

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2021

Patrik Novák

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko – správní

Materiálový a energetický potenciál bioodpadů v ČR

Patrik Novák

Bakalářská práce

2021

Univerzita Pardubice  
Fakulta ekonomicko-správní  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Patrik Novák**  
Osobní číslo: **E18107**  
Studijní program: **B6202 Hospodářská politika a správa**  
Studijní obor: **Veřejná ekonomika a správa: Ekonomika pro kriminalisty a celníky**  
Téma práce: **Materiálový a energetický potenciál bioodpadů v ČR**  
Zadávací katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

### Zásady pro vypracování

Cílem práce je kvantifikovat možný potenciál bioodpadů při materiálovém a energetickém využití. Na základě rešerše popsat roli Celní správy ČR při výkonu kompetencí v oblasti odpadového hospodářství. Analýzou dostupných dat identifikovat možnosti nakládání s odpady v ČR s důrazem na bioodpady.

Osnova:

- Teoretické vymezení bioodpadů a možností nakládání s nimi
- Role Celní správy ČR v odpadovém hospodářství
- Analýza potenciálu využití bioodpadů v ČR
- Formulace závěrů a návrh doporučení

Rozsah pracovní zprávy: **cca 35 stran**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

DAHLQUIST, Erik, ed. *Biomass as Energy Source: Resources, Systems and Applications*. United Kingdom: CRC Press, 2013. ISBN 978-0-203-12025-5.  
HŘEBÍČEK, Jiří, František PILIAR, Jaromír MANHART a Kamila SOUČKOVÁ. *Projektování nakládání s bioodpady v obcích*. 2. aktualizované vydání. Praha: MŽP, 2011. ISBN 978-80-85763-67-6.  
HUNG, Yung-Tse, Lawrence K. WANG a Nazih K. SHAMMAS. *Handbook of environmental and waste management: Land and Groundwater Pollution Control*. Volume 2. Spojené státy Americké: World Scientific, 2012. ISBN 978-981-4449-16-8.  
TUHÁČEK, Miloš, Jitka JELÍNKOVÁ, Kateřina DOSTÁLOVÁ, Svatomír MLČOCH a Zuzana SVOBODOVÁ. *Právo životního prostředí: Praktický průvodce*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-427-9978-0.  
Zákon č. 17/2012 Sb. ze dne 11. prosince 2011, o Celní správě České republiky.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Robert Baťa, Ph.D.**  
Ústav správních a sociálních věd

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2021**

L.S.

---

**prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Jolana Volejníková, Ph.D.**  
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2020

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji:

Práci s názvem Materiálový a energetický potenciál bioodpadů v ČR jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 01. 04. 2021

Patrik Novák v.r.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Robertu Baťovi, PhD., za odbornou pomoc, věnovaný čas, cenné rady a trpělivost v průběhu vypracování práce. Dále také paní Ing. Petře Lešákové, za cenné rady v těžkých začátcích. V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat rodině a blízkým za podporu při studiu.

## **ANOTACE**

*Bakalářská práce se zabývá potenciálem bioodpadů v České republice při jejich materiálovém a energetickém využití. Jsou stanoveny základní pojmy týkající se bioodpadů, systémy jejich sběru a technologie využívání. Popisuje roli Celní správy České republiky při výkonu kompetencí v rámci odpadového hospodářství. Na základě analýzy dostupných dat práce stanovuje potenciál bioodpadů v České republice.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*bioodpady, celní správa, materiálové využití, energetické využití, potenciál*

## **TITLE**

*Material and energy potential of biowaste in the Czech republic*

## **ANNOTATION**

*The bachelor thesis deals with the potential of biowaste in the Czech Republic in their material and energy use. Basic concepts related to biowaste, systems for their collection and technology of use are determined. It describes the role of the Customs Administration of the Czech Republic in the exercise of competencies in waste management. Based on the analysis of available data, the work determines the potential of biowaste in the Czech Republic.*

## **KEYWORDS**

*biowaste, customs administration, material use, energy use, potential*

## OBSAH

Úvod.....	- 12 -
<b>1 Bioodpady a systémy jejich sběru.....</b>	<b>- 13 -</b>
1.1 Rozdělení bioodpadů.....	- 13 -
1.1.1 Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO).....	- 13 -
1.1.2 Kuchyňský odpad (gastroodpad).....	- 14 -
1.1.3 Odpad ze zahrad.....	- 15 -
1.1.4 Odpad z údržby zeleně.....	- 15 -
1.1.5 Vedlejší produkty živočišného původu.....	- 15 -
1.1.6 Papír a lepenka.....	- 16 -
1.1.7 Textil.....	- 16 -
1.1.8 Odpad z tržišť.....	- 16 -
1.2 Sběrové systémy bioodpadu.....	- 17 -
1.2.1 Pytlový sběr na úrovni domácností.....	- 17 -
1.2.2 Sběr do nádob na úrovni domácností.....	- 17 -
1.2.3 Sběr kuchyňského odpadu.....	- 18 -
1.2.4 Tříděný sběr bioodpadů do kontejnerů.....	- 18 -
1.2.5 Sezónní sběr zahradního odpadu.....	- 19 -
1.2.6 Separáční dvory.....	- 20 -
<b>2 Role celní správy �R v odpadovém hospodárství.....</b>	<b>- 22 -</b>
<b>3 Technologie materiálového a energetického využití bioodpadů.....</b>	<b>- 24 -</b>
3.1 Materi�lov� využití kompostováním.....	- 24 -
3.1.1 Domácí kompostování.....	- 25 -
3.1.2 Vermikompostování.....	- 26 -
3.1.3 Komunitní kompostování.....	- 27 -
3.1.4 Komunitní kompostování na obecn� úrovni.....	- 27 -
3.1.5 Průmyslov� kompostování.....	- 28 -
3.2 Energetick� využití v bioplynových stanicích.....	- 28 -
3.2.1 Fáze anaerobní digesce.....	- 28 -
3.2.2 Bioplyn.....	- 30 -
3.2.3 Mokr� a such� fermentace.....	- 32 -
3.2.4 Biometan – BioCNG.....	- 34 -



3.3	Metody získávání energie a tepla z biomasy.....	- 34 -
3.3.1	Tepelné zpracování spalováním.....	- 34 -
3.3.2	Energetické zpracování biomasy.....	- 35 -
<b>4</b>	<b>Analýza potenciálu využití bioodpadů v ČR .....</b>	<b>- 37 -</b>
4.1	Energetické využití bioodpadů.....	- 39 -
4.1.1	Potenciál výroby elektrické energie z bioodpadů .....	- 40 -
4.1.2	Potenciál výroby tepelné energie z bioodpadů.....	- 46 -
4.2	Biometan jako náhrada zemního plynu .....	- 49 -
	<b>Formulace závěrů.....</b>	<b>- 51 -</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>- 53 -</b>
	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>- 54 -</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Schéma nádoby na bioodpad.....	- 19 -
Obrázek 2: Podíl sběrných dvorů a míst podle sběru jednotlivých druhů odpadů a výrobků s ukončenou životností v ČR v roce 2018 .....	- 21 -
Obrázek 3: Schéma vermikompostéru .....	- 26 -
Obrázek 4: Fáze anaerobní digesce.....	- 30 -
Obrázek 6: Podíl zdrojů ve výrobě elektrické energie za rok 2019 v ČR.....	- 41 -
Obrázek 7: Podíl obnovitelných zdrojů na celkové výrobě energie v ČR v porovnání s Německem za rok 2019 .....	- 42 -
Obrázek 8: Podíl zdrojů ve výrobě elektrické energie na OZE za rok 2019 v ČR -	43 -
Obrázek 9: Vývoj výroby elektřiny z bioplynu a biomasy 2010 - 2019 v ČR .....	- 44 -
Obrázek 10: Pokrytí spotřeby elektrické energie v ČR biomasou a bioplynem 2010 – 2019.....	- 45 -
Obrázek 11: Podíl zdrojů ve výrobě tepla v ČR za rok 2019.....	- 46 -
Obrázek 12: Podíl zdrojů ve výrobě tepla na OZE v ČR za rok 2019.....	- 47 -
Obrázek 13: Pokrytí spotřeby tepla v ČR biomasou a bioplynem 2017 – 2019....	- 48 -

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Druhy odpadů tvořící BRKO.....	- 13 -
Tabulka 2: Kraje ČR podle hustoty sítě sběrných dvorů a sběrných míst v roce 2018.....	- 20 -
Tabulka 3: Kontroly přepravy odpadů v roce 2020 .....	- 23 -
Tabulka 4: Množství bioplynu z vybraných vstupů v m <sup>3</sup> .....	- 38 -
Tabulka 5: Možnosti využití bioodpadů k energetickým účelům.....	- 39 -
Tabulka 6: Potenciál pokrytí celkové výroby a spotřeby elektrické energie v ČR v BRKO.....	- 40 -
Tabulka 7: Potenciál pokrytí výroby elektrické energie z OZE v BRKO.....	- 43 -
Tabulka 8: Potenciál pokrytí celkové výroby a spotřeby tepla v ČR v BRKO .....	- 46 -
Tabulka 9: Potenciál pokrytí výroby tepla z OZE v BRKO .....	- 47 -

## SEZNAM ZKRATEK

BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
SKO	Směsný komunální odpad
OZE	Obnovitelné zdroje energie
VŽP	Vedlejší živočišný produkt
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
CNG	Stlačený zemní plyn
BioCNG	Biometan
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný

## ÚVOD

Obnovitelné zdroje, jsou stále více diskutovanou a využívanou metodou výroby v oblasti energetiky. Každý si asi pod obnovitelnými zdroji představí solární a větrné elektrárny, málokdo si ale vybaví bioodpady a jejich metody energetického a materiálového využití. V masmédiích bývají často zdůrazňovány například plasty a papír, a jak je recyklace těchto odpadů důležitá, o bioodpadech se ovšem hovoří pouze zřídka. Není potom divu, že informovanost veřejnosti o bioodpadech je na tak nízké úrovni a nepatří k běžně recyklovanému druhu odpadů, tvoří přitom až 60 % obsahu našich popelnic. Při jejich správném využití, by ale potenciál jejich využití mohl být značný. Teoreticky se berou biologické odpadní produkty, které se dále danými způsoby pouze zpracují k výrobě energií, případně se formou kompostu vrací zpět do půdy. Z praktického hlediska jsou tyto metody ovšem mnohem složitější a je s nimi spojeno mnoho komplikací a omezení.

**Cílem bakalářské práce je kvantifikování možného potenciálu bioodpadů v České republice, a to při materiálovém a energetickém využití.**

# 1 BIOODPADY A SYSTÉMY JEJICH SBĚRU

## 1.1 ROZDĚLENÍ BIOODPADŮ

### 1.1.1 Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO)

Podle zákona č. 541/2020 Sb. o odpadech, se jím rozumí odpad, který je schopen aerobního a anaerobního rozkladu mikroorganismy a je možno jej zařadit do skupiny *komunálních odpadů a jim podobných odpadů ze živností, z úřadů a z průmyslu včetně odděleně sbíraných složek těchto odpadů* (Hřebíček, 2011).

Patří sem: odpady z údržby zeleně a hřbitovů v obci, odpad ze zahrad, papír a lepenka, přírodní textilie, rostlinný odpad z tržišť a ze živností, kuchyňský odpad včetně olejů na smažení vzniklých v domácnostech, v jídelnách a restauracích. Většinu BRKO tvoří směsný komunální odpad (SKO), který obvykle obsahuje kolem 54 % bioodpadů (Hřebíček, 2011). Bioodpady jsou ve vyhlášce č. 8/2021 Sb. o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů) uváděny pod kódy 20 01 01 – 20 03 07. V tabulce č. 1 jsou uvedeny všechny druhy bioodpadů podle Katalogu odpadů, spolu s jejich kódy a koeficienty biologického rozkladu.

Tabulka 1: Druhy odpadů tvořící BRKO

Kód odpadu	Druh odpadu	Koeficient biologického rozkladu
20 01 01	Papír a lepenka	1
20 01 08	BRO z kuchyní a stravoven	1
20 01 10	Oděvy	0,60
20 01 11	Textilní materiály	0,50
20 01 38	Dřevo neuvedené pod č. 20 01 37	1
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad	1
20 03 01	Směsný komunální odpad	0,54
20 03 02	Odpad z tržišť	0,80
20 03 07	Objemný odpad	0,50

Zdroj: (Altmann, 2010)

### **1.1.2 Kuchyňský odpad (gastroodpad)**

Odpad z jídelen a kuchyní je převážně složen ze zbytků jídel a nezpracovaných surovin, tzn. zbytků ovoce, zeleniny, masa a dalších potravin živočišného původu, čajových sáčků, kávové sedliny, pečiva, skořápek vajec, tekutých zbytků jídel, kostí a v neposlední řadě také použitých kuchyňských olejů a tuků (Hřebíček, 2011).

Mezi zakázané způsoby nakládání s kuchyňským odpadem patří míchání gastroodpadu a komunálního odpadu, zkrmování a vylévání či splachování kuchyňských zbytků do kanalizace.

#### **1.1.2.1 Míchání gastroodpadu a komunálního odpadu**

Kuchyňské odpady jsou často ukládány do nádob na SKO a jsou tím pádem odstraňovány za nižší náklady než v případě odevzdávání odpadů specializovaným firmám (JRK, 2017).

#### **1.1.2.2 Zkrmování**

V Evropské unii je zkrmování kuchyňských zbytků zakázáno již od roku 2002. Důvodem pro zákaz bylo propuknutí nákazy slintavky a kulhavky. Zkrmovat je možné pouze tzv. *zmetkové potraviny*, což jsou potraviny, které nepřišly do kontaktu s potravinami živočišného původu. Legislativa zakazuje i zkrmování v psích útulcích. Zákaz zkrmování je upraven dle ustanovení § 58 vyhlášky MZe ČR č. 299/2003 Sb. (JRK, 2017).

#### **1.1.2.3 Drcení, splachování kuchyňských zbytků do odpadních vod**

Někdy se také především v restauračních zařízeních a jídelnách používaly drtičky odpadu, které gastroodpad rozdrtily na malé částičky, rozdrcený odpad byl posléze unášen odpadní vodou do příslušné čističky odpadních vod. Veřejné kanalizační přípojky totiž nejsou dimenzovány na to, aby jimi proudily rozdrcené gastroodpady, protože zejména tuky je zanášejí (JRK, 2017).

Je upraveno § 38 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů a s § 18 odst. 2 zákona č. 2074/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.

Kuchyňský odpad může obsahovat patogenní mikroorganismy, z nichž toxiny a další infekční patogeny, představují potenciální riziko pro zdraví lidí a zvířat.

Často jsou také zdrojem zápachu a výskytu hmyzu a hlodavců. Správný způsob nakládání s gastroodpadem je důležitým především z důvodu bránění šíření infekcí. Z těchto důvodů jsou tedy jmenované metody nakládání s odpady v rozporu se zákonem, platí povinnost odpady ukládat odděleně dle jednotlivých druhů tak, aby bylo zabráněno směšování (JRK, 2017).

Správnými postupy na zpracování gastroodpadů jsou kompostování a tříděný sběr a svoz. O těch bude řeč v kapitolách 3.1 a 1.2.

### **1.1.3 Odpad ze zahrad**

Je tvořen především trávou, zbytky okrasných květin, listy, kořeny a listy zeleniny, větve z prořezávaných stromů a keřů (Hřebíček, 2011).

Zahradní odpad je jako jediný z velké míry odstraňován přirozeným a tradičním způsobem domácím, případně komunitního kompostování.

### **1.1.4 Odpad z údržby zeleně**

Odpad z údržby zeleně je další významnou skupinou BRKO, rozumí se jím odpad z údržby obecní zeleně, tedy parků, sadů, zahrad, hřišť a dalších ploch v rámci obce. V rámci složení je velmi podobný odpadu ze zahrad, obsahuje tedy trávu, pařezy, kmeny, listy, větve a další zbytky rostlinných tkání (Hřebíček, 2011).

V posledních letech se množství těchto odpadů opět navyšuje, z důvodu kladení většího důrazu na údržbu zelených ploch měst a obcí. Je zpravidla kompostován ve veřejných kompostárnách.

### **1.1.5 Vedlejší produkty živočišného původu**

Jedná se o zvláštní skupinu odpadů, které nespádají do žádné ze stanovených kategorií a mohou tak být zahrnuty v řadě různých druhů odpadů. Obecně se jedná o odpady s obsahem živočišných tkání, odpadní produkty z živočišné výroby, či odpady z obchodu nebo spotřeby těchto produktů.

Do této zvláštní skupiny tedy spadají celá těla nebo části těl zvířat nebo produkty živočišného původu, které nejsou určeny k lidské spotřebě, včetně vajíček, embryí a spermatu (Hřebíček, 2011).

Upravuje je zákon č. 166/1999 Sb., veterinární zákon.

### **1.1.6 Papír a lepenka**

Společně s dřevní hmotou, se papír a lepenka řadí mezi nejpomaleji se rozkládající biologicky rozložitelné materiály, to je způsobeno vysokým poměrem hmotnosti vázaného uhlíku vůči dusíku. Z toho stejného důvodu, se také papír a lepenka řadí mezi bioodpady velmi vhodné pro recyklaci, případně pro energetické využití spalováním.

V malé míře jsou prospěšné i v oblasti kompostování. Výskyt papíru ve větším množství v oddělené frakci biologického odpadu je ovšem nepravděpodobný, jelikož papír je téměř vždy zaveden mezi tříděnými složkami komunálního odpadu (Hřebíček, 2011).

### **1.1.7 Textil**

V případě textilu, lze mezi biologicky rozložitelné odpady zařadit pouze některé druhy textilu. Jedná se především o materiály rostlinného a živočišného původu, tzn. bavlna, vlna, len, konopí, kašmír, juta. Ovšem co se týče kombinovaných textilií, je velký problém se zpracováním, protože umělá vlákna vyžadují zcela jiný způsob zpracování. I jako v případě papíru nelze očekávat zvýšení výskyt textilií v oddělené sekci biologických odpadů (Hřebíček, 2011).

### **1.1.8 Odpad z tržišť**

Biologicky rozložitelný odpad z tržišť je svým složením velmi blízký směsnému komunálnímu odpadu. Mimo odpad ze zeleniny a ovoce také zvýšené množství obalových odpadů, zejména pak papíru, lepenky a polyolefinických fólií (Hřebíček, 2011).



## **1.2 SBĚROVÉ SYSTÉMY BIOODPADU**

Sběr bioodpadu lze rozdělit do dvou skupin sběru, jsou jimi oddělený sběr a tou druhou je sběr do kontejnerů, buďto ve sběrných dvorech, nebo přistavováním velkoobjemných kontejnerů do ulic měst. Oddělený sběr je z finančního i časového hlediska mnohem více náročný, ve výsledku jde ovšem o mnohem čistší způsob sběru se sníženou šancí na kontaminaci nebezpečnými látkami.

### **1.2.1 Pytlový sběr na úrovni domácností**

První možností, ovšem ne tolik využívanou je pytlový sběr, ten spočívá v rozdávání pytlů na odpad přímo občanům dané obce (zdarma nebo za úplatu), kteří následovně mohou naplněné pytle odložit přímo na místě vzniku odpadu, tudíž před svým domem, popřípadě je donést ke kontejnerům, či na jiná sběrná místa.

Občané jednotlivé pytle označují samolepkou s čárovým kódem, který je následně sběrným pracovníkem naskenován a občan dostane nový pytel a samolepky. Na základě naskenovaných informací o množství svezeného odpadu, mohou poté občané získávat různé slevy a bonusy.

Z důvodu možnosti odkladu odpadu přímo před svým domem z jisté části zaniká demotivující nutnost pro občany odnášet pytle ke sběrným kontejnerům, vytíženost a čistota biologického odpadu tedy dosahuje vyšších hodnot. Z ekonomického pohledu je ale tento způsob velmi nákladným řešením, je s ním spojen nejsložitější svoz, kdy sběrová auta musejí zajíždět ke každému domu pro sběrné pytle, a také nutnost pořizování nových sběrových pytlů. Tím se ale tvoří další přebytečný odpad v podobě pytlů, některé obce zavádějí nový, ovšem ještě nákladnější způsob sběru odpadu v podobě vyměnění pytlů za zapůjčené barevné nádoby či popelnice od města a jejich následný svoz (Hřebíček, 2011). „*Pytle na pytlový sběr musíme stále nakupovat nové a vlastně tím tvoříme další odpad. Chceme změnu v tom, že by lidé doma třídili do nádob - zapůjčené barevné popelnice od města, a ty by pak byly sváženy.*“ (Sedláková, cit. podle Tomášková, 2020).

### **1.2.2 Sběr do nádob na úrovni domácností**

Výše zmíněný způsob sběru biologického odpadu do nádob se začíná používat především z důvodu omezení produkce přebytečných plastů v podobě třídících pytlů, kterých je při využití způsobu sběru do pytlů vyprodukováno obrovské množství.

V tomto případě jsou znovu použitelné nádoby umístěné v každé domácnosti, popřípadě živnosti. Jedná se o nádoby v rozmezí hmotnosti od 70 l do 240 l, které lze umístit společně s popelnicemi na směsný komunální odpad. Tyto nádoby jsou následně pravidelně vyváženy specializovaným svozovým vozidlem. (Hřebíček, 2011)

Z ekonomického hlediska se jedná o nejnákladnější způsob sběru tříděného biologického odpadu, a to zejména z důvodu vysokých nákladů na pořízení nádob a svozových vozidel. Touto metodou jsou ovšem odbourány všechny technologické nedostatky sběru do plastových pytlů, je estetická, jednodušší a hygieničtější (Hřebíček, 2011).

### **1.2.3 Sběr kuchyňského odpadu**

*„Většina BRKO, které končí na skládkách, je tvořena právě kuchyňskými odpady z domácností (až 65 %). Ačkoliv je více než jasné, že tento druh odpadu není zanedbatelný, bohužel se mu v České republice nedostává tolik pozornosti.“ (JRK).*

Kuchyňský odpad se sbírá většinou čtyřmi způsoby, a to výměnou sběrné nádoby, přemístěním obsahu shromažďovací nádoby do přepravní nádoby. Existují i nádoby, které mají uvnitř vložku, která se při výměně vyjme spolu s odpadem, vloží se do nádoby nová vložka a ta je vrácena zpět. Vložka musí být před vyjmutím zabandážována, tento způsob se využívá pouze při shromažďování tuhých odpadů živočišného původu (Hřebíček, 2011).

Nádoby ke shromažďování odpadu VŽP musí být omyvatelné, nepropustné, se širokým hrdlem a musí mít fixační uzávěr. Přepravce, který musí být schválen veterinární správou ČR, musí po každém svozu zajistit vyčištění a dezinfekci nádob. Odpad charakterizován jako VŽP, může být k odstranění předat pouze po schválení veterinární správou ČR (Hřebíček, 2011).

### **1.2.4 Tříděný sběr bioodpadů do kontejnerů**

Spočívá v umístění větších kontejnerů na veřejná místa v obci, tzv. „hnízda“, kam občané odnáší bioodpad k třídění. V těchto „hnízdech“ jsou nádoby na bioodpad umístěny společně s nádobami na komunální odpad. Nádoby bývají zpravidla větší než ty pro domácí třídění, u těchto je objem cca od 110 l do 1 100 l (Hřebíček, 2011).

Nádoby jsou na první pohled rozpoznatelné od těch na komunální odpad pouze barvou a označením nádob, musí ovšem být vybaveny několika prvky, které je odlišují od těch klasických. Nádoby obsahují vnitřní žebra, která zvyšují stabilitu nádoby a má tak vyšší nosnost, dále musí být vybavena odvětrávacími otvory na bocích, a také otvorem na víku nádoby, překrytém stříškou. Na dnu nádoby musí být mřížka, která má zachytit hmotný bioodpad, ze kterého může následně odkapávat vlhkost kterou obsahuje na dno nádoby, a tam částečně vysychat. Tyto nádoby jsou schopny prodloužit dobu mezi svozy, jsou ovšem finančně náročnější (Hřebíček, 2011). Schéma takové sběrné nádoby je vyobrazeno na obrázku č. 1.



Obrázek 1: Schéma nádoby na bioodpad

Zdroj: (AVE)

Umístění těchto hnízd musí být dobře optimalizované, aby nedemotivovalo občany k třídění, z důvodu nedostupnosti. Alternativou ještě může být shromažďování pytlů v hnízdech bez nákupu specializovaných kontejnerů. Tato alternativa je ovšem méně výtěžná a čistotná, zejména kvůli různým druhům pytlů, v kterých se bioodpad shromažďuje, zvláště pak pytle z polymerních fólií, které poté vyžadují další separaci při vstupu do zařízení.

### 1.2.5 Sezónní sběr zahradního odpadu

Je využíván jen zřídka, a to v oblastech s větším rozsahem zelených ploch, kdy je na příslušné místo přistaven kontejner určený výhradně pro sběr zahradního odpadu a jemu podobných. Využívá se spíše jako doplňkové řešení, mnohem víc využívané jsou ke sběru zahradního odpadu využívané separační dvory (Hřebíček, 2011).

### 1.2.6 Separační dvory

Většinou bývají zřizovány obcemi s více než 2 000 obyvateli v souladu s příslušným plánem odpadového hospodářství. Separační dvory jsou schopné integrovat řadu funkcí v odpadovém hospodářství. Přijímají mnoho druhů komunálních odpadů jako jsou odpad ze staveb, elektronika, autosoučástky, velkoobjemný odpad, ale také většinu druhů bioodpadů a některé dvory také nebezpečné odpady (kyseliny, hydroxidy, barvy, pesticidy, oleje a další) (Hřebíček, 2011).

Náklady na provoz separačních dvorů, jsou v porovnání s ostatními způsoby sběru bioodpadu nejnižší, vyžadují ovšem vysoké počáteční investice do výstavby. Občané mají v rámci otevírací doby možnost odevzdávat bioodpad přímo pod dohledem pracovníka, tudíž je zde zajištěna maximální čistota sebraného bioodpadu.

Tabulka 2: Kraje ČR podle hustoty sítě sběrných dvorů a sběrných míst v roce 2018

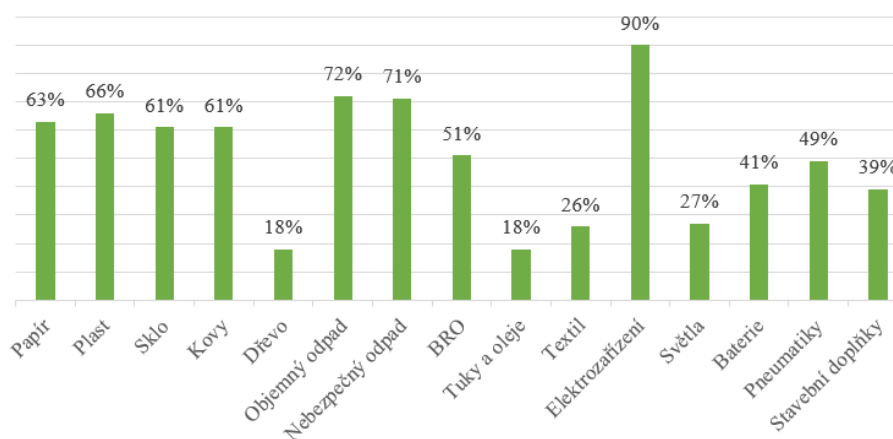
Kraj	Sběrný dvůr	Sběrné místo	Celkový součet	Počet obyvatel na jeden SD/SM
Hlavní město Praha	27	3	30	43 150
Jihočeský	86	75	161	3 940
Jihomoravský	145	91	236	5 008
Karlovarský	25	21	46	6 422
Královehradecký	28	52	80	6 835
Liberecký	25	32	57	7 732
Moravskoslezský	37	85	122	9 884
Olomoucký	19	65	84	7 530
Pardubický	69	42	111	4 650
Plzeňský	73	23	96	6 037
Středočeský	67	141	208	6 499
Ústecký	50	72	122	6 722
Vysočina	53	32	85	5 967
Zlínský	16	114	130	4 485
<b>ČR celkem</b>	<b>720</b>	<b>848</b>	<b>1568</b>	<b>6 754</b>

Zdroj: (EKO-KOM, ©2019)

Z tabulky č. 2, která uvádí údaje z průzkumu z roku 2018 je zřejmé, že nejhustší síť dvorů se nachází v krajích jako Jihomoravský, Jihočeský, Pardubický a Zlínský. Poměr počtu obyvatel na jeden SD/SM zde je kolem 5 000 a níže. Nejméně hustá síť je naopak v Moravskoslezském kraji a v především v Praze. Je to však dáno především mírou urbanizace a centralizací služeb odpadového hospodářství (EKO-KOM, ©2019).

V dnešní době se samozřejmě již může počítat s mnohem větším počtem sběrných dvorů, jelikož s přirůstajícím množstvím obyvatel měst, musejí přibývat i nové separační dvory.

**Podíl sběrných dvorů a míst podle sběru jednotlivých druhů odpadů a výrobků s ukončenou životností v ČR v roce 2018**



Obrázek 2: Podíl sběrných dvorů a míst podle sběru jednotlivých druhů odpadů a výrobků s ukončenou životností v ČR v roce 2018

Zdroj: (EKO-KOM, ©2019)

Z obrázku č. 2 je zřejmé, že největší podíl na celku sběrného odpadu v separačních dvorech mají již dlouhodobě vysloužilá elektronická zařízení.

Významný je sběr objemného a nebezpečného odpadu. Nakládání s těmito druhy odpadu je nejčastějším důvodem, proč se obce rozhodují pro stavbu větších sběrných dvorů (EKO-KOM, ©2019).

Vytríděný bioodpad, jehož úroveň čistoty souvisí s mírou osvěty a spolupráce jednotlivých obyvatel, lze kompostovat anebo zpracovat anaerobní digescí (AD) v bioplynových stanicích (Vološinová, 2019).

Biodpady, ale i ostatní druhy odpadů, se na denním pořádku převážejí přes hranice, za účely odstranění, využití, či k různým laboratorním analýzám a zkouškám. Taková přeprava, ač je plně legální a řízená různými legislativními dokumenty, tak se běžně potýká s případy nelegálního přeshraničního převozu. Jejich přepravu mají za úkol hlídat různé organizace veřejné správy. Mezi hlavní patří například MŽP, Česká inspekce životního prostředí, Policie ČR a Celní správa ČR. Vzhledem k cíli práce, se bude následující kapitola zbývat právě činnostmi a kompetencemi Celní správy ČR v odpadovém hospodářství.

## **2 ROLE CELNÍ SPRÁVY ČR V ODPADOVÉM HOSPODÁŘSTVÍ**

Celní správa, má v rámci svých kompetencí za úkol kontrolu nakládání s odpady, kontrolu přepravy odpadů na státních i unijních hranicích. Při zjištění nesrovnalostí, podává podněty k dalšímu postupu ministerstvu, podle nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1013/2006.

Při přepravě odpadů, či nebezpečných odpadů celní úřad kontroluje, zda je vozidlo značeno podle zákona a zda je odpad doprovázen dokladem a jestli odpovídá popisu v tomto dokladu. Celní úřad nepustí do celního režimu odpady kontrolované při přeshraniční přepravě pokud:

- zboží není deklarováno jako odpad, ale je odpadem,
- odpad není doprovázen dokladem,
- je jeho přeprava v rozporu s nařízením Evropského parlamentu a Rady č. 1013/2006, nebo se zákonem č. 541/2020 Sb. o odpadech,
- je odpad přepravován ze států, které nejsou členy Evropské unie (Zákon č. 541/2020 Sb.).

Během kontroly má celní úřad právo přikázat osobě přepravující odpad umožnit kontrolu zboží na vlastní náklady na místě určené celním úřadem, po dobu provádění kontroly má také nárok na umístění kontrolovaného odpadu pod svůj dohled a může z odpadu odebírat vzorky, určené k další analýze. Pokud celní úřad skutečně zjistí skutečnosti nasvědčující, že došlo k porušení nařízení Evropského parlamentu, Rady, nebo zákona o odpadech č. 541/2020 Sb., setření může být provedeno u původce vzniku odpadu (Zákon č. 541/2020 Sb.).

V případě podezření na nesrovnalosti při přepravě odpadů, může celní úřad odpad, i dopravní prostředek zadržet bez ohledu na práva a újmu tím způsobenou třetím stranám. Zadržaná věc může být předána osobě, které byly zadrženy pod podmínkou, že s nimi nesmí žádným způsobem nakládat do doby, než o nich bude dále rozhodnuto.

Celní úřad musí o skutečnosti sepsat záznam a kopii předat osobě, která drží zadržanou věc u sebe (Zákon č. 541/2020 Sb.).

Tabulka 3: Kontroly přepravy odpadů v roce 2020

Období	Celkem kontrol	Porušení předpisů	Odstaveno, s následným vrácením do zahraničí
leden	343	9	5
únor	32	2	1
březen	14	3	3
duben	5	0	0
květen	133	13	13
červen	228	19	13
červenec	91	2	0
srpen	46	3	0
září	66	2	1
říjen	143	1	0
listopad	52	3	0
prosinec	24	3	1
<b>Celkem</b>	<b>1 177</b>	<b>60</b>	<b>37</b>

Zdroj: (Celní správa České republiky, ©2020) vlastní zpracování

Tabulka č. 3 udává data o kontrolách přepravy odpadů za rok 2020. Udává kolik bylo celkem provedených kontrol, kolikrát byly některé předpisy přepravou porušeny a kolikrát byl náklad odstaven, s následným vrácením do zahraničí.

### **3 TECHNOLOGIE MATERIÁLOVÉHO A ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ BIOODPADŮ**

K nakládání s komunálním odpadem jsou primárně využívány skládky, na které se odpad ukládá. Míra skladovosti komunálního odpadu bylo v roce 2019 zhruba 46 %, z toho bylo materiálově využitých přibližně 39 %. Na těchto skládkách bývá často ale ukládány i BRKO, není to ovšem ideální způsob nakládání s odpady a vláda se snaží všelijakými regulacemi a poplatky skládkování odpadu snížit. Kdy od roku 2030 chce zakázat skládkování využitelných odpadů. Rozkládání bioodpadu navíc přispívá k tvorbě metanu, který je jedním ze skleníkových plynů způsobujících globální oteplování (MŽP, 2019; Ekolist.cz, 2019).

Dalším ideálnějším způsobem je energetické využití těchto odpadů, jako je spalování, teplárenské a elektrické využití a využití v jiných, tomu podobných zařízeních. Aktuálně jsou v ČR čtyři spalovny KO, které působí v Brně, Praze, Liberci a Chotíkově u Plzně. Součástí KO je ovšem i BRKO, který však není ke spalování úplně vhodný, a to zejména z důvodu vysokého obsahu vody je jeho výhřevnost problematická. Při jeho spalování se také zpopelní veškeré cenné živiny, které by při jiném, efektivnějším způsobu využití mohly být zhodnoceny. Popel se po spálení většinou řadí do nebezpečného odpadu, tudíž nemůže být využit při hnojení v zemědělství. I v případě dostupných spaloven, je lepší k využití bioodpadů původu užít pro jejich materiálové zpracování kompostárny, a k jejich energetickému využití bioplynové stanice, které jsou schopny rozkladem organické hmoty vytvořit elektřinu, teplo, či náhradu za zemní plyn, tzv. *bioplyn* (Hřebíček, 2011).

#### **3.1 MATERIÁLOVÉ VYUŽITÍ KOMPOSTOVÁNÍM**

Biologicky rozložitelný odpad, je ze všech druhů odpadů nejlépe rozložitelný a nejjednodušší pro navrácení do půdy, ze všech odpadů jej ale nejméně třídíme. Bioodpady jsou ovšem jednoduše recyklovatelné i na domácí úrovni.

Kompostování znamená aerobní proces, při němž se činností mikroorganismů a makroorganismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup – kompost (Kompostuj.cz). Kritický faktor pro správné fungování kompostu je základní výběr surovin do základky kompostu, surovinovou skladbu ovlivňuje mnoho faktorů, ty nejpodstatnější ovšem jsou správný poměr uhlíku a dusíku (C:N) a počáteční vlhkost.



U nově založeného kompostu, by se měl poměr C:N pohybovat od 20 – 40:1, ideálně však 30 – 35:1. Počáteční vlhkost by se pak měla pohybovat v rozmezí 50 až 60 %. Pro co nejúčinnější biodegradabilní proces se doporučuje umístování co nejmenších částic surovin, lze pak dosáhnout snazší oxidace kompostu. Rozměňování surovin se ovšem doporučuje pouze u surovin, které nejsou až tak dobře degradovatelné (Hřebíček, 2011).

Komposty se dělí z hlediska velikosti, způsobu kompostování a druhu jeho legislativní formy na domácí, kompostování komunit, kompostování na úrovni obce a průmyslové kompostování.

### **3.1.1 Domácí kompostování**

Domácnosti si pomocí kompostu mohou místo vyhazování BRKO do komunálního odpadu samy vyrobit recyklovaný materiál a samy tak předcházet zbytečnému vytváření odpadů. Domácí kompostování je pak samo v legislativě uveřejněno jako předcházení vzniku odpadu § 12 zákona č. 541/2020 Sb. o odpadech, který hovoří o recyklaci, opětovném použití atp. jako o způsobu přecházení tvorbě odpadů.

Je z časového a finančního hlediska nejjednodušším a nejlevnějším způsobem zpracování biologických zbytků z domácností. Domácnosti si pomocí kompostu mohou z vlastních kuchyňských a zahradních zbytků vyrobit kvalitní hnojivo. Zpravidla se realizuje v malých rozměrech v podomácku vyrobených kompostech, či speciálně zakoupenými kompostéry pro tento účel. Tímto způsobem si mohou domácnosti zadarmo vyrobit kvalitní hnojivo pro své další využití.

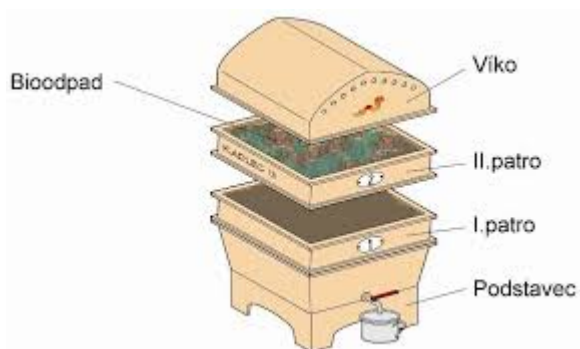
Do domácích kompostáren jsou primárně ukládány kuchyňské zbytky a zbytky z údržby zeleně, pro tento druh kompostu je nejideálnější uzavřený kompostér. V něm je kompost kvalitně uzavřen a zajišťuje dobrou hygienizaci, materiál ovšem musí být dostatečně vlhký a provzdušněný.

V dnešní době již kompostování není záležitost hlavně venkovní, ale je možné zakoupit i malé kompostárny (tzv. vermikompostárny) určeny pro výrobu kompostu i v bytě, či uvnitř domu. Takové kompostárny nejsou vůbec finančně nákladné a každý si tak může vyrábět kvalitní domácí hnojivo i v bytech. I v takto uzavřených kompostech od okolního světa je ovšem důležité, aby v něm byli přítomní živočichové, bez kterých se kompost neobejde, a těmi jsou žížaly.

I do těchto domácích kompostérů je ovšem vhodné ukládat pouze určité druhy kuchyňských zbytků, jako jsou zelenina a ovoce, čajové sáčky, kávová sedlina, vaječné skořápky, suché pečivo, rostlinné zbytky ze zahrad atp. Zcela nevhodné jsou pak masné a mléčné výrobky, olej, sádlo a jiné tuky, nebo nějaké chuťově výrazné potraviny (Hřebíček, 2011).

### 3.1.2 Vermikompostování

Tento způsob kompostování je již zmíněn výše a jedná se o způsob pro lidi, kteří nemají vlastní zahradu a nemohou si tak založit venkovní kompostárny. Využívají se v něm žížaly pro přeměnu organických zbytků na tzv. *vermikompost*. Žížaly veškerou vlhkost časem přemění na tzv. *žížalí čaj*, což je tekutina velmi bohatá na živiny, ta se ukládá ve spodní části kompostéru a po cca 2 – 3 měsících je možné ji odčerpat (Hřebíček, 2011). Jednotlivé části vermikompostéru jsou vyobrazeny na schématu na obrázku č. 3.



Obrázek 3: Schéma vermikompostéru

Zdroj: (Kompostuj.cz)

Takto získané hnojivo z žížal je považováno za to nejúčinnější hnojivo. I žížaly ale vyžadují správné podmínky pro jejich práci na kompostu, těmi jsou správné umístění a také teplota, která by se měla pohybovat okolo 20 °C, při výkyvech teplot do přibližně 13 °C pod i nad optimální teplotu, jsou žížaly netečné a při teplotě pod 0 °C a nad 42 °C žížaly hynou. Důležité je také udržování správné vlhkosti substrátu, ta by měla být mezi 78 – 82 %. Při vlhkosti pod 60 % a na 90 % můžeme počítat s úhynem žížal. I správná hladina pH je zde velmi důležitá, protože žížaly pro život potřebuje pH neutrální (Kotoulová, 2001; Hanč, 2013).

### **3.1.3 Komunitní kompostování**

Tato metoda bývá uplatňována především v komunitách, ve kterých občané nemají možnost domácího kompostování, ale mají přístup ke společné zahradě. Ať už se jedná o společné domy se zahradou, dvojdomy, zahrádkářské kolonie atp., zkrátka komunity, kde žije více lidí pohromadě. Opět je zde možno zvolit v čem se bude kompost vytvářet a na jeho formě záleží pouze na dané komunitě. Můžou být používány vermikompostéry, dřevěné, plastové, automatické, či některé speciální kompostéry pro sídlištní zástavbu. V ideálním případě jsou voleny uzavíratelné boxy, které jsou opatřeny perforovaným dnem pro odvod vody a lepší odvětrávání. Boxy mohou být také opatřeny tepelnou izolací, pro minimalizaci okolních teplotních vlivů (Hřebíček, 2011).

Při dodržování správných pravidel pro vedení kompostu ale postačí i klasické dřevěné ohrady, v kterých pak kompost nijak nezapáchá. Kompost musí být dostatečně vlhký, aby v něm správně probíhal kompostovací proces, zároveň by měl být správně provzdušněný pro život kompostovacích organismů, to lze zajistit pravidelným překopáváním. Stejně jako při domácím kompostování, je i při kompostování komunit provzdušňování zajišťováno převážně difuzí a konvekci (Hřebíček, 2011).

### **3.1.4 Komunitní kompostování na obecní úrovni**

Hlavním rozdílem oproti klasickému komunitnímu kompostování, je zejména velikost sbírané oblasti, zpravidla se jedná o celoobecní kompostárny, do kterých občané obce odnášejí svůj BRO na zpracování. Tento způsob kompostování může být často založen i na komerční bázi. Stejně jako je tomu u domácího kompostování, tak i komunitní kompostování je podle § 12 zákona č. 541/2020 Sb. o odpadech, bráno jako prevence vzniku odpadů.

Je zcela na obci, zda si zvolí jako prevenci vzniku odpadů variantu komunitního kompostování, nebo menší průmyslové kompostárny. Z technického hlediska se obě kompostárny nemusí vůbec lišit, je ovšem zcela rozdílná legislativní pozice. Založením vlastní kompostovací stanice obci odpadá poplatek, který by jinak byla nucena platit externí firmě za zpracování biologického odpadu. Naopak ale obci vznikají náklady na údržbu, a především na počáteční investici do založení kompostovací stanice. Obci ale odpadají poplatky za skládková bioodpadů a vzniká kompost, který je dále použitelný pro údržbu obecní zeleně (Hřebíček, 2011).

Komunitní kompostárny zpravidla slouží pro zpracování rostlinných zbytků z údržby zeleně a zahrad na území obcí a následně se zpracovávají na zelený kompost. Tyto komunitní kompostárny ovšem neslouží k ukládání kuchyňských odpadů (Hřebíček, 2011). Systém komunitního kompostování může nahradit svoz bioodpadu, ovšem pouze tehdy, je-li zaveden na celém území obce (Havel, 2015).

### **3.1.5 Průmyslové kompostování**

Je organizováno zpravidla technickými službami obcí a dalšími soukromými podnikatelskými subjekty. Jedná se finančně velmi náročnou činnost, která vyžaduje nemalé investice do vodohospodářsky zabezpečených kompostáren. Běžně se proto v praxi používají vodohospodářsky zabezpečené silážní žlaby, hnojiště, zemědělská složiště, nebo v městských částech bývalé uhelné sklady (VŠB-TUO). Kompostárny musí být zabezpečeny nepropustnou úpravou proti riziku úniku závadných látek do půdy nebo do vod a zároveň musí zabraňovat nežádoucímu smísení látek se srážkovými vodami (Kotoulová, 2001).

Jak již bylo zmíněno výše, tak mnohem ambicióznějším způsobem s vyšším potenciálem je energetické využití BRKO. Pro tuto práci byla zvolena metoda využití v bioplynových stanicích a spalování, kterými se zabývá následující kapitola a analytická část. Nejsou to samozřejmě jediné způsoby, kterými se dají bioodpady energeticky využít, v České republice jsou ale ze všech zdaleka nejvíce rozšířené. Jako další metody, ovšem méně využívané stojí za zmínku například pyrolýza a zplyňování.

## **3.2 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ V BIOPLYNOVÝCH STANICÍCH**

Bioplynové stanice fungují na základě procesu, kterému se říká anaerobní digesce. Jedná se o mikrobiální rozklad organického materiálu bez přístupu vzduchu za sledu rozkladných chemických reakcí, které vedou ke vzniku bioplynu. Anaerobní digesce se skládá ze čtyř fází – hydrolýzní, acidogenní, acetogenní a methanogenní.

### **3.2.1 Fáze anaerobní digesce**

#### **3.2.1.1 Hydrolýzní fáze**

V této fázi je důležitá přítomnost anaerobních bakterií, které přeměňují makromolekulární látky na nízkomolekulární látky. Bakterie k tomu využívají extracelulárních hydrolytických enzymů, které samy produkují. Mezi štěpené makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky patří například bílkoviny, polysacharidy, tuk, celulóza.

Mezi nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě, které anaerobní bakterie vytvoří v průběhu hydrolyzní fáze patří monosacharidy, aminové kyseliny, mastné kyseliny, voda.

#### **3.2.1.2 Acidogenní fáze**

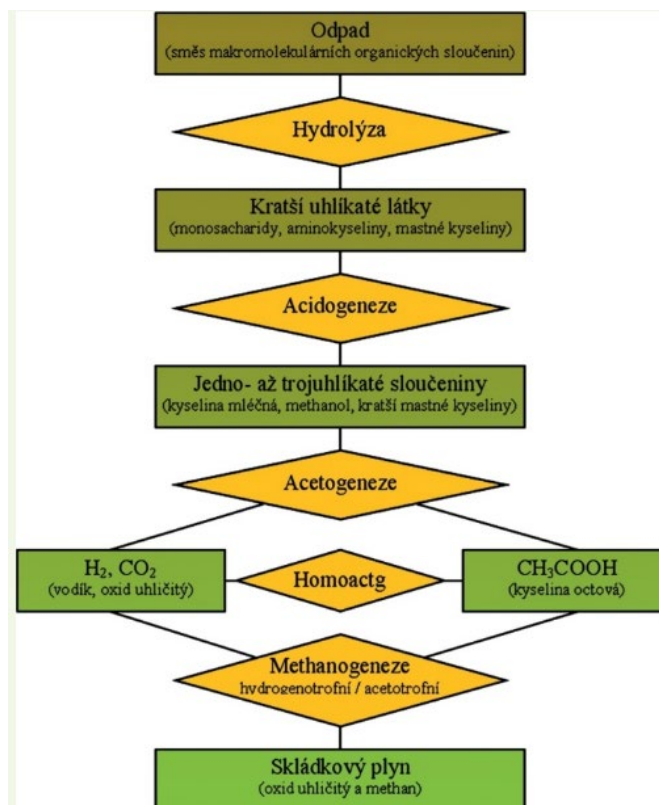
Acidogenní fáze nazývaná také kyselou fází (acidogeneze), následuje bezprostředně po fázi hydrolyzní. Produkty hydrolyzní fáze jsou zde vstupními materiály a budou štěpeny na ještě jednodušší organické látky, jako jsou kyseliny, alkoholy, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>. Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných produktů. Tyto produkty jsou závislé nejen na charakteru původního substrátu, ale také na podmínkách prostředí za jakých proces probíhá. Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukováných produktů, které jsou závislé na charakteru původního substrátu a podmínkách prostředí. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány hlavně kyselina octová, CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub> a při vyšším parciálním tlaku vodíku jsou produkovány vyšší organické kyseliny, kyselina mléčná, ethanol.

#### **3.2.1.3 Acetogenní fáze**

V této fázi probíhá oxidace produktů acidogeneze na CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> a *kyselinu octovou*. Kyselina octová je tvořena acetogenní respirací CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub> homoacetogenními mikroorganismy. Účast těchto mikroorganismů produkujících vodík je nezbytná, protože rozkládají kyselinu propionovou a ostatní organické kyseliny, které jsou vyšší než octová, alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Jsou zde zastoupeny i minoritní skupiny organismů (sulfátreduktanty, nitrátreduktanty) produkující vedle kyseliny octové a vodíku také sulfan a dusík. Produkty této fáze jsou tedy CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, kyselina octová, sulfan a dusík.

#### **3.2.1.4 Methanogenní fáze**

Neboli methanogeneze, je poslední fází procesu anaerobní digesce. V této fázi jsou přítomny *methanogenní bakterie*, které rozkládají některé jednoduhlíkaté látky jako je methanol, kyselina mravenčí, metylamin, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> na CO a kyselinu octovou. Jsou *nej důležitější trofickou skupinou*, mají specifické požadavky na substrát i životní podmínky a vedle acetogenů zpracovávajících kyselinu propionovou se často stávají limitujícím faktorem celého procesu (VŠB-TUO).



Obrázek 4: Fáze anaerobní digesce

Zdroj: (Hřebíček, 2011)

Na obrázku 4 jsou přehledněji vyobrazeny jednotlivé fáze anaerobní digesce, spolu se vstupními a výstupními látkami.

### 3.2.2 Bioplyn

Primárním úkolem bioplynových stanic je výroba bioplynu. Jedná se o plyn, který ze 70 % obsahuje metan, což je hlavní složka zemního plynu. Z toho důvodu se dá bioplyn brát jako možná alternativa tohoto neobnovitelného fosilního zdroje (Papež, 2015). Tento bioplyn se dále využívá k výrobě elektřiny, tepla tzv. *kogenerací*, to znamená společnou výrobu tepla a elektřiny, a také jako již zmíněná možná náhrada zemního plynu, tudíž i jako biopalivo do automobilů. Bařa (2011) uvádí, že kogenerační jednotka má účinnost 90 % a vyrábí se přibližně 45 % elektřiny a 45 % tepla, zbylých 10 % je nevyužitelné teplo a výhřevnost vzniklého bioplynu se pohybuje mezi 18 a 26 MJ/m<sup>3</sup>. Bioplyn je v procesu anaerobní digesce vyráběn s přínosy jak ekonomickými, tak environmentálními. Jelikož je vyráběn z odpadních produktů, náklady na jeho výrobu mohou být velmi nízké a jeho výroba neemituje žádné skleníkové plyny (Neves, 2017).

Bioplyn se zpravidla skládá z 5 různých plynů, jedná se o metan ( $\text{CH}_4$ ) – typický obsah je 50 – 80 % obj., oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) – typický obsah je 20 – 40 % obj., dusík ( $\text{N}_2$ ) – obsah je do 5 % obj., kyslík ( $\text{O}_2$ ) – obsah je do 3 % obj. a sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ ), který je v bioplynu obsažen 0,1 – 1 % objemu (ALS Czech Republic).

Takto vyrobený bioplyn ovšem není ihned připraven k dalšímu využití, po výrobě mimo zmíněné plyny obsahuje i stopy sirovodíku, tento plyn je jedovatý a nepříjemně páchnoucí. V kombinaci s párou obsaženou v bioplynu dochází k vytvoření kyseliny sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), která koroduje plynovody, motory atp. (CZ Biom, 2009). Před převedením bioplynu na energii, teplo a jiné využití, je třeba bioplyn řádně odsířit.

Český plynárenský svaz (©2020) uvedl, že by chtěl do roku 2030 vtlačit do plynárenských sítí v Česku až 500 milionů metrů krychlových biometanu, což se rovná přibližně 6 % současné spotřeby zemního plynu. Díky jeho srovnatelným vlastnostem se zemním plynem, je bioplyn ideální budoucí náhradou tohoto neobnovitelného zdroje.

V České republice je bylo k 31. 12. 2019 instalováno 574 bioplynových stanic o celkovém instalovaném výkonu 367 MW (CZBA, ©2020). Vyrobeno bylo celkem 2 526 GWh elektřiny, což je 2,9 % z celkové vyrobené elektřiny v České republice za rok 2019 (86 964 GWh) (ČSÚ, ©2020). Podíl bioplynu na výrobě energie z obnovitelných zdrojů byl 25,21 % (ERÚ, ©2020).

### **3.2.2.1 Odsiřování bioplynu**

V současné době se k odsiřování bioplynu využívá několik metod, biologických, chemických i fyzikálních, které se používají po celé Evropě. Mohou být prováděny biologicky v biofermentoru a mimo plynojem a chemicky v biofermentoru. či mimo biofermentor.

Při použití metody biologického odsiřování v biofermentoru se využívají biologické metody přímo ve fermentační nádrži za přítomnosti kyslíku a bakterie *Sulfobacter oxydans*, která sulfan přemění za spoluúčasti kyslíku na elementární síru. Kyslík, který je v této metody potřebný, je vnášen do plynojemu vefukováním prostřednictvím kompresoru (CZ Biom, 2009).

Jedná se o technologii nevyžadující častou údržbu a náklady na odstraňování sulfanu jsou velmi příznivé. Pro tento způsob jsou vhodné všechny fermentory, který mají dostatečný prostor pro akumulaci bioplynu (Baraňák).

Oproti odsiřování v biofermentoru má metoda odsiřování mimo biofermentor výhodu v tom, že jsou minimalizována rizika spojená s přiváděním kyslíku do fermentačních nádrží a snížení rizika korodování konstrukčních prvků nádrže. Nevýhodou jsou ovšem počáteční náklady spojené s pořízením a instalací odsiřovacího zařízení a jeho následná údržba (Baraňák).

Společnost ALS Czech Republic s.r.o., nabízí bioplynovým stanicím rozborů různých vzorků, jako jsou bioplyn, digestát, fugát, vstupní suroviny, oleje atp., za účelem optimalizace provozu a postupů údržby. Důvodem rozborů je dosažení zvýšení produkce a kvality bioplynu a tím i lepší ekonomiky procesu, vyhodnocení výkonnosti BPS, účinnosti přidávaných preparátů, snížení nákladů atp. (Hřebíček, 2011).

Bioplynové stanice povolují oproti kompostárnám zpracování mnohem většího množství druhů surovin, je to dávno především tím, že kompostárny vyžadují nějakou složku vody ve vkládaných surovinách, kdežto bioplynové stanice nabízejí mokrou, i suchou fermentaci, ve které lze použít i materiály, které mokrou fermentací nelze zpracovat, jedná se například o podestýlky na bázi pilin.

### **3.2.3 Mokrá a suchá fermentace**

Mokrá fermentace je metoda, která vyžaduje podíl sušiny v materiálu do max 12 %. Znamená to, že materiály s vyšším podílem sušiny, musí být před zpracováním zředěny na odpovídající podíl sušiny kejdou či procesní vodou, vyseparovanou z již zfermentovaného kalu. Volba správné technologie závisí na skladbě plánovaného používaného materiálu, pokud plánuje BPS zpracovávat větší množství suchých produktů, jako sláma, podestýlka, hnůj atp., musí zvážit zvolení vhodné metody, kdy v případě těchto materiálů by měla zvážit spíše metodu suché fermentace. Nadměrný obsah slámy totiž může u mokré fermentace způsobit vážné provozní problémy jako ucpávání čerpadel, poruchy míchacího systému a tvorba krust. V současnosti je většina technologií založena na mokré fermentaci (CZ Biom, 2009).



Suchá fermentace je mnohem mladší metoda zpracování biologicky rozložitelného odpadu. Dělí se na suchý proces, kde materiál obsahuje 25 – 40 % sušiny, a vysoko sušinový proces, kde materiál obsahuje nad 40% sušiny. Použití této technologie je mnohem výhodnější než mokrou fermentaci proto, že obsahuje mnohem menší množství digestátu, zároveň menší spotřeba procesní vody použité k ředění. Bioplynové stanice tohoto typu obsahují fermentory tzv. *garážového typu*. Jedná se o konstrukčně jednoduchá zařízení na zpracování vysoko sušinových substrátů se vsázkovým způsobem plnění fermentoru pomocí čelního nakladače (biom).

Tato technologie dokáže pracovat až s 60 % obsahem sušiny v materiálu, což je velmi perspektivní pro hospodaření s vyhnílym bioodpadem.

#### **3.2.4 Mikro bioplynové stanice se suchou fermentací**

Jedná se o bioplynovou stanici v malém, kontejnerovém provedení, o výkonu 15 – 25 kW<sub>el</sub>. Kontejner je rozdělen přepážkou na dvě nezávislé fermentační komory s čelními plynotěsnými dveřmi. Mezi komorami je umístěna technologická místnost, ve které jsou rozvody ohřevu, technologie jímání, úpravy a rozvodů procesní vody. Po procesu fermentace přechází bioplyn z fermentační komory do vakuového zásobníku plynu, která je situován v ochranné konstrukci nad fermentorem. Ze zásobníku je pak bioplyn převeden do technologického kontejneru, kde dochází k úpravě jeho kvalitativních parametrů a následně je přiveden do spalovacího motoru kogenerační jednotky (Gascontrol).

Odpadním produktem bioplynových stanic je tzv. *digestát*. Jedná se o fermentační zbytek, který zůstane po anaerobní digesci při výrobě bioplynu. V některých případech následně dochází k mechanické separaci digestátu a vzniká tak pevná část, tzv. *separát* a kapalná část, tzv. *fugát*. Všechny frakce jsou používány jako organické hnojivo. Fugát bývá také vrácen zpět do procesu bioplynových stanic a separát se dá využít pro další výrobu hnojiv. Při použití digestátu jako hnojiva ovšem musíme počítat s tím, že obsahuje podstatně méně organických látek, než například kompost. Digestát obsahuje zúžený poměr C:N, je to způsobeno tím, že digesce ve fermentoru snižuje obsah uhlíkatých látek (Pančíková, 2016).

### **3.2.5 Biometan – BioCNG**

Biometan je plnohodnotnou alternativou k elektromobilitě a je brán jako palivo budoucnosti. Jeho obnovitelnost se dá srovnávat s elektrickou energií získanou ze slunce či větru. Jedná se v podstatě o bioplyn, který je zbaven vodní páry, CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S, aby dosahoval stejných parametrů jako zemní plyn, nebo-li CNG, který se již běžně používá v dopravě. Oproti klasickému bioplynu, který má obsah metanu přibližně 70 %, je k výrobě BioCNG potřeba zvýšit tento obsah CH<sub>4</sub> na více než 95 %. Jelikož k jeho použití není potřeba žádné dodatečné úpravy motorů už tak jezdících na CNG, je jeho vtlačení do plynárenské infrastruktury, a i do vozidel jezdících na CNG zcela bezproblémové (Kaplan, cit. podle redakce innogy).

## **3.3 METODY ZÍSKÁVÁNÍ ENERGIE A TEPLA Z BIOMASY**

### **3.3.1 Tepelné zpracování spalováním**

Spalování se využívá především u biomasy, která spadá do kategorie „suchá“, taková biomasa se může spalovat přímo, zde se jedná především o dřeviny, pelety, brikety, které se spalují v domácnostech a dalších zařízeních za účelem získávání tepla již od nepaměti. Podle Kašinského (2019), bývá prosazována jako velmi ekologická náhrada tradičního spalování uhlí, je ale řeč o spalování obrovského množství především dřevní hmoty. Formálně se sice jedná o nízkoemisní zdroj, má ovšem mnohem problematičtější environmentální dopady. Zvláště v případě, kdy se biomasy spaluje více, než je jí na daném území produkováno a narušuje se tak její obnovitelnost. Při tak masivním spalování biomasy se často musí její zdroje dovážet na velmi velké vzdálenosti, čímž se vyprodukují značné emise i během dopravy.

Jedná se o termochemický proces, při kterém dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny a další látky. Následně za přítomnosti vzduchu dochází k oxidaci, při které se uvolňuje oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), voda a energie. Spalování biomasy, má oproti spalování fosilních paliv jednu velkou výhodu, a tou je fakt, že množství CO<sub>2</sub> uvolněného do ovzduší je prakticky nulové. Množství uvolněného plynu do ovzduší je přibližně stejné jako množství, které rostliny během svého života absorbují při fotosyntéze. Oproti hnědému uhlí biomasa při spalování také vylučuje nízký podíl oxidů síry (0 – 0,1 %, hnědé uhlí i přes 2 %).

Biomasa je označována za velmi složité palivo, je to především kvůli velkému podílu těkavé hořlaviny (u dřevin to je 70 %, u slámy 80 %) a proto, že vzniklé plyny dosahují různých spalovacích teplot. Podmínkou pro dokonalé spalování je vysoká teplota, jen ta dokáže zajistit, že nehoří pouze část paliva, dále také účinné směšování se vzduchem a dostatek prostoru, aby všechny plyny hořely tam kde mají (Skupina ČEZ), (Vobořil, 2017).

### **3.3.2 Energetické zpracování biomasy**

Pro využití biomasy na získání energie, je nejdříve nutné ji řádně upravit. Mezi mechanické procesy úpravy patří řezání pro zpracování dřeva na řezivo a palivo, drcení, které slouží jako předstupeň výroby briket a pelet, štěpkování a lisování briket/pelet, které jsou především využívány pro výrobu tepla a elektrické energie, a v neposlední řadě metoda lisování oleje z rostlin, kde se substitucí metylalkoholu za glycerin mění na metylester, který má podobné vlastnosti a výhřevnost jako motorová nafta (Vobořil, 2017).

Za rostliny vhodné pro energetické zpracování patří například laskavec, konopí seté, sléz přeslenitý, pupalka dvouletá, komonice bílá, mužák prorostlý, čičorka pestrá, ale z hlediska energetického využití je nejperspektivnější šťovík krmný. Dále je možno využít i rychleschnoucí topoly, vrby, olše, akát, platan (Skupina ČEZ).

### **Karbonizace**

Jedná se o výrobu dřevěného uhlí, což je nejstarší metoda zušlechťování dřeva pro energetické účely. Dříve využívaný tepelný rozklad bez přístupu vzduchu se vyznačoval nehospodárností a byl ekologicky nevhodný. V dnešní době se využívá suché destilace v karbonizačních pecích a retortách. Při tomto procesu vzniká oxid uhelnatý a toxické (formaldehyd, acetaldehyd) a karcinogenní látky (kondenzované uhlovodíky, fenoly). K výrobě 1 tuny dřevěného uhlí je potřeba zhruba 10 tun dřeva (Vobořil, 2017).

### **Pyrolýza**

Znamená termický rozklad organických látek bez přístupu kyslíku. Materiál se ohřívá nad mez termické stability organických sloučenin, které jsou štěpeny na nízkomolekulární sloučeniny. Použitím katalytické pyrolýzy je možné využít komunálního odpadu, papíru, pneumatik a plastů (polystyren, polyetylen, PVC) k výrobě bio oleje, který dosahuje výhřevnosti 16-19 kJ/kg.

Zvláště z důvodu využití výše zmíněných odpadů se jedná o perspektivní metodu využití biomasy (Vobořil, 2017).

### **Zplyňování**

Využívá se slámy, palivového nebo odpadního dřeva k jejich přeměně na plynné produkty. Produktem je generátorový plyn, který se využívá jako palivo pro vozidla nebo k výrobě elektřiny a tepla (Vobořil, 2017).

Biomasa bývá pro energetické účely v některých případech i záměrně pěstována. Jedná se o produkci pevné biomasy pro účely spalování při výrobě tepla i elektřiny, produkci biopaliv i bioplynu. Mezi biomasu pěstovanou pro tyto účely se řadí:

**Lignocelulózy** – těmi jsou dřeviny (vrby, topoly, olše), obiloviny, travní porosty a ostatní rostliny jako konopí seté, křídlatka, šťovík

**Olejnate** – v ČR se mezi ně řadí především řepka olejka, slunečnice, len a sója. V zahraničí je známá třeba palma olejná

**Škrobnato-cukernate** – sem patří brambory, cukrovka, obiloviny, cukrová třtina nebo kukuřice

(Kašinský, 2019).

## 4 ANALÝZA POTENCIÁLU VYUŽITÍ BIOODPADŮ V ČR

Využití bioodpadů, se běžně bere jako obnovitelné a environmentálně příznivé (Kašinský, 2019). Podle hierarchie nakládání s odpady stanovené v zákoně č. 185/2001 Sb., o odpadech všeobecně platí, že materiálové využití by mělo mít přednost před energetickým, v případě bioodpadů to ovšem neplatí. Její materiálové využití se dá brát za příznivé především z hlediska kompostování, kdy se bioodpady využívají pro další hnojení zemědělské půdy, ať už v případě domácího kompostování, či ve větším měřítku. Skládkování na druhou stranu ovšem není vůbec environmentálně příznivé, protože bioodpady, a většina odpadů mají jiné, mnohem více efektivní způsoby využití. Evropská unie vydává předpisy, ve kterých ukládá státům povinnost recyklovat určité procento vyprodukovaných komunálních odpadů, do roku 2030 by to mělo být 60 % komunálních odpadů a do stejného roku dokonce zákaz skládkování s povolením skládkovat pouze nevyužitelný odpad (MŽP, ©2019). Současný termín pro konec skládkování využitelných odpadů byl rok 2024, nový zákon o odpadech<sup>1</sup> tento termín posouvá na zmíněný rok 2030 zejména z toho důvodu, aby se mohly obce a podnikatelské subjekty řádně připravit a nastavit si aktivní přístup k třídění odpadů (MŽP, ©2020).

Energetické využití bioodpadů, je ale mnohem více ambiciózní způsob, kdy se bioodpad může využívat místo mnoha neobnovitelných zdrojů, jako je uhlí k vyrábění tepla a elektřiny, biometan jako pohonná hmota automobilů a další. Těmi se zabývá následující kapitola. Podle Vrtilsky (2020), se v České republice ročně vyprodukuje přibližně 2 milióny tun bioodpadů. Bioodpady mají oproti ostatním obnovitelným zdrojům jednu obrovskou výhodu, a tou je rozmanitost. Zajišťuje elektřinu i teplo, paliva v podobně biometanu, jakožto náhradu zemního plynu nejen pro dopravu, ale i samostatné navrácení zpět do půdy v podobně hnojiv. Dokáže se využít biomasa pěstovaná přímo pro tyto účely, bioodpady i další vedlejší produkty ze zemědělství, průmyslu či domácností (Doležal, 2020).

---

<sup>1</sup> Zákon č. 540/2020 Sb., o odpadech

Podle Vrtilsky (2020), je v České republice ročně vyprodukováno přibližně 2 miliony tun bioodpadů.

Tabulka 4: Množství bioplynu z vybraných vstupů v m<sup>3</sup>

Vstup	m <sup>3</sup> bioplynu z 1 t materiálu
Starý tuk	961
Zbytky jídel	265
Komunální bioodpady	115
Tuk z lapolu	250

Zdroj: (Biom) vlastní zpracování

Z údajů v tabulce č. 4, která uvádí množství bioplynu v m<sup>3</sup> získaného z jednotlivých vybraných vstupů, vychází průměrný zisk bioplynu z 1 t BRKO na 397,75 m<sup>3</sup>. Podle stanovených údajů se tedy dá odhadnout, že podle výpočtu 2 000 000 t \* 397,75 m<sup>3</sup>, by se mohlo ročně v České republice vyrobit až 795 500 000 m<sup>3</sup> bioplynu. Podle výhřevnosti 22 MJ/m<sup>3</sup>, uvedené v kapitole 3.2.2, se dá roční energetická výnosnost z 2 000 000 t BRKO stanovit na:

$$795\,500\,000 * 22 = 17\,501\,000\,000 \text{ MJ, tedy } 17\,501\,000 \text{ GJ}$$

Po převodu na GWh vychází roční potenciální výroba z BRKO 4 831,4 GWh.

Vzhledem ke stanovenému cíli práce, je analytická část zpracována metodou analýzy dostupných dat v oblasti energetiky, na základě nich je vymezen potenciál bioodpadů a ten je následně metodou komparace srovnán s reálnými hodnotami výroby a spotřeby energií.

## 4.1 ENERGETICKÉ VYUŽITÍ BIOODPADŮ

Bioodpady mají velké portfolio energetického a materiálového využití. Následující tabulka přehledně shrnuje metody využití bioodpadů k energetickým účelům, na číselné škále 1 – 3 jsou popsány metody využití u jednotlivých druhů odpadů podle toho, jak jsou těmito metodami využívány v praxi.

Tabulka 5: Možnosti využití bioodpadů k energetickým účelům

	Spalování	Fyzikálně chemické zpracování	Zplyňování	Pyrolýza	Alkoholové kvašení	Metanové kvašení
Energetické technické plodiny	1	1	3	3	1	2
Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby	1	3	2	2		2
Odpady živočišné výroby	3		3	3		1
Komunální organické odpady						1
Odpady z dřevařských provozů	1		2	2		
Lesní odpad	1		3	3	3	3
Získané produkty	teplo vázané na nosič	olej, metylester	metan	pevné palivo, dehtový olej, plyn	ethanol, methanol	metan, bioplyn
Legenda	1 – často využívaná technologie					
	2 – vhodná pouze pro některé technickoekonomické podmínky					
	3 – zvládnutelná, ovšem málo využívaná technologie					

Zdroj: (Kašinský, 2019) vlastní zpracování

Z tabulky č. 4 je zřejmé, že dva nejefektivnější způsoby energetického zpracování bioodpadů jsou **spalování** a **metanové kvašení** (anaerobní fermentace). Právě těmito dvěma způsoby se práce primárně zabývá a bude jim věnována i tato analytická část.

Veškerá data jsou uváděna za rok 2019, z důvodu omezeného množství dat z roku 2020 a tedy zachování určité přesnosti výstupů. Data o výrobě energií jsou primárně čerpána z ročních zpráv z roku 2019 od Energetického regulačního úřadu (ERÚ) a webu [www.oenergetice.cz](http://www.oenergetice.cz), jejich interaktivní modul „*Energostat*“ nabízí velmi přehledné statistiky o výrobě elektřiny. Zdroj jejich dat o energetice je portál ENTSO-E Transparency Platform. Nebo-li „European Network of Transmission System Operators for Electricity“, která spojuje přenosové systémy elektrické energie (TSO) 35 evropských států. V České republice je touto přenosovou soustavou elektrické energie společnost ČEPS, a.s.

Jejich portál ovšem obsahuje nějaké nesrovnalosti v hodnotách oproti jiným zdrojům, byl tedy použit pouze pro hrubé srovnání s ostatními státy. Všechny údaje o elektřině i teple, jsou zaznamenány brutto, tzn. že z hodnot nejsou odečteny energie, které daná elektrárna rovnou k výrobě energií využije.

#### 4.1.1 Potenciál výroby elektrické energie z bioodpadů

V České republice převládá výroba elektřiny z hnědého uhlí a jaderných elektráren. Nic se na tom nezměnilo ani v roce 2019, kdy tyto dva způsoby výroby energie zaujaly přes 75 % celkové výroby. Výroba elektrické energie spalováním biomasy byla na 2,8 % z celkového objemu, konkrétně pak tedy 2398,7 GWh z celkových 86 988,5 GWh, výroba elektřiny v kogeneračních jednotkách bioplynových stanic pak činila 2 527,1 GWh, tedy 2,9 % z celku (ERÚ 2020). Tabulka 6 uvádí do jaké míry by se dala metoda výroby elektřiny z bioplynových stanic v ČR zefektivnit, kdyby se na plno využívaly všechny produkované BRKO.

Tabulka 6: Potenciál pokrytí celkové výroby a spotřeby elektrické energie v ČR v BRKO

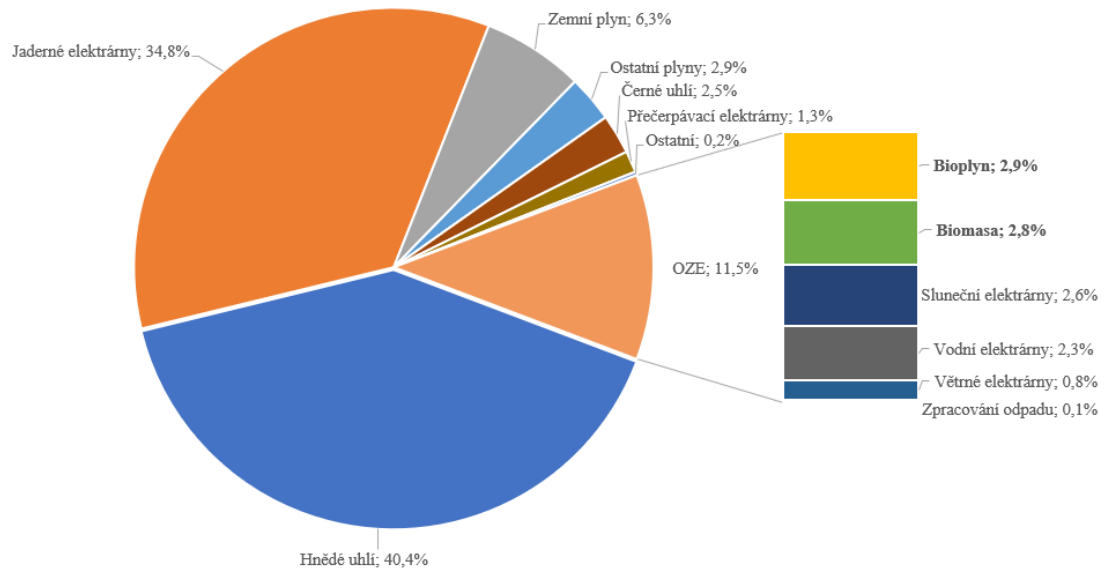
	Elektřina z BRKO v GWh	Výroba elektřiny celkem v GWh	Spotřeba elektřiny celkem v GWh
	4 831,4	86 988,5	73 931
Pokrytí výroby	5,55 %		
Pokrytí spotřeby	6,54 %		

Zdroj: vlastní dle (ERÚ, ©2020)

Při odhadované roční produkci 2 miliony tun bioodpadů, by byla Česká republika výrobou bioplynu schopna pokrýt 5,55 % výroby elektrické energie a 6,54 % spotřeby.



### Podíl zdrojů ve výrobě elektrické energie za rok 2019 v ČR



Obrázek 5: Podíl zdrojů ve výrobě elektrické energie za rok 2019 v ČR

Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

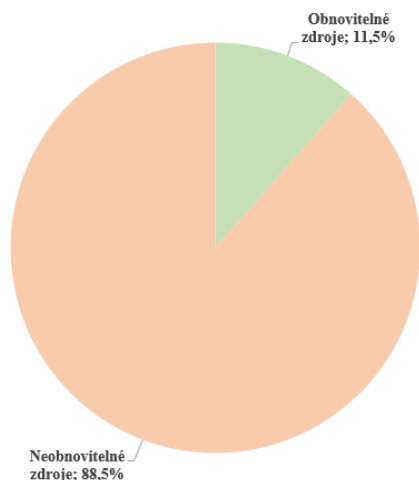
Z grafu na obrázku č. 6 jde vidět, že i když se stále klade větší důraz na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů, některé elektrárny dokonce přecházejí na spalování biomasy místo uhlí<sup>2</sup> (Kašinský 2019), tak jaderné a uhelné elektrárny stále v České republice převládají. Kdyby se ale důkladně využíval BRKO v jeho plném potenciálu, mohl by se bioplyn podílet na celkové produkci až z 5,55 %, což je možné vidět v tabulce č. 6. Při neměnné výrobě z biomasy, by v ČR z těchto dvou zdrojů mohla být výroba pokryta až z 8,35 %.

Není tomu tak ovšem ve všech zemích, v Německu například tyto dva typy elektráren vyrobily pouze přibližně 34,5 % elektrické energie. Oproti České republice je v Německu nejvíce energie vyráběno ve větrných elektrárnách, a to až 24,4 %, kdy v ČR je to zanedbatelných 0,8 %.

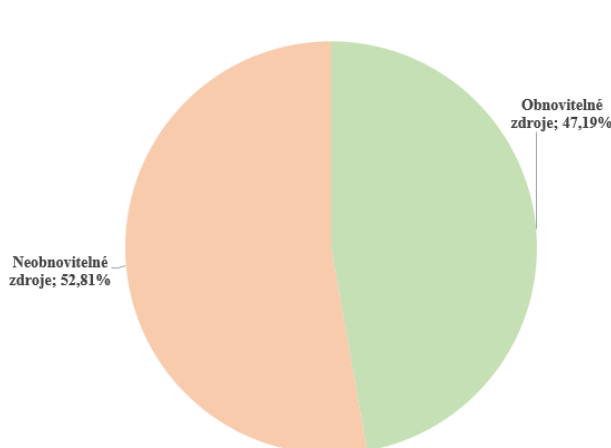
Německo je mnohem vyspělejší i v technologiích výroby energie z biomasy, kdy bylo v roce 2019 vyrobeno přibližně 8,1 % elektrické energie, což je 40 875,8 GWh z celkových 505 373,3 GWh. V Německu se tedy vyrobí pouze z biomasy okolo 50 % celkové výroby elektrické energie v ČR (Energostat, ©2020).

<sup>2</sup> Elektrárna Drax ve Velké Británii, Dánské elektrárny Herning, Avedøre a Asnaes firmy DongEnergy

Podíl obnovitelných zdrojů na celkové výrobě energie v ČR za rok 2019



Podíl obnovitelných zdrojů na celkové výrobě energie v Německu za rok 2019



Obrázek 6: Podíl obnovitelných zdrojů na celkové výrobě energie v ČR v porovnání s Německem za rok 2019

Zdroj: (Energostat, ©2020) vlastní zpracování

I samotná výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů je v České republice na poněkud nízké úrovni, především ve srovnání například s Německem, což je možné vidět na grafu na obrázku č. 7. V roce 2019 to bylo pouze 11,5 % (ERÚ, ©2020), kdežto v Německu už dosahují téměř k 50 %, konkrétně 47,2 % (Energostat, ©2020). Největší vliv na to mají již zmíněné větrné elektrárny, kombinace „offshore“ a „onshore“ tam vyrábí 24,4 % elektrické energie. Německo mnohem efektivněji využívá bioodpady pro energetické účely, a to je právě jedním z důvodů, proč zde mají obnovitelné zdroje o tolik větší podíl na celkové výrobě.

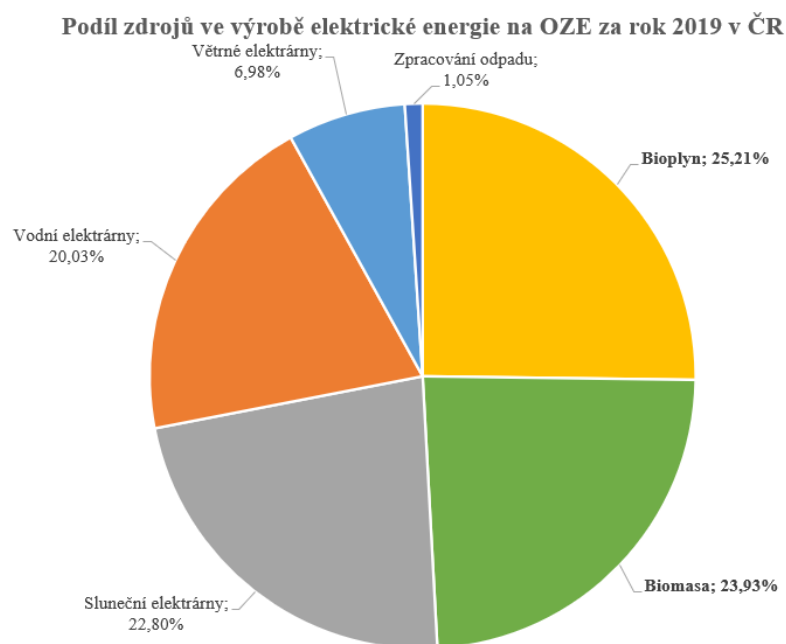
Výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů je v České republice stále v rozkvětu a oproti některým zemím v Evropě stále pokulhává, například v Norsku se už dlouhodobě vyrábí elektrická energie z 97,7 % z obnovitelných zdrojů, kdy 93,8 % obstarávají vodní elektrárny a 3,9 % větrné (Energostat, ©2020).

Tabulka 7: Potenciál pokrytí výroby elektrické energie z OZE v BRKO

	Elektrina z BRKO v GWh	Výroba elektřiny z OZE v GWh
	4 831,4	10 024,5
Pokrytí výroby	48,2 %	

Zdroj: vlastní dle (ERÚ, ©2020)

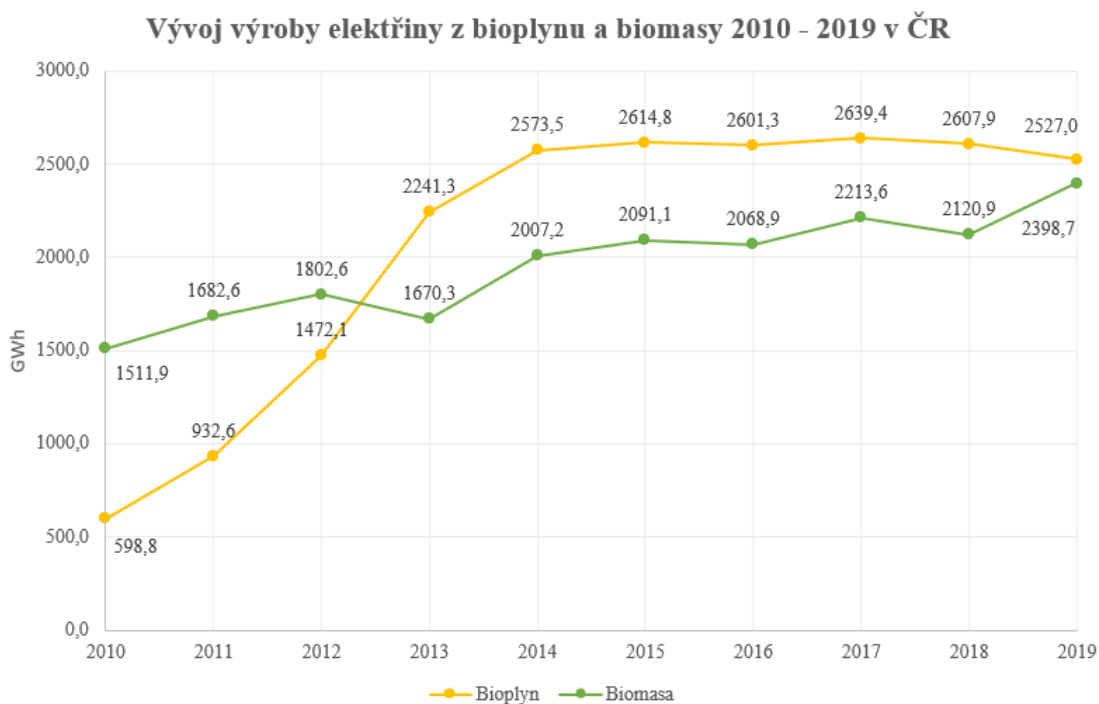
Tabulka č. 7 shrnuje potenciál výroby elektřiny z BRKO na celkové výrobě z OZE. Je možné vidět, že kdyby se v ČR využíval plný potenciál všech vyprodukovaných bioodpadů, tak by pokrývala celkové obnovitelné zdroje ze 48,2 %. Z hodnot v obrázku č. 8 je vidět, že hodnota 48,2 % je téměř totožná s reálným pokrytím výroby z OZE v roce 2019, kdy ji kombinace výroby elektřiny z biomasy a bioplynu pokryla z 49,14 %.



Obrázek 7: Podíl zdrojů ve výrobě elektrické energie na OZE za rok 2019 v ČR

Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

Při plném využití všech BRKO, by se mohly OZE podílet na celkové výrobě elektrické energie až ze 14,15 %.

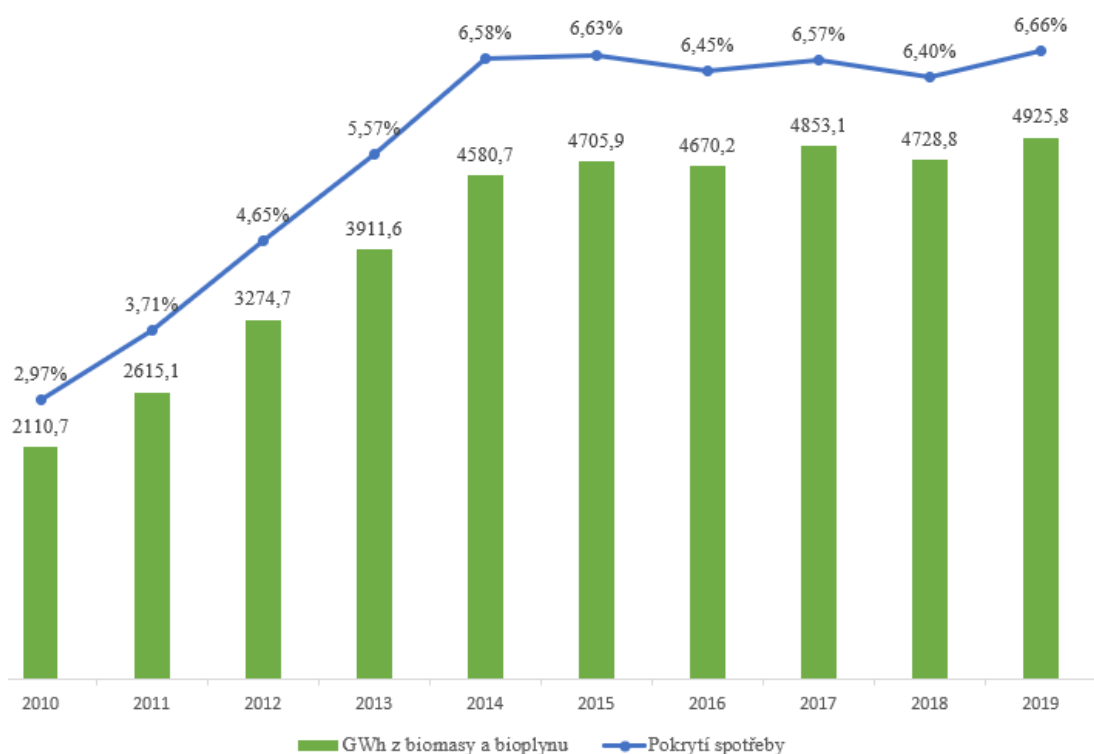


Obrázek 8: Vývoj výroby elektřiny z bioplynu a biomasy 2010 - 2019 v ČR

Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

Od roku 2010 se výroba elektrické energie z bioplynu zásadně zvýšila, a to z 598,8 GWh na 2527 GWh v roce 2019. Což je více než 4 násobné zvýšení od roku 2010. V případě spalování biomasy navýšení není až tak zásadní, od roku 2010 se výroba elektřiny tímto způsobem zvýšila přibližně 1,5krát. Oba tyto zásadní posuny jsou vyobrazeny na obrázku 9. K navýšení ale došlo v celém sektoru OZE, z 5 886,9 GWh v roce 2010 na 10 024,6 GWh. Jediný typ elektrárny, který zaznamenal pokles, byly vodní elektrárny, a to z 2 789,5 GWh na 2 008 GWh.

### Pokrytí spotřeby elektrické energie v ČR biomasou a bioplynem 2010 - 2019



Obrázek 9: Pokrytí spotřeby elektrické energie v ČR biomasou a bioplynem 2010 – 2019  
Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

Kdybychom chtěli v České republice pokrýt spotřebu energie výrobou z obnovitelných zdrojů, vyžadovalo by to obrovské investice do sítě elektráren využívajících obnovitelné zdroje. Celková spotřeba elektrické energie, byla v České republice v roce 2019 73 931 GWh, tuto hodnotu by celková vyrobená energie z OZE, která činila 10 024,5 GWh pokryla z 13,6 %. Což se nerovná ani zdaleka pokrytí celé spotřeby elektřiny. V případě sledované výroby elektřiny spalováním biomasy a přeměnou bioplynu, by v roce 2019 byla pokryta spotřeba z 6,66 %. Od roku 2010 je to ale více než 2násobné navýšení, z 2,97 % na zmíněných 6,66 %. Při potenciálním využití všech produkovaných BRKO, by se toto pokrytí spotřeby z bioplynu dalo podle tabulky č. 6 navýšit až na 6,54 %. Spolu s biomasou, by mohla být spotřeba elektrické energie pokryta až z 9,34 %.

#### 4.1.2 Potenciál výroby tepelné energie z bioodpadů

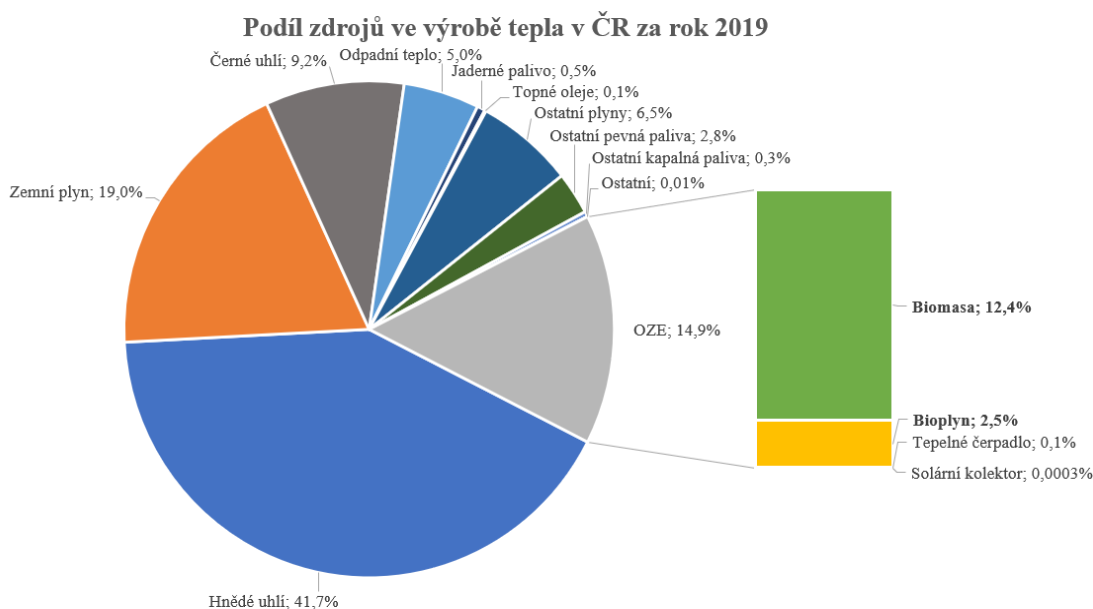
Hlavní úlohu ve výrobě tepelné energie v ČR má hnědé uhlí společně se zemním plynem, spolu obstarávají 60,7% celkové výroby tepla v ČR. Tyto 2 metody vyrobily v roce 2019 98 031 TJ tepla z celkových 161 651,5 TJ. Třetí největší podíl na výrobě má spalování biomasy, které obstaralo 12,4 % tepla z celku, tedy 20 032,2 TJ. Výroba tepla z kogeneračních jednotek bioplynových stanic byla na 2,5 % z celku, 4105,3 TJ. V tabulce 8 je uvedeno, do jaké míry by bylo v rámci ČR možné pokrýt výrobu a spotřebu tepla, kdyby se BRKO využívaly efektivněji a v jejich plném potenciálu.

Tabulka 8: Potenciál pokrytí celkové výroby a spotřeby tepla v ČR v BRKO

	Teplo z BRKO v TJ	Výroba tepla celkem v TJ	Spotřeba tepla celkem v TJ
	17 501	161 651,5	79 601,2
Pokrytí výroby	10,83 %		
Pokrytí spotřeby	21,99 %		

Zdroj: vlastní dle (ERÚ, ©2020)

Při plném využití všechny vyprodukovaných bioodpadů v ČR, by bylo možno pokrýt až 10,83 % výroby a 21,99 % spotřeby tepla.



Obrázek 10: Podíl zdrojů ve výrobě tepla v ČR za rok 2019

Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

Na obrázku 11 je uvedeno, že v roce 2019 výroba tepla z biomasy pokryla celkovou výrobu z 12,4 % a bioplyn z 2,5 %. Z údajů je zřejmé, že při využití plného potenciálu

bioodpadů, by kombinace biomasy a bioplynu byla schopna výrobu tepla pokrýt až z 23,2 %

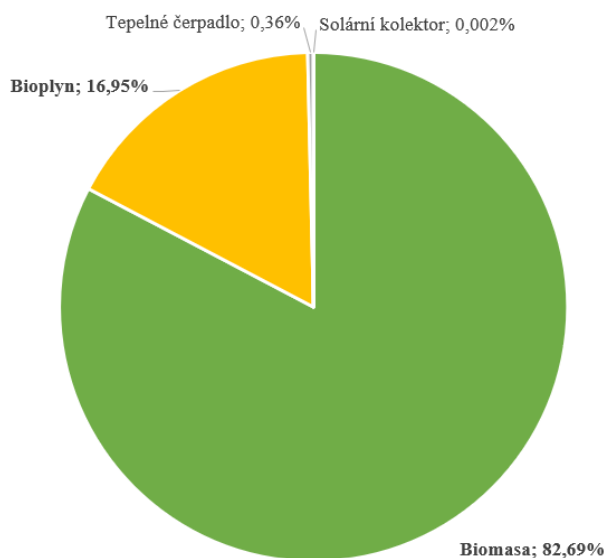
Tabulka 9: Potenciál pokrytí výroby tepla z OZE v BRKO

	Teplo z BRKO v TJ	Výroba tepla z OZE v TJ
	17 501	24 226,3
Pokrytí výroby	72,2 %	

Zdroj: vlastní dle (ERÚ, ©2020)

Při plném využití všech BRKO pro výrobu tepla v bioplynových stanicích, bychom mohli v ČR pokrýt až 72,2 % celkové výroby tepla z OZE.

### Podíl zdrojů ve výrobě tepla na OZE v ČR za rok 2019



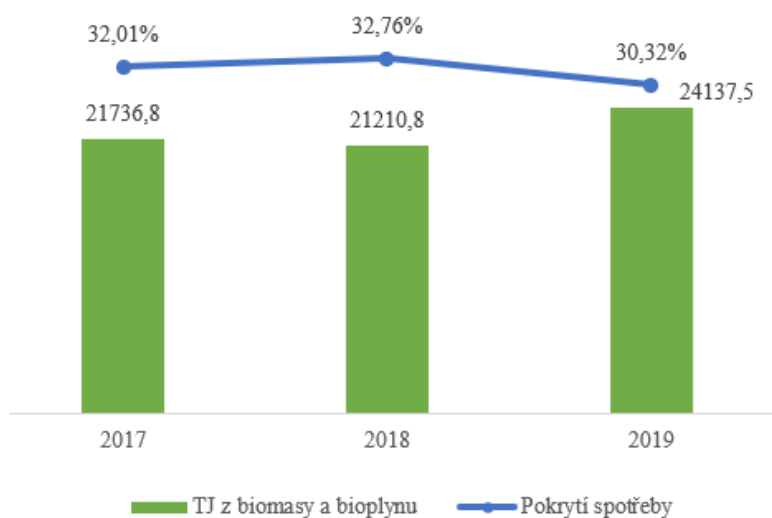
Obrázek 11: Podíl zdrojů ve výrobě tepla na OZE v ČR za rok 2019

Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

Výroba tepla z obnovitelných zdrojů energie, je především pouze z biomasy a bioplynu, což je zřejmé z grafu na obrázku č. 12. Společně se podílely na výrobě 99,64 % tepla v roce 2019, zanedbatelné množství tepelné energie pak připadalo na tepelná čerpadla a solární kolektory. Tepelná čerpadla a solární kolektory mají tak nízké hodnoty, protože se používají především pouze k vytápění domácností, či jiných menších objektů. Čerpadla mohou čerpat geotermální energii, energii ze vzduchu nebo z vody. V roce 2020 mají ti, co si chtějí tepelná čerpadla pořídit, možnost dotace až 100 000 Kč na pořízení nového čerpadla, v rámci dotačního titulu *Nová zelená úsporám*. Z údajů v tabulce 9 je vidět, že při efektivnějším využívání BRKO, by výroba tepla z OZE mohla být pokryta bioplynem až z 72,2%.

Kombinace stávající výroby z biomasy a potenciální výroby z bioplynu by tak výrazně zvýšila výrobu tepla z celého sektoru OZE, tedy na již zmíněných 23,2 % z celku.

#### Pokrytí spotřeby tepla v ČR biomasou a bioplynem 2017 - 2019



Obrázek 12: Pokrytí spotřeby tepla v ČR biomasou a bioplynem 2017 – 2019

Zdroj: (ERÚ, ©2020) vlastní zpracování

Potenciální pokrytí spotřeby tepla z biomasy a bioplynu není až tak nemožné a zdánlivě nedosažitelné jako v případě elektrické energie, s tepelnou energií vyrobenou v roce 2019 z biomasy a bioplynu, by ČR byla schopna pokrýt až 30,32 % veškerého spotřebovaného tepla. Meziroční změna oproti roku 2018 byla sice -2,44 % (to je možné vidět na obrázku 13), je to ovšem způsobeno tím, že meziročně rapidně stoupla spotřeba tepla v ČR, a to z 64 749,3 TJ v roce 2018 na 79 601,2 TJ. V procentech je to o 22,94 %. Ale i co se týče samotné výroby tepla těmito dvěma způsoby, jsme zaznamenali velké nárůsty, konkrétně to bylo meziročně z roku 2018 na 2019 o 13,8 %, v TJ z 21 210,8 na 24 137,5. Kombinace výroby z biomasy a bioplynu, by tak na základě údajů z tabulky 8 mohla celkovou spotřebu tepla pokrýt až z 47,2 %.



## 4.2 BIOMETAN JAKO NÁHRADA ZEMNÍHO PLYNU

Vrtiška (2020) ze společnosti EFG Green gas, s.r.o. uvedl, že v České republice je pro období 2021 – 2030 potenciál pro 75 výroben s celkovou produkcí 127 mil. m<sup>3</sup> biometanu za rok. Dále také uvedl, že bioplynová stanice Rapotín, patřící společnosti EFG Green gas, s.r.o. je schopna ročního zpracování až 30 000 tun biologicky rozložitelného odpadu ročně, z kterého jsou schopni vyrobit biometan pro 3 000 aut s nájazdem 8 000 km. Vůbec jako první, zahájila tato společnost výrobu biometanu v České republice a plánuje výrobu rozvíjet i dál. Například bioplynová stanice Vyškov, která by měla začít s výrobou do roku 2022, s ročním objemem zpracovaného bioodpadu 12 000 tun.

Ročně je v České republice vyprodukováno přibližně 2 milióny tun bioodpadů. Existuje 574 bioplynových stanic s celkovým instalovaným výkonem 367 MW, z toho 150 je připojitelných na plynárenskou distribuční soustavu (Vrtiška, 2020). Průměrná hodnota instalovaného výkonu bioplynových stanic, se tedy dá odhadnout na  $\frac{367\,000}{574} = 639,3$  kW. Když se vezmou v potaz data od BPS Rapotín a jejím instalovaným výkonem 500 kW, jakožto nějaký základ pro potenciál výroby, tak se dá odhadnout, že průměrná česká bioplynová stanice, je schopna ročně zajistit biometan pro 3 834 aut s průměrným nájazdem 8 000 km. Průměrný roční nájezd českého řidiče je ale někde mezi 10 000 – 20 000 km, tedy 15 000 km. V dnešní době, se na českých silnicích pohybuje již více než 25 300 aut, jezdících na CNG. Podle výpočtu  $3834 * \left(\frac{8000}{15000}\right) = 2044,8$ , se dá stanovit, že průměrná česká bioplynová stanice, dokáže zajistit biometan pro 2 044,8 automobilů s nájazdem 15 000 km ročně. Pro přechod na BioCNG a udržitelný provoz všech 25 300+ automobilů, momentálně jezdících na CNG, by bylo podle výpočtu  $\frac{25300}{2044,8} = 12,4$  v průměru potřeba více než 12,4 bioplynových stanic vyrábějících biometan.

Zprůměrováním ročního zpracovaného objemu bioodpadů dvou výše uvedených bioplynových stanic vychází hodnota 21 000 tun bioodpadů. Na základě této hodnoty se dá vypočítat, že ke zpracování veškeré vyprodukované biomasy, by bylo zapotřebí  $\left(\frac{2\,000\,000}{21\,000} = 95,2\right)$  přibližně 95 bioplynových stanic.

Jestliže jedna průměrná bioplynová stanice je schopna zajistit biometan pro 2 044,8 automobilů s nájedem 15 000 km ročně, tak 95 BPS ( $2\,044,8 * 95 = 194\,256$ ) by bylo schopno zajistit biometan pro 194 256 automobilů, což je více než 7× větší počet automobilů než v roce 2021.

S údaji od společnost EFG Green gas, s.r.o., která hovoří o potenciálu 75 výroben do roku 2030, není dosažení náhrady zemního plynu bioplynem pro automobilové využití již tak nemožné. Samozřejmě se stále zvyšujícím se počtem aut jezdících na CNG, se bude muset počet potřebných bioplynových stanic nadále zvyšovat.

## FORMULACE ZÁVĚRŮ

Přesto, že se využití biomasy pro energetické účely jeví jako velmi ekologický, environmentálně přínosný a obnovitelný způsob výroby energií, tak je to ve velkém měřítku spíše naopak. Na příkladu Velké Británie bylo poukázáno na to, jaké obrovské množství dřevních porostů je třeba vyprodukovat k chodu jediné elektrárny. S tím jsou spojeny značné emise oxidu uhličitého, protože jediný stát není schopen produkce takového množství dřevní hmoty, které tato elektrárna využije. Jsou s tím tedy spojeny přes oceánské transporty milionů tun pelet primárně z USA, což samo o sobě emituje enormní množství CO<sub>2</sub>.

Pěstování plodin přímo pro tyto účely je velmi nepřínosné, když by se půda dala využít mnohem lepšími způsoby, například pro potravinářské účely, či i jiné obnovitelné způsoby výroby energií. Využívání biomasy pro energetické účely by se mělo brát jen jako doplňkový způsob výroby energií. Mnohem větší důraz by se měl klást na výrobu energií z biologicky rozložitelných odpadů, případně ze sluneční, větrné a vodní energie, pouze ty se totiž dají brát jako plně obnovitelné a environmentálně přínosné.

Biologicky rozložitelné odpady, se na základě stanoveného potenciálu ukazují jako solidní alternativa pro záměrně pěstovanou biomasu. Ty totiž samy o sobě vyžadují pouze separaci od ostatního směsného komunálního odpadu a následně mohou být přímo využity v kompostárnách, či bioplynových stanicích. Klíčové je ale zvýšení separace bioodpadů, na skládkách totiž mají velmi negativní vliv na životní prostředí, naopak při plné separaci, by na základě kvantifikovaného potenciálu v analýze mohly z velké části pokrýt spotřeby elektrické i tepelné energie. V případě poptávky po elektrické energii vyšlo pokrytí na 6,54 %, pokrytí spotřeby tepla potom z 21,99 %.

Také náhrada zemního plynu biometanem, je velmi přínosná díky tomu, že se zpracovává primárně z biologicky rozložitelných odpadů a není třeba pěstování žádných dodatečných plodin. Samozřejmě se k těmto účelům pěstuje a používá kukuřičná siláž a jiné druhy plodin, které opět musí být pěstovány ve velkých měřítkách, byli bychom ovšem schopni pokrýt značnou část spotřeby CNG pouze z biologicky rozložitelných odpadů. Do roku 2030 se plánuje přestavba 75 bioplynových stanic pro účely výroby biometanu. Analýza kvantifikovala, že pro pokrytí spotřeby CNG pro automobilové účely za rok 2019, by stačilo přibližně 12,4 bioplynových stanic o průměrném výkonu 639,3 kW.

Při plném využití všech biologicky rozložitelných odpadů bylo pro podmínky České republiky vypočítáno, že by vyrobený biometan stačil pro 194 256 automobilů s průměrným ročním nájezdem 15 000 km.

Z provedené analýzy vyplývá, že způsob kterým začala Velká Británie a Dánsko spalovat biomasu v tak obrovských masách je špatnou volbou, tato metoda by se měla držet v mnohem menším měřítku, aby se takovým způsobem nezasahovalo do lesních porostů a zemědělských ploch. Naopak by se měla věnovat větší pozornost energetickému využívání biologicky rozložitelných odpadů, které jak bylo zjištěno v analýze, mají poměrně značný potenciál.

## ZÁVĚR

Bioodpady v běžném životě nepatří k příliš tříděnému druhu odpadů, jejich využitelnost je ovšem velmi ambiciózní a měly by být zařazeny mezi tříděné odpady všech domácností. Cílem práce bylo seznámení s pojmem bioodpady, jejich druhy a sběrovými metodami. Na základě rešerše legislativních dokumentů, byla popsána role Celní správy České republiky v oblasti jejích kompetencí v odpadovém hospodářství. Dále byly dopodrobna vymezeny jednotlivé metody a technologie energetického a materiálového zpracování bioodpadů, se zaměřením na využívání v České republice.

Analytická část práce měla za cíl stanovení potenciálu bioodpadů v České republice. Podle hierarchie pro nakládání s odpady platí, že materiálové využití má přednost před energetickým, u bioodpadů to ale neplatí. Pro využití k energetickým účelům byly vybrány dvě nejvyužívanější metody a na základě nich byla sestavena analýza, která je zaměřena na zpracování bioodpadů a cíleně pěstované biomasy pro získávání tepelné a elektrické energie. Srovnává na kolik procent jsou v České republice využívány oproti konvenčním způsobům výroby energií a ostatním způsobům výroby z obnovitelných zdrojů. Proběhlo srovnání České republiky primárně s Německem, ale i Norskem v oblasti výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů. Ze získaných údajů byl kvantifikován potenciál pokrytí poptávky a nabídky po elektrické a tepelné energii v České republice.

V poslední části se hovoří o biometanu a jeho současné a budoucí možnosti využívání v plynárenství, se zaměřením na automobilový průmysl ve formě BioCNG. Z dostupných dat o výrobě biometanu bylo spočítáno, kolik by bylo třeba ročně biometanu vyrábět, aby se uspokojila poptávka po CNG v automobilové dopravě, ale také kolik automobilů by mohlo jezdit na BioCNG, kdyby se využily veškeré bioodpady produkované v České republice

Třídění bioodpadů je stejně důležité jako třídění všech ostatních druhů odpadů, jsou plně obnovitelné a při využití správných metod zpracování mají vysoký potenciál a velmi příznivý vliv na životní prostředí.

## SEZNAM LITERATURY

ADAM, Karel. Výroba a spotřeba elektrické energie v roce 2019. *Český statistický úřad* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xb/vyroba-a-spotreba-elektricke-energie-v-jihomoravskem-kraji-v-roce-2019>

ALS. Rozbory materiálů pro bioplynové stanice. *ALS* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.alsglobal.cz/zivotni-prostredi/matrice/bioplynové-stanice>

ALTMANN, Vlastimil: Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. *Biom.cz* [online]. 2010-08-18 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologicky-rozlozitelnymi-odpady>. ISSN: 1801-2655.

AMSP ČR. *Analýza zemědělství* [online]. In: . 2019 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <http://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/08/Analýza-zemědělství-2019.pdf>

AVE. Odvoz biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO). *AVE* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.ave.cz/cs/ustecky-kraj/ave-usti-nad-labem-s.r.o/odpady-1/bioodpad>

BARAŇÁK, Libor a Miroslav BAČIAK. *Metody odsiřování bioplynu* [online]. Enress [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <http://www.enress.eu/public/media/článek%204%20čištění%20plynu.pdf>

BAŤA, Robert a Pavla PŮLKRÁBKOVÁ, 2011. Modelling the Environmental Impacts of a Biomass Based Electric Power Generation: Computational Engineering in Systems Applications [online]. 2. vydání. WSEAS Transactions on Environment and Development [cit. 2021-04-17]. ISBN 978-1-61804-014-5. Dostupné z: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Iasi/IAASAT/IAASAT-08.pdf>

BIOM. *Průvodce výrobou a využitím bioplynu* [online]. Biom – České sdružení pro biomasu [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce\\_vyrobou\\_vyuzitim\\_bioplynu\\_2.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Pruvodce_vyrobou_vyuzitim_bioplynu_2.pdf)

BIOM. *Bioplyn* [online]. In: . Biom [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/bioplyn.pdf>

CELNÍ SPRÁVA ČR. Silniční kontroly. *Celní správa: České republiky* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z:

<https://www.celnisprava.cz/cz/statistiky/skontroly/Stranky/default.aspx>

CNG. Vozidla na CNG. *CNG* [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z:

<https://www.cng.cz/vozidla-na-cng>

CZBA. Bioplyn v ČR k 31. 12. 2019. *Česká bioplynová asociace* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.czba.cz>

ČEZ. Jak funguje výroba energie z biomasy. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2021-03-14].

Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelné-zdroje/biomasa-1/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy>

ČTK. Do plynárenské sítě v ČR se bude čím dál více vtlačet i biometan. *Oenergetice.cz* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z:

<https://oenergetice.cz/plyn/do-plynarenske-site-v-cr-se-bude-cim-dal-vice-vtlacet-i-biometan>

DAHLQUIST, Erik, ed. Biomass as Energy Source: Resources, Systems and Applications. United Kingdom: CRC Press, 2013. ISBN 978-0-203-12025-5

DOLEŽAL, Jan, 2020. *Potenciál biomasy v příštích dekádách* [online]. In: .

25.11.2020 [cit. 2021-03-27]. ISSN 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/potencial-biomasy-v-pristich-dekadach>

EKO-KOM. Počet sběrných dvorů v České republice stále roste. *EKO-KOM* [online].

04.03.2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/news/710/212/Pocet-sbernych-dvoru-v-ceske-republice-stale-roste>

EKOLIST. Produkce odpadů v ČR roste, problémem je skládkování. *Ekolist.cz* [online]. 06.12.2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z:

<https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/produkce-odpadu-v-cr-roste-problemem-je-skladkovani>

ENTSO-E. Who Is ENTSO-E? *ENTSO-E* [online]. [cit. 2021-03-20]. Dostupné z:

<https://www.entsoe.eu/about/inside-entsoe/objectives/>

ERÚ. *Roční zpráva o provozu elektrizační soustavy ČR 2019* [online], 2020. Energetický regulační úřad [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-elektrizacni-soustavy>

ERÚ. *Roční zpráva o provozu teplárenských soustav ČR 2019* [online], 2020. Energetický regulační úřad [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/cs/zpravy-o-provozu-teplarenskych-soustav>

FUKSA, Pavel. *Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu* [online]. Ministerstvo zemědělství, 13.09.2018 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-organizace-porostu-silazni-kukurice-na-produkci-bioplynu>

GASCONTROL. Bioplynové stanice. *Gascontrol* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.gascontrol.cz/environmentalni-technologie/bioplynovestanice/>

HANČ, Aleš a Petr PLÍVA, 2013. *Vermikompostování bioodpadů: (certifikovaná metodika)* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze [cit. 2021-03-14]. ISBN 978-80-213-2422-0.

HAVEL, Milan. *Předcházení vzniku odpadů v obcích: Manuál pro obce* [online]. In: . Arnika, 2015 [cit. 2021-03-14].

HEGER, Jan, 2019. *Stanovení produkce bioplynu v bioplynové stanici*. Brno. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Michal Touš.

HŘEBÍČEK, Jiří, František PILIAR, Jaromír MANHART, a Kamila SOUČKOVÁ. *Projektování nakládání s bioodpady v obcích*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2011. ISBN 978-80-85763-67-6.

INNOGY. BioCNG vjíždí na české silnice. *Innogy* [online]. [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.innogy.cz/o-innogy/innogy-magazin/magazin-prehled-clanku/biocng-vjizdi-na-ceske-silnice/>

JANSSEN, Davide, SIMON, Frédéric, ed. The Dutch have decided: Burning biomass is not sustainable. *EURACTIV.com* [online]. 21.07.2020 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/the-dutch-have-decided-burning-biomass-is-not-sustainable/>



JRK BIOWASTE MANAGEMENT. *Jak na gastroodpady v praxi?* [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.meneodpadu.cz/wp-content/uploads/2017/02/jak-na-gastroodpady-v-praxi-1.pdf>

KAŠINSKÝ, Jan a Vladimír WAGNER. Jaký je potenciál využití biomasy v Česku a ve světě. *Oenergetice.cz* [online]. 18.02.2019 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/jaky-potencial-vyuziti-biomasy-cesku-ve-svete>

KOMPOSTUJ. Základní pravidla vermikompostování. *Kompostuj.cz* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.kompostuj.cz/vime-jak/vermikompostovani/zakladni-pravidla-vermikompostovani/>

KOMPOSTUJ. Slovníček pojmů. *Kompostuj.cz* [online]. 09.12.2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.kompostuj.cz/vime-jak/literatura-tematicke-clanky-slovnicek-pojmu/slovnicek-pojmu/>

KOTOULOVÁ, Zdenka a Jaroslav VÁŇA. *Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2001. Na pomoc praxi v odpadovém biohospodářství. ISBN 80-7212-201-0.

MŽP. Česko čeká velká odpadková revoluce, vláda dnes schválila novou odpadovou legislativu. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 09.12.2019 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20191207\\_cesko\\_cka\\_velka\\_odpadkova\\_revoluce\\_vlada\\_dnes\\_schvalila\\_novou\\_odpadovou\\_legislativu](https://www.mzp.cz/cz/news_20191207_cesko_cka_velka_odpadkova_revoluce_vlada_dnes_schvalila_novou_odpadovou_legislativu)

MŽP. ČR nastupuje trend: od skládkování ke třídění, recyklaci a materiálovému využití na maximum. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 01.12.2020 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20201201-CR-nastupuje-trend-od-skladkovani-ke-trideni-recyklaci-a-materialovemu-vyuziti-na-maximum](https://www.mzp.cz/cz/news_20201201-CR-nastupuje-trend-od-skladkovani-ke-trideni-recyklaci-a-materialovemu-vyuziti-na-maximum)

MŽP. Pokyny k přeshraniční přepravě odpadů: Úvod. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2021-04-18]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/pokyny\\_preshranicni\\_preprava](https://www.mzp.cz/cz/pokyny_preshranicni_preprava)

NEVES, Grazielle Náthia, Mauro BERNI, Giuliano DRAGONE a Solange I. MUSSATTO. Anaerobic digestion process: technological aspects and recent developments. *International Journal of Environmental Science and Technology* [online]. Islamic Azad University, 2018, 27. 3. 2017 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: doi:10.1007/s13762-018-1682-2

PANČÍKOVÁ, Jana. Digestáty a jejich využití v zemědělství. *Úroda* [online]. 02.02.2016 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.uroda.cz/digestaty-a-jejich-vyuziti-vzemedelstvi/>

PAPEŽ, Karel. Jak fungují bioplynové stanice. *EnviWeb.cz* [online]. 23.06.2015 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/103210>

TOMÁŠKOVÁ, Hana. Pytlový sběr: Záměr, který lze zdokonalit. *Komunální ekologie* [online]. 23.06.2020 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.komunalniekologie.cz/info/pytlovy-sber-zamer-ktery-lze-zdokonalit>

Třídění kuchyňského odpadu. *JRK: Méně odpadu* [online]. [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://www.meneodpadu.cz/trideni-kuchynskeho-odpadu/>

VOBOŘIL, David. Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR. *Oenergetice* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody>

VOLOŠINOVÁ, Dagmar, Robert KORÍNEK a Elžbieta ČEJKA. Způsoby nakládání s bioodpadem v Praze a ve vybraných hlavních městech států Evropské unie. *VTEI* [online]. [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2019/06/zpusoby-nakladani-s-bioodpadem-v-praze-a-ve-vybranych-hlavnich-mestech-statu-evropske-unie/>

VŠB-TUO. Fáze anaerobní digesce. *Biologické metody zpracování odpadů* [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: [http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze\\_anaerobni\\_digesce.html](http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/pages/Faze_anaerobni_digesce.html)

VŠB-TUO. Organizace kompostování. *Biologické metody zpracování bioodpadů* [online]. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: [http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/pages/Organizace\\_kompostovani.html](http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/pages/Organizace_kompostovani.html)

VRTIŠKA, Martin. *Biometan: První výroba v ČR a budoucnost* [online]. In: . 02.09.2020 [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <http://dpm2020.cgoa.cz/assets/pdf/204vrtiska.pdf>

WAGNER, Vladimír. Dovezená dřevní hmota nahrazuje uhlí nejen v Dánsku – schyluje se k dalšímu zelenému průšvihů? *Oenergetice.cz* [online]. 21.02.2017 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/dovezena-drevni-hmota-nahrazuje-uhli-nejen-dansku-schyluje-se-k-dalsimu-zelenemu-prusvihu>

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech. In: *Sbírka zákonů*. 14.06.2001. ISSN 1211-1244

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. In: *Sbírka zákonů*. 23.12.2020. ISSN 1211-1244