

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV PROCESNÍ A ZPRACOVATELSKÉ TECHNIKY

VYUŽITÍ ODPADU PŘI VÝROBĚ BIOPLYNU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

KAREL TOMÁŠEK

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Praze dne

.....

Karel Tomášek

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Lukáši Krátkému, Ph.D. za trpělivost, konstruktivní rady a cenné připomínky k této práci. Rovněž mé rodině, která mne při psaní této bakalářské práce podporovala.

Anotační list

Jméno autora:	Karel
Příjmení autora:	Tomášek
Název práce česky:	Využití odpadu při výrobě bioplynu
Název práce anglicky:	Use of waste as a raw material for biogas production
Rozsah práce:	počet stran: 40 počet obrázků: 13 počet tabulek: 6 počet příloh: 0
Akademický rok:	2014/2015
Jazyk práce:	Český
Ústav:	Ústav procesní a zpracovatelské techniky - 12118
Studijní program:	B 2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Lukáš Krátký, Ph.D.
Oponent:	Prof. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.
Konzultant práce:	
Zadavatel:	České vysoké učení technické v Praze
Anotace česky:	Hlavním cílem této bakalářské práce je seznámení se se zpracováním odpadů v České republice a jeho následným využitím v bioplynových stanicích. V následujících kapitolách je postupně popsáno zpracování a procentuální složení odpadu, proces vzniku bioplynu a fungování bioplynových stanic. Dále jsou uvedeny možné metody zpracování odpadu v bioplynových stanicích.
Anotace anglicky:	The main aim of this bachelor thesis is a brief overview of waste processing in the Czech Republic and its consecutive utilization in biogas stations. Over the following few chapters is described how is it processed, what does it consist of in percent, the biogas creation process and work of biogas stations. There are as well noted other possible methods of waste processing.
Klíčová slova:	Bioplyn, bioplynová stanice, anaerobní fermentace využití bioplynu, odpad, průmyslový odpad, komunální odpad, zpracování odpadu
Využití:	Informační materiál, příručka pro přestavbu zemědělské BPS na komunální

Obsah

1. Úvod	9
2. Odpady a odpadové hospodářství v ČR	10
2.1. Struktura odpadu	10
2.2. Biologicky rozložitelné komunální odpady	11
3. Výroba Bioplynu	12
3.1. Proces vzniku bioplynu	12
3.2. Fermentační prostředí	13
3.2.1. Teplota a doba zdržení	13
3.2.2. Hodnota pH	14
3.2.3. Kyslík	14
3.2.4. Dávkování a inhibující látky	15
3.2.5. Složení substrátu	15
4. Technologie výroby bioplynu	16
4.1. Rozdělení bioplynových stanic	16
4.1.1. Podle způsobu dávkování	16
4.1.2. Podle obsahu sušiny	17
4.2. Základní technologické schéma	18
4.3. Zdroje pro fermentaci	19
4.4. Využití bioplynu	20
4.4.1. Úprava na biometan	20
4.4.2. Kogenerace	21
4.4.3. Trigenerace a spalování	22
4.5. Jiné výstupy z bioplynových stanic	22
5. Odpadové bioplynové stanice	23
5.1. Využitelné bioodpady pro produkci bioplynu	23
5.1.1. Odpady z potravinářského průmyslu	23
5.1.2. Biologicky rozložitelné komunální odpady	24
5.1.3. Odpady ze zemědělství	25
5.2. Technologické předúpravy vstupních surovin	26
5.2.1. Drcení a homogenizace	27
5.2.2. Hygienizace a Pasterizace	27
5.3. Technologie zpracování odpadů v bioplynových stanicích	28
5.3.1. Odpadová bioplynová stanice na bázi zemědělské	29
5.3.2. Odpadová bioplynová stanice, diskontinuální	30

5.4. Ekonomické aspekty využití odpadu při výrobě bioplynu.....	31
5.4.1. Srovnání odpadových a zemědělských bioplynových stanic.....	32
6. Závěr	34
7. Seznam použitých symbolů.....	35
8. Seznam použitých obrázků	36
9. Seznam použitých tabulek	37
10. Seznam použité literatury	38

1. Úvod

Moderním trendem ve 21. století je získávání energie obnovitelnými zdroji před různými druhy energie z fosilních paliv. Nejčastěji černé či hnědé uhlí, ropa, zemní plyn a jiná paliva. Do kategorie neobnovitelných zdrojů energie bychom mohli zařadit i jaderné elektrárny, které na rozdíl od spalování uhlí nevypouští do ovzduší emise, ale vliv skladování vyhořelých palivových tyčí z uranu na životní prostředí je značný a velmi nákladný.

Obnovitelné zdroje, jsou takové zdroje, které se při svém využívání přirozeně obnovují. Většinou jejich množství není omezeno; pokud stále bude svítit slunce, můžeme využívat energii ze slunce pomocí fotovoltaických panelů. Podobně energie získávaná pomocí větrných turbín. Omezeným množstvím mohou být lesy anebo množství vody na přehradě. Oba tyto zdroje, dřevo a voda, jsou obnovitelnými zdroji, ale při příliš vysoké produkci mohou mít negativní vliv pro daný ekosystém. Vodní elektrárny se pro lajky mohou zdát jako ideální zdroj, jak získávat energii, vysoký výkon, nulové emise, zanedbatelné znečištění prostředí a okamžitá produkce elektrické energie pomocí vodních turbín. Na rozdíl od spalování v kotlích, kde se kotel musí prve zahřát na danou teplotu, tento počáteční proces může trvat i několik desítek hodin. Velkou nevýhodou u vodních elektráren je obrovský zásah do daného ekosystému při nutnosti zatopit velká území.

Zdrojem energie, který nenarušuje ráz krajiny, jako jsou přehrady nebo větrné turbíny a nezaujímají velkou plochu, jako fotovoltaické panely, mohou být bioplynové stanice a jejich produkce bioplynu. Plynu, který po úpravě může dosahovat kvalitativních parametrů, jako má zemní plyn z plynovodů obsahem metanu až 90%. Hlavním zdrojem energie bioplynových stanic je biomasa a pomocí anaerobní fermentace získaný bioplyn. Složení, produkce a následné využití bioplynu je popsáno více v další kapitole. Vstupní surovinou do fermentoru mohou být také biologicky rozložitelné odpady, zkráceně BRO, do této skupiny patří odpady ze zemědělství, komunální, při zpracování potravin a mnoho dalších. Cílem bakalářské práce proto bylo vyhodnotit možnosti využití biologicky rozložitelných odpadů pro výrobu bioplynu, doporučit vhodné technologické uspořádání bioplynové stanice zpracovávající tyto typy odpadů a porovnat výhody a nevýhody odpadové bioplynové stanice s klasickou zemědělskou.

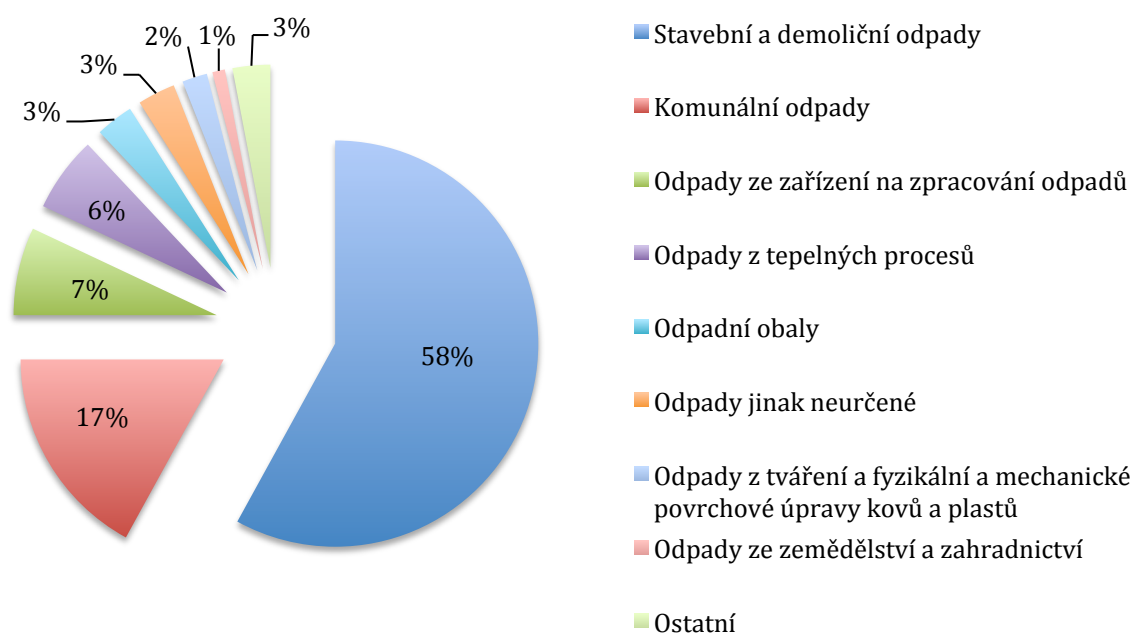
2. Odpady a odpadové hospodářství v ČR

Nedílnou součástí života je produkce odpadu, ve vyspělých zemích je produkce vyšší, než v zemích rozvojových. Konkrétně za rok 2013 Česká republika vyprodukovala 30,6 milionů tun odpadu, na jednoho občana ČR tedy připadá 2,913 tun odpadu za rok. Jedná se ovšem o číslo shrnující všechny odpady v Česku, jak komunální tak i odpady ze stavebnictví a průmyslové výroby. Na Evropské poměry, v množství vyprodukovaného odpadu, si Česká republika vede velmi dobře a každým rokem se množství odpadu snižuje. [1]

2.1. Struktura odpadu

Legislativou a odpadovým hospodářstvím jako takovým se Evropské státy začaly zabývat až na konci 20. století. Česká republika se zabývá odpadem a odpadovým hospodářstvím od roku 1991, do té doby nebylo nakládání s odpady kontrolováno ani jinak řízeno legislativou. Na odpady se zaměřuje platný zákon č. 185/2001 Sb. Tento zákon rozděluje odpady do několika skupin, dále také nařizuje, jakým způsobem má být s odpady nakládáno. [2]

Největší procentuální množství na produkci zauímají odpady ze stavebnictví. Druhou největší skupinou jsou odpady komunální, odpady které jsou vyprodukovány fyzickými osobami. Celkový procentuální podíl různých typů odpadů můžeme vidět na Obr. 1.



Obr. 1. - Podíl jednotlivých skupin odpadů na celkové produkci v ČR za rok 2013 [3]

2.2. Biologicky rozložitelné komunální odpady

V roce 2013 Česká republika vyprodukovala 5,16 milionů tun komunálního odpadu, jedná se o 17% celkové produkce odpadů v ČR. Nedílnou součástí jsou biologicky rozložitelné odpady, tyto odpady jsou schopny anaerobního rozkladu a mohou být využity jako vstupní surovina do bioplynových stanic. Velkou nevýhodou BRKO skladovaného na skládkách je uvolňování metanu, který přispívá ke koncentraci skleníkových plynů v atmosféře. Svým 40% podílem to je 2,1 miliónu tun ročně, také zvyšují množství odpadu na skládkách. [4]

Vyhláška č. 381/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí rozděluje druhy odpadů do katalogu a určuje, jaké katalogy patří do skupiny biologicky rozložitelných komunálních odpadů, zkráceně BRKO, viz. tab. 1.

Katalogové číslo	Druh odpadu	Podíl biologicky rozložitelné složky (% hmotnosti)
20 01 01	Papír nebo lepenka	100
20 01 07	Dřevo	100
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	100
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad	100
20 01 25	Jedlý olej a tuk	100
20 01 10	Oděvy	75
20 01 11	Textilní materiál	75
20 03 02	Odpady z tržišť	75
20 03 01	Směsný komunální odpad	48
20 03 07	Objemný odpad	30

Tab. 1. - Složení BRKO podle druhu odpadu a katalogu MŽP [5, 6]

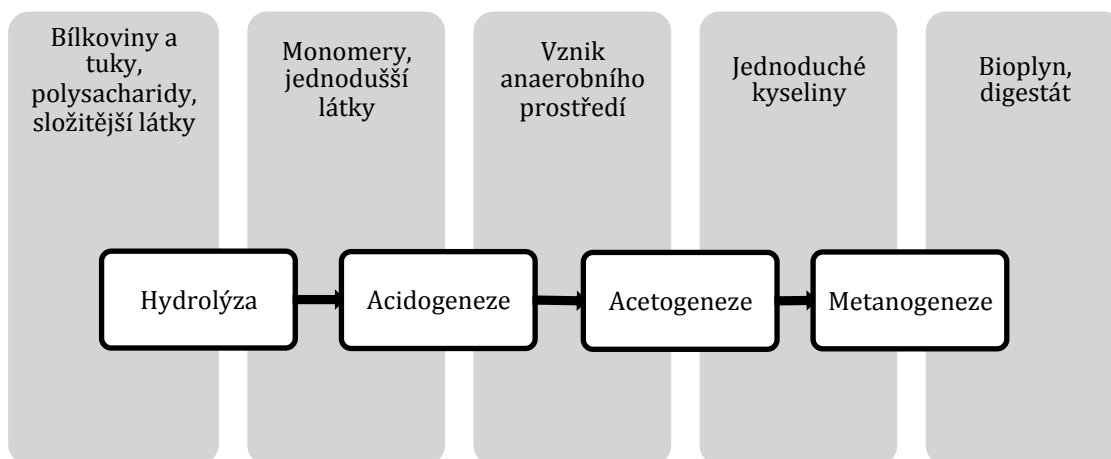
Aby odpad mohl být zařazen do biologicky rozložitelného odpadu a dále pak zpracován buď kompostováním, nebo využitím jako vstupní surovina do bioplynových stanic, je nutné znát procentuální hmotnostní podíl rozložitelné složky daného druhu odpadu. Do roku 2020 podle operačního programu MŽP měla každá obec zajistit možnost třídění a sběru biologicky rozložitelného odpadu.

3. Výroba Bioplynu

3.1. Proces vzniku bioplynu

Mezi základní chemické procesy v přírodě, jako je fotosyntéza, můžeme také zařadit anaerobní fermentaci, která podněcuje vznik směsí několika plynu. Tento proces vzniká v mokřadech, v trávicích ústrojích některých savců, v rašeliništích apod. Směs, kterou nazýváme bioplyn, obsahuje ze dvou třetin metan CH_4 , z jedné třetiny oxid uhličitý CO_2 a několik dalších doprovodných prvků: vodík H , dusík N , sulfan H_2S , amoniak NH_3 a jiné stopové prvky. Pomocí anaerobní fermentace dochází pomocí mikroorganismů ke štěpení biomasy a organických látek na látky jednodušší, až dojde biochemickou reakcí k transformaci na bioplyn. Fermentace se dá popsat čtyřmi současně jdoucími fázemi, graficky je popsáno na obr. 2. [7]

- Hydrolýza: Rozpad složitějších látek, polymerů (nejčastěji polysacharidy, bílkoviny a tuky), na monomery, jednodušší látky, působením hydrolytických organismů. Proces vyžaduje vysokou vlhkost, prostředí kolem 50%. Mikroorganismy rozkládající polymery nevyžadují anaerobní prostředí. [8]
- Acidogeneze: V této fázi vzniká anaerobní prostředí a dochází k odstranění vzdušného kyslíku. Acidogenní bakterie rozkládají jednodušší látky, například cukry, aminokyseliny a glycerol, na organické kyseliny. [8]
- Acetogeneze: Bakterie a mikroorganismy převádějí organické kyseliny na kyselinu octovou $C_2H_4O_2$, vodík a oxid uhličitý. Těmito mikroorganismům se říká acetogeny. [8]
- Metanogeneze: Konečný stupeň anaerobního rozkladu organických látek. V tomto kroku dva typy mikroorganismu acetotrofní metanogenní a rozkládají kyselinu octovou na požadovaný metan s oxidem uhličitý, dále pak organismy hydrogenotrofní metanogenní rozkládají další složky vzniklé při fermentaci jako vodík na metan a oxid uhličitý. Výsledná sloučenina těchto plynů se nazývá bioplyn. [8]



Obr. 2. - Fázový proces tvorby bioplynu [8]

Při procesu vzniku bioplynu se objevují i látky nežádoucí. Oxid uhličitý, vodní pára, vodík, čpavek a sirovodík. Tyto látky mají nežádoucí vliv na provoz zařízení zpracovávající bioplyn, nejčastějším poškozením je koroze zařízení, proto se při následném využití bioplynu snažíme tyto látky odstranit. Abychom udrželi proces fermentace, musíme splnit podmínky teploty, vlhkosti, obsahu organických látek a mikroorganismů v daném fermentovaném objemu. [7]

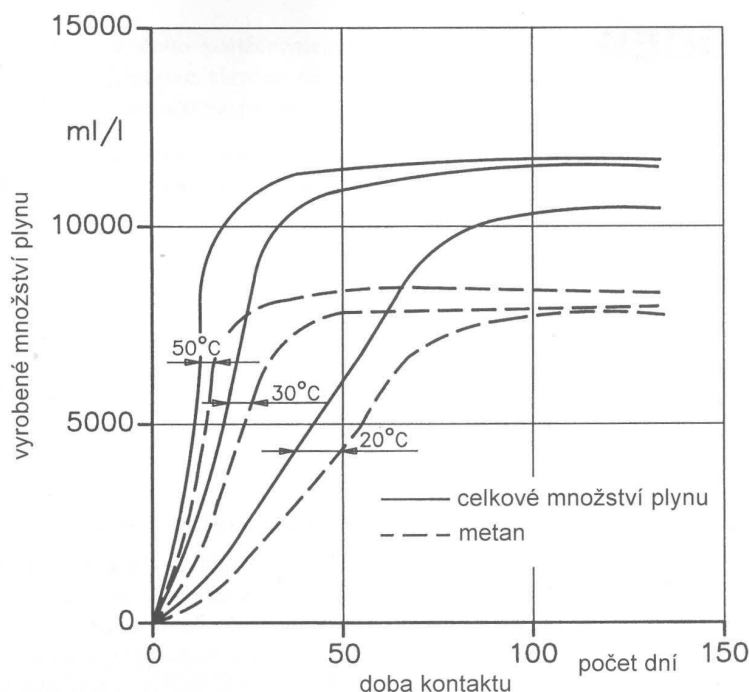
3.2. Fermentační prostředí

Jak již bylo zmíněno, aby proces anaerobní fermentace fungoval, musí být splněno několik zásadních podmínek a vyřešeno několik problémů. Je důležité rozlišovat mezi suchou a mokrou fermentací, avšak bakterie pro svůj život potřebují tekuté médium. Proto se v této kapitole budeme zabývat popisem prostředím pro fermentaci mokrou. V praxi se využívá rozdělení mezi mokrou a suchou fermentací tak, je-li obsah fermentoru čerpatelný, jedná se o mokrou fermentaci, obsah suché složky je do 12% hmotnostní koncentrace. Důležitými veličinami při procesu fermentace je teplota, doba vyhnívání, zatížení fermentoru organickými látkami, složení biomasy, hodnota pH a obsah kyslíku. Každá fáze při tvorbě bioplynu vyžaduje různé podmínky pro svou činnost. [8]

3.2.1. Teplota a doba zdržení

Důležitými faktory při výrobě bioplynu jsou teploty fáze procesu fermentace a doba zdržení. Z grafu na Obr. 3. lze vyčíst, že množství ml vyrobeného plynu z litru substrátu je závislé na teplotě vyhnívacího procesu. Když bude teplota vyšší, kolem 50°C, doba kontaktu v daném fermentoru se může snížit až na polovinu, oproti teplotě vyhnívacího procesu při normální teplotě okolí, kolem 20°C, to bohužel

přináší i vyšší náklady na udržení procesu fermentace. Je důležité si všimnout, že pokud mikroorganismy spotřebují veškerý rozložitelný materiál, produkce plynu se ustálí a delší doba vyhnívání už množství vyrobeného plynu nepomůže. Bakterie při své činnosti nevyvíjí dostatek tepla, proto musí být fermentor izolován a externě vytápěn, abychom dosáhli optimálních teplot pro různé stupně vzniku bioplynu. [9]



Obr. 3. - Vyrobené množství plynu na objemu substrátu v závislosti na době zdržení a teploty fermentace [7]

3.2.2. Hodnota pH

Určení hodnoty pH je velmi podobné jako u teploty, bakterie z první až třetí fáze vyžadují hodnoty pH okolo 5 až 6. Tato hodnota není pro bakterie životně důležitá a může se v rámci desetin měnit, zatímco bakterie čtvrté fáze, metanogenní, potřebují přesné nastavení vodíkového exponentu na hodnotě od 6,8 do 7,5. [10]

3.2.3. Kyslík

Samotný vznik metanu způsobují bakterie, jak již bylo zmíněno, metanogenní, ty jsou ovšem velmi náchylné na kyslík a při jeho kontaktu jsou zabity a proces výroby bioplynu je ukončen. Při konstrukci a výrobního procesu se nelze úplně zbavit kyslíku ve fermentoru, avšak pokud množství kyslíku nepřekročí kritickou hodnotu oxidačně redukčního potencionálu v hodnotě 330mV, bakterie z předchozích fází vytvářejí metanogenní vazby a případnému kontaktu kyslíku zabraňují. [9]

3.2.4. Dávkování a inhibující látky

Stejně tak, jako zažívací ústrojí přežvýkavců, tak vznik bioplynu je náchylný na dávkování surovin. Bakterie reagují na chyby při dávkování surovin potřebnou pro fermentaci stejně tak, jako zvířata na chyby v krmení. Je důležité dodržet předepsaný poměr tuků, bílkovin, proteinů a obsahu sušiny, aby zisk bioplynu z daného fermentovaného objemu byl co největší. Podíl obsahu sušiny při dávkování se nazývá hmotnostní zatížení reaktoru. Ideální hmotností koncentrace je 2 až 3 kg sušiny na metr krychlový fermentoru za den. [9]

Velmi často se se substrátem dostávají látky inhibující, zastavující proces fermentace, například síra *S*, draslík *K*, vápník *Ca*, hořčík *Mg* a jiné těžké kovy. Koncentrace, kdy daná látka zastavuje vznik bioplynu, se u každé složky liší, nejčastěji je obsah inhibujících složek udáván od 3g/l substrátu. [10]

3.2.5. Složení substrátu

Složení substrátu se značně podílí na následujícím vzniku různých organismů při anaerobní fermentaci. Je důležité, aby vstupní surovina ve fermentoru měla vyvážený poměr zdrojů uhlíku a dusíku. Ideálním poměrem uhlíku a dusíku se uvádí 30:1, bohužel jak to u ideálních hodnot často bývá, tato hodnota je u převážné většiny běžných substrátů velmi těžko dosažitelná. Vyšší poměr dusíku způsobuje vyšší procento uvolňování a transformaci dusíku v amoniak. Tato látka ve vyšších koncentracích má inhibující vliv a zpomaluje proces anaerobní fermentace. Jako neriziková hodnota poměru kyslíku k dusíku se uvádí 20 až 25:1. V tabulce 2. jsou uvedeny poměry kyslíku k dusíku pro různé druhy biomasy. [9]

Druh suroviny	Poměr C:N
Kukuřičná siláž	29:1
Travní senáž	22:1
Kejda	6:1 až 15:1
Kuchyňský odpad	15:1 až 20:1
Tuk	100:1

Tab. 2. - Poměru uhlíku a dusíku různých druhů substrátu [9]

4. Technologie výroby bioplynu

V přírodě bioplyn vzniká v rašeliništích nebo v trávicím ústrojí přežvýkavců. Pro produkci bioplynu se využívá bioplynových stanic několika typů, zkráceně BPS. Základem bioplynové stanice je příjmová jímka, fermentor a skladovací nádrž. Bioplynové stanice se rozdělují podle typu dávkování na diskontinuální, semikontinuální a kontinuální. Nejužívanější bioplynovou stanicí je semikontinuální, z důvodu jednoduché automatizace výrobního procesu bioplynu a podle obsahu sušiny v substrátu. Důležitou součástí bioplynové stanice je fermentor, nádrž ve které probíhá proces vyhnívání, jak bylo popsáno v kapitole 3.1.. Základní konstrukcí bývá ocelová nebo betonová nádrž s topnými tělesy, zastřešena nepropustnou membránou, která má za úkol jímat vzniklý bioplyn vyrobený ve fermentoru.

4.1. Rozdělení bioplynových stanic

4.1.1. Podle způsobu dávkování

- Kontinuální:

Málo využívaná metoda, pro kterou je potřeba nízkého hmotnostního objemu sušiny fermentovaného substrátu, častěji se používá pro výrobu bioplynu z tekutých látek. Substrát prochází plynule mezi fermentační a skladovací nádrží. [8]



Obr. 4. - Technologické schéma kontinuální metody výroby bioplynu [9]

- Semikontinuální:

Doba mezi jednotlivými dávkami je kratší než doba zdržení materiálu ve fermentoru. Substrát musí splňovat podmínku mokré fermentace, kde obsah sušiny je do 12 % hmotnostní koncentrace. Postupně přechází v různých časových intervalech plnění z příjmové jímky do fermentoru a digestát z fermentoru do skladovací nádrže. Tento proces je nejčastěji využíván z důvodu univerzálnosti a možnosti snadné automatizace technologického postupu. [8]



Obr. 5. - Technologické schéma semikontinuální metody výroby bioplynu [9]

- Diskontinuální:

Substrát je navezen do fermentační nádrže, kde probíhá proces výroby bioplynu, po ukončení procesu je již vzniklý digestát z nádrže vyčerpán a proces se opakuje. Doba zdržení ve fermentoru je shodná s dobou jednoho pracovního cyklu. Proces se využívá u suché fermentace při vysokém obsahu sušiny v substrátu. Nevýhodou je náročnost obsluhy. [8]



Obr. 6. - Technologické schéma diskontinuální metody výroby bioplynu [9]

4.1.2. Podle obsahu sušiny

- Suchá

Základní rozdělení spočívá v procentuálním obsahu sušiny dané biomasy určené k fermentaci. Obsah sušiny u suché fermentace je od 12% až do 30%, v extrémních případech až 50% hmotnostní koncentrace. Substrát je fermentován v tuhém stavu bez míchání. Jedná se o diskontinuální proces. Výhodou je, že nedochází s manipulací s hmotou. Z tohoto důvodu metoda není náročná na obsluhu a můžeme zpracovávat i silně heterogenní substráty jako jsou biologicky rozložitelné odpady. [9]

- Mokrý

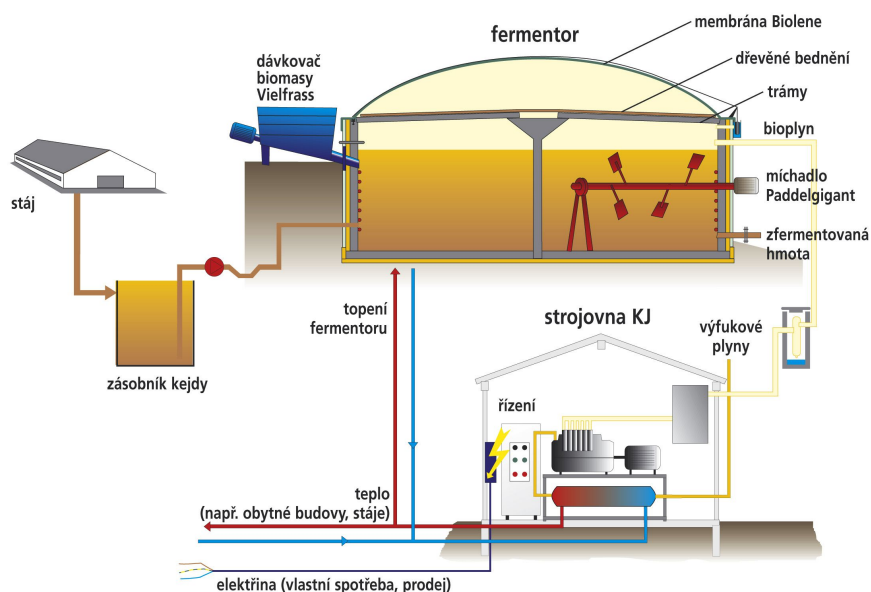
Obsah sušiny substrátu je do 12% hmotnostní koncentrace, často se rozděluje mezi mokrou a suchou možnost čerpání substrátu. Mokrý fermentace se využívá u valné většiny zemědělských bioplynových stanic. Principiálně můžeme rozlišit mokrou fermentaci s horizontálními a vertikálními fermentory. [9]

4.2. Základní technologické schéma

Jak již bylo zmíněno, srdcem bioplynové stanice je fermentor, ocelová nebo betonová nádrž s vnitřním topením. Celou tuto nádrž zastřešuje nejčastěji plynová membrána jímající vzniklý bioplyn, těmto konstrukcím se říká membránový plynjem. Schéma zařízení můžeme vidět na obr. 7.. Toto řešení nemusíme ovšem najít ve všech fermentorech a plynojemech k produkci bioplynu. Každý fermentor je vytápěn obzvláště v zimních měsících a substrát ve fermentoru musí být také promícháván, aby docházelo k zajištění koncentrační a teplotní homogenity vsádky a k odvodu vznikajícího bioplynu. To má za následek celkovou stabilitu procesu anaerobní fermentace. [11]

Příjem biomasy může být řešen mnoha způsoby. Nejčastěji řešení je příjmová jímka se šnekovým dopravníkem, u kontinuálních bioplynových stanic čerpadlem navedených přímo do fermentoru. Při úpravě vstupních surovin záleží, o jakou surovinu se jedná a zda legislativa vyžaduje jejich úpravu, například homogenizace, hygienizace. [11]

Skladovací nádrže slouží, jak již název napovídá, k uskladnění už zfermentované biomasy. Tato biomasa se nazývá digestát. Konstrukčně jsou skladovací nádrže velmi podobné fermentorům. Podle konstrukce mohou být otevřené nebo uzavřené. Některé bioplynové stanice skladovacích nádrží nevyužívá a digestát přímo odvádí z fermentoru. Při této metodě je důležité pravidelně odvádět digestát z fermentoru, aby doba zdržení substrátu nebyla přesažena. [12]



Obr. 7 - Základní technologické schéma bioplynové stanice s kogenerační jednotkou [13]

4.3. Zdroje pro fermentaci

Složení biomasy může být různé, hlavní podmínkou je ale biologická rozložitelnost dané látky, obsah tuků, bílkovin, sacharidů, polysacharidů a jiných organických látek a živin. Protože bioplynové stanice nejčastěji slouží v zemědělství, využívají se odpady z této sféry, například kejda, hnůj, zbytky krmiv, známá jako hospodářská hnojiva. Je také možné cíleně pěstovat vstupy do fermentoru, říká se jim energetické plodiny, nejčastěji se jedná o kukuřici, žitnou siláž, travní siláž a jiné píce. [14]

Možností je i využívání odpadů z potravinářského průmyslu, například v cukrovaru při výrobě cukru je odpadem cukrovarnický řízec nebo melasa. Většinou se odpady z potravinářského průmyslu využívají jako krmivo pro dobytek. Odpadem z potravinářského průmyslu může být pivovarnické mláto u vaření piva, lihovarnické výpalky, výlisky ovoce nebo bramborové zdrtky při zpracování škrobu. [9]

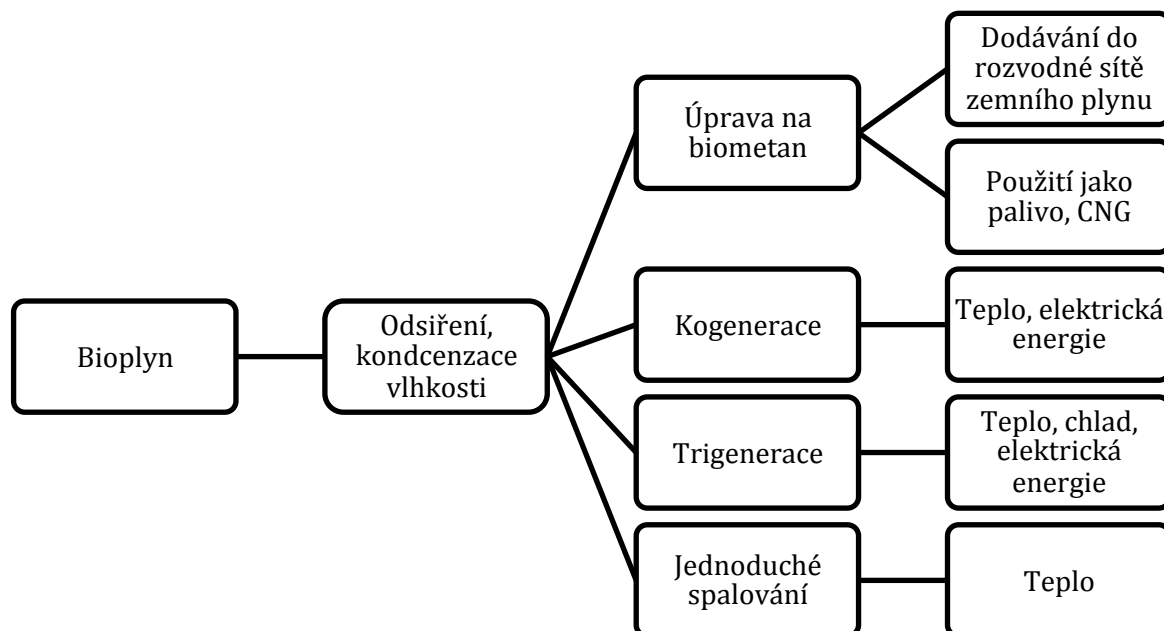
Biologicky rozložitelných komunálních odpadů, zkráceně BRKO, se jako vstupní surovina v České republice příliš nevyužívá, většina vlastníků bioplynových stanic využívá odpady ze zemědělství a potravinářského průmyslu nebo cíleně pěstuje suroviny k navrženým fermentorům. S rostoucím vývojem bioplynových stanic a množstvím vyprodukovaného odpadu i zpracování BRKO při výrobě bioplynu, najde brzy své uplatnění. Největší podíl tvoří odpady při údržbě zeleně ve větších obcích a městech. Některá města dokážou tohoto odpadu vyprodukovat až několik stovek tun za rok. Podrobnější informace o využití různých druhů odpadů se dočteme v kapitole 5.1.

Název substrátu	sušina [%]	Org. sušina [% sušiny]	Výnos bioplynu		Obsah metanu [% objem.]
			[m³/t hmoty]	[m³/t org sušiny]	
Hospodářská hnojiva					
Kejda skotu	8 - 11	75 - 82	20 - 30	200 – 500	60
Kejda prasat	7 - 8	75- 86	20 - 35	300 - 700	60 - 70
Hnůj slepic a kuřat	32	63 - 80	70 - 90	250 - 450	60
Energetické a cíleně pěstované plodiny					
Kukuřičná siláž	20 - 35	85 - 95	170 - 200	450 - 700	50 - 55
Žitná siláž	30 - 35	92 - 98	170 - 220	550 - 680	55
Travní siláž	25 - 50	75 - 95	170 - 200	550 - 620	54 - 55
Cukrová řepa	23	90 - 95	170 - 180	800 - 860	53 - 54
Krmná řepa	12	75 - 85	75 - 100	620 - 850	53 - 54

Tab. 3. - Výnosy bioplynu z vybraných zemědělských substrátů s procentuálním množstvím sušiny [9]

4.4. Využití bioplynu

Bioplyn má širokou škálu využití jak v domácnostech, tak v průmyslu. Ovšem každá metoda vyžaduje odlišnou metodu předúpravy, zbavení se všech nežádoucích látek, někdy stačí jen bioplyn očistit od přebytké síry. [11]



Obr. 8. - Schéma rozdělení nejčastějšího využití bioplynu [11, 15-17]

Bioplyn je sloučenina plynu o objemu kolem 70% metanu, 28% oxidu uhličitého a 2% doprovodných škodlivých prvků jako je síra, čpavek, křemík, dusík a vodík. Při spalování síra vykazuje negativní vlivy a poškozuje spalovací komory, proto je základní úpravou bioplynu odsíření a kondenzace vlhkosti. [7]

4.4.1. Úprava na biometan

Proces úpravy bioplynu na čistý metan (biometan) s čistotou směsí 98% CH_4 , tato metoda se v České republice příliš nevyužívá. Plyn se dá upravit na velmi dobré kvalitativní parametry srovnatelné se zemním plynem dodávaných v tranzitních plynovodech. Jeho využití proto může být podobné jako využití zemního plynu. Dodávání biometanu do rozvodné sítě zemního plynu je ve stádiu vývoje. Tato metoda je využívána v BPS Engerwitzdorf v Rakousku. Kvalita plynu je senzory snímána, pokud plyn nedosahuje parametrů jako rozvodná síť zemního plynu, biometan je namíchán propan-butanem. [15, 16]

Využití biometanu jako palivo do automobilu je stejné jako CNG, bioplyn se nejčastěji upravuje v tlakové vypírce, která je založena na bázi rozdílné rozpustnosti plynu ve vodě. Poté stačí biometan stlačit na potřebný tlak 20 až 25 MPa. V některých zdrojích se CNG z biometanu nazývá RNG (renewable natural gas). Kvalitativně se jedná o totožná paliva. [17]

4.4.2. Kogenerace

Nejčastější metodou využití bioplynu je kogenerace, spalování odsířeného bioplynu v motoru, který je připojen na generátor elektrické energie a tepelný výměník. Teplo je využíváno k ohřívání fermentoru a udržení stanovené teploty, která je důležitá pro fungovaný proces fermentace. Elektrická energie slouží k napájení BPS, nevyužitá elektrická energie a teplo se dále může prodávat do rozvodné sítě. Velkou výhodou je vysoká účinnost při převodu bioplynu na energii, až na 90%. Na konverzi bioplynu v teplo připadá asi 60% a na elektřinu až 30%, zbylé procenta jsou tepelné ztráty vedením. Pro rok 2015 je stanovena Energetickým regulačním úřadem výkupní cena elektrické energie spálením bioplynu od 3,5 do 4,2 Kč za 1 kWh. V kategorii AF2, bioplynové stanice nevyužívají pro proces anaerobní fermentace cíleně pěstované plodiny, ale jiný druh biomasy, kde také patří BRKO, a jejich výkupní cena 3,55Kč/kWh elektrické energie. [11, 18]

Nejčastěji se využívají dva typy motorů v kogeneračních jednotkách, prvním je typ oběhu Otto. Zážehový motor se širokou škálou vyráběných výkonů, od 250kW do několika jednotek MW. Motor je více vhodný pro bioplynové stanice, které produkují bioplyn s minimálně 45% objemu metanu. Motor je náchylný na vysokou kvalitu složení bioplynu, tento nedostatek ovšem vyvažuje vyšší životnost, nízké emise a minimální nároky na obsluhu a údržbu. [12]

Druhý typ, motor vznětový, nemá tak vysoké nároky na koncentraci metanu v získaném bioplynu, ale nehodí se pro příliš velké produkce bioplynu. Výkon motoru je konstrukcí omezen do 350 kW, ale vykazuje vyšší účinnost než motor zážehový. Z důvodu nutnosti přimíchávat dodatkové palivo ve formě zapalovacího oleje v koncentraci až 5% do motoru, je také náročnější na obsluhu a údržbu. Výhodou je ovšem nižší pořizovací cena, která má pochopitelně protiklad v poloviční životnosti oproti motoru zážehovému. [12]

4.4.3. Trigenerace a spalování

Podobně jako kogenerace funguje i trigenerace, také využívá kogenerační jednotku, jen v tom rozdílu, že trigenerace je schopna přidaným absorpčním tepelným výměníkem vyrábět také chlad. Celoročně lze využívat metodu trigenerace, zatímco metodu kogenerace jen sezónně.

Spalování je nejméně efektivní metoda využití bioplynu a s moderními trendy 21. století, také velmi zastaralá. Plyn se pouze spálí v kotli s velmi malou účinností a využije se teplo vzniklé při hoření.



Stechiometrická rovnice spalování metanu

4.5. Jiné výstupy z bioplynových stanic

Hlavním produktem bioplynové stanice je bioplyn vyrobený v bioplynové stanici z fermentovaného substrátu. Tento zfermentovaný substrát se nazývá digestát a pro svůj vysoký obsah dusíku a dalších výživných látek se využívá jako hnojivo. Množství digestátu je přímo závislé na množství přivedené do bioplynové stanice. Podobně je to i s obsahem dusíku. Hlavní výhodou je rychlé uvolňování dusíku do půdy. Tak jako všechna statková hnojiva, i digestát se nesmí aplikovat v zimním období a musí být po tuto dobu skladování ve skladovacích nádržích. [8]

5. Odpadové bioplynové stanice

Nejčastěji se biologicky rozložitelné odpady kompostují nebo se odvezou na skládku, popřípadě do spaloven odpadu. Bohužel tyto metody zpracování nedokáží dostatečně využít potenciál, který v sobě biologicky rozložitelné odpady uchovávají.

Využití odpadu jako vstupní suroviny pro produkci bioplynu v bioplynových stanicích nabízí jistý, a v České republice stále nedostatečně nevyužitý kompromis mezi kompostováním biologicky rozložitelných odpadů a jejich energetickým využitím, například ve spalovnách.

5.1. Využitelné bioodpady pro produkci bioplynu

Aby mohl být odpad využit jako vstupní surovina do fermentoru, musí obsahovat podíl biologicky rozložitelné složky. Legislativa také určuje, jak má být s biologickými odpady nakládáno, a jaká bude před zpracováním technologická úprava. Většinou tyto odpady můžeme rozdělit do jednotlivých segmentů podle toho, v jakém odvětví byly vyprodukovány.

Právě ten potřebný podíl biologicky rozložitelné složky odpadu na skládkách způsobuje největší podíl znečištění, jak od unikajícího oxidu uhličitého a metanu do ovzduší, známe jako skládkový plyn, tak možné vsakování a unikání nebezpečných sloučenin do půdy.

5.1.1. Odpady z potravinářského průmyslu

Zpracování potravin každoročně vyprodukuje velké množství biologicky rozložitelného odpadu. Nejčastěji se jedná o již využitou surovinu potřebnou pro výrobu daného produktu, odpady vznikající při zpracování nebo výsledné, požadované produkty, které ovšem nesplňují kvalitativní parametry, aby mohly být dále prodávány.

Při výrobě piva vzniká mnoho vedlejších produktů, ovšem největší podíl má pivovarské mláto. Ve scezovací kádi se oddělí kapalná část rmutu od pevné části, této pevné části se říká mláto. Mláto je pivovarnický slad, který prošel technologickou výrobou piva. Jeho nejčastější využití bývá jako krmivo pro domácí zvířata. Mláto je velmi bohaté na bílkoviny a má nízký obsah fosforu a draslíku. Často se udává, že na 100 l piva je vyprodukováno přibližně 19 kg pivovarského mláta. [8, 19]

Výpalky z brambor, obilí nebo ovoce jsou jako vedlejší produkt nedílnou součástí při zpracování a výrobě alkoholu. Pro jeden litr vypáleného alkoholu

vznikne přibližně dvanácti násobek výpalku, které jsou podobně, jako pivovarské mláto, využíváné při krmení domácích zvířat. Zpracováním ovoce pro víno nebo ovocné šťávy jsou vedlejším produktem, nikoliv výpalky ale výlisky daného druhu ovoce, které je bohaté na přírodní cukry. Udává se, že na 1l vína nebo ovocné šťávy připadá 25kg vylisovaného ovoce. Ovocné výpalky a výlisky není nutné před vstupem do fermentoru upravovat. Neobsahují žádné vysoké množství škodlivin nebo nežádoucích látek. [19]

Zpracováním cukrové řepy pro výrobu cukru, vznikají svým podílem dva největší vedlejší produkty. Prvním jsou cukrovarnické (vyslazené) řízky a druhým odpadem při výrobě cukru se nazývá melasa. Cukrovarnický řízek je nasekaná cukrová řepa po extrakci cukru a melasa je získávána oddělováním cukerných krystalů od cukernického sirupu. Melasa i vyslazené řízky se dále mohou využívat v lihovarech nebo jako krmivo pro domácí zvířata. Ani u těchto surovin nejsou kladeny žádné nároky na hygienizaci nebo jiné úpravy surovin před vstupem do fermentoru. [19]

U produkce mléka a mléčných výrobků jsou produkovány druhotné suroviny jako například syrovátka, která zaujímá největší podíl vedlejších produktů. Syrovátka má ovšem velké množství dalšího využití a tak se pro proces anaerobní fermentace nepoužívá. Podobný případ můžeme najít i u zpracování masa a masných výrobků, kde je poražené zvíře téměř celé určitým způsobem zpracováno. Možným vstupem do fermentorů může být pouze obsahy střev a žaludku, které není možné dál jinak zpracovávat. [19]

5.1.2. Biologicky rozložitelné komunální odpady

O biologicky rozložitelných komunálních odpadech a jejich složení krátce pojednávala kapitola 2.2., kde jsme se mohlo dočíst, jaká část komunálních odpadů je podle legislativy zařazena mezi biologicky rozložitelné komunální odpady. Důležitý je obsah rozložitelné složky v určitém materiálu. Složky odpadu, které jsou zahrnuty do BRKO, jsou vypsány v tab. 1. v druhé kapitole.

Největší komplikací u BRKO je nutnost třídění a separace tohoto odpadu od odpadu komunálního. Možností oddělení BRKO je několik, nejčastěji se separovaným sběrem přímo u zdroje nebo vytríděním ve zpracovatelských stanicích a jiných třídírnách odpadu. Výhody zpracování biologických odpadů za pomoci anaerobní fermentace můžeme najít velké množství. Od snižování objemu skládek, likvidaci zápachu, snížením emisí uhlíku a problematických spalin u spalování až po možnou

recyklaci organické hmoty zpátky do zemědělství. Bioplynová stanice také zaujímá relativně malý prostor s minimálním množstvím zápachu oproti skládkám nebo kompostárnám.

Některé složky BRKO musí být z důvodu technologického nebo podle legislativy určitým způsobem upravena, aby mohla být použita jako vstupní surovina do fermentoru bioplynové stanice. Legislativa vyžaduje pro odpady nutnou úpravu prošlých potravin, zbytků pokrmů, odpadů z tržišť a různých jinak nebezpečných biologických odpadu. Úprava těchto vstupních surovin se nazývá hygienizace a pasterizace, důležitá k odstranění nebezpečných mikroorganismu a bakterií, podrobněji budou metody hygienizace a pasterizace popsány v následující kapitole. Další velmi důležitou úpravou vstupních surovin je hlavně technologický důvod. Pro lepší rozložitelnost musí být substrát drcen popřípadě. [20]

5.1.3. Odpady ze zemědělství

Většina zemědělských bioplynových stanic je postavená poblíž zemědělských budov, kde jsou ustájená hospodářská zvířata. Tyto bioplynové stanice používají jako vstupní suroviny nejen cíleně pěstované plodiny, ale také kejdu těchto hospodářských zvířat. Některá zemědělská hospodářství jsou stále bezodpadová s uzavřeným koloběhem látek. V praxi to znamená, že všechny odpady vyprodukované na statku domácími zvířaty se znovu využijí jako hnojivo na pole, kde je pěstováno krmivo nebo jiné zemědělské produkty. [14]

V tabulce 4. nalezneme podobně jako u tabulky 3. hmotnostní podíl sušiny několika vybraných substrátu a jejich výtěžnost bioplynu. Pro každou vstupní surovinu v tabulce nalezneme také kolik procent z objemu bioplynu zaujímá metan.

Můžeme si všimnout, že odpady z cukrovarnictví, zpracování ovoce pro výrobu alkoholu a i ostatní odpady z potravinářského průmyslu dosahují nejvyšších hodnot, co se týče samotného výnosu bioplynu z organického podílu sušiny. Důležité je také, že vyprodukovaný bioplyn obsahuje vysoké množství objemu metanu v bioplynu.

Název substrátu	sušina [%]	Org. sušina [% sušiny]	Výnos bioplynu		Obsah metanu [% objem.]
			[m³/t hmoty]	[m³/t org sušiny]	
Odpady z potravinářského průmyslu					
Pivovarské mláto	20 - 25	70 - 80	105 - 130	580 - 750	59 – 60
Bramborové výpalky	6 - 7	85 - 95	36 - 42	400 - 700	58 - 65
Ovocné výpalky	2 – 3	95	10 - 20	300 - 650	58 – 65
Cukrovarnické řízky	22 - 26	95	60 - 75	250 - 350	70 – 75
Melasa	80 - 90	85 - 90	290 - 340	360 - 490	70 – 75
Jablečné výlisky	25 – 45	85 - 90	145 - 150	660 - 680	65 – 70
Rékové výlisky	40 - 50	80 - 90	250 - 270	640 - 690	65 - 70
Biologicky rozložitelné odpady					
Separovaný bioodpad	40 - 75	50 - 70	80 - 120	150 - 600	58 – 65
Zbytky pokrmu a prošlé potraviny	9 - 37	80 - 98	50 - 480	200 - 500	45 – 61
Odpady z tržišť	5 - 20	80 - 90	54 - 110	400 - 600	60 – 65
Tuk	2 - 70	75 - 93	11 - 450	700	60 - 72
Odpady z údržby zeleně	12	83 - 92	150 - 220	550 - 680	55 - 65

Tab. 4. – Výnosy bioplynu z vybraných odpadových substrátů s procentuálním množstvím sušiny [9]

5.2. Technologické předúpravy vstupních surovin

Některé substráty jak již bylo zmíněno výše, potřebují určitou úpravu jak legislativní tak technologickou, než se dostanou do fermentoru bioplynové stanice a prošli tak procesem anaerobní fermentace. U většiny se jedná pouze o drcení nebo mletí daného substrátu pro lepší rozložitelnost. Hlavně biologicky nebezpečné odpady musí projít procesem nazývaným hygienizace a pasterizace. Proces zbavení se všech nebezpečných mikroorganismů a jiných nebezpečných látek.

Před samotným procesem předúpravy se vstupní suroviny separují od příměsí jako například kameny nebo různé druhy nežádoucích odpadů. Potřebnost třídění závisí na tom, odkud substrát pochází. Je-li substrát na bázi odpadu, je kontrola vstupních surovin přinejmenším nutná. Na obr. 9. můžeme vidět schématický popis průběhu předúpravy různých odpadových substrátů pro fermentor bioplynové stanice. Různé druhy odpadu vyžadují odlišný přístup k předúpravě, pokud daný krok není nutný, může být při předúpravě přeskočen.

5.2.1. Drcení a homogenizace

Proces anaerobní fermentace vyžaduje, aby vstupující substrát do fermentoru splňoval určité podmínky stejnorodosti materiálu, jinými slovy homogenity. Některé odpady, které jsou možné pro zpracování v bioplynových stanicích, ovšem tyto podmínky nesplňují a je nutná jejich úprava.

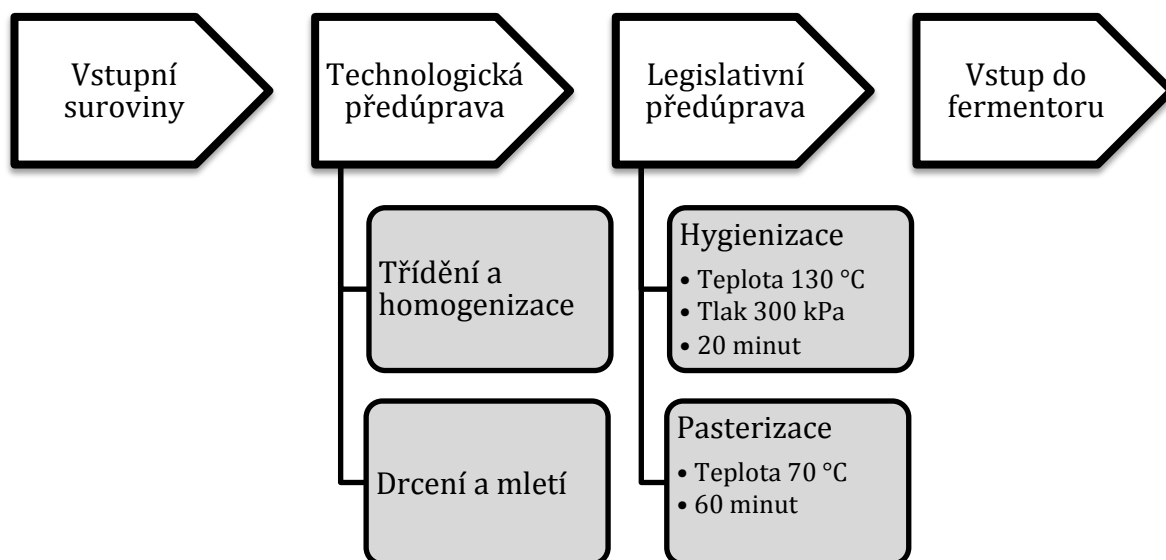
Drcením se zmenšuje velikost částic, zvyšuje se specifický povrch a tím i zlepšuje proces anaerobní fermentace, důležitou pro produkci bioplynu. S vyšším stupněm drcení stoupá produkce biologického rozkladu daného materiálu. Stavba a tvar drtící linky nebo drtiče závisí hlavně na drceném materiálu a jeho tvrdosti a pevnosti. [9]

Pokud jsou jednotlivé substráty připraveny na vstup do fermentoru, jsou promíchávány v homogenizační jímce, často se nazývá jímka příjmová. Objem jímky by měl být s určitým dimenzováním roven objemu dennímu vstupů do fermentoru. Konstrukce je v zemi zapuštěný betonový bunkr z důvodu snadného plnění opatřený míchadlem promíchávající různé substráty a čerpadlem nebo šnekovým dopravníkem dopravujícím substrát do fermentoru. [9]

5.2.2. Hygienizace a Pasterizace

Odpady, které by mohly způsobit u člověka nebo zvířat závažná onemocnění, jako například zbytky jídel, jateční odpady a další odpady v kategorii AF2, je nutné předem upravit tepelnou hygienizací. Teplota, tlak i doba výdrže je pro kategorii odpadu stanovena legislativou, konkrétně podle nařízení Evropského Parlamentu a Rady ES 1774/2002. Jedná-li se hlavně o jateční odpady, odpady ze zpracování masa, odpady z jídelen stravovacích zařízení obsahující maso, musí hygienizační jednotka zahřát suroviny na 130°C při tlaku 300 kPa po dobu 20 minut. Odpady z jídelen a stravovacích zařízení neobsahující maso se musí zahřát v pasterizační jednotce na 70°C po dobu 60 minut při atmosférickém tlaku. Hlavním důvodem této úpravy je zničení všech choroboplodných zárodků různých bakterií a ochrana před možnou nákazou člověka a zvířat nebezpečnými nemocemi. [9]

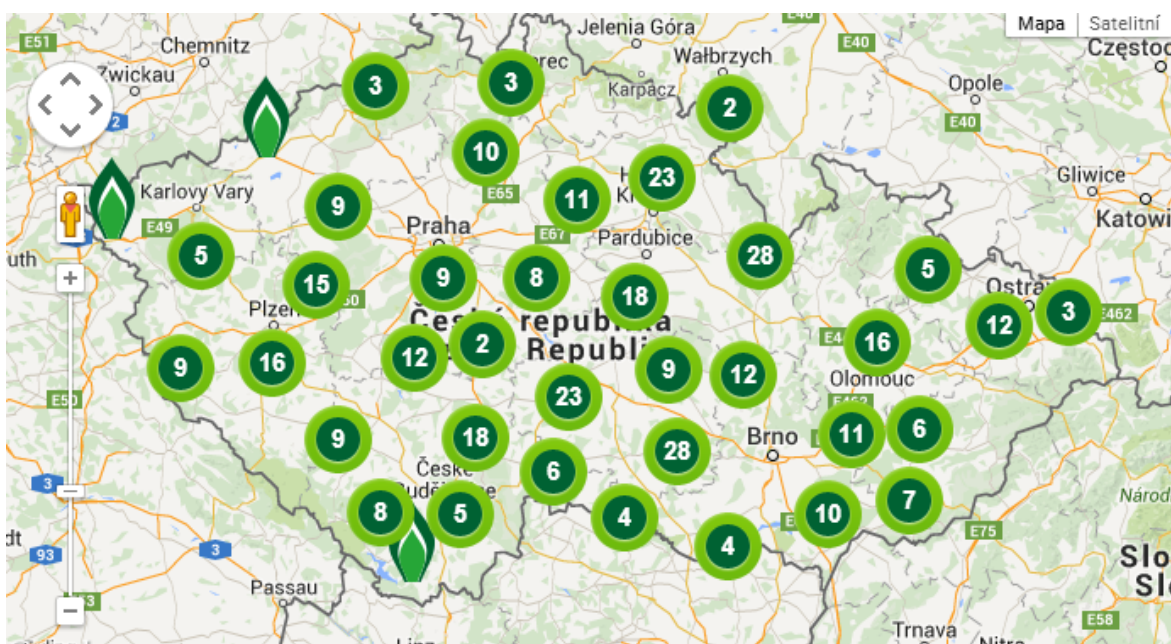
Hygienizace je prováděna v ocelových nádržích, které kontrolují výšku hladiny, teplotu i tlak. Tato jednotka musí být zabezpečena proti úniku nežádoucích látek. Provozní hala musí být izolována se vzduchotechnikou. Místo, kde se nakládá s odpady, by mělo být snadno omyvatelné a v případě poruchy velmi jednoduše opravitelné bez následku úniku škodlivých látek. Po dokončení hygienizace a pasterizace je nutné substrát schladit na stejnou teplotu jako je ve fermentoru. [9]



Obr. 9. – Schématický průběh předúpravy odpadových substrátů [9]

5.3. Technologie zpracování odpadů v bioplynových stanicích

Nejčastěji se můžeme setkat s dvěma typy odpadových stanic, první na bázi bioplynové stanice zemědělské a druhým typem je stanice diskontinuální, využívající čistě odpady pro svůj provoz. Odpadová bioplynové stanice funguje technologicky stejně jako zemědělská, s jediným rozdílem nutnosti úpravy vstupních surovin například třídění, homogenizace nebo hygienizace. Z celkových 400 bioplynových stanic v České republice je podle české bioplynové asociace vedeno pouze 7 komunálních bioplynových stanic. Rozmístění těchto stanic na mapě ČR můžeme vidět na obr. 10. a obr. 11. [21]



Obr. 10 - Mapa České republiky s rozmístěním zemědělských bioplynových stanic [21]



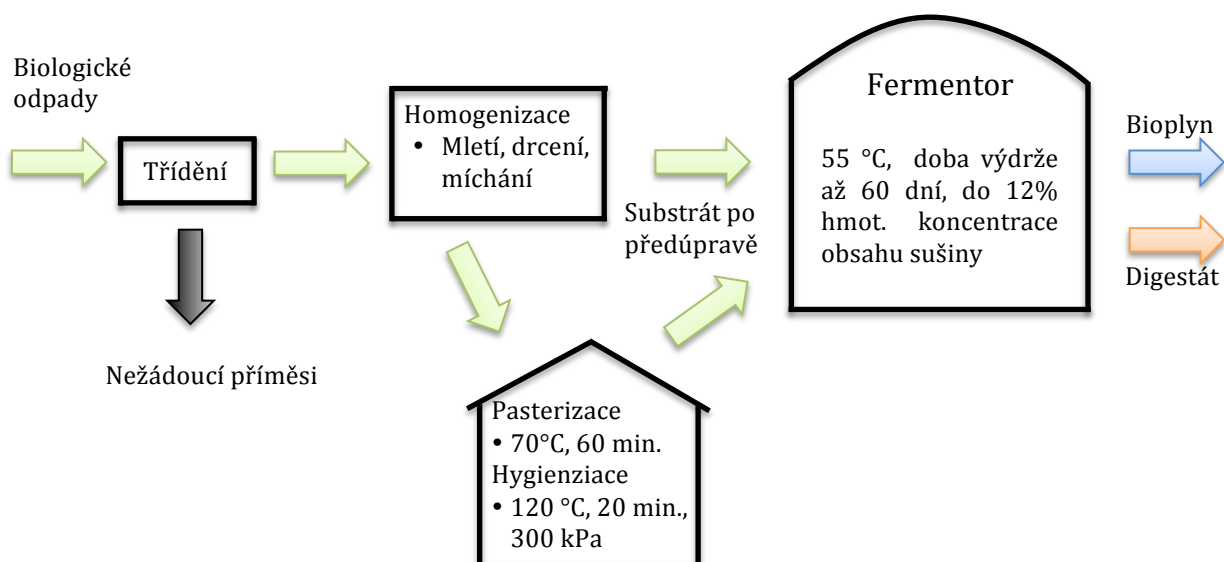
Obr. 11. – Mapa České republiky s rozmístěním odpadových bioplynových stanic [21]

5.3.1. Odpadová bioplynová stanice na bázi zemědělské

První bioplynové stanice postavené u nás, využívali pro svůj provoz jako vstupní suroviny cíleně pěstované zemědělské produkty. Bioplynové stanice využívající odpady vycházejí z technologického schématu stanice zemědělské, který můžeme vidět na obr. 12., příjmová jímka, následuje fermentor, srdce bioplynové stanice a poté nejčastěji skladovací nádrž. Jedná se o semikontinuální proces s mokrou fermentací. [8]

Jediným rozdílem jak bylo zmíněno v úvodu této podkapitoly je předúprava vstupních surovin. Nutnost postavení třídící linky pro odstranění nežádoucích příměsí jako jsou nejčastěji kovy, plasty a jiné nerozložitelné materiály, další nutnou přístavbou je hygienizační jednotka pro likvidaci choroboplodných zárodků. [8]

Z hlediska automatizace procesu tvorby bioplynu nastává při zpracování odpadu určitá komplikace s různorodostí materiálu vstupujícího do fermentoru. Na rozdíl od zemědělské kde přesně víme, jaké suroviny v jakých koncentracích a objemech budou vstupovat do fermentoru je automatizace technologického procesu relativně jednoduchá. U odpadových bioplynových stanic se musí hlídat podíl dusíku ve fermentoru, jeho oxidačně redukční potenciál a hodnotu pH. Podle toho dávkovat jednotlivé segmenty odpadu, abychom dodrželi správnost technologie. [11]



Obr. 12. – Schéma semikontinuální mokré odpadové bioplynové stanice na bázi stanice zemědělské [22]

Velkou výhodou této metody zpracování odpadů je, že kdykoliv můžeme bioplynovou stanici využít jako zemědělskou. Jednoduše nebudeme využívat třídící linku a pasterizační popřípadě hygienizační jednotku. Případná kombinace těchto metod, odpadovo-zemědělská, můžeme dosáhnout maximálního využití potenciálu bioplynových stanic. Kde výhody zemědělských bioplynových stanic mohou vyvážit určité nedostatky stanic odpadových jako například nepravidelnost plnění fermentoru a v určitých měsících úplná absence některých složek odpadu. [8]

5.3.2. Odpadová bioplynová stanice, diskontinuální

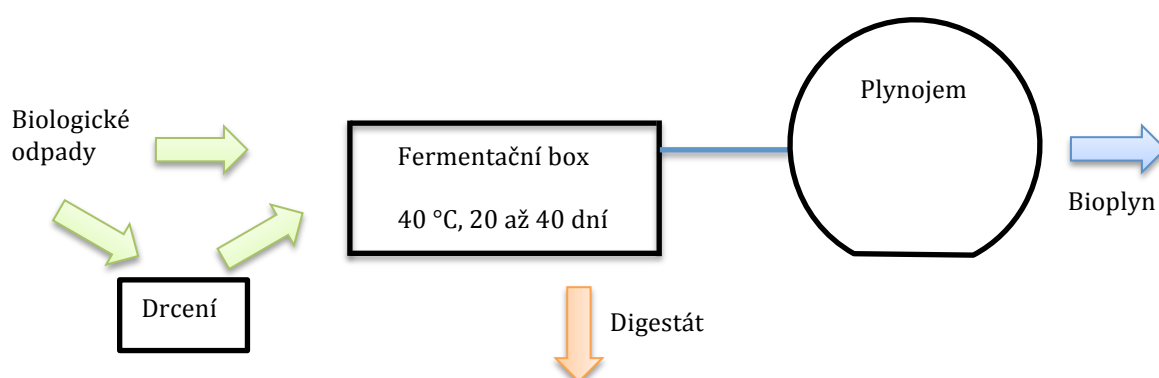
Jedná se o diskontinuální metodu plnění se suchou fermentací s vysokým podílem sušiny. Obsah sušiny je doporučen kolem 30% s teplotou kolem 40°C, doba zdržení v fermentorovém boxu se liší podle daného substrátu ale nejčastěji od 20 do 40 dní. V České republice tato metoda zpracování odpadu není rozšířena a v cizině se jedná o experimentální provozy. [22]

Metoda je nenáročná na kvalitu vstupních surovin a odpadá také manipulace s materiálem, čímž se snižuje i energetická náročnost bioplynové stanice. Velkou výhodou je zpracování značně heterogenních materiálů, obsahující i příměsi, které mohou být pro semikontinuální stanice nežádoucí, jako například hlína, cizorodé předměty apod. [22]

Substrát je buď navezen, nebo přímo vložen do fermentačního boxu, po velmi krátké době dojde ke spotřebování kyslíku vlivem hydrolytických bakterií a tím začíná proces anaerobní fermentace. Fermentační boxy jsou ve větším počtu 3 a více

postaveny paralelně a plynovým potrubím připojeny na plynem jímající bioplyn. Toto konstrukční řešení je nejvýhodnější z hlediska navážení odpadových substrátů, které se mohou rovnou z nákladního vozidla složit do fermentačního boxu. [22]

Jedinou doporučenou předúpravou je drcení velkých částí odpadu, aby mohl proces fermentace proběhnout s vyšší účinností. Odpady z kuchyní a jatek s potřebou hygienizace a pasterizace se pro zpracování v diskontinuálních bioplynových stanicích nedoporučují. Výhodou je nenáročná obsluha, snadná automatizace, nízká energetická náročnost a možnost diskontinuálního provozu, které může být sladěna se svozem bioodpadu z okolí. Nevýhodou je ovšem nižší účinnost oproti stanicím semikontinuální s mokrou fermentací. [22]



Obr. 13. – Schéma diskontinuální suché odpadové bioplynové stanice [22]

5.4. Ekonomické aspekty využití odpadu při výrobě bioplynu

Bioplynové stanice státní legislativa rozděluje do dvou základních kategorií, do první AF1 zemědělská bioplynová stanice využívající cíleně pěstované plodiny a druhá kategorie AF2, bioplynové stanice, které má aspoň část vstupu do fermentoru tvořenou biologickými odpady. Podobně podle této kategorie rozděluje energetický regulační úřad cenu výkupu elektrické energie. Vyrobené teplo v kogenerační jednotce nebo prodej upraveného bioplynu na biometan se prodává do rozvodné sítě podle aktuální ceny na trhu a potřeb spotřebitele, proto nelze přesně stanovit výnosnost z této složky energie pro delší časový úsek. [23]

Kategorie bioplynové stanice	Výkupní cena el. energie [Kč/MWh]
AF1	4 120
AF2	3 550

Tab. 5. - Výkupní ceny el. energie podle ERÚ dle kategorií BPS [18]

U bioplynových stanic zemědělských je vstupní investice na stavbu nižší v porovnání se stanicí odpadovou. Není nutná stavba hygienizační jednotky a dalších nutných procesů předúpravy vstupujícího substrátu. Odhadem na 1kW instalovaného výkonu se počítá se vstupní investicí pro středně velkou zemědělskou BPS s mokrou fermentací okolo 100 000 Kč. S připočítáním fixních nákladů v podobě zpracování odpadů a předúpravy vstupních surovin se investiční náklady mohou vyšplhat až na 200 000 až 250 000 Kč/1kW instalovaného výkonu. Obecně platí, že snižování instalovaného výkonu se zvyšují měrné investiční náklady. [22]

Provozní náklady se u odpadových od zemědělských bioplynových stanic liší, obsluha zařízení, servis kogeneračních jednotek, čištění fermentoru a údržba zařízení je stejná. K odpadovým BPS připadají navíc náklady na kontrolu a provoz hygienizační linky. Odpadové bioplynové stanice mají zisk nejen z vyrobené elektrické energie a tepla, ale také poplatkem za zpracování odpadu. Zatímco zemědělské stanice musí nakupovat, popřípadě pěstovat energetické plodiny a s tím spojené další náklady, které musí investor řešit. [22]

5.4.1. Srovnání odpadových a zemědělských bioplynových stanic

Odpadové BPS cílí na svozové společnosti a velké producenty bioodpadu, například lihovary, cukrovary, obchodní řetězce a zpracovatele potravin. Tyto stanice jsou širokou veřejností většinou vnímány negativně, proto musí investor dbát na výběr vhodné lokality pro stavbu BPS, zejména vzdálenost od obytné části města, dopravní obslužnost a blízkost energetické sítě. Oba typy stanic mají své určité výhody a nevýhody, podrobný seznam nalezneme v tab. 6. Největší výhodou odpadové BPS jsou příjmy ze zpracování odpadu, které postupně pokryjí náklady na zpracování. [24]

	Odpadové	Zemědělské
Výhody	Příjem ze zpracování odpadu	Pravidelnost zavážení substrátem
	Nulové náklady pro cílené pěstování plodin	Vyšší výkupní cena
	Rychlá návratnost investice	Nižší pořizovací náklady
	Šetrná k životnímu prostředí	Jednoduchá technologie
	Téměř neomezený zdroj vstupních surovin	Stabilita procesu
	V ČR nevyužitý potenciál	Využití digestátu jako hnojivo
	Eliminace negativních vlivů na okolí	
	Zisk z prodeje digestátu	
Nevýhody	Nižší výkupní cena	Náklady na pěstování nebo výkup energetických plodin
	Nepravidelnost zavážení substrátem	Závislost na dodávkách od zemědělců
	Vyšší pořizovací cena	V ČR již využitý potenciál
	Náročnost automatizace	Omezený zdroj vstupních surovin
	Sezonní vstupní suroviny	Nutnost skladování siláže v zimních měsících
	Neexistující trh s biolog. odpady	

Tab. 3. - Srovnání výhod a nevýhod odpadové a zemědělské bioplynové stanice [24]

6. Závěr

Jakékoliv zpracování odpadu, ať už recyklace, nebo u bioodpadu využití v bioplynových stanicích nebo kompostování, bude vždy lepší, než odvoz na skládku popřípadě spalování ve spalovně. Budou-li materiály zpracovány v určitém koloběhu, výroba – produkt – odpad – recyklace – výroba, sníží se tak zatížení nejen životního prostředí, ale také využívání obnovitelných a hlavně neobnovitelných zdrojů energie. Dnes technologie vyspěly natolik, že dokážeme z každého materiálu nebo formy energie získat jeho maximální potenciál a k plýtvání s důležitými zdroji látek a energie ve vyspělých zemích takřka nedochází.

Využití odpadů v bioplynových stanicích představuje jeden z významných kroků k „zero waste“ v oblasti biologicky rozložitelných odpadů. Důvodem je, že biologické odpady se recyklovat podobně jako například papír nebo sklo nedají. Jedinou možností je další zpracování v podobě degradace materiálu. Využijeme-li toto zpracování odpadu v BPS, získáme nejen bioplyn s vysokou koncentrací metanu, ale také digestát, využitelný jako hnojivo pro nové produkty a zachová se tím přirozený koloběh látek.

V České republice se v dnešní době ke zpracování odpadu přistupuje zodpovědně, samotné třídění odpadu je již nedílnou součástí každé domácnosti, a je jen na obcích a městech, jak s tímto odpadem naloží. Ideální možností by bylo postavení odpadových bioplynových stanic v různých spádových oblastech, několika menších měst a obcí v okolí tak, aby produkcí odpadu, které má v dnešní době klesající tendenci, pokryly potřebné zatížení fermentoru. Obcím se nejen vyřeší problémy s likvidací biologicky rozložitelného odpadu, ale také produkovány zisky z prodeje elektrické energie a tepla může způsobit finanční nezávislost obcí na státu. Fungujícím příkladem této odpadové bioplynové stanice je BPS Kněžice s instalovaným výkonem 330kW společnosti Energetika Kněžice s.r.o.. Obec Kněžice se tím stala nezávislou, co se týče financí od státu, dodavatelů elektrické energie, tepla a svozem a zpracováním odpadů.

Podíváme-li se na mapu bioplynových stanic v ČR, zjistíme, že zemědělské bioplynové stanice se nachází v téměř každém okrese. Dostavbou potřebných zařízení na zpracování bioodpadu a úpravou technologického procesu může vyřešit problém zpracování bioodpadu téměř každá obec v České republice. Je tedy jen na státu a samotných obcích jak přistoupí k této problematice.

7. Seznam použitých symbolů

BP	Bioplyn
BPS	Bioplynová stanice
BRKO	Biologicky rozložitelné komunální odpady
BRO	Biologicky rozložitelné odpady
CNG	Stlačený zemní plyn (compressed natural gas)
ČR	Česká republika
ERÚ	Energetický regulační úřad
MŽP	Ministerstvo životního prostředí

8. Seznam použitých obrázků

Obr. 1. - Podíl jednotlivých skupin odpadů na celkové produkci v ČR za rok 2013 [3]

Obr. 2. - Fázový proces tvorby bioplynu [7]

Obr. 3. - Vyrobené množství plynu na objemu substrátu v závislosti na době zdržení a teploty fermentace [9]

Obr. 4. - Technologické schéma kontinuální metody výroby bioplynu [9]

Obr. 5. - Technologické schéma semikontinuální metody výroby bioplynu [9]

Obr. 6. - Technologické schéma diskontinuální metody výroby bioplynu [9]

Obr. 7. - Základní technologické schéma bioplynové stanice s kogenerační jednotkou [13]

Obr. 8. - Schéma rozdělení nejčastějšího využití bioplynu [11, 15-17]

Obr. 9. - Schématický průběh předúpravy odpadových substrátu [9]

Obr. 10. - Mapa České republiky s rozmístěním zemědělských bioplynových stanic [21]

Obr. 11. - Mapa České republiky s rozmístěním odpadových bioplynových stanic [21]

Obr. 12. - Schéma semikontinuální mokré odpadové bioplynové stanice na bázi stanice zemědělské [22]

Obr. 13. - Schéma diskontinuální suché odpadové bioplynové stanice [22]

9. Seznam použitých tabulek

Tab. 1. - Složení BRKO podle druhu odpadu a katalogu MŽP [5]

Tab. 2. - Poměru uhlíku a dusíku různých druhů substrátu [9]

Tab. 3. - Výnosy bioplynu z vybraných zemědělských substrátu s procentuálním množstvím sušiny [9]

Tab. 4. - Výnosy bioplynu z vybraných odpadových substrátu s procentuálním množstvím sušiny [9]

Tab. 5. - Výkupní ceny el. energie podle ERÚ dle kategorií BPS [18]

Tab. 6. - Srovnání výhod a nevýhod odpadové a zemědělské bioplynové stanice [24]

10. Seznam použité literatury

- [1] Souhrnná data o odpadovém hospodářství v ČR za rok 2013: Současný stav odpadového hospodářství v ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:
http://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstv%C3%AD_data_2013
- [2] Odpadové hospodářství. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi
- [3] Celková produkce všech odpadů v ČR. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_odpadu_v_cr/\\$FILE/ODP-Produkce_odpadu_kraje_2003_2013-20141030.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_odpadu_v_cr/$FILE/ODP-Produkce_odpadu_kraje_2003_2013-20141030.pdf)
- [4] Indikátory odpadového hospodářství za rok 2013. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/indikatory_odpadoveho_hospodarstvi_2013/\\$FILE/OODP_Soustava_indikatoru_OH_2013-20141030.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/indikatory_odpadoveho_hospodarstvi_2013/$FILE/OODP_Soustava_indikatoru_OH_2013-20141030.pdf)
- [5] Způsob sběru BRKO v obcích dle koncového způsobu využití. Ministerstvo životního prostředí [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z:
http://www.mzp.cz/cz/biologicky_rozlozitelny_odpad_sber
- [6] Komunální bioplynová stanice. Agro Bioplyn [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: http://www.bioplynove-stanice.eu/komunalni_bioplynove_stanice.html
- [7] MICHAL, Petr. Bioplyn – energie ze zemědělství. Praha: 2005, 20 s.
- [8] MATĚJKA, Jan a Miroslav KAJAN. Studie využití bioplynu pro energetickou bezpečnost a rozvoj obcí a mikroregionu – úvod pro metodiku. Praha, 2014, 80s

- [9] KRATOCHVÍLOVÁ, Zuzana a Jan HABART. Průvodce výrobou využitím bioplynu. Praha: CZ Biom, 2009, 160 s.
- [10] WEILAND, Peter. Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2009, 85(4): 849-860. DOI: 10.1007/s00253-009-2246-7.
- [11] SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-86167-21-6.
- [12] RUTZ, Dominik a Rita RAMANAUSKAITE. Udržitelné využívání tepla z bioplynových stanic - příručka. 1. české vyd. Mnichov, Německo: WIP Renewable Energies, 2012, 86s.
- [13] Schéma bioplynové stanice AgriKomp jednoduché: Funkční schéma BPS. AgriKomp [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: http://www.agrikomp.de/images/stories/processed/CZ/pdf/Schema_BPS-cs-CZ.jpg
- [14] VÁŇA, Jaroslav: Zemědělské odpady. Biom.cz [online]. 2002-01-24 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zemedelske-odpady>. ISSN: 1801-2655.
- [15] Bioplyn info č.7. Bioplyn Info [online]. 2013 (7): 4s. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.saatbaulinz.cz/pictures/user-pages/pdf-46.pdf>
- [16] Bioplyn info č.4. *Bioplyn Info* [online]. 2013 (4): 3s. [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.saatbaulinz.cz/pictures/user-pages/pdf-30.pdf>
- [17] Renewable Natural Gas (Biomethane). *U.S. Department of energy: Alternative fuels data center* [online]. 2012 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: http://www.afdc.energy.gov/fuels/emerging_biogas.html

- [18] Výše výkupních cen a zelených bonusů. Tzbinfo: Technická zařízení budov [online]. 2014 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/91-vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>
- [19] MAREK, Miroslav a Michal VOLDŘICH. Odpady z potravinářských výrob v životním prostředí. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2006, 16s.
- [20] Technologické požadavky na jednotlivé způsoby biologického zpracování bioodpadů a technické požadavky na vybavení a provoz zařízení biologického zpracování bioodpadů. EAGRI: Resortní portál Ministerstva zemědělství [online]. 2015 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/100196566.html>
- [21] Mapa bioplynových stanic. Česká bioplynová asociace [online]. 2015 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>
- [22] DVOŘÁČEK, Tomáš a Tomáš ROSENBERG. Výstavba komunálních bioplynových stanic s využitím BRKO. 1. české vyd. Praha: Státní fond životního prostředí ČR, 2009, 40 s.
- [23] Parametry biomasy, podle kterých se stanovuje odlišná podpora. EAGRI: Resortní portál Ministerstva zemědělství [online]. 2015 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100076288.html>
- [24] Členění bioplynových stanic. Bioplynové stanice [online]. 2008 [cit. 2015-06-19]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/cleneni-bps/>