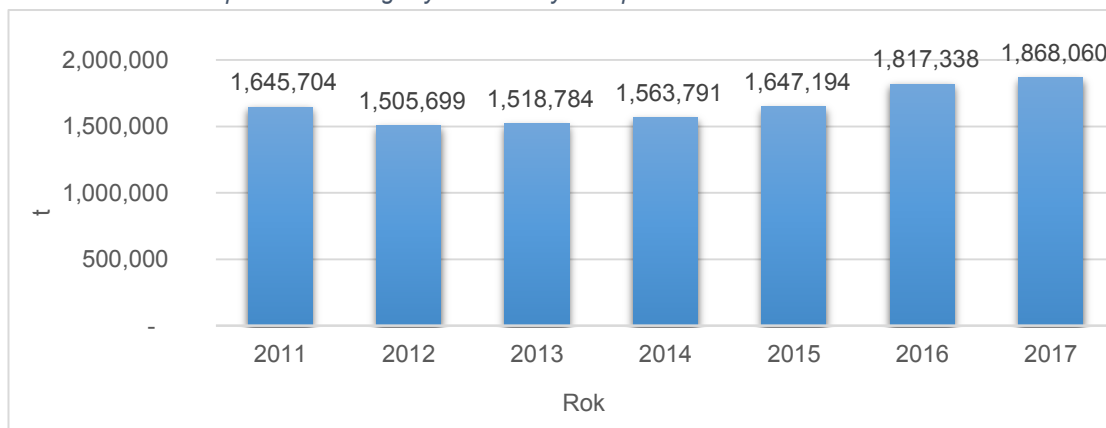
## 4.4 Biologicky rozložitelné odpady

Biologicky rozložitelné odpady představují nejrůznější materiály pocházející ze široké škály lidské činnosti od papírensko-celulóзовého průmyslu, z kožedělného, textilního, potravinářského a farmaceutického průmyslu, až po papírové a dřevěné obaly, čistírenské a vodárenské kaly a v neposlední řadě zejména odpady z domácností a stravoven (KURAŠ; 2014). Mezi tyto složky organického materiálu potažmo odpadu řadíme i jateční zbytky jako peří, srst, krev a dále také odpad z úpravy parků aj., tedy listí, dřevo, kořeny. Jako biologicky rozložitelné je označujeme proto, že mohou být mikroorganismy rozloženy na menší molekuly (OKONKWO; 2016). V zásadě lze tyto odpady definovat jako odpad, který podléhá aerobnímu či anaerobnímu rozkladu (KURAŠ;2014).

Napříč celou Evropou dochází k zásadnímu úbytku organické hmoty v půdě, který vede k nežádoucím jevům jako je například postupná degradace půdy, omezení a její schopnost poskytovat živiny a další komplikace. Tento úbytek organické hmoty by mohl být snadno vyřešen vhodným použitím organických hnojiv zejména biomasou pocházející právě ze zpracování bioodpadů, což jsou kompost a digestát (KURAŠ; 2014). Tento digestát je velmi žádanou a vysoce ceněnou alternativou přírodního hnojiva a zároveň nahrazuje hnojiva na chemické bázi, které způsobují znečištění vod, půdy a ovzduší, a proto zpracování biologicky rozložitelných odpadů přispívá ke snížení environmentální náročnosti zemědělství (ACHINAS et al.; 2017).

V roce 2017 byla celková produkce biologicky rozložitelných odpadů nejvyšší od roku 2011 a to konkrétně 1 868 060 tun. V letech 2012 a 2013 můžeme vidět výrazný pokles produkce BRO oproti roku 2011, tyto produkce byly také nejnižší v uvedených letech.

Obrázek 3: Celková produkce biologicky rozložitelných odpadů v ČR v letech 2011 - 2017



Zdroj: ČSÚ; 2011-2017



#### **4.4.1 Biomasa**

Biomasa může být buďto záměrně získávána z výrobní činnosti, anebo se jedná o využití odpadů z různého odvětví jako zemědělství, potravinářství, lesní výroba (PASTOREK; 2014). Biomasa je tedy všeobecně vnímána jako hmota rostlinného či živočišného původu. V podstatě se tedy jedná o veškerou hmotu biologického původu (KURAŠ; 2014).

Mnohé teoretické propočty různých odborníků udávají, že roční průměrná celosvětová produkce biomasy je na úrovni 100 miliard tun a její energetický potenciál se pohybuje okolo 1 400 EJ. To je téměř pětikrát více než činí roční světová spotřeba fosilních paliv, která se pohybuje kolem 300 EJ (PASTOREK; 2014). Je tedy jasné, že biomasu lze využívat i jako významný energetický zdroj přímým spalováním. Další studie uvádí, že v roce 2010 představovala celosvětová kapacita na spalování biomasy 22 000 MW (KURAŠ; 2014). Nabízí se tedy otázka, čím je limitováno použití biomasy k energetickým účelům a vyřešením jednoho z globálních problémů, kterým lidstvo neodvratitelně čelí? Hlavním důvodem je fakt, že biomasa je hojně využívána k jiným než energetickým účelům, a to hlavně k potravinářským a krmivářským účelům, dále zvyšováním produkce biomasy vyžaduje rozšiřování produkční plochy a s tím spojenou vyšší finanční náročnost (PASTOREK; 2014).

### **4.5 Technologie využití a zpracování bioodpadů**

V podstatě existují dva základní způsoby biologického zpracování organických odpadů, a to aerobní zpracování za vzniku kompostu a anaerobní zpracování za vzniku bioplynu a nerozloženého fermentovaného zbytku, digestátu (KURAŠ; 2014).

#### **4.5.1 Aerobní technologie – kompostování**

Kompostování je řízený proces probíhající za aerobních podmínek, tedy za přísunu kyslíku. Při kompostovacím procesu vzniká oxid uhličitý, voda, minerální látky a biologicky stabilizovaná organická hmota, označovaná jako kompost. Jedná se vlastně o proces zpracování biologicky rozložitelného odpadu za vzniku organického hnojiva neboli kompostu. Základními podmínkami pro správné fungování procesu kompostování je správný poměr uhlíku a dusíku C: N výběrem vhodných odpadů do kompostové základky, správná vlhkost, pH, zrnitost a homogenita substrátu, správné provzdušňování substrátu a teplota v průběhu

kompostování (KURAŠ; 2014). Proces kompostování probíhá intenzivně v podmínkách provzdušňování, které se provádí nejčastěji překopáním kompostu, ale také tlakovou aerací či odsáváním vzduchu nasyceného oxidem uhličitým z kompostu, nejčastěji přes vzdušný filtr. Při nedostatečném provzdušňování nastupují anaerobní procesy neboli hnití a kompost tzv. kysne (VÁŇA; 2014).

Kompostování je vhodné zejména pro odpady rostlinného původu a provádí se několika možnými způsoby (ALTMANN; 2010):

- kompostování v pásových hromadách,
- kompostování v pásových základkách,
- kompostování v boxech nebo žlabech,
- kompostování v biofermentorech,
- kompostování ve vozících,
- kompostování v aktivně či pasivně provzdušňovaných základkách.

Kompostování na území České republiky má nejstarší tradici po celé Evropě. První kompostárna s řízenou technologií vznikla v roce 1912 a do roku 1987 se intenzivně na našem území rozvíjela, v tomto roce dosahovala produkce kompostu 2,5 mil. tun, které pocházelo zejména z komunálních a průmyslových bioodpadů a čistírenských kalů. Po roce 1989 kompostování ztrácí státní dotační podporu a výroba kompostu se prudce snižovala. V dnešní době ovšem stále kompostování patří mezi významný nástroj v oblasti odpadového hospodářství a vzhledem k uplatňování nových právních předpisů týkajících se odpadů jeho význam a podpora z resortu životního prostředí bude stoupat. V souvislosti s novými příslušnými právními předpisy EU musí být výrazně sníženo množství biologicky rozložitelných odpadů uložených na skládku. Pro tyto účely je nutné zajištění kapacit pro kompostárny minimálně 750 tis tun ročně. Lze tedy očekávat rostoucí význam kompostování s nutností budování dalších kompostáren (VÁŇA; 2010).

#### **4.5.2 Anaerobní technologie – výroba bioplynu**

Anaerobní technologie pro využití bioodpadu, tedy klasické technologie anaerobní digesce prováděné ve vyhřívaných míchaných fermentorech jsou v České republice hojně využívány. Odpadní biomasa se vyskytuje ve dvou formách, a to ve formě suché, například dřevo, a ve formě mokré, například kejda.

Všechny technologické postupy používané při zpracování jakýchkoli odpadů by měl v zásadě vést k jejich maximálnímu využití. Jednou z takových metod, které

se využívají ke zpracování biologicky rozložitelných odpadů je technologie anaerobní fermentace (ALTMANN et al.; 2010)

Anaerobní fermentaci či také anaerobní digesce využívá biomasu za anaerobních podmínek pro výrobu bioplynu, tedy směs obsahující zhruba 50-75 % metanu ( $\text{CH}_4$ ) a zbytek doplňuje oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). Vyprodukovaný bioplyn může být využit na výrobu energie, tepla či jako náhrada fosilních paliv (WHITING; 2014). Výrobu bioplynu z biologicky rozložitelných odpadů je nutné chápat jako alternativní metodu zpracování odpadů různého původu a druhu, která šetří životní prostředí, kde finální produkt při dobrém projektu může být ekonomicky zhodnocen (KOUŘA et al.; 2008).

Technologie anaerobní fermentace je s ohledem na stavební a technické vybavení považována za jednu z nejnáročnějších metod zpracování biologicky rozložitelných odpadů, neboť náklady na výstavbu nové bioplynové stanice jsou téměř třikrát tak vyšší než náklady na výstavbu kompostárny (ALTMANN et al.; 2010).

V rámci ekonomických výhod ze získané energie pomocí anaerobní fermentace přináší tato metoda navíc ještě několik environmentálních výhod jako je snížení znečištění vod, půdy a ovzduší, a to zejména proto, že digestát vznikající pomocí anaerobní fermentace může být také použit jako hnojivo obsahující stejné množství organických látek jako běžně používaná hnojiva na polích (SCARLAT; 2018).

#### **4.5.3 Proces tvorby bioplynu**

Proces, při kterém anaerobní organismy rozkládají organické látky za tvorby metanu, se někdy také nazývá obecným termínem „metanizace“. Tento proces spočívá tedy v souboru dějů, při nichž směsná kultura mikroorganismu postupně rozkládá organické látky bez přístupu vzduchu. Tyto organické látky jsou přítomné ve zpracovávaných materiálech – kalech, odpadních vodách a organických odpadech. Konečným produktem je stabilizovaná organická hmota, která obsahuje i narostlou biomasu a dále plyn obsahující hlavně metan a oxid uhličitý a dále v menším zastoupení i sulfan, vodík a dusík. Tento rozklad vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost různých mikrobiálních skupin. Podle těchto skupin je možno proces rozdělit na 4 fáze:

##### **➤ Hydrolýza**

Při této fázi dochází k rozkladu makromolekulárních rozpuštěných a nerozpuštěných organických látek, jako jsou například polysacharidy, lipidy,

proteiny, na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě pomocí hydrolytických enzymů.

### ➤ Acidogeneze

Je pokračující rozklad produktů hydrolyzy na jednoduché organické látky, hlavně na nižší mastné kyseliny, alkoholy,  $\text{CO}_2$  a  $\text{H}_2$  pomocí acidogenních bakterií.

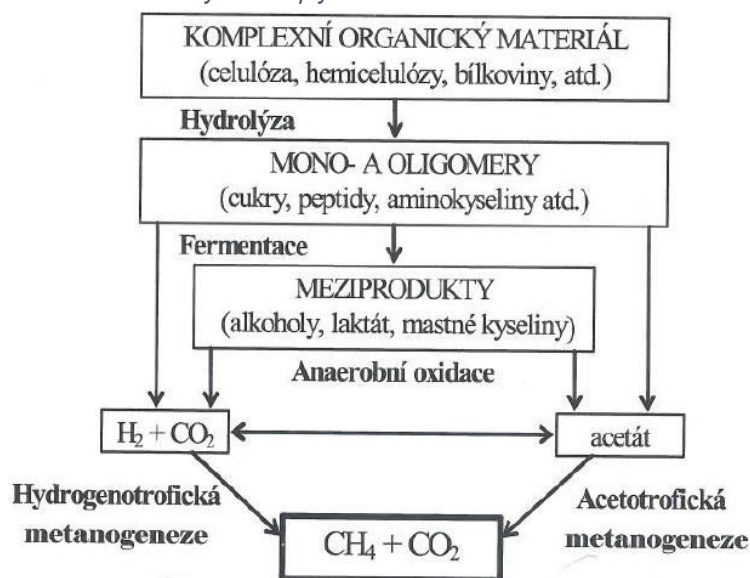
### ➤ Acetogeneze

Pomocí acetogenních bakterií v tomto stádiu probíhá oxidace vyšších produktů acidogeneze na  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  a kyselinu octovou. Tzv. syntrofní bakterie jsou velmi důležité pro anaerobní procesy, neboť fungují jako funkční mezičlánky poskytující jednak krok za krokem kratší alifatické kyseliny a jednak přitom produkují  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ .

### ➤ Metanogeneze

Vrcholná fáze anaerobní digesce, kdy metanogenní bakterie rozkládají již jednoduché látky na  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$ . Anaerobní rozklad organické hmoty na  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$  tedy vychází z přirozených mikrobiálních procesů (STRAKA; 2006).

Obrázek 4: Fáze vývinu bioplynu



Zdroj: Janča et al.; 2005

Tyto procesy při kontinuálním plnění organickou hmotou, jak to bývá u bioplynových stanic zcela běžné, probíhají vedle sebe a nejsou odděleny ani místně ani časově (SCHULZ et EDER; 2004). Pokud je anaerobní proces rozdělen

technologicky do dvou fází, v první fázi obvykle probíhá hydrolytická a acidogenní fáze, v druhé konečné fázi poté probíhá acetogeneze a metanogeneze, jelikož tyto dvě fáze vzhledem k syntrofickému vztahu acetogenních bakterií produkujících vodík a metanogenních hydrogenotrofních bakterií nelze oddělit (STRAKA; 2006).

Kromě bioplynu anaerobní digesce produkuje již výše zmíněný digestát, který je směsicí pevných i kapalných frakcí. Použití digestátu jako hnojivo je považováno za velmi atraktivní způsob využití z hlediska environmentální problematiky hlavně díky tomu, že se obsažené živiny mohou obnovovat a zároveň se i redukuje ztráta organické hmoty v půdě způsobená zemědělskými činnostmi (GEBREZGABHER et al.; 2009).

#### **4.5.4 Obecné podmínky tvorbu bioplynu**

Hlavní podmínkou zpracování odpadu pomocí anaerobní fermentace je zamezení přísunu kyslíku, tzn., že tento proces probíhá za striktně anaerobních podmínek. Produkce bioplynu je závislá na chemickém složení sušiny odpadu, pufrovitost substrátu (odolnost vůči změnám pH), poměr C:N a obsah proteinů, polysacharidů a ligninu. Anaerobní fermentaci lze realizovat buďto v podmínkách mezofilního teplotního režimu (rozpětí teplot 35 - 40 °C) nebo v podmínkách termofilního teplotního režimu (rozpětí teplot 55 – 60 °C). Výhodou termofilního teplotního zpracování biologicky rozložitelného odpadu je jeho hygienizace.

Tato technologie je tedy vhodná, pokud existuje podezření na hygienickou závadnost daného substrátu. Na druhou stranu v mezofilních teplotních podmínkách dochází k menším tepelným ztrátám (ALTMANN; 2010).

Rozhodujícím faktorem pro volbu vhodné metody je hlavně podíl sušiny v materiálu. V podstatě lze říci, že pro fermentaci je vhodný podíl sušiny v rozmezí 5-15 %, kdyby byl obsah sušiny menší jak 5 %, proces by sice probíhal, ale zařízením by bylo nutné prohánět velké množství vody, což je nevhodné. Pro kompostování je optimální obsah sušiny mezi 40 a 60 %. Dále je velmi důležitý poměr uhlíku a dusíku, který by měl optimálně činit 20:1 až 40:1. V zásadě mají odpady vzniklé ze zemědělského chovu zvířat optimální podmínky pro anaerobní zpracování (SCHULZ et EDER; 2004).

#### **4.5.5 Druh a složení substrátu**

Obecně platí, že veškeré organické látky lze alespoň z části rozložit jak anaerobní, tak aerobní cestou. Principiálně však platí, že pevné členité materiály, jako jsou například kletí z ořezu stromů a keřů jsou zvláště vhodné pro aerobní

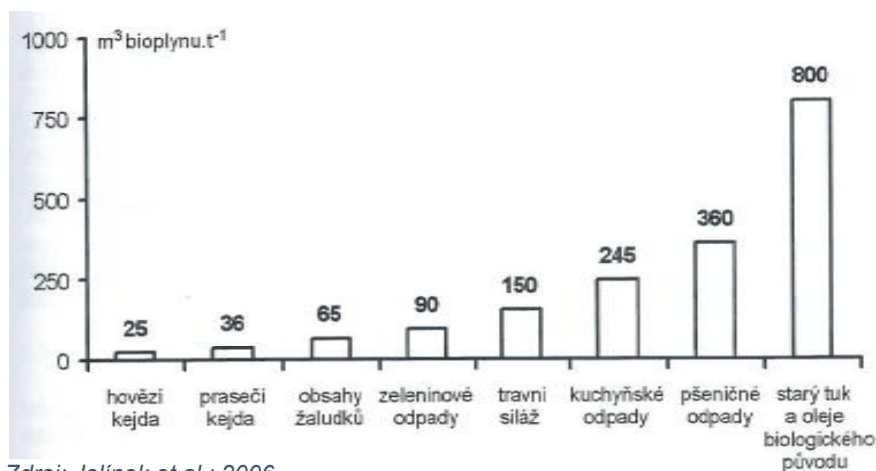
zpracování (zkompostování), zatímco mokré, kapalné materiály jako kejda, zbytky jídla, tuky atd. se skvěle hodí pro anaerobní zpracování tedy pro zkvašení (fermentaci) (SCHULZ et EDER; 2004). Bioplyn je možné získávat i z řas, chaluh, vodního hyacintu, zemědělských plodin, a dřevin a veškerého fytoodpadu. Anaerobní vyhnívání je zároveň možné pokládat za jeden z nejlepších způsobů nakládání s odpady z ovoce, zeleniny, a to nejen z hlediska zisku metanu, ale i pro produkci stabilizované nepáchnoucí organické hmoty. V subtropických oblastech je zásobování bioplynové stanice možné celoročně, zatímco evropské země mají vegetační nevýhodu. V evropských podmínkách je třeba zabezpečovat provoz stanice především mimo vegetační období, kdy spotřeba bioplynu je k výrobě tepla nejvyšší, z toho důvodu je třeba biomasu konzervovat sušením, senážováním a silážováním (ALTMANN; 2010). Fermentor, ve kterém probíhá samotný proces anaerobní digesce, je možné přirovnat k žaludku, kde jsou za pomoci mikroorganismů vstupní materiály postupně zpracovány a rozloženy na výslednou produkci bioplynu. Tento proces se dá považovat za živý a dovede být citlivý na kvalitu a změnu optimálních podmínek. Při nevhodném složení vstupních surovin může dojít k poklesu produkce bioplynu, ale i k zastavení celého procesu. Obecně platí, že materiály s větším množstvím bílkovin či s vyšším obsahem dusíku mohou v reaktoru působit negativně na anaerobní proces, takže výsledná produkce bioplynu je snížena, toto hrozí hlavně u jatečního odpadu, masokostní moučky, drůbeží podestýlky. Naopak materiály jako kukuřice, hnůj či kejda mají vhodnou koncentraci dusíku (CZ BIOM; 2018).

Exkrementy hospodářských zvířat patří mezi nejvhodnější vstupní suroviny na zpracování pomocí anaerobní fermentace, zároveň je na ně nesprávně pohlíženo jako na látky škodlivé vůči životnímu prostředí. Samozřejmě při nevhodném zpracování je jisté riziko negativních vlivů na životní prostředí, ale zároveň je si potřeba uvědomit, že exkrementy představují největší zdroj organických látek, které je potřeba využívat v rámci zachování úrodnosti a dobrých půdních vlastností (JANČA et al.; 2005). V současné době se prudce rozvíjí výroba bioplynu z energetických rostlin a rostlinných odpadů. Pro metanizaci je vhodná fytomasa při sklizňové vlhkosti 45 % a s poměrem C:N v rozmezí 20-30:1 (MALAŤÁK et al.; 2006).

Kaly z čistíren odpadních vod jsou tak jako další odpady s vysokým podílem tuků velmi vhodným materiálem pro výrobu bioplynu. Jediným problémem kalů z ČOV je, že zpravidla obsahují nebezpečné mikroorganismy, těžké kovy a další zdraví a životní prostředí ohrožující látky. Tyto nebezpečné látky se dají eliminovat pomocí metody pasterizace substrátu, která probíhá před samotnou fermentací.

Tato metoda je založena na ohřevu materiálu na teplotu zhruba 72 °C po dobu cca 20 minut (MALAŤÁK et VACULÍK; 2008).

Obrázek 5: Produkce bioplynu z 1 tuny různých substrátů v čerstvém stavu



Zdroj: Jelínek et al.; 2006

## 4.6 Bioplyn

Termín „bioplyn“ v posledních letech 20. století natolik zobecněl, že se z něho stal často používaný termín nejenom technickou odbornou veřejností, ale i širokou veřejností. Stal se zároveň jakýmsi synonymem čehosi ekologicky příznivého. Bioplyn se v průběhu let zafixoval lidem do povědomí sice jako plyn páchnoucí, ale zároveň velmi užitečný a ekologicky čistý plyn vznikající v živých organismech, respektive jejich působením (STRAKA; 2006).

Bioplyn se zpravidla označuje plynná směs metanu a oxidu uhličitého s výraznou převahou metanu (ALTMANN; 2010). Metan je velmi důležitá součást bioplynu, jedná se o prvek z řady alkanů či z parafínové řady s molekulární hmotností 16 g. Jedná se o bezbarvý plyn bez chuti a zápachu s hustotou 0.65 g/dm<sup>3</sup>, který je zároveň lehčí než vzduch (OKONKWO et al.;2016).

### 4.6.1 Chemické složení bioplynu a jeho fyzikální vlastnosti

Bioplyn je z chemického hlediska plynem zároveň jednoduchým i komplikovaným. Jednoduchým plynem je z hlediska majoritních složek, ale zároveň velmi komplikované je jeho minoritní složení, tedy stopové příměsi v bioplynech, kdy je též zřetelná diference mezi bioplyny reaktorovými (bioplyn vytvořený bioplynovou stanicí, tedy řízeným procesem anaerobní fermentace) a bioplyny skládkovými (bioplyn vzniklý na skládkách odpadů).

Majoritní složky bioplynu jsou tedy dvě, a to metan a oxid uhličitý, obsahy veškerých dalších plynů jsou více než o jeden řád nižší, tedy jsou na úrovni nejvýše

deseti procent, tedy hovoříme-li o kvalitním bioplynu. Z biologických procesů může však pocházet malé množství dusíku elementárního, oxidu dusného a bioplyn může

Tabulka 1: Obsah sulfanu v bioplynu z různých substrátů

Druh substrátu	Obsah sulfanu (mg/m <sup>3</sup> )
dřevní biomasa, papír, celulóza, rostlinný odpad	do 100
kalý z čištění městských splaškových vod	300 – 1500
živočišné odpady (skot)	500 – 800
živočišné odpady (drůbež, vepř), potravinářské odpady s vysokým obsahem proteinů	4000 – 6000

Zdroj: DOSTÁLKOVÁ; 2014

někdy obsahovat i relativně vysoké množství sulfanu (STRAKA; 2006).

Sulfan je obvykle v bioplynu minoritní složkou, neobsahuje-li vstupní substrát vysoké množství prekursoru, což jsou zejména bílkoviny s vysokým obsahem sirných aminokyselin, ze kterých vzniknou mikrobiologickou činností. Někdy při anaerobním zpracování surovin s vysokým obsahem

síry vznikají činností sulfát-redukujících bakterií sulfidy a vznikající sulfan přechází do bioplynu, ty mohou nejenom ovlivnit činnost acetogenních a metanogenních mikroorganismů, ale také způsobit korozi betonových a ocelových konstrukcí zařízení. Kromě těchto nepříznivých účinků má H<sub>2</sub>S ještě navíc značné toxické účinky na živé organismy. K odstranění sulfanu jsou velmi používané chemické a fyzikálně-chemické metody, kdy jejich alternativou mohou být biologické metody odstranění založené na činnosti sirných bakterií (DOSTÁLKOVÁ; 2014).

Poměrné zastoupení obou hlavních složek je značně proměnné a závislé na druhu a množství vstupního substrátu, obsah metanu se pohybuje od 50 do 85 %. Obecně však platí, že proteiny a lipidy poskytují vyšší výtěžky a vyšší koncentraci CH<sub>4</sub> (STRAKA; 2006).

Mezi základní směrodatné ukazatele kvality bioplynu je jeho výhřevnost. Výsledná výhřevnost bioplynu je přímo závislá na obsahu metanu a pohybuje se zhruba v rozmezí 13,72 - 24,44 MJ.m<sup>-3</sup>, přičemž výhřevnost CH<sub>4</sub> je 34,3 MJ.m<sup>-3</sup> (ALTMANN; 2010). Další tepelné a fyzikální vlastnosti některých plynů včetně bioplynu samotného jsou uvedeny níže.

Obrázek 6: Tepelné a fyzikální vlastnosti některých plynů

Charakteristika		Plyn				
		CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	Bioplyn (60 % CH <sub>4</sub> , 40 % CO <sub>2</sub> )
Objemový díl	[%]	55,0 – 70,0	27,0 – 47,0	1,0	3,0	100,0
Výhřevnost	[MJ.m <sup>-3</sup> ]	35,8	–	10,8	22,8	21,5
Hranice zápalnosti	[obj. %]	5,0 – 15,0	–	4,0 – 80,0	4,0 – 45,0	6,0 – 12,0
Zápalná teplota	[°C]	650 – 750	–	585,0	–	650 – 750
Měrná hmotnost	[kg.m <sup>-3</sup> ]	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2



#### 4.6.2 Bioplyn a životní prostředí

Metan sám o sobě není jedovatým plynem a ani oxid uhličitý jím není, takže ve své podstatě je bioplyn nejedovatým plynem. Problém je, že metan ani CO<sub>2</sub> nejsou dýchacími plyny a způsobují dušení a metan je ke všemu ještě navíc výbušný, pak se o bioplynu dá mluvit jako o toxickém plynu (RICHARD et LEWIS; 1993). Oxid uhličitý je velmi těžký plyn bez zápachu, který se řadí mezi plyny s vysoce dráždivými účinky na dýchací ústrojí. Dále obsah sulfanu v bioplynu je toxický. Byť stopové množství může mít efekt na životní prostředí a zdraví obyvatel. Jedná se o plyn charakteristického zápachu, který již v malých koncentracích působí škodlivě na většinu živočichů. V organismech se projevuje jako nervový jed (STRAKA; 2006).

Velkým ožehavým tématem dnešní doby je globální oteplování, také známý jako „skleníkový efekt“. Tento skleníkový efekt je v širším povědomí spojován hlavně s emisemi oxidu uhličitého, a to hlavně z procesů spalování fosilních paliv. Celková míra oteplení zemské atmosféry je charakterizována globálním potenciálem (GWP = global warming potential). GWP je vytvářen širším spektrem sloučenin, ale je zcela nesporné, že absolutní hmotností převaha emisí CO<sub>2</sub> nad všemi ostatními složkami přispívá k nárůstu hodnot GWP. Mezi další plyny přispívající k oteplování planety patří dále metan, oxid dusný a chlorfluorované uhlovodíky (STRAKA; 2006). Koncentrace CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O mají zcela shodný stoupající trend a tento růst začal zhruba v 19. století (JECH; 1996). Přírodními zdroji metanu jsou především procesy probíhající v močálech, procesy probíhající v žaludku přežvýkavců a také úniky z oceánů a termišť. Některé studie ukazují, že úniky metanu z oceánu by mohly být nárazové a krátkodobé ovšem mohou se stát zcela dominantními zdroji metanu v atmosféře (STRAKA; 2000). Antropogenní zdroje metanu se odhadují zhruba na dvojnásobný podíl oproti přírodním zdrojům (THORNELEO; 1993).

Několik dalších studií naznačují, že nejenom GWP potenciál je v otázkách bioplynu problém, ale zároveň i acidifikace a eutrofizace půdy jsou dalšími problémy. Potenciál acidifikace a eutrofizace je 25x a 12x vyšší než u zemního plynu. Samozřejmě míra dopadu závisí na druhu vstupní suroviny, skladování digestátu a jeho následná aplikace do půdy (WHITING; 2014).

## **4.7 Způsob nakládání s biologicky rozložitelnými odpady v ČR a EU**

Tato kapitola se zabývá stěžejními právními předpisy v České republice a Evropské unii a jejich implementací do běžného provozu bioplynových stanic a dalších zařízení na zpracování obnovitelných zdrojů energie.

### **4.7.1 Právní předpisy ČR**

Struktura odpadů a jejich původ, včetně způsobu manipulace a nakládání s nimi, se ukázalo být velmi komplexním problémem, který je v současné době důležité řešit. V České republice je odpadové hospodářství vymezeno hlavně zákonem o odpadech.

#### **➤ Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích**

Zákon, jehož předmětem úpravy jsou podle příslušných předpisů Evropské unie podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích, kterými jsou elektroenergetika, plynárenství a teplárenství, dále pak zákon upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené. Stanovuje podmínky pro udělení licence a certifikace a náležitosti s tím spojené (Zákon č. 458/2000 Sb.; 2000).

#### **➤ Zákon č. 165/2012 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů**

Tento zákon především upravuje způsob podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a z důlního plynu z uzavřených dolů a zároveň stanovuje výkon státní správy a práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené v souladu s právem Evropských společenství. Dále je účelem tohoto zákona v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podpořit využití obnovitelných zdrojů energie, zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie, dále pak přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti. Zároveň je v tomto zákoně stanovena výše výkupní ceny za elektřinu z obnovitelných zdrojů, výše zeleného bonusu a jsou zde stanoveny podmínky s tím spjaté (Zákon č. 180/2005 Sb.; 2005).

➤ **Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů**

Jedná se o nejdůležitější zákon v oblasti odpadového hospodářství, který vyšel v platnost dne 15. května 2001, a který vychází z příslušných předpisů Evropské Unie. Stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi v souladu s životním prostředím, s lidským zdravím a trvale udržitelným rozvojem. Dále pak vymezuje práva a povinnosti v odpadovém hospodářství a taktéž vymezuje působnost orgánů veřejné správy. V neposlední řadě tento zákon stanovuje správné zařazování odpadů do Katalogu odpadů a hodnocení jejich vlastností (Zákon č. 185/2001 Sb.; 2001).

➤ **Vyhláška č. 477/2012, o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu**

Tato vyhláška stanovuje druhy a parametry podporovaných obnovitelných zdrojů, způsoby využití obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu. Dále pak upravuje způsoby vykazování množství cíleně vypěstované biomasy, způsob uchovávání dokumentů a záznamů o použitém palivu při výrobě elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů a stanovuje podíl biologicky rozložitelných a nerozložitelných částí nevytříděného komunálního odpadu (Vyhláška č. 477/2012 Sb.; 2012).

Mezi další důležité zákony a nařízení související s výstavbou a provozem bioplynových stanic je například stavební a vodní zákon, zákon posuzování vlivů na životní prostředí (EIA a IP) a zákon o ochraně ovzduší.

#### **4.7.2 Právní předpisy EU**

Základní kámen v oblasti podpory produkce bioplynu za účelem tvorby elektrické energie a tepla byl v Evropské Unii položen roku 1997, kdy Rada a Parlament Evropské Unie přijali tzv. Bílou knihu o strategii a akčním plánu EU a kdy hrubá spotřeba obnovitelné energie byla pouhých 6 %. Dnes je ve strategii Evropa 2020 stanoven limit snížení skleníkového plynu o 20 % do roku 2020 (SCARLAT et al.; 2018). Evropská unie se snaží vytvořit takové směrnice, aby se co nejrychleji a nejefektivněji tento objem odpadu snížil. Zároveň česká legislativa má povinnost se těmito směrnici řídit a vydávat zákony v souladu s nimi (EUROSTAT; 2016).

➤ **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů**

Tato směrnice stanovuje společný rámec pro podporu energie pocházejících z obnovitelných zdrojů. Dále také stanovuje závazné národní cíle týkající se podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie a podíl energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Dále směrnice definuje kritéria udržitelnosti pro biopaliva a biokapaliny (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES; 2009).

➤ **Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 98/2008 o odpadech**

Tato směrnice stanovuje právní rámec pro nakládání s odpady v Evropské unii. Zároveň vymezuje klíčové pojmy, jako odpady, využití a odstraňování odpadů a zároveň určuje pravidla pro nakládání s nimi (Směrnice Rady č. 98/2008; 2008).

#### **4.7.3 Situace ve světě a u nás**

Celková produkce bioplynu v Evropské unii roste závratným způsobem, a to hlavně díky všeobecnému nárůstu podpory obnovitelných energií ze stran vlády v závislosti na ekonomických, environmentálních a klimatických benefitů. Díky tomuto posunu vzrostla celková produkce bioplynu v roce 2015 na 18 miliard m<sup>3</sup>, což celkově prezentuje půlku světové produkce bioplynu. Evropská unie je světovou jedničkou na poli produkce elektrické energie získané pomocí bioplynu. Zajímavé je také sledovat uplatněnou spotřebu bioplynu, více než 50 % z celkové produkce v EU je totiž využívána na produkci tepla, což se může zdát v rozporu s výše zmíněným klimatickým benefitům (SCARLAT et al.; 2018). Navzdory technologickým pokrokům posledních let v oblasti produkce bioplynu, je technologie anaerobní digesce využívána v EU teprve krátce, její rapidní nárůst byl způsoben zejména díky ekonomickým stimulantům napříč celou Evropou. V současné době celkově 29 evropských zemí podporuje produkci bioplynu (WHITING et al.; 2014).

Na základě Národních akčních plánů pro země EU (NREAP) se předpokládá rapidní nárůst produkce bioplynu do roku 2020 (SCARLAT et al.; 2018). Tento předpoklad je postaven na základě faktu, že Evropská unie se zavázala dostát cíle, kdy do roku 2020 má být celých 20 % spotřeby elektřiny a tepla pokryto z obnovitelných zdrojů a 10 % obnovitelné energie se má využít v dopravě. A zároveň se počítá se snížením emisí oxidu uhličitého o 20 % (HONSOVÁ; 2013).

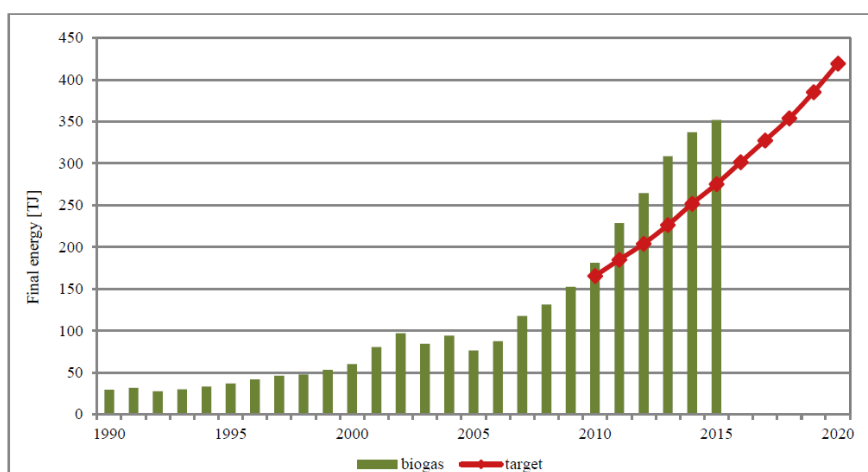
Důležité je také uvědomit si, že většina světových energetických zásob se nachází v politicky nestabilních zemích, což z hlediska bezpečnosti energetického

odvětví může znamenat komplikaci. Jakožto snadno dosažitelný obnovitelný zdroj může bioplyn získaný z odpadů a z organických zbytků hrát kritickou úlohu v naší energetické budoucnosti (ACHINAS et al.; 2017).

Jako příklad může sloužit situace v Dánsku, kde od roku 2014 začal být velmi populární vyčištěný bioplyn, tedy biometan, který zároveň začal být dodáván do dánské distribuční sítě a tím došlo k poklesu oxidu uhličitého o celkem 675 000 tun

a podle Bioenergy International odhady Grøn Gas Danmark uvádějí, že Dánsko by již v roce 2035 mohlo veškerý zemní plyn nahradit z obnovitelných zdrojů. Tento výpočet potenciálu je založen na pokračujícím růstu využití statkových hnojiv a odpadů jako efektivní substrát v produkci bioplynu a 50 % využití slámy. Dánsko má tím pádem potenciál stát se první evropskou zemí, která bude nezávislá na fosilním plynu (JEŘÁBKOVÁ; 2018).

Obrázek 7: Předpokládaný nárůst celkové produkce bioplynu v zemích EU do roku 2020



Zdroj: Scarlet et al.; 2018

## 5 Měření a výsledky

Tato kapitola se zabývá stručnou charakteristikou studovaného podniku bioplynové stanice, dále také popisem technologie na výrobu bioplynu, charakteristikou vstupních materiálů, které jsou do dané bioplynové stanice přiváděny a v neposlední řadě samotným sběrem dat, měřením a výsledky. Zároveň tato kapitola vznikla na základě osobních návštěv bioplynové stanice a rozhovorů se zaměstnanci a jako další podklad sloužil Provozní řád bioplynové stanice.

### 5.1 Charakteristika sledované linky na výrobu bioplynu

Bioplynová stanice (BPS) se nachází v Ústeckém kraji. Toto zařízení vzniklo primárně za účelem výroby elektrické energie a zároveň vyrobenou tepelnou energii využít při zpracování odpadů. Mezi další záměry společnosti patří zemědělská výroba, a to z důvodu zajištění vlastních zemědělských vstupních materiálů do BPS. Aktuálně společnost hospodaří na celkové výměře 350 ha zemědělské půdy.

Jedná se o zařízení s účelem získání či regenerace organických látek. Tato bioplynová stanice převážně zpracovává odpady typu AF2, což je kategorie v procesu anaerobní fermentace, tedy jedná se o biomasu, která nezahrnuje pouze plodiny, ale i ostatní suroviny. Za účelem vytvoření bioplynu se využívají zejména biologicky rozložitelné odpady a vedlejší živočišně produkty (VŽP). Co se týče záměrně pěstované biomasy, tak ta je v rámci provozu této BPS oproti kategorii AF1 využívání až druhotně.

#### 5.1.1 Vstupní materiály

- a) Bioodpady a VŽP – jedná se hlavně o BRO a kaly z ČOV, travní porosty z parků, tuky a kaly z lapolů, zbytky z kuchyní a jídelen, jateční odpady kategorie 2 a 3, drůbeží podestýlka, hnůj, glycerín, zemědělské organické odpady, papír, rostlinné oleje, zbytky z lihovarnictví, vinařství.
- b) Biomasa – záměrně pěstovaná biomasa – kukuřičná siláž, traviny a travní senáž, seno, sláma, obilniny.

### 5.1.2 Výstupy z BPS

- a) Elektrická energie – vývod přes trafostanici do lokální distribuční sítě nebo rozvodny pro vlastní spotřebu
- b) Tepelné energie – využívá se pro ohřev technologií BPS a linky termotlaké hydrolýzy (TTH), vytápění přilehlých objektů v a k areálu BPS.
- c) Digestát – vzhledem k Rozhodnutí o registraci hnojiva vydaný Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským se digestát využívá jako hnojivo.

Tabulka 2: Přehled odpadů, které jsou do zařízení přijímány

Číslo skupiny odpadů a Katalogové číslo	Název skupiny odpadů a název odpadu dle katalogu odpadů
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj, kapalné odpady
02 02	Odpady z výroby a zpracování mas, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obiloviny, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku
02 03 01	Kaly z praní, čištění, lupání, odstřeďování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 01	Shrabky z česlí
19 08 02	Písek z lapáku písku
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 09	Směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze oleje a jedlé tuky
19 08 12	Kaly z biologických čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
20 01	Složky odděleného sběru
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 02	Odpady ze zahrad a parků
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 04	Kal ze septiků a žump
20 03 06	Odpad z čištění kanalizace

Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

## 5.2 Popis technologického zařízení

Bioplynová stanice sestává z několika hlavních částí – příjem biomasy, kalů a VŽP vnější rozvody substrátu a digestátu, linka termotlaké hydrolyzy, fermentační nádrže, kogenerační jednotky, provozní soubor na separaci a uskladnění digestátu, energetické potrubní rozvody.

### 5.2.1 Příjem biomasy

Biomasa je tvořena v tomto případě zejména drůbeží podestýlkou, kukuřičnou siláží, senáží, hnojem a tuhými BRO je přijímána do příjmového sila s uzavíratelným víkem. Surovina je v silo pomocí spirálovými vertikálními míchadly rozrušena

a homogenizována. Linka je zakončena čerpadlem Biomix KL80R 140.0, které slouží k naředění pevných vstupních materiálů na požadovanou sušinu. Takto upravený substrát je dopraven přímo do jednotlivých fermentačních nádrží nebo hydrolyzéru.

Obrázek 8: Linka fytoomas



Zdroj: Archiv autorky; 2018



## 5.2.2 Příjem kalů

Pro příjem a následné ukládání tekutých kalů v tomto zařízení slouží 150 m<sup>3</sup> betonová jímka válcového tvaru, tato jímka pojme zhruba 165 tun kalů. Do této jímky vstupují tekuté kaly napřímo, tekuté kaly přes separátor kalů, jehož pomocí jsou nežádoucí příměsi vynášeny ven ze separátoru do přilehlé nádoby a v neposlední řadě tuhé odstředěné kaly.

Kaly se v tomto případě rozdělují na kaly tekuté a tuhé. Tekuté kaly jsou do BPS dováženy fekálními vozy nebo cisternami nebo jsou do jímky čerpány napřímo (kaly ze sociálních objektů v nebo u areálu BPS). V případě tekutých kalů se jedná o obsahy žump, septiků, ČOV, zemědělských a výrobních jímek aj. Z cisterny či vozu se tekuté kaly dostávají nejčastěji samospádem, popřípadě přetlakem, a to napřímo do jímky nebo přes separátor hrubých nečistot.

Tuhé kaly se z dopravního prostředku podobného charakteru jako u tuhých kalů složí do příjmového žlabu tuhých kalů, pomocí šnekového dopravníku jsou tuhé kaly dopraveny do jímky na kaly. Zde se pomocí tekutého materiálu a míchadla naředí na substrát, který je možno odčerpat.

V jímce na kaly se zpracovávají všechny tekuté a obdobné materiály. Jímka je následně napojena na centrální rozdělovač substrátů. Vytvořený substrát lze pomocí centrálního rozdělovače přečerpat do jakékoli jímky, nádrže na BPS, také do linky termotlaké hydrolýzy.

Obrázek 9: Jímka na tekuté kaly



Zdroj: Archiv autorky; 2018

### 5.2.3 Centrální rozdělovač substrátů (CRS)

Tato BPS je vybavena dvěma centrálními rozdělovači, oba tyto rozdělovače jsou vybaveny čerpadlem a jsou vzájemně propojena potrubím. CRS1 slouží k zajištění vstupů do fermentačního procesu k zředění vstupních surovin (vstup biomasy) a k ochlazování výstupu materiálu z TTH. CRS2 se využívá k přepravě substrátů mezi jednotlivými nádržemi BPS. To znamená, že pomocí centrálními rozdělovači lze přečerpávat substrát do jakékoli nádrže BPS.

Obrázek 10: Centrální rozdělovač substrátů



Zdroj: Archiv autorky; 2018

### 5.2.4 Příjem VŽP – Linka termotlaké hydrolýzy (TTH)

Příjem materiálu VŽP probíhá do příjmového žlabu a kapalné části se skladují v nádrži surovin VŽP. Samotný příjem probíhá v hale termotlaké hydrolýzy. Materiál se přivádí do žlabu buďto pomocí velkoobjemových kontejnerů, korby vozidla, anebo z kontejnerů na komunální odpad. Co se týče nádrže na kapalné suroviny v příjmu VŽP, tak ta je umístěna v těsné blízkosti příjmového žlabu. Je vybavena míchadlem, snímáním hladiny, přepadem, revizním otvorem a potrubím s ventily, přes které se do nádrže mohou kapaliny ukládat či také odčerpávat. Tyto kapaliny lze z nádrže odčerpat pouze do hydrolyzéro.

Pomocí linky termotlaké hydrolýzy se zpracovávají suroviny vyžadující sterilizaci neboli hygienizaci. Toto zařízení slouží ke sterilizaci odpadů kategorie 2 a 3 VŽP dle Nařízení ES 1069/2009, konkrétně se jedná o materiály živočišného původu jako zbytky masové tkáně, kosti, krev, oplachové a odpadní vody z jatek –

hnůj a obsah trávicího traktu, kuchyňské odpady, zbytky jídel. Vlivem ohřevu materiálu na velmi vysokou teplotu (min 133 až 180 °C) při vysokém tlaku 3–12 bar a následném skokovém poklesu tlaku na atmosférický tlak (1 bar) se současnou prudkou změnou teploty (ochlazení) dochází k destrukci buněk materiálů a tím k zvětšení plochy, při níž mohou působit metanové bakterie, to vše má za následek zvýšený objem vývinu bioplynu až o 10 až 15 %.

Sterilizace vstupních materiálů probíhá pomocí termotlaké hydrolyzy. Jedná se o diskontinuální proces, při kterém se hydrolyzér naplní vstupní surovinou, která je následně mechanicky upravena tak, aby splňovala maximální rozměr, uvnitř hydrolyzéro je umístěno míchadlo, které promíchává celý objem hydrolyzéro a díky němu společně s dvouplášťem hydrolyzéro probíhá ohřev materiálu.

Celý proces sterilizace materiálu nejdřív začíná na třídícím dopravním páse, kde probíhá detekce kovu, jakmile je kov v materiálu detekován, pás se zastaví a obsluha pásu je povinna kov z materiálu odstranit, teprve poté se pás opět spustí. Následně je materiál rozdrčen pomocí jemného drtiče na části o maximálních rozměrech 30x30mm. Takto upravený materiál putuje do násypky se šnekovým dopravníkem, který dopravuje materiál do lamelového čerpadla, do kterého je zároveň přiváděna voda na případné rozředění hustých a suchých materiálů. Toto čerpadlo pomocí potrubí dopraví materiál do hydrolyzéro, kde probíhá vlastní sterilizace. Nejprve probíhá vstupní ohřev na minimální teplotu 133 °C. K ohřevu hydrolyzéro se využívá sytá pára, která se vyrábí ve středotlakém kotli na bioplyn. Díky tomuto ohřevu následně stoupne tlak na požadovanou hodnotu, tedy na minimálně 3 bar. Tím započne vlastní sterilizační proces, který trvá nejméně 20 minut. Sterilizovaný materiál je následně přes expandér přepraven do mezizásobníku, který slouží k ukládání materiálu a jeho smíchávání s jiným substrátem pomocí CRS, smíšením substrátu dochází ke snížení teploty až na 97 °C. Následně se výsledný substrát dávkuje do fermentačních nádrží pomocí automatu dávkování. Součástí mezizásobníku je i centrifugované jímání brýdových par, který slouží k jejich odvodu do biofiltru, kde dochází k očištění vzduchu odvedeného z haly TTH a chlazení brýdových par.

Hydrolyzér je schopné pracovat za podmínek metody hydrolyzy, která se využívá na přepracování vstupních materiálů s vysokým obsahem ligninu, což má bez úpravy za následek potíže s fermentací. Špatně použitelným materiálem pro BPS je například sláma.

### 5.2.5 Fermentační nádrže

BPS je vybavena dvěma fermentory, které slouží k homogenizaci a vývinu bioplynu. Oba fermentory jsou vybaveny průběžným hydrostatickým měřením stavu maximální hladiny, objemu substrátu, teploty substrátu a topného okruhu. Přehled těchto hodnot vykazován a evidován do řídicího systému BPS. Oba fermentory jsou zároveň vybaveny potrubím pro přetok substrátu samospádem do dofermentoru, který má shodné technické provedení jako fermentory, navíc má pouze 3 vnitřní topné okruhy.

Nedílnou součástí fermentačních nádrží je plynojem, který je tvořen dvojitým membránovým systémem. Plynové rozvody upraveného bioplynu jsou rozvedeny samostatně na každé spotřební zařízení, jako jsou kogenerační jednotky, kotelny na bioplyn, fléra. Fléra slouží ke spalování nadbytečného bioplynu.

Obrázek 11: Fermentační nádrže



Zdroj: Archiv autorky; 2018

### 5.2.6 Kogenerační jednotky

BPS je vybaveny dvěma kogeneračními jednotkami (KJ), které se sestávají z motoru, který je sám poháněn bioplynem, tento motor pohání napevno připojený generátor, který vyrábí elektrický proud. Elektrická účinnost je 42,5 % a tepelná účinnost je 22 %. Tepelná energie se využívá v topném hospodářství samotné BPS.

Obrázek 12: Kogenerační jednotka



Zdroj: Archiv autorky; 2018

### 5.2.7 Separace a uskladnění digestátu

Koncový sklad tekutého fermentačního zbytku je železobetonová nádrž, jehož zásoba je cca 10 562 m<sup>3</sup> a materiál se zde může skladovat po dobu 4-5 měsíců. Odvoz digestátu nebo fugátu jako vhodné hnojivo je prováděn pomocí vhodných cisteren a samostatnou obsluhou, která není spojena s běžným provozem BPS

a zároveň se řídí rozvozovým plánem. Tento odběr je prováděn pomocí potrubí a připojené hadice na vodohospodářsky zabezpečené ploše.

### 5.2.8 Energetické potrubní rozvody

Mezi tyto rozvody patří rozvody páry a kondenzátu, které slouží k ohřevu hydrolyzéro, k profukům otvorů technologií TTH. Dále pak rozvody tepla pomocí centrálního rozdělovače tepla, který je umístěn v hale TTH. Z tohoto rozdělovače je teplo dále předáváno do technologie na ohřev fermentačních nádrží a pro další

využití tepelné energie jako je například ohřev prostory haly TTH nebo vytápění sociálního objektu.

Co se týče zásobování vodou, je BPS přivedena přípojkou pitná voda z centrálního rozvodu pitné vody z vodárny Hradiště. Součástí areálu BPS je i požární nádrž o objemu cca 500 m<sup>3</sup>. Nádrž je napájena dešťovými vodami a povrchovými vodami z prostoru BPS.

### 5.2.9 Ostatní technologická zařízení

Jedná se o vzduchotechniku, která odsává vzduch z prostoru příjmu VŽP a páry z chladiče brýdových par a přes vodní pračku je odsávána do biofiltru. Dále se jedná o elektromotorické instalace a zařízení na měření a regulace, kde pro celkový chod zařízení je technologie plně automaticky řízena řídicím systémem. Existují zde dva oddělené řídicí systémy – řídicí systém BPS a řídicí systém TTH.

## 5.3 Vlastní měření

Na základě metodiky diplomové práce byly v rámci výzkumu zpracována získaná data a výsledky jsou prezentovány v podobě grafické interpretace s komentářem.

V rámci sledovaného období jsou v této kapitole prezentována celková množství vstupních surovin, jejich procentuální zastoupení rozdělené do jednotlivých měsíců daného roku, dále pak celkové vyprodukované množství bioplynu a výroba elektrické energie taktéž rozděleny do měsíců příslušného roku. Následuje analýza pomocí lineární regrese nasbíraných dat se záměrem zjistit vztah mezi vstupními surovinami a kvalitou bioplynu a závěrem ekonomické zhodnocení inovace.

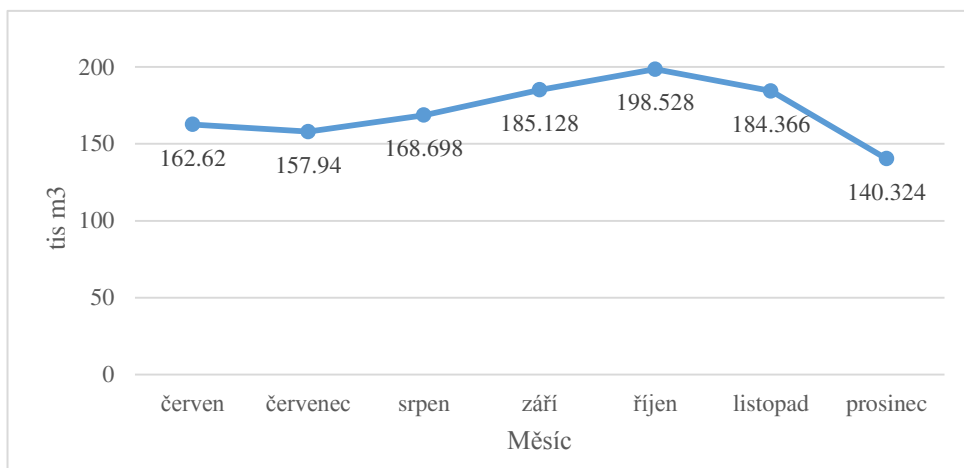
Následující grafická zpracování interpretují výsledky měření. Grafy jsou vždy rozděleny podle roku, v jakém bylo měření prováděno, tedy sledované období od června do prosince roku 2016, kompletní rok 2017 a v období od ledna do června roku 2018.

- **Rok 2016**

Následující grafy v období červen–prosinec roku 2016 zobrazují vývoj výnosnosti bioplynu ve sledovaném období a celkové množství vstupních surovin v jednotlivých měsících.

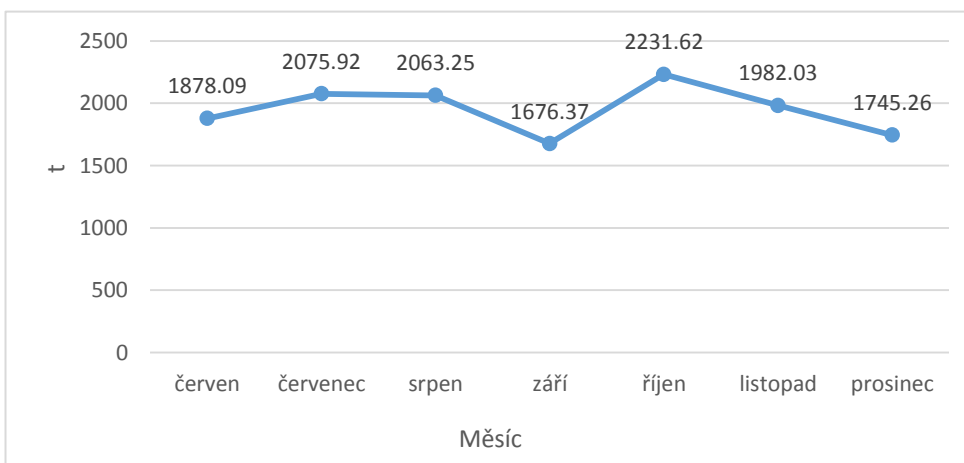
V tomto období byl nejvýnosnějším měsícem měsíc říjen, kdy celková produkce bioplynu byla 198,525 tis m<sup>3</sup> při celkovém množství vstupních surovin 2231,62 tun. Nejméně výnosným měsícem byl prosinec, kdy výnosnost byla 140,324 tis m<sup>3</sup>, takto nízká výnosnost se dá vysvětlit nejnižším množstvím vstupních surovin, který byl v tomto měsíci pouhých 1745,26 tun. Nejedná se ale o nejnižší množství vstupních surovin, to bylo v měsíci září, kdy tato suma byla 1676,37 tun, a přitom výnosnost bioplynu nebyla nejnižší, naopak, patří k jedním z nejvyšších. Tato nekorelace se dá vysvětlit nevhodným složením vstupních surovin, kdy v tomto měsíci zcela chybí odpad (surovina) s katalogovým číslem 19 08 05, tedy kaly z čištění komunálních vod.

Obrázek 13: Vývoj výnosu bioplynu v období červen–prosinec 2016



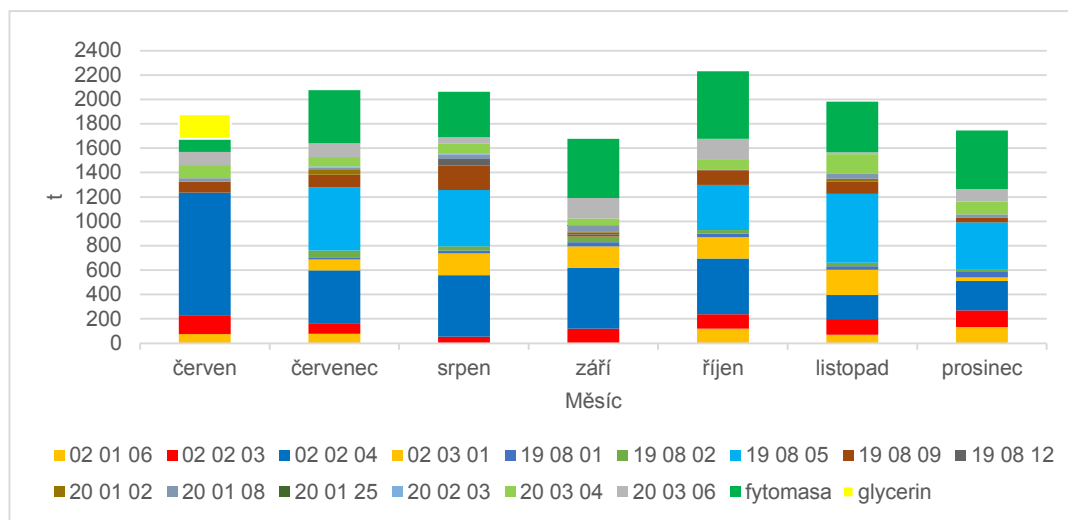
Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 14: Celkové množství vstupních surovin v období červen–prosinec 2018



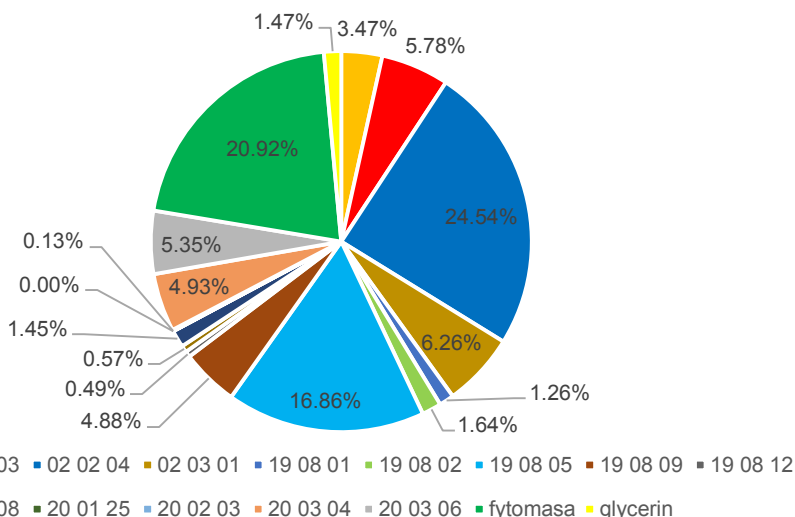
Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 15: Zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin ve sledovaném období červen-prosinec 2016



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 16: Celkové % zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin za období červen-prosinec 2016



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Co se týče vstupních surovin, tak mezi dominantní vstupní suroviny můžeme řadit kaly z čištění odpadních vod z místa jejich vzniku (katalogové číslo 02 02 04) s celkovým procentuálním zastoupením 24,54 % (3350,76 tun), fytomasu s procentuálním zastoupením 20,92 % (2856,14 tun) a s procentuálním zastoupením 16,86 % (2301,66 tun) jako další dominantní surovinu máme kaly z čištění komunálních odpadních vod. 0 % zastoupení mají odpady 20 01 05 jedlé tuky a oleje. Dle Jelínek et al. se jedná o nejnývnosnější vstupní suroviny v rámci výroby bioplynu. Důvodem nedodání této suroviny může být vysoká cena, nedostatek či nekvalitní zboží. Na druhou stranu lze předpokládat, že pokud by byla

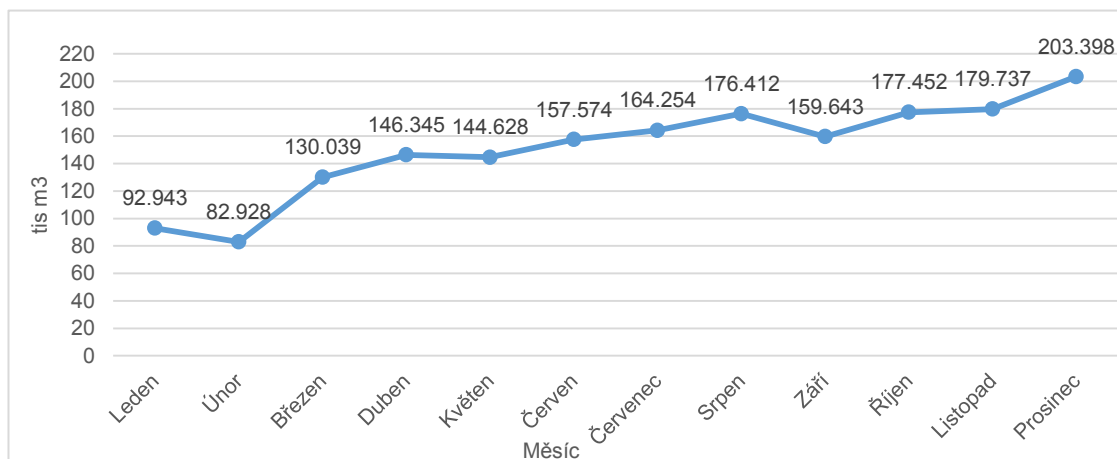


tato surovina dodána, i kdyby v malém množství, mohl by výnos bioplynu vzrůst o několik procent.

- **Rok 2017**

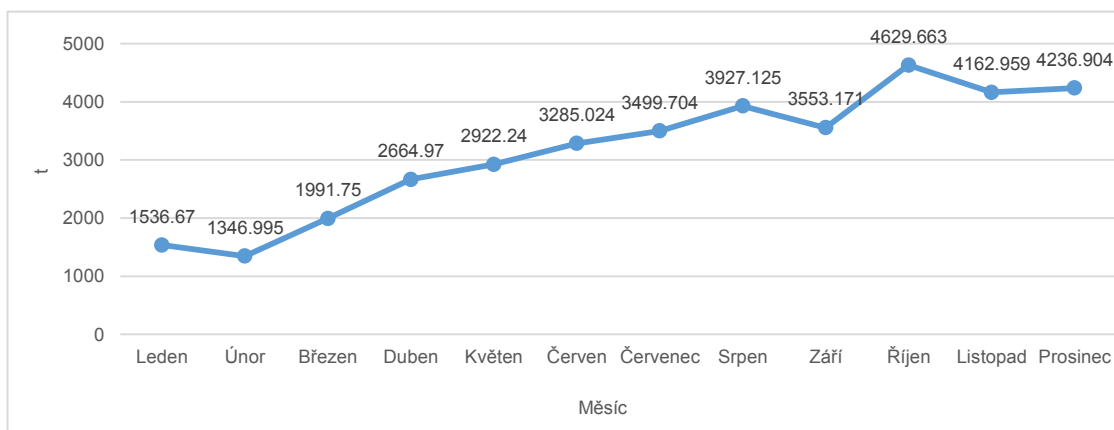
V roce 2017 je taktéž patrný plynulý vývoj výnosu bioplynu v závislosti na množství vstupních surovin, tentokrát však zde není patrný žádný nesoulad. Vývoj výnosu bioplynu odpovídá použitému množství vstupních surovin. Drobný nesoulad lze pozorovat v měsíci říjen, kdy množství vstupních surovin je nejvyšší, ale výnos nejvyšší není, toto lze opět přikládat odlišnému složení vstupních surovin. Nejvíce výnosným měsícem je oproti předešlému roku 2016 prosinec s 203,398 tis m<sup>3</sup>, z toho je možné vyvodit, že výnosnost nezávisí na měsíci ani na roce. Nejméně výnosným měsícem je únor (82,928 tis m<sup>3</sup>), kdy je ovšem i nejmenší množství vstupních surovin.

Obrázek 17: Vývoj výnosu bioplynu v roce 2017



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 18: Celkové měsíční množství vstupních surovin v roce 2017

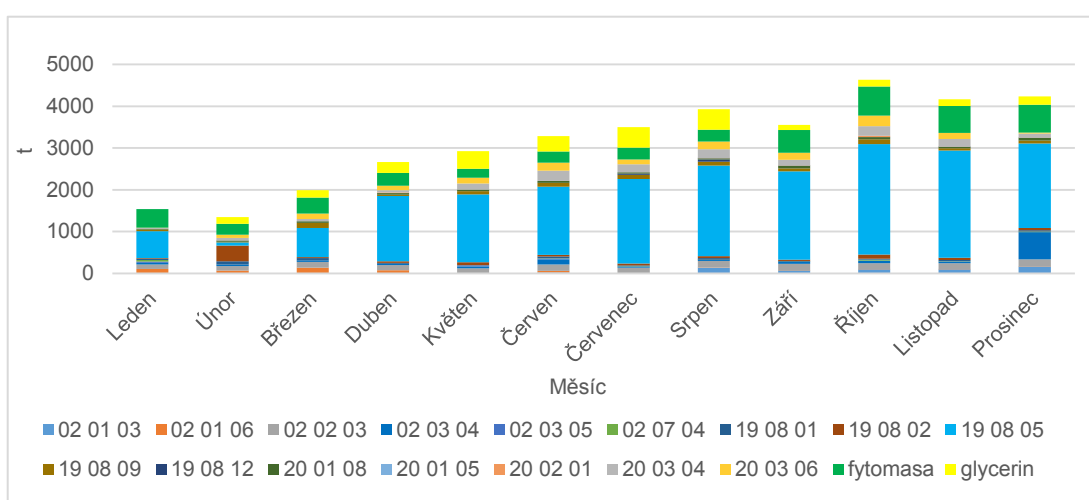


Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Opět v roce 2017 dominuje surovina s katalogovým číslem odpadu 19 08 05 tedy kaly z čištění komunálních odpadních vod s procentuálním zastoupením 52,35 %, dále pak fytomasa 13,22 % a třetí dominantní surovinou je oproti roku 2016 glycerin, který je zastoupen celkově 7,94 %. Opět je zde vidět téměř nulové zastoupení nejnósnější suroviny, a to jedlé oleje a tuky (pouhých 1,38 tun). Zároveň v nejnósnějším měsíci prosinec je několikanásobně více zastoupena surovina

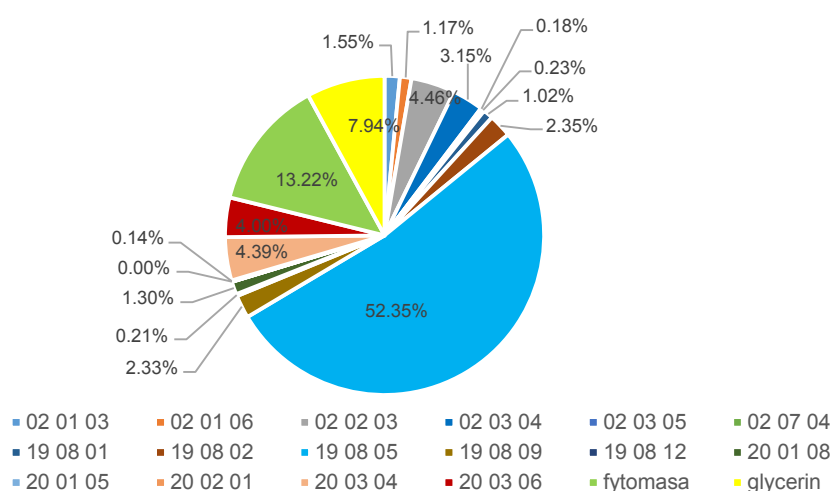
02 03 04, jedná se odpady z výroby a zpracování ovoce a zeleniny. Tento výrazný nárůst může mít za následek vyšší výnosnost bioplynu i přes nižší množství surovin, než bylo v měsíci říjen.

Obrázek 19: Zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin v roce 2017



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 20: Celkové % zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin v roce 2017

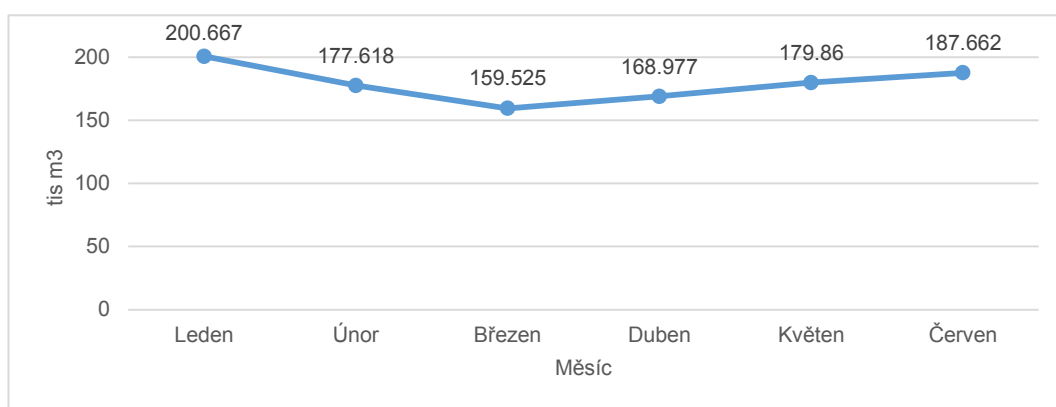


Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

- **Rok 2018**

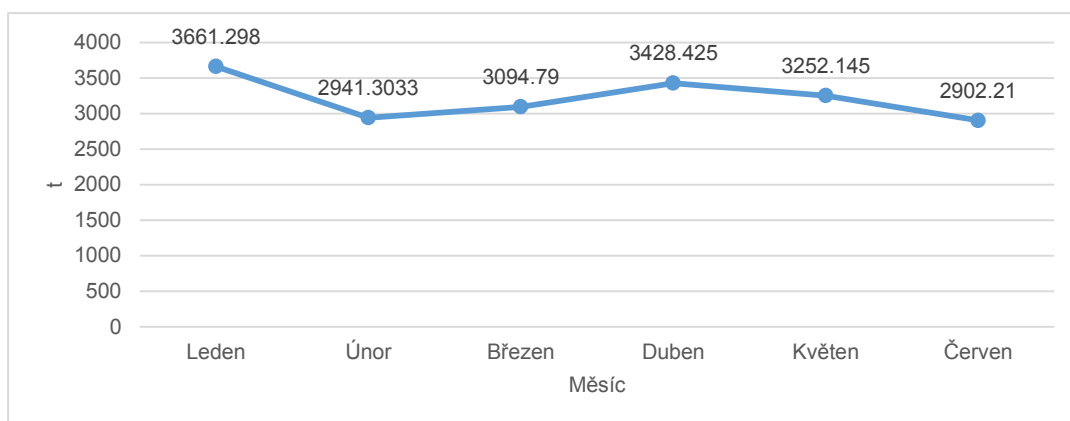
Ve sledovaném období v roce 2018 tedy od ledna do června je nejvyšší výnos bioplynu v lednu, kdy výnos bioplynu byl 200,667 tis m<sup>3</sup>, což také koreluje s nejvyšším množstvím vstupních surovin, konkrétně 3661,298 tun. V porovnání s předešlým rokem byl výnos v měsíci leden jednou tak vyšší. To opět může naznačovat, že výnos není závislý na měsíci. V tomto sledovaném období opět pozorujeme pokles výnosnosti bioplynu v posledních dvou měsících květen a červen. Opět tento pokles lze přisoudit nevhodné skladbě vstupních surovin.

Obrázek 21: Vývoj výnosnosti bioplynu ve sledovaném období leden-červen 2018



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 22: Celkové měsíční množství vstupních surovin ve sledovaném období leden-červen 2018

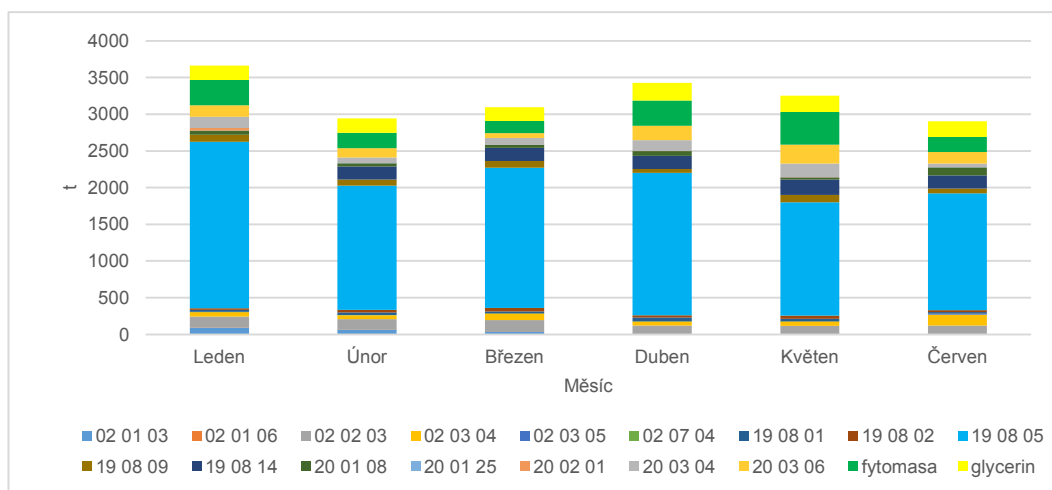


Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Co se týče množství a druhu vstupních surovin v tomto období, opět zde dominují kaly z čištění komunálních odpadních vod s katalogovým číslem (19 08 05), kdy jejich množství přesáhlo 50 %. Tento druh odpadu je přijímán z čističek

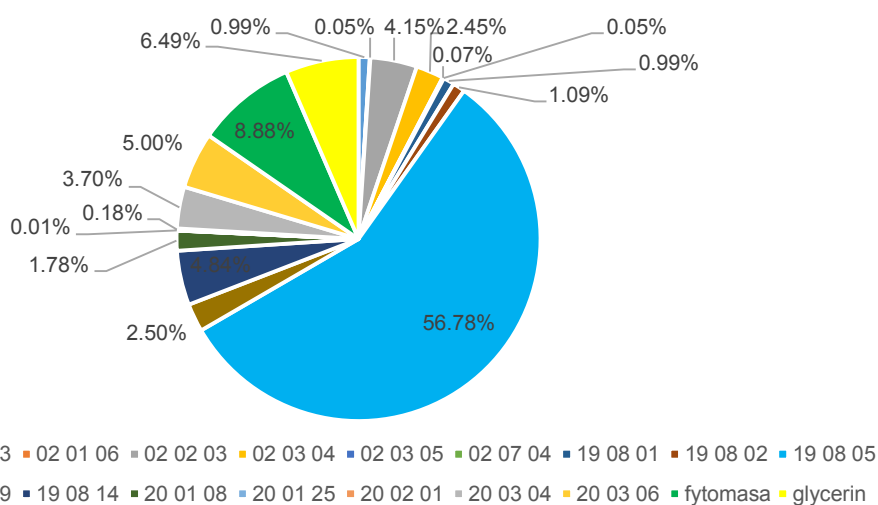
odpadních vod a je dodáván kontinuálně každý měsíc v celkovém sledovaném období, jak je vidět v roce 2016, 2017 i 2018. Teoretická výnosnost této suroviny je ovšem třetí nejnižší (Biom; 2018), ale vzhledem k vysokému množství této suroviny se bilance výnosu vyrovná. Druhou nejvíce využívanou vstupní surovinou je záměrně pěstovaná fytomasa (8,88 %) přímo od provozovatele bioplynové stanice. Třetí dominantní surovinou je opět glycerin (6,49 %), který je odkupován od dodavatele. Co se týče teoreticky nejvýnosnější suroviny jedlých tuků a olejů, je v tomto období nárůst na celkové procentuální zastoupení 0,01 %, přičemž nejvíce byla tato surovina dodaná v červnu (1,78 tun), kdy i přes malé množství vstupních surovin jedná se o druhou nejvyšší výnosnost v tomto období (187,662 tis m<sup>3</sup>). Toto pozorování může jenom potvrdit teoretické tvrzení ohledně výnosnosti této suroviny.

Obrázek 24: Celkové % zastoupení jednotlivých druhů surovin ve sledovaném období leden-červen 2018



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Obrázek 23: Zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin ve sledovaném období leden-červen



Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

- **Porovnání v rámci sledovaných let**

V rámci porovnání všech třech sledovaných období je patrný rozdíl ve složení vstupních surovin, a to hlavně mezi roky 2016 a 2018, kdy v roce 2016 jsou nejdominantnější surovinou kaly z čištění odpadních vod s katalogovým číslem 02 02 04, jedná se tedy o jiný druh kalů, než který je dominantní v roce 2018 (19 08 05). Také v roce 2016 je velmi dominantní surovina fytomasa s celkovým procentuálním zastoupením 20,92 % a v roce 2018 to bylo pouhých 8,88 %. Vzhledem k tomu, že se jedná o záměrně pěstovanou fytomasu pěstovanou přímo provozovatelem bioplynové stanice, můžeme nižší využití této surovin připsat nízké úrodnosti, či záměrně nižším použitím vzhledem k teoretické výnosnosti ostatních surovin jako jsou kaly z čistíren odpadních vod či odpady ze stravoven a jiných zařízení. Také vzrostlo využití glycerinu jako vstupní suroviny, který je odkupován od dodavatele.

V rámci celkového zhodnocení výsledné výnosnosti bioplynu ve sledovaném období rozdělených do jednotlivých let je v rámci srovnání let 2016 a 2018 výnosnějším rokem rok 2016, tento rozdíl není ovšem nijak velký a v konečném důsledku může být i opačný, kdyby byly připočítány zbylé měsíce daného roku.

Tabulka 3: Celková výnosnost bioplynu v daném období (tis m<sup>3</sup>)

Červen–prosinec 2016	Rok 2017	Leden–červen 2018	Celkem za sledované období
1177,604	1815,353	1074,309	4067,266

Zdroj: Vlastní zpracování

### 5.3.1 Lineární regrese

Pro statistické vyhodnocení celého období (n=24) byla užitá vícenásobná lineární regrese, která slouží k analýze vlivu proměnných na výnos bioplynu. Tato analýza prokázala vztah mezi vstupními surovinami a výnosem bioplynu.

Tabulka 3: Výsledek vícenásobné lineární regrese

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	75.745795	143.593007	0.528	0.651	
02 01 06	0.062520	0.255134	0.245	0.829	
02 02 03	-0.128921	0.508320	-0.254	0.823	
02 02 04	0.047176	0.084959	0.555	0.635	
02 03 01	0.150516	0.139504	1.079	0.393	
02 03 04	0.081677	0.089884	0.909	0.459	
02 03 05	0.427652	1.917835	0.223	0.844	
02 07 04	-1.962802	1.931972	-1.016	0.417	
19 08 01	0.005389	1.001676	0.005	0.996	
19 08 02	-0.098493	0.106274	-0.927	0.452	
19 08 05	-0.008510	0.016613	-0.512	0.659	
19 08 09	-0.023382	0.225668	-0.104	0.927	
19 08 12	0.275546	0.808103	0.341	0.766	
19 08 14	0.162714	0.202685	0.803	0.506	
20 01 02	-0.035005	0.861332	-0.041	0.971	
20 01 08	-0.048379	0.571282	-0.085	0.940	
20 01 25	26.353128	23.217925	1.135	0.374	
20 02 01	1.406579	1.308561	1.075	0.395	
20 02 03	5.103491	5.129731	0.995	0.425	
20 03 04	0.241775	0.229259	1.055	0.402	
20 03 06	-0.121818	0.239317	-0.509	0.661	
fytomasa	0.143707	0.171070	0.840	0.489	
glycerin	0.129174	0.202517	0.638	0.589	

Residual standard error: 22 on 2 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.9518, Adjusted R-squared: 0.4221  
 F-statistic: 1.797 on 22 and 2 DF, p-value: 0.4189

Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Výše uvedený model však ukazuje, že ani jedna surovina nemá žádný statisticky významný vliv na výnos bioplynu. Na druhou stranu vysoká hodnota  $R^2 = 0,9518$  vysvětluje 95,18 % variability modelu, což značí velkou predikční sílu, z tohoto hlediska se jedná o dokonalý model, ovšem model není statisticky významný, to může být způsobeno multikolinearitou, což dokazuje i *variance-inflation factors* (vif), jehož hodnoty mají být pod 5.

Tabulka 4: Výsledek variance-inflation factors

```
> vif(m)
```

02 01 06	02 02 03	02 02 04	02 03 01	02 03 04	02 03 05	02 07 04	19 08 01
7.668653	9.3871178	23.557857	4.66392	6.616127	12.678203	11.0922554	12.987337
19 08 02	19 08 05	19 08 09	19 08 12	19 08 14	20 01 02	20 01 08	20 01 25
8.245706	9.972271	3.836971	7.044280	11.884829	3.431920	7.282933	3.671985
20 02 01	20 02 03	20 03 04	20 03 06	fytomasa	glycerin		
7.840030	8.066547	10.063146	12.128782	36.312182	44.816188		

Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Na základě výše uvedených testů byl použit model, který vytvořil souhrnný F-Test pro každý model zvlášť.

Tabulka 5: Výsledky vícenásobné lineární regrese  
Single term additions

```

Model:
vynos ~ 1

```

	Df	Sum of Sq	RSS	AIC	F value	Pr(>F)	
<none>			20098	169.24			
02 01 06	1	4693.2	15405	164.59	7.0072	0.014402	*
02 02 03	1	1040.1	19058	169.91	1.2552	0.274123	
02 02 04	1	192.3	19906	171.00	0.2222	0.641775	
02 03 01	1	1132.8	18965	169.79	1.3738	0.253161	
02 03 04	1	1969.5	18128	168.66	2.4987	0.127593	
02 03 05	1	3849.0	16249	165.92	5.4481	0.028687	*
02 04 04	1	1072.3	19026	169.87	1.2963	0.266608	
19 08 01	1	3794.5	16303	166.01	5.3530	0.029972	*
19 08 02	1	5789.9	14308	162.74	9.3072	0.005671	***
19 08 05	1	1774.5	18323	168.93	2.2274	0.149174	
19 08 09	1	2959.1	17139	167.25	3.9711	0.058283	.
19 08 12	1	6493.1	13605	161.48	10.9772	0.003032	**
19 08 14	1	843.8	19254	170.16	1.0080	0.325837	
20 01 02	1	61.3	20037	171.16	0.0704	0.793088	
20 01 08	1	2872.8	17225	167.38	3.8359	0.062402	.
20 01 25	1	1517.8	18580	169.27	1.8788	0.183697	
20 02 01	1	1038.5	19059	169.91	1.2532	0.274501	
20 02 03	1	152.5	19945	171.05	0.1758	0.678880	
20 03 04	1	2968.4	17129	167.24	3.9858	0.057855	.
20 03 06	1	2233.9	17864	168.29	2.8762	0.103393	
fytomasa	1	1281.6	18816	169.59	1.5666	0.223283	
glycerin	1	121.3	19977	171.09	0.1396	0.712075	

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Zdroj: Vlastní zpracování; 2019

Zde jsou již patrné některé statisticky významné vlivy surovin a to konkrétně suroviny s katalogovým číslem 02 01 06 zvířecí trus, moč a hnůj, 02 03 05 kaly z čištění odpadních vod z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny a obiloviny, 19 08 01 shrabky z česlí z čistíren odpadních vod, 19 08 05 kaly z čištění komunálních odpadních vod, 19 08 12 kaly z biologických čistění průmyslových odpadních vod a další méně významné suroviny jako 19 08 09 směs tuků a olejů, 20 01 08 biologicky rozložitelné odpady z kuchyní a stravoven a 20 03 04 odpady ze zahrad a parků.

Dále byly vytvořeny modely závislosti výnosu bioplynu na vstupních surovinách pro jednotlivé suroviny zvlášť a vzhledem k jasné multikolinearitě byla interpretace založena na hodnotě  $R^2$ , tedy na procentu vysvětlení modelu.

Tabulka 6: Výsledek analýzy modelu

Surovina	p-value	F-statistic	R <sup>2</sup>
02 01 06	0,014	7,007	<b>0,2335</b>
02 02 03	0,2741	1,255	0,05175
02 02 04	0,6418	0,2222	0,00957
02 03 01	0,2532	1,374	0,05636
02 03 04	0,1276	2,499	0,09799
02 03 05	0,02869	5,448	<b>0,1915</b>
02 07 04	0,2666	1,296	0,05335
19 08 01	0,02997	5,353	0,1888
19 08 02	0,005671	9,307	0,2881
19 08 05	0,1492	2,227	0,08829
19 08 09	0,05828	3,971	<b>0,1472</b>
19 08 12	0,003032	10,98	<b>0,3231</b>
19 08 14	0,3258	1,008	0,04198
20 01 02	0,7931	0,07042	0,003052
20 01 08	0,0624	3,836	<b>0,1429</b>
20 01 25	0,1837	1,879	0,07552
20 02 01	0,2745	1,253	0,05167
20 02 03	0,6789	0,1758	0,007586
20 03 04	0,05786	3,986	<b>0,1477</b>
20 03 06	0,1034	2,876	0,1112
fytomasa	0,2233	1,567	0,06377
glycerin	0,7121	0,1396	0,006034

Zdroj: Vlastní zpracování, 2019

Z této analýzy lze říci, že suroviny s větší hodnotou R<sup>2</sup> vysvětlují více procent modelu a tím pádem mají větší vliv na výnos bioplynu. Konkrétně se jedná o suroviny 19 08 12 kaly z biologických čistění průmyslových odpadních vod s největší hodnotou R<sup>2</sup> (32,31 %), 02 01 06 zvířecí trus, moč a hnůj (23,35 %), 02 03 05 kaly z čistění odpadních vod z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny a obilovin (19,15 %), 20 03 04 kaly ze septiků a žump (14,77%), 19 08 09 směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze oleje a jedlé tuky (14,72 %) a 20 01 08 biologicky rozložitelné odpady z kuchyní a stravoven (14,29 %). Tato analýza prokazuje dlouholetou praxi, kdy je z odborných zdrojů jasné, že větší vliv na výnos bioplynu mají živočišné odpady, gastroodpady a jedlé tuky a oleje a kaly z těchto surovin. Tyto suroviny mají prokazatelně větší vliv na výnos bioplynu, a proto by měli být více využívány za účelem většího zisku. Naopak suroviny, které nemají téměř žádná vliv jako například glycerin, který vysvětluje pouze 0,6 % modelu a odpady ze zahrad a parků, který vysvětluje 0,7 % a jiné by měli být ze vstupních surovin vyřazeny, hlavně tedy glycerin, který společnost odkupuje.



### 5.3.2 Zhodnocení ekonomické inovace

V následující tabulce (tabulka 5) je sečtena celková výroba elektrické energie, uváděna v MWh, v rámci jednotlivých let, přičemž u let 2016 a 2018 lze vidět, že výroba byla v roce 2016 větší, což má souvislost i s větším výnosem vyprodukovaného bioplynu. Celková výroba elektrické energie za sledované období (24 měsíců) činila 11407,684 MWh.

Tabulka 7: Celková výroba elektrické energie

Červen–prosinec 2016	Rok 2017	Leden–červen 2018	Celkem za sledované období
3059,008	5507,467	2840,976	11407,684

Zdroj 1: Vlastní zpracování; 2019

Podle zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie má vlastník bioplynové stanice nárok na podporu elektřiny formou zeleného bonusu na elektřinu vyrobenou ve výrobě elektřiny využívající obnovitelné zdroje s instalovaným výkonem nad 100 kW. Zelený bonus na elektřinu je stanoven v Kč/MWh. Výše ročního zeleného bonusu na elektřinu pro spalování bioplynu je stanovena na 2 460 Kč/MWh. V tabulce 6 je vypočítaná výše zeleného bonusu ve sledovaných letech. Celková výše zeleného bonusu ve sledovaném období 24 měsíců je 28 062 902,64 Kč. Při vyšším výnosu bioplynu je možnost dosáhnout vyšší dotace tedy zeleného bonusu.

Tabulka 8: Výše zeleného bonusu

Červen-prosinec 2016	Rok 2017	Leden–červen 2018	Celkem za sledované období
7 525 159,68 Kč	13 548 942,00 Kč	6 988 800,96 Kč	28 062 902,64 Kč

Zdroj: Zákon č. 165/2012; 2012

- **Možnosti zvýšení výnosu bioplynu**

S ohledem na to, že je zde obecná snaha zvýšit výnos bioplynu je potřeba zamyslet se nad možnostmi, jak toho docílit. Provozovatelé bioplynových stanic se zejména snaží zvýšit produkci bioplynu v ideálním případě bez nutnosti zvýšení investic. Toho lze dosáhnout pouze v pomoci optimalizací provozu, jedná se především o úpravu vstupů, promíchávání obsahu fermentoru a dodržení technologických parametrů. Výtěžnost bioplynu lze také zvýšit například větší destrukcí vstupní suroviny, například fytomasy (MAROUŠEK; 2011). Vzhledem k tomu, že majitel studované BPS hodlá nadále využívat záměrně pěstovanou fytomasu jako vstupní surovinu, existují zde možnosti, jak zvýšit výnosnost této suroviny.

Zvýšení výtěžnosti lze dosáhnout vhodnou předúpravou. Veškeré metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu, tedy zmenšením velikosti částic například mechanickou či jinou dezintegrací, kdy dochází k podstatnému zvětšení povrchu a tím pádem i k větší dostupnosti enzymovému rozkladu (DOHÁNYOS; 2008). Tato dezintegrace prokazatelně vede dle Marouška ke zvýšení produkce bioplynu (MAROUŠEK; 2011). Požadované velikosti částic lze v praxi dosáhnout pomocí mechanických uprav. Pomocí kladivového drtiče biomasy lze docílit většího rozdrčení materiálu a tím zvýšit výnos fytomasy o několik procent (SOUČEK J. et MALOUN J.; 2003). Používání drtičů má široké uplatnění při zpracování rostlinné biomasy. Desintegrací materiálů dochází k jeho homogenizaci a ke zvýšení objemové hmotnosti (VÚZT; 2008). V praxi by to znamenalo, že poté, co je surovina v síle rozrušena a homogenizována, tak by následně byla dopravena pomocí systému dopravníků do kladivového drtiče, který by surovinu nadrtil a dále by pokračoval proces popsán v kapitole 5.2.1.

Teoreticky by tato inovace výrazně pomohla například v roce 2016, kdy celkový podíl využití fytomasy byl téměř 21 % a výnos bioplynu byl srovnatelný s rokem 2018, kdy celkové zastoupení fytomasy jako vstupní suroviny byl necelých 9 %. Ovšem důvodem nižšího využití fytomasy v roce 2018 pravděpodobně bylo abnormální sucho, proto lze předpokládat za normálních podmínek dalšího využívání fytomasy.

Jedním z vhodných kladivových drtičů je například drtič typu 9FQ 50 s výkonem 800–1200 kg/hod s motorem 7,5 kW, jehož cena se pohybuje okolo 65 000 Kč (GREEN.ENERGY; 2012).

- **Možnosti využití odpadního tepla**

Vzhledem k tomu, že v kogenerační jednotce vzniká značné množství nevyužitého tepla, tedy tepla odpadního, je více než žádoucí hledat optimální uplatnění pro toto teplo. V rámci vlastního měření ve sledované bioplynové stanici bylo zjištěno, že přebytečné odpadní teplo se nijak nevyužívá a nejsou zde ani žádné plány do budoucna na zlepšení této situace.

Již při výstavbě BPS a při studii proveditelnosti je v dnešní době zapotřebí vytipovat perspektivní opatření pro využití přebytků tepla. Spotřeba tepla pro technologické ohřevy BPS je dnes již běžná praxe, ale toto využití se pohybuje zhruba mezi 20–40 %, vyšší se využije během zimních měsících (cca 1/3) a méně tepla je využívání v letních měsících. Existují však další řešení, jak přebytečné teplo využít (BIOM; 2015).

- Vytápění objektů v bezprostředním okolí BPS či zemědělských objektů,
- pro potřeby sekundárních podnikatelských záměrů lze vybudovat různé sušárenské technologie (sušárny dřeva, sušárny obilí, sušárny pilin) dále pak peletační či briketovací linky, stanice pro chov dobytka a skleníky,
- dodávky do systému CZT (centrální zdroj tepla) a vytápění obytných domů v přilehlé obci.

Zejména poslední bod je v dnešní době, kdy roste zájem o obnovitelné zdroje energie, velkým lákadlem. V České republice se již nejedná o úplnou novinku. Tato praxe je již zaběhnutá například od roku 2005 v obci Kněžice. Jedná se o energeticky soběstačnou obec, která má kromě bioplynové stanice vystavený i teplotní rozvod a tím tak probíhá centrální vytápění v celé obci (TÁBORSKÝ; 2009).

Vzhledem k tomu, že v přilehlém okolí sledované BPS leží dvě přilehlé obce o cca 100 obyvatelích, možnost vytápění přilehlé obce se nabízí. Vyřešil by se tak problém s nevyužitou tepelnou energií a zároveň by obec ušetřila na vytápění domácností a dalších objektů v obci a zároveň by tak přispěla ke zlepšení stavu životního prostředí.

Při těchto úvahách tedy využití přebytku tepla z BPS do dodávky systému CZT je zapotřebí splnit několik podmínek v souladu s energetickým zákonem č. 458/2000 Sb. Jedná se hlavně o splnění technických podmínek tedy vhodné připojení a kompatibilní parametry teplotnosného jádra, dále pak nesmí dojít ke zvýšení prodejní ceny tepla CZT konečnému spotřebiteli a také nesmí daná obec využívat jinou dodávku tepla z jiné OZE (Zákon č. 458/2000 Sb.; 2000).

## 6 Diskuze

**Diskuze byla zčásti provede již u jednotlivých částech výzkumu.**

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit a popsat současný stav technologie na výrobu bioplynu se zaměřením na zlepšení výkonu stanice v souvislosti s ekonomickým přínosem a dopadem na životní prostředí. Na základě analýzy vstupních surovin a jejich vlivu na výnosnost bioplynu byl zjištěn významný vliv některých surovin na vyšší výnos bioplynu, a to konkrétně u odpadů živočišného původu, což zároveň potvrzují několik teoretických pramenů.

Na základě výsledků této analýzy bych doporučila zvýšení procentuálního zastoupení výše uvedených surovin, které vyšly jako průkazně výnosnější, tím pádem by se zvýšila dotace zelený bonus, a naopak snížila procentuální zastoupení surovin, které se neukázali býti jako tolik výnosné a zároveň jsou zatíženy výkupní cenou jako například glycerin.

Využívání zemědělských bioplynových stanic je stále oblíbeným trendem, a to hlavně pro zemědělce, kteří využívají možnosti pěstování vlastních vstupních surovin a tím zajišťují levnější chod stanice. Záměrně pěstovanou fytomasu využívá i tato sledovaná BPS, i přesto, že se nejedná čistě o zemědělskou BPS. Majitel fytomasu využívá se záměrem snížit náklady na vstupní suroviny. Je potřeba se také zamyslet nad skutečností, že záměrně pěstovat plodiny pro užití bioplynové stanice, i přesto, že existují jiné možnosti vstupních surovin v podobě odpadů, se nezdá býti úplně logickým krokem. Zároveň zde figuruje fakt, že obstarávání polí na záměrně pěstovanou fytomasu zprostředkovává pracovní místa a tím přispívá k rozvoji místní ekonomiky. I přes výše uvedené skutečnosti se provozovatel studované BPS hodlá dále zabývat pěstováním fytomasy za účelem naplnění BPS, vzhledem k této skutečnosti byla v rámci vlastního měření navržena inovace technologického postupu ve formě kladivového drtiče, který by měl zvýšit výnos bioplynu o 5 %.

Hlavní výhodou využití bioplynu je vysoká účinnost zařízení s možností nepřetržitých dodávek elektřiny nebo tepla, zároveň však zde zůstává nedořešená otázka, co s nadbytečně vyprodukovaným teplem udělat. V blízkosti areálu sledované BPS se nachází dvě malé obce, kde by se dalo využít toto odpadní teplo ať už za účelem vytápění vybraných objektů, například kulturní dům či obecní úřad, anebo rovnou zařídit dodávku tepla do celé obce. Existuje ale celá řada dalších možností využití odpadního tepla, které nejsou takto ambiciózní. Tyto možnosti se týkají zejména vytápění zemědělských objektů BPS.

## 7 Závěr

Spalování bioplynu lze využívat jako přínosnou obnovitelnou složku energie, ale zároveň zde existuje několik možných negativních dopadů na složku životního prostředí spojené s touto problematikou jako je produkce metanu jakožto skleníkového plynu, dále také problém acidifikace a eutrofizace půdy. Zároveň je tento obnovitelný zdroj energie je přínosným pouze za předpokladu, že bude využíván v rovnovážném vztahu s ekonomickou, environmentální a sociální složkou udržitelného rozvoje. Efektivnější by bylo nahradit záměrně pěstované suroviny za mnohem výnosnější suroviny jako jsou například odpady, což přesně definuje uzavřený cyklus oběhového hospodářství, které je v souladu s udržitelným rozvojem území.

Další výhodou spalování bioplynu je vyprodukovaný digestát, který je využíván jako hnojivo pro místní zemědělce, což má za následek větší konkurenceschopnost podniku a zároveň to přispívá k oběhovému hospodářství. V současné době je chod veškerých bioplynových stanic, které v České republice fungují, závislí na dotačních programech.

Studovaný podnik, jímž se tato diplomová práce zabývá, má poměrně stabilní proces výroby bioplynu. Zároveň se jedná o poměrně mladé technologické odvětví, které přichází stále s novými inovacemi ať už v rámci technologických procesů anebo v rámci širšího konceptu udržitelného rozvoje území a určitě tomu tak bude i nadále v budoucnu.

## Zdroje:

1. **ACHINAS S., ACHINAS V., EUVERINK G.**, 2017: *A technological overview of biogas production from biowaste*. Engineering 3 (2017): 299-307.
2. **ALTMANN V., VACULÍK P., MIMRA M.**, 2010: *Technika pro zpracování komunálního odpadu*. Česká Zemědělská univerzita v Praze, Praha.
3. **CZ Biom**, ©2015: *Využití odpadního tepla z výroby bioplynu*. Biom.cz [online]. 2015-09-11 [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vyroby-bioplynu>.
4. **CZ Biom**, ©2018: *Výtěžnost bioplynu z jednotlivých materiálů*. Biom.cz [online]. [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyteznost-bioplynu-z-jednotlivych-materialu>.
5. **DOHÁNYOS M. et al.**, 1997: *Anaerobní čistírenské technologie*. Praha: NOEL 2000.
6. **DOHÁNYOS M.**, 2008: *Zvyšování efektivity fermentace – nejnovější poznatky ve výzkumu a praxi*. Konference „Biomasa & Bioplyn“ 5.-6. listopadu 2008, b.i.d. servis s.r.o. Praha. Dostupné z: <https://www.czba.cz/zvysovani-efektivita-fermentace-nejnovejsi-poznatky-ve-vyzkumu-a-praxi.html>
7. **DOSTÁLKOVÁ, J.**, 2014: *Zařízení pro odstraňování sulfanu z bioplynu*. Odpadové fórum 5 (2014): 18-19.
8. **DVOŘÁČEK T., ROSENBERG T.**, 2016: *Provozní řád bioplynové stanice R-3 zařízení na získávání/regeneraci organických látek*. Krajský úřad Ústeckého kraje, Ústí nad Labem.
9. **ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD**, ©2017: *Produkce komunálních odpadů*. [online]. [cit. 2019-1-21]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/20543775/2800201406.pdf/5ead9751-5f2d-4bba-961e-bea2f3caf879?version=1.0>
10. **ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD**, ©2017: *Produkce, využití a odstranění odpadů –2017*. (online). [cit. 2019-1-21]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/documents/10180/61546956/28002018.pdf/36b79716-4bee-4e66-96b8-0298993b2276?version=1.3>
11. **EUROSTAT**, ©2019: *What kind of energy do we consume in Europe?* (online) [cit. 2019-1-21]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-3a.html>
12. **EUROSTAT**, ©2016: *Statistika odpadů*. (online) [cit. 2016-9-24]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste\\_statistics/cs](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/cs).
13. **GEBREZGABHER S., MEUWISSEN M., PRINS B., LANSINK A.**, 2009: *Economic analysis of anaerobic digestion – A case of a green power biogas plant in The Netherlands*. NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences 57 (2010): 109-115.
14. **GREEN ENERGY**, ©2015: *Kladívkový drtič na biomasu 9 FQ*. (online) [cit. 2019-4-12]. Dostupné z: <http://www.briketovacilis.eu/produkty/drticky/kladivkove-drtice/kladivkovy-drtic-na-biomasu-9-fq>

15. **HONSOVÁ, Hana:** *Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu*. Biom.cz [online]. 2013-09-16 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu>.
16. **JANČA E., MALAŤÁK J., KÁRA J., VAZDA O.:** *Anaerobic processing wastes and adjacent performances from agricultural and grocery production*. International conference of Young Scientists 7 (2005): 74-78, Czech University of Life Sciences Prague.
17. **JECH Č.,** 1996: *Antropogenní emise skleníkových plynů a jejich možné důsledky*. Chemické listy 90: 207-216.
18. **JELÍNEK A. et al.,** 2006: *Nové způsoby řešení, využití a nakládání s biologicky rozložitelnými odpady*. Zpráva pro MŽP, Praha.
19. **KOUŘA J.,** 2008: *Bioplynové stanice s mokřým procesem*. ČKAIT, Praha.
20. **KUDELOVÁ K., JODLOVSKÁ J., ŠARAPATKA B.,** 2000: *Odpady*. Univerzita Palackého – vydavatelství, Olomouc.
21. **KURAŠ M.,** 2014: *Odpady a jejich zpracování*. Vodní zdroje Ekomonitor, spol. s.r.o., Chrudim.
22. **MAROUŠEK J.,** 2001: *Produkcí bioplynu lze zvýšit dezintegrací vstupních surovin*. Energie 21 1 (2001).
23. **MOHRMANN P.,** 2014: *Výroba bioplynu má budoucnost*. Odpadové fórum 5 (2014): 8-9.
24. **MALAŤÁK J., JANČA E., KÁRA J.,** 2006: *Aerobical fermentation of permanent grass stand wastes*. Biotechnology (2006): 1019-1021.
25. **MALAŤÁK J., VACULÍK P.,** 2008: *Technologická zařízení staveb odpadového hospodářství – zpracování biologicky rozložitelných odpadů*. ČZU Praha.
26. **OKONKWO U., ONOKPITE E., ONOKWAI A.,** 2016: *Comparative study of the optimal ratio of biogas production from various organic wastes and weeds for digester/restarted digester*. Journal of King Saud University – Engineering sciences 30 (2018): 123-129.
27. **ONTHONG U., JUNTARACHAT N.,** 2017: *Evaluation of biogas production potential from raw and processed agricultural wastes*. Energy Procedia 138 (2017): 205-210.
28. **PASTOREK Z., KÁRA J., JEVIČ P.,** 2004: *Biomasa – obnovitelný zdroj energie*. FCC Public, Praha.
29. **PLÍVA P. et al.,** 2009: *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. Profi Press, s.r.o., Praha.
30. **QUASCHNING V.,** 2010: *Obnovitelné zdroje energie*. Grada Publishing, Praha.
31. **RICHARD J., LEWIS S.R.,** 1993: *Hazardous Chemicals Desk Reference*. Van Nostrand Reinhold New York.
32. **Rozhovor v kolektivu zaměstnanců BPS – ústní sdělení** (Lipská 4705, Chomutov 430 03), dne 27.8.2018.
33. **SCARLAT N., DALLEMAND J-F., FAHL F.,** 2018: *Biogas: Developments and perspectives in Europe*. Renewable Energy 129 (2018): 457-472.
34. **SCHULZ H., BARBARA E.,** 2004: *Bioplyn v praxi – základy, plánování, stavba zařízení, příklady*. HEL, Ostrava – Plesná.
35. **SHERRARD, A., JEŘÁBKOVÁ, J.:** *Dánsko by mohlo dosáhnout 100 % přechodu na zelený plyn do roku 2035*. Biom.cz [online]. [cit. 2019-01-22].

- Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/dansko-by-mohlo-dosahnout-100-prechodu-na-zeleny-plyn-do-roku-2035>.
36. **SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY č. 2009/28/ES** ze dne 23. dubna 2009, o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následním zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES.
  37. **SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY č. 98/2008** ze dne 19. listopadu 2008, o odpadech a zrušení některých směrnic.
  38. **SOUČEK J., MALOUN J.**, 2003: *Využití kladívkového drtiče při výrobě pevných biopaliv*. Biom.cz [online]. 2003-09-15 [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-kladivkoveho-drtice-pri-vyrobe-pevných-biopaliv>.
  39. **Sørensen B.**, 2011: *Renewable energy – physics, engineering, environmental impacts, economics and planning*. Elsevier, Oxford.
  40. **Sørensen B.**, 2011: *Renewable energy – Volume IV – Renewable energy in society*. Earthscan, London.
  41. **STRAKA F.**, 2000: *Zemní plyn – úvahy o velkých zásobách a stejně velkém tajemství jeho původu*. Plyn 80 (5/6): 106-111
  42. **STRAKA F.**, 2006: *Bioplyn – příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. GAS s.r.o., Říčany.
  43. **ŠARLEJ M., UCEKAJ V.**, 2016: *Jak to dopadne s komunálními odpady?*. Odpady 9: 12-13.
  44. **TÁBORSKÝ J.**, ©2009: *Kněžice: komplexní energetické řešení*. Stavebnictvi.cz [online]. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: [https://www.casopisstavebnictvi.cz/knezice-komplexni-energeticke-reseni\\_N2412](https://www.casopisstavebnictvi.cz/knezice-komplexni-energeticke-reseni_N2412)
  45. **THORNELOE S. A.**, 1993: *Landfill Gas and its Influence on Global Climate Change*. Proc. IVth Int. Landfill Symp. Sardinia 93. 11.-15.10., S. Margherita di Pula, Sardinia, Italy.
  46. **TWIDELL J., WEIR T.**, 2006: *Renewable energy resources*. Taylor and Grancis, New York.
  47. **VÁŇA, J.**, 2010: *Kurz celoživotního vzdělávání Odpadové hospodářství*, Sborník přednášek, část 2, str. 50 – 59, VŠCHT Praha
  48. **VÁŇA, J.**, 2014: *Kompostování odpadů*. Biom.cz [online]. [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>.
  49. **VÝZKUMNÝ ÚSTAV ZEMĚDĚLSKÉ TECHNIKY**, 2008: *Drtiče, štěpkovače a řezačky pro úpravu rostlinné biomasy*. VÚZT, Praha.
  50. **WHITING A., AZAPAGIC A.**, 2014: *Life cycle environmental impacts of generating electricity and heat from biogas produced by anaerobic digestion*. Energy 70 (2014): 181-193
  51. **Zákon č. 185/2001 Sb.**, o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění
  52. **Zákon č. 458/2000 Sb.**, o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích
  53. **Zákon č. 165/2012 Sb.**, o podpoře využívání obnovitelných zdrojů
  54. **Vyhláška č. 477/2012**, o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů