

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geografie**

**David KAZDA**

**Analýza provozu bioplynové stanice  
Kněžice**

**Diplomové práce**

**Vedoucí práce: RNDr. Aleš LÉTAL, Ph.D.**

**Olomouc 2014**

# Bibliografický záznam

**Autor (osobní číslo):** Bc. David KAZDA (R110160)

**Studijní obor:** Regionální geografie

**Název práce:** Analýza provozu bioplynové stanice Kněžice

**Title of thesis:** Analysis of the biogas station operation in the village Kněžice

**Vedoucí práce:** RNDr. Aleš LÉTAL, Ph.D.

**Rozsah práce:** 99 stran, 4 vázané přílohy

## Abstrakt:

Tato diplomová práce analyzuje provoz bioplynové stanice Kněžice a všeobecné využití anaerobní fermentace pro produkci bioplynu. Produkce bioplynu je popsána v rámci celkového využívání energetických zdrojů a především zdrojů obnovitelných. Autor se zaměřuje na technologii výroby a provozní segmenty a analyzuje dodavatelskou strukturu biomasy. Hlavním cílem této práce je popsat unikátní systém výroby elektřiny a tepelné energie pro potřeby obce Kněžice.

## Klíčová slova:

Anaerobní fermentace – Bioplynová stanice – Kněžice – Bioplyn – Biomasa  
Obnovitelný zdroj energie

## Abstract:

This thesis analyzes operation in biogas station Kněžice and general use of anaerobic digestion in energy purpose. Biogas production is described as energy resource and first of all as the renewable energy. Author is focused on technology and manufactory segments. Author analyzes supplying system and biomass origin. The main purpose of this thesis is to describe unique system of electricity generation and heating energy generation for needs in village Kněžice.

## Keywords:

Anaerobic digestion – Biogas stations – Kněžice – Biogas – Biomass  
Renewable energy

Prohlašuji, že tato diplomová práce je mým původním autorským dílem, které jsem vytvořil pod vedením RNDr. Aleše LÉTALA, Ph.D. Všechny použité zdroje jsem řádně citoval a uvedl v seznamu použitých zdrojů.

V Olomouci dne 24. dubna 2014

.....  
Podpis

*Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu RNDr. Aleši LÉTALOVÍ, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky, za čas strávený při konzultacích a za pomoc při přípravě mapových podkladů. Dále moje vřelé díky patří panu Milanu KAZDOVI, starostovi obce Kněžice, jednateři společnosti Energetika Kněžice s.r.o., za jeho rady, konzultace a ukázkou celého provozu bioplynové stanice. Poděkovat bych také chtěl Bc. Adéle NOVÁKOVÉ za její ochotu při přepisování číselných údajů a její vřelou podporu při vzniku této akademické práce. Díky také patří Bc. Pavlu KAZDOVI za jazykovou korekturu textu. Tímto také děkuji úředníkům z Energetického regulačního úřadu za jejich rady a ochotu při vzájemné komunikaci. Na závěr chci poděkovat svým rodičům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia a vytvořili mi dobré podmínky pro dokončení VŠ.*

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. David KAZDA**  
Osobní číslo: **R110160**  
Studijní program: **N1301 Geografie**  
Studijní obor: **Regionální geografie**  
Název tématu: **Analýza provozu bioplynové stanice Kněžice**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je přiblížit a analyzovat funkční využití, provozní podmínky a problémy s provozem bioplynové stanice Kněžice. V práci se autor zaměří na charakteristiku zařízení a zhodnocení výroby bioplynu v ČR a Evropě. Během řešení práce se autor pokusí vytvořit prostorovou síť dodavatelů pro bioplynovou stanici v rámci regionu. Při řešení autor bude úzce spolupracovat s kompetentními organizacemi (samospráva, státní správa) a provozovatelem bioplynové stanice Kněžice.

Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání

Rozsah pracovní zprávy: 20 000 - 24 000 slov

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

**BRANDEJSOVÁ E. (2009): Bioplynové stanice. Praha, GAS, 118 s.**

**KLOZ M., MOTLÍK, J., PETRŽÍLEK, P., TUŽINSKÝ, M. (2007): Využívání obnovitelných zdrojů energie: Právní předpisy s komentářem. Praha, Linde a.s., 510 s.**

**KOLÁŘ, L., KUŽEL, S.: Odpadové hospodářství. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 193 s.**

**PASTOREK Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa - obnovitelný zdroj energie. Praha, FCC Public, 288 s.**

**Vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, ve znění vyhlášky č. 453/2008 Sb.**

Vedoucí diplomové práce: **RNDr. Aleš Létal, Ph.D.**  
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: **26. června 2012**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2013**

L.S.

Prof. RNDr. Juraj Ševčík, Ph.D.  
děkan

Doc. RNDr. Zdeněk Szczyrba, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Olomouci dne 26. června 2012

## Obsah

Zkratky použité v textu.....	9
1 Úvod .....	10
2 Cíle práce .....	12
3 Metodika .....	13
4 Vývoj a současný stav světové energetiky .....	14
4.1 Energie využívaná člověkem .....	14
4.2 Energetické zdroje v současnosti.....	15
4.3 Světová spotřeba energie .....	18
4.3.1 Závislost na fosilních palivech .....	19
4.3.2 Energetické zdroje v ČR .....	21
5 Biomasa a produkce bioplynu.....	23
5.1 Biomasa.....	23
5.1.1 Biomasa a odpady.....	25
5.1.2 Biomasa ve statistikách o obnovitelných zdrojích energie .....	26
5.1.3 Energetické využití biomasy .....	27
5.1.4 Energetické využití biologicky rozložitelné části TKO.....	28
5.1.5 Energetické využití bioplynu.....	28
5.2 Bioplyn.....	31
5.2.1 Anaerobní fermentace .....	32
5.2.2 Materiály fermentované během anaerobních procesů .....	34
5.2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti bioplynu .....	36
5.2.4 Historie využívání bioplynu .....	37
5.2.5 Bioplyn a jeho energetické využití .....	38
5.2.6 Energetický potenciál bioplynu v ČR .....	41
5.2.7 Energetické využití bioplynu v EU.....	50
6 Výrobní proces a použité technologie v bioplynové stanici Kněžice .....	56
6.1 Základní informace o bioplynové stanici Kněžice .....	56
6.1.1 Obec Kněžice.....	56
6.1.2 Energetika Kněžice s.r.o.....	56
6.2 Výrobní technologie.....	57
6.2.1 Vytvoření a zachování optimálních procesních podmínek .....	58
6.3 Funkční systémy technologické linky.....	61
6.3.1 Příjmový systém .....	61
6.3.2 Fermentační systém .....	62

6.3.3 Uskladňovací systém.....	62
6.3.4 Energetický systém .....	62
6.4 Segmenty technologické linky .....	64
6.4.1 Hygienizační zařízení.....	64
6.4.2 Homogenizační jímka .....	65
6.4.3 Fermentor a integrovaný plynajem.....	65
6.4.4 Skladovací nádrže .....	66
6.4.5 Kogenerační jednotka (JMS 208 GS – B.LC).....	66
6.4.6 Kotelna .....	67
6.4.7 Akumulátor tepla .....	67
6.5 Software a monitorovací centrum.....	68
6.6 Energetická efektivnost bioplynové stanice Kněžice .....	69
6.7 Rekonstrukce a inovace .....	72
6.8 Financování bioplynové stanice .....	73
6.9 SWOT analýza .....	74
6.10 Celkové přínosy bioplynové stanice.....	76
7 Struktura dodavatelů organického materiálu .....	78
7.1 Majoritní dodavatel.....	79
7.2 Minoritní dodavatelé.....	82
7.2.1 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování .....	82
7.2.2 Biologicky rozložitelný odpad s kuchyní a stravoven .....	83
7.2.3 Kaly z čištění odpadních vod .....	84
7.2.4 Směs tuků a olejů .....	85
7.2.5 Kal ze septiků a žump .....	85
8 Závěr.....	88
7 Summary.....	91
Seznam použité literatury a zdrojů:.....	92
Seznam příloh.....	99



## Zkratky použité v textu

<b>AF</b>	anaerobní fermentace
<b>BRKO</b>	biologicky rozložitelný komunální odpad
<b>BS</b>	bioplynová stanice
<b>CNG</b>	stlačený zemní plyn
<b>CZT</b>	centrální zásobování teplem
<b>ERÚ</b>	Energetický regulační úřad
<b>EU-27</b>	členské státy Evropské unie do 1.7. 2013
<b>LFG</b>	<i>landfill gas</i> , skládkový plyn
<b>LNG</b>	zkapalněný zemní plyn
<b>LPG</b>	<i>liquefied petroleum gas</i> , zkapalněné plynné palivo
<b>MHD</b>	městská hromadná doprava
<b>MPO</b>	Ministerstvo průmyslu a obchodu
<b>MŽP</b>	Ministerstvo životního prostředí
<b>OZE</b>	obnovitelný zdroj energie
<b>SEK</b>	Státní energetická koncepce
<b>TKO</b>	tuhý komunální odpad
<b>VŽP</b>	vedlejší živočišné produkty
<b>ŽP</b>	životní prostředí

# 1 Úvod

Vztah člověka k energetickým zdrojům je neodmyslitelnou součástí lidské existence. Jednou z prvních forem energie bylo teplo získané spalováním dřeva neboli biomasy. Po staletí si člověk s tímto zdrojem vystačil, po nástupu průmyslové revoluce vzrostla ale spotřeba energie mnohonásobně. V současné době jsou největším zdrojem energie fosilní paliva, na nichž se člověk stal závislým. Proti fosilním palivům stojí obnovitelné zdroje energie, které jsou ale jenom určitým zlomkem energetické produkce. Současným trendem v Evropě je nárůst obnovitelných zdrojů, které podporuje jednak energetická politika Evropské unie ale i závazek členských států v rámci Kjótského protokolu, jež je zavazuje snižovat produkci oxidu uhličitého.

Obnovitelné zdroje, jako je energie vody, větru, slunečního svitu a energie gravitační, je možné využívat stále. Dá se říci, že tyto zdroje zde byly vždy a dá se s nimi počítat i do budoucna. K těmto zdrojům se řadí i energetický potenciál biomasy, ať už se jedná o palivo nebo vstupní surovinu pro výrobu bioplynu. Směs plynů obecně známá jako bioplyn má značný energetický potenciál. Využívání bioplynu k energetickým účelům v EU prodělalo v posledním desetiletí dramatické změny. Bioplyn je možné využívat k výrobě tepelné a elektrické energie, k výrobě pohonných hmot, nebo se dá upravit a distribuovat do plynofikační sítě spolu se zemním plynem.

Bioplynová stanice Kněžice nacházející se ve Středočeském kraji je zařízení, které je názorným příkladem efektivního využití obnovitelných zdrojů za účelem produkce výroby elektrické energie, tepla a certifikovaného hnojiva. Jedná se o bioplynovou stanici odpadní, která zpracovává zejména odpady, ale i produkty zemědělské výroby. Celý projekt zajistil obci Kněžice energetickou soběstačnost a stal se příkladem pro nové začínající projekty. Největším pozitivem této bioplynové stanice je velmi šetrný přístup k přírodním zdrojům, protože využívá to, co mnohdy končí na skládkách komunálního odpadu, v kafilériích, ve spalovnách, na kompostech, nebo je neefektivně využíváno jako zemědělské hnojivo. Výsledkem je teplo, které využívá většina domácností v obci, elektrická energie dodávaná do sítě a certifikované hnojivo sloužící místním zemědělcům. Celý projekt dále umožnil spolupráci několika dalším podnikatelským subjektům a mimo jiné vytvořil několik pracovních míst, která mají v komunálním měřítku svoji hodnotu.

Na druhou stranu je třeba uvést, že výroba bioplynu v Kněžicích vygenerovala určité problémy a výzvy, na něž bylo třeba reagovat. Už samotný provoz je

technologicky náročný a je třeba při něm skloubit znalosti z různých oborů. Analýza provozu bude náplní jedné z částí diplomové práce. Pro správné fungování celého systému bioplynové stanice je důležité optimální složení vstupních surovin, které velmi úzce souvisí se strukturou dodavatelů. Rozbor této problematiky bude proveden v poslední kapitole diplomové práce.

## **2 Cíle práce**

Hlavním cílem diplomové práce je analyzovat bioplynovou stanici v Kněžicích z hlediska funkčního využití. Záměrem je vypracovat studii, která by zhodnotila celý projekt bioplynové stanice a energeticky soběstačné obce Kněžice v kontextu národní energetiky a odpadového hospodářství. Autor se také zaměří na vybrané ukazatele výroby bioplynu v celoevropském měřítku. Důraz bude kladen na popis využitých technologií a celého provozního systému z hlediska energetické efektivity. Diplomová práce bude také zahrnovat dílčí analýzu dodavatelských subjektů organického materiálu pro výrobu bioplynu.

### 3 Metodika

V rámci řešení této diplomové práce byly uplatněny běžné postupy a zásady pro vypracování diplomových prací. Hlavní metodologické postupy použité v této práci jsou:

1. Rešerše odborné literatury a pramenů, za účelem získání přehledu a aktuálních informací o problematice bioplynových stanic. Byly využity především česky a anglicky psané zdroje. První skupinou pramenů byly publikace věnující se výstavbě, realizaci a provozu bioplynových stanic. Dále bylo využito odborných článků zveřejněných na internetových fórech věnujících se problematice energetiky, využití bioplynu a problematice odpadů. Další informační zdroje byly články z odborných časopisů, příspěvky ve sbornících, statistické výkazy Ministerstva průmyslu a obchodu a odborné studie.
2. Studium legislativních dokumentů souvisejících s technologií bioplynových stanic a obnovitelných zdrojů energie.
3. Komunikace s Energetickým regulačním úřadem, se zastupiteli obce Kněžice a jednatelem Energetiky Kněžice s.r.o.
4. Expertní rozhovor - v rámci tvorby diplomové práce byl proveden expertní rozhovor s jednatelem Energetiky Kněžice s.r.o. a jejími zaměstnanci o provozu, výrobních procesech a stávajících problémech bioplynové stanice
5. Terénní šetření – exkurze v bioplynové stanici, seznámení se s provozem, pořízení fotografií, návštěva monitorovacího centra
6. Práce se statistickými daty - sestavení tabulek, grafů, kartogramů a kartodiagramů, které jsou nástrojem pro interpretaci dat
7. Při řešení diplomové práce bylo využito nástrojů Microsoft Office a GIS software ESRI ArcGIS 10.

## 4 Vývoj a současný stav světové energetiky

### 4.1 Energie využívaná člověkem

Základním zdrojem energie, který předcházel dalším formám účelně využívaným člověkem, jsou přírodní procesy, díky nimž je možná existence života na planetě Zemi. V první jde o sluneční záření, které je výsledkem jaderných přeměn v nitru Slunce. Je třeba podotknout, že sluneční energie stojí za drtivou většinou energetických zdrojů, kterými naše planeta disponuje. Za zdroje jiného původu lze považovat energii gravitační, geotermální a slapovou. Sluneční energie stála u zrodu fosilních paliv a atmosférických procesů, které jsou využívány člověkem.

Pokud jde o energetický zdroj účelně využívaný člověkem a nepovažujeme-li za něj samotnou lidskou sílu potřebnou k vykonání práce, můžeme za první zdroj považovat oheň, lépe řečeno termochemickou reakci, při které během hoření vzniká teplo a světlo. První lidé ho využívali k ohřátí a zahnání šelem, neuměli ho ale rozdělat, pouze ho dokázali udržovat. Schopnost rozdělování ohně se člověk naučil někdy mezi 9–40 tis. lety před n. l. Dalším důležitým počinem bylo využití tažné síly pro dopravu a zemědělské účely. Vynález primitivních strojů a postrojů pro zvířata je datován asi 3,5 tis. před n. l. Využívání animální síly bylo pro člověka nepostradatelné až do 19. století než ho nahradily jiné technologie. Nejstarší zmínka o využití energie větru je v souvislosti s lodní plachtou a datuje se asi 1000 před n. l. V Evropě se tato forma energie začala využívat na přelomu 1. a 2. tisíciletí n. l. v podobě větrných mlýnů, které sloužily k čerpání vody a úpravě obilnin. Energie větru sloužila v historii především v lodní dopravě, ještě koncem 19. stol. byly některé plachetnice schopny konkurovat některým lodím na parní pohon. Energie vody byla využita hlavně díky vodnímu kolu, jehož prvním využitím bylo zavlažování, později také kovářny a mlýny na obilí. Nelze opomenout ani vynález turbíny, kterou v roce 1827 sestrojil fyzik Benoît Fourneyron. Různé druhy turbín se v energetice používají po dlouhá desetiletí. (ŠKORPÍK, 2006-2008)

Velmi důležitým mezníkem byl vynález atmosférického parního motoru Thomasem Newcomenem, který byl dále upraven Jamesem Watem. Parní motor našel využití hlavně v dopravě, kdy poháněl lokomotivy a lodě. Využití páry odstartovalo průmyslovou revoluci, která zapříčinila změny ve všech aspektech lidské činnosti. Po parním motoru následoval v roce 1829 vynález plynového motoru Jeanem Lenoirem.

Jeho vynález vylepšil Nikolaus A. Otto a Rudolf Diesel, kteří využili kapalná paliva. Spalovací motor odstartoval revoluci v dopravě a strojírenství. Principy tehdejšího čtyřtakového spalovacího motoru jsou využívány dodnes. Ve stejném století došlo i k objevům vedoucím k využití elektřiny. Nejznámějšími průkopníky byli: Stephen Gray, jenž objevil přenos nabitých částic pomocí vodiče, a to již v roce 1727, Alessandro Volta sestrojil galvanický článek, Michael Faraday v roce 1831 přispěl se znalostmi elektromagnetické indukce a Z. Theofil Gramme vynalezl v roce 1870 generátor stejnosměrného proudu. Nelze opomenout ani T. Alva Edisona, který vyrobil první žárovku a v roce 1882 uvedl do provozu první veřejnou elektrickou síť. K dalšímu objevu srovnatelnému s elektřinou došlo až o několik desetiletí později. Před 2. Světovou válkou došlo k přelomovému objevu, který znamenal velký posun v energetice, ale zapříčinil také vznik zbraní hromadného ničení. Fyzik Otto Hahn objevil v roce 1938 štěpnou reakci, o čtyři roky později se uskutečnila první štěpná reakce i v USA pod vedením fyzika Roberta Oppenheimera. Tento experiment je spojen se vznikem prvního jaderného reaktoru. Při štěpení těžkých jader atomů se uvolňuje tepelná energie, které je v dnešních jaderných elektrárnách využíváno k výrobě elektřiny. V této kapitole shrnující největší vynálezy používané k využití nebo přeměnění energie pro potřeby člověka je třeba zmínit i fotovoltaický článek. První článek sestavil v roce 1883 Charles Frits, články jaké známe dnes, se začaly vyrábět až v roce 1954. (ŠKORPÍK, 2006-2008)

## **4.2 Energetické zdroje v současnosti**

Energetické zdroje jsou dnes prozkoumány a využívány nejvíce v lidské historii. Dá se předpokládat, že jejich spotřeba bude nadále stoupat. Proto také vyvstává otázka, jestli jich bude v budoucnu dostatek a kdy začnou docházet. Energetické zdroje můžeme dělit dle několika kritérií. Uvedu zde dvě dělení, která lze považovat za důležitá z hlediska určení původu zdroje a přístupu k jejich využívání.

### **Obnovitelné a neobnovitelné**

S tímto rozdělením energetických zdrojů se setkáváme poměrně často. Najít výstižnou definici, která by nevyvolávala polemiku je opravdu těžké. Kritickým bodem je otázka obnovitelnosti, která je vztažena k naší časové dimenzi. Pokud bychom uvažovali o

obnovitelnosti v rovině miliónů let, byla by i fosilní paliva obnovitelná. Naopak biomasa, která je všeobecně považována za obnovitelnou, kvůli své schopnosti obnovy závislé na procesu fotosyntézy, by se dala jako obnovitelný zdroj zpochybnit. Biomasa se po zpracování člověkem obnovuje, ale je možné, že při intenzivním využívání půdy k pěstebním účelům, dojde k její degradaci a v tomto určitém geografickém místě ztratí svoji schopnost obnovitelnosti. (RYBÁR, 2007)

Autoři knihy *Renewable energy resources* se nezaměřují na současný stav energetického zdroje. Obnovitelné zdroje popisují jako energetické toky ve volné přírodě, zatímco neobnovitelné zdroje jako zásobníky energie, které jsou bez přispění lidské síly pouhým zásobníkem potenciaální energie.

*„Obnovitelné zdroje energie jsou takové, které jsou získané z trvalých nebo opakujících se proudů energie vyskytujících se v přírodním prostředí. Zřetelným příkladem je solární energie, kde se opakovatelnost projevuje ve 24 hodinové periodě. Je třeba si uvědomit, že obnovitelná energie se vyznačuje hlavně svým prouděním v životním prostředí bez ohledu na člověkem vytvořená zařízení, jež tuto sílu dokážou ovládnout a využít v lidský prospěch. Neobnovitelné zdroje energie pocházejí ze statických zásobáren energie, jež je v nich vázána do té doby, než dojde k zásahu člověka. Klasickým případem je jaderné palivo a fosilní paliva jako je uhlí, ropa a zemní plyn. Je třeba si uvědomit, že energie je zpočátku pouze izolovaný energetický potenciál a jen vnější zásah zajistí přeměnu energie pro praktické účely.“* (TWIDELL, WEIR 1986)

Česká legislativa se k obnovitelným zdrojům energie (dále jen OZE) vyjadřuje v zájmu jejich podpory, snaze přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů, v zájmu udržitelného rozvoje a v zájmu zvyšování podílu elektřiny z těchto zdrojů. Přesně definuje, co je považováno za obnovitelné zdroje, dále ale neuvádí nic o neobnovitelných zdrojích. *„Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.“* (Zákon č. 180/2005 Sb.)



## Energetické zdroje dle původu

Níže uvedené dělení je založeno na co nejužším určení původu energie v rámci Sluneční soustavy. Vychází především z myšlenky, že naprostá většina energie má původ v energii, která vychází ze Slunce. Existuje tedy primární energie, která se k nám dostává formou slunečního záření, dále energie, která má původ ve slunečním záření a v případě jeho absence by nikdy nevznikla, energie vycházející z fyzikálních vlastností planety Země jako vesmírného tělesa a energie syntetická. Jde o tyto čtyři skupiny energetických zdrojů: Solární energie primární, Solární energie odvozená, Energetické zdroje pozemské a Syntetické zdroje. V tabulce 4.1 je navíc uvedeno o jaký druh energie jde a příklady.

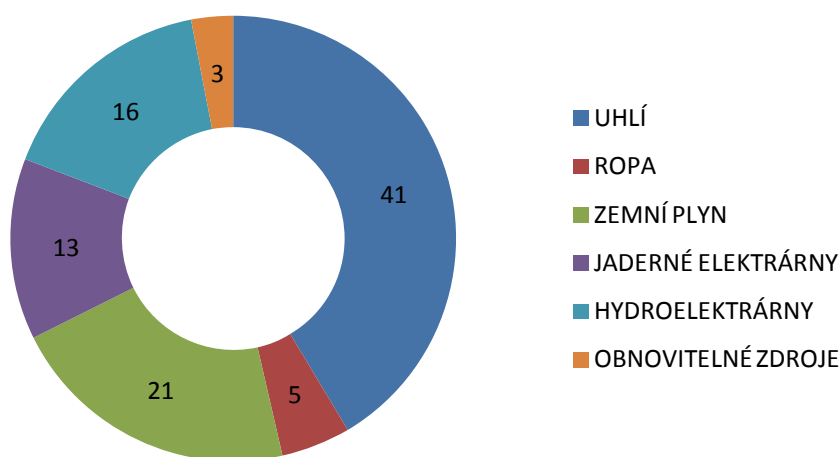
*Tab. 4.1: Rozdělení energetických zdrojů podle původu energie*

ZDROJ ENERGIE	DRUH ENERGIE		PŘÍKLAD
<b>Solární energie primární</b>	Energie slunečního záření		fotovoltaické články
<b>Solární energie odvozená</b>	Biopaliva	Fosilní	rop, uhlí, zemní plyn
		Subrecentní	hydráty metanu, rašelina
		Recentní (současná)	dřevo, bioláh, rostl. hmota, biologicky rozložitelné odpady
	Větrná energie		
	Oceánské zdroje		vlnění, podmořské proudy, teplo mořské vody
	Energie slapových sil Slunce a Měsíce		přílivová energie
<b>Energetické zdroje pozemské</b>	Jaderná energie		energie jaderného rozpadu, termojaderná fúze
	Gravitační energie		energie vodních toků
	Tepelná energie		geotermální, suché teplo hornin
	Rotační energie		
<b>Syntetické zdroje</b>	Syntéza uhlovodíků		
	Vodík jako nositel energie		

Zdroj: MATYÁŠEK, SUK (2010)

### 4.3 Světová spotřeba energie

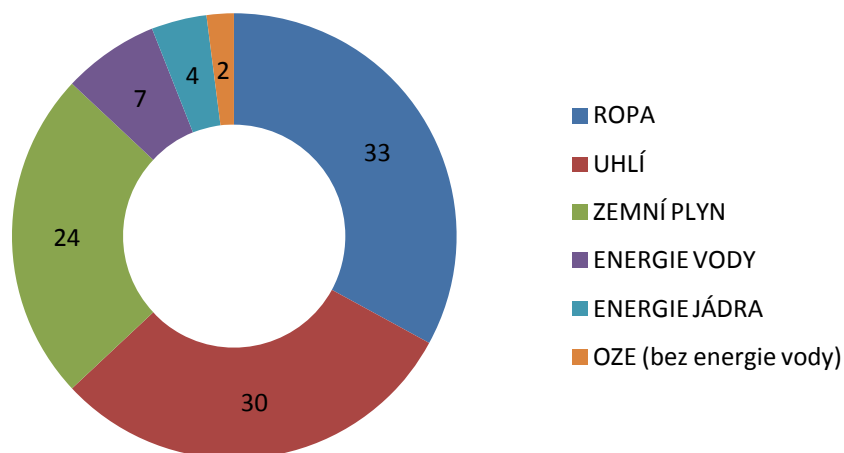
Drtivá většina energie využívaná člověkem pochází z fosilních paliv, uhlí, ropy a zemního plynu. Od počátku průmyslové revoluce začala strmě stoupat spotřeba uhlí, které se stalo palivem pro parní lokomotivy a topivem v domácnostech a veřejných budovách. Ačkoli došlo během 20. stol. k vytlačení uhlí z dopravy a bylo nahrazeno produkty z ropných derivátů, stalo se nejdůležitějším energetickým zdrojem pro výrobu elektřiny. V roce 2009 pocházelo celkem 41 % světové elektřiny právě z uhlí. V pořadí druhý, zemní plyn, se na výrobě podílí 21 %. Za zemním plynem následuje energie vyrobená v hydroelektrárnách se 16 % celosvětové produkce. Nejméně využívané jsou ostatní OZE (kromě energie vody)



**Obr. 4.1:** Celosvětová výroba elektřiny dle energetických zdrojů [%]

Zdroj: OECD (2012)

Ropa není klíčovou surovinou při výrobě elektřiny, ale je nejvyužívanějším energetickým zdrojem v celkové spotřebě energie. Využití je hlavně v dopravě. Paliva z ropných derivátů pohání naprostou většinu dopravních prostředků v silniční a letecké dopravě. V železniční dopravě jsou využívány v místech, kde nebyla trať elektrifikována. Ropa se nevyužívá pouze k energetickým účelům, ale i k výrobě stavebních materiálů, plastů, léčiv, kosmetiky a nachází uplatnění i v jiných oborech. Její celkový podíl na celkové světové spotřebě energie činí celkem 33 %, zatímco uhlí zabírá 30 % světové energetické spotřeby. Dále následuje zemní plyn s 24 %. OZE se podílí pouze 2 % celkové světové spotřeby energie. (Obr. 4.2)



**Obr. 4.2:** Světová spotřeba energie dle energetických zdrojů [%]

Zdroj: upraveno dle Institute for Energy Research (2013)

### 4.3.1 Závislost na fosilních palivech

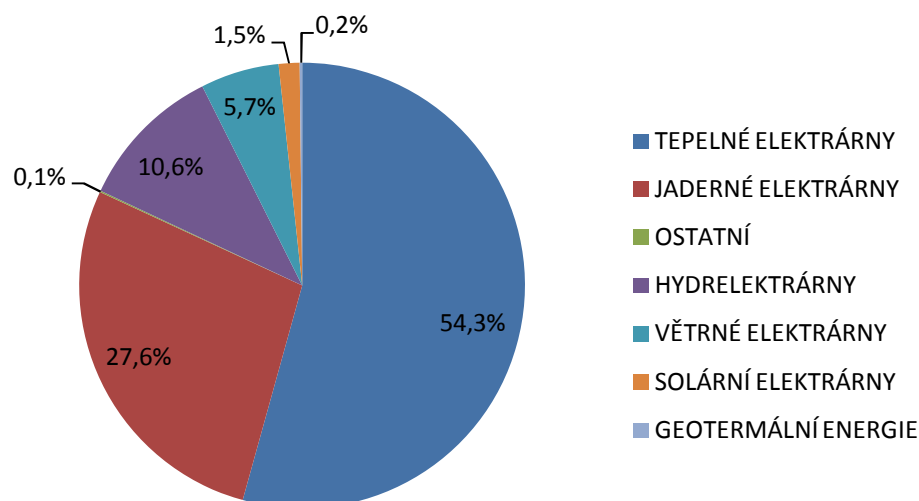
OZE jsou podle výše uvedených statistik o výrobě elektřiny a celkové světové spotřeby pouhým zlomkem a nemají velký význam. Ačkoli ještě před 250 lety se nevyužívalo téměř ničeho jiného, než obnovitelných zdrojů. K topení sloužilo dřevo, v dopravě se využívalo energie větru a zvířecí síly. Současná světová populace je na fosilních palivech závislá, což staví celou společnost do nepříjemné situace. V případě vyčerpání zdrojů se mohou všechny technologie pracující s konvenčními energetickými zdroji stát zbytečnými. Nárůst cen energií by pravděpodobně odstartoval nové světové konflikty. V případě méně katastrofického scénáře, kdy by došlo k pouhému výpadku, může způsobit chaos, v horším případě i pád celého společenského systému.

Fosilní paliva se v posledních desetiletích staly strategickou surovinou, kvůli které se vedou války, určují události světové politiky a jsou strategickou silou, která zajišťuje některým státům s bohatými nerostnými zdroji mít mocenský vliv. Názorný příklad je možné najít i v Evropě, kde jsou evropské státy z bývalého Sovětského svazu závislé na dodávkách zemního plynu z Ruska, stejně tak některé ze států bývalého východního bloku jako je Bulharsko, Rumunsko, Slovensko a Polsko. (LITERA, 2003)

V posledním desetiletí došlo v Evropě ke zvyšování podílu OZE na výrobě elektřiny. Tento fakt předznamenává, že je reálné snížit závislost na fosilních zdrojích, což je jedním z cílů Evropské unie. V roce 2011 pocházelo celkem 54,3 % elektrické

energie v EU-27 z tepelných elektráren, 27,6 % bylo z elektráren atomových a 10,6 % zajišťovaly hydroelektrárny. (Obr. 4.3) K porovnání statistik jednotlivých států o spotřebě energie slouží *hrubá národní spotřeba elektřiny*<sup>1</sup>. V případě této kapitoly je zájmovým ukazatelem podíl OZE k této hodnotě. Nejlepších výsledků v roce 2011 dosáhlo Rakousko, u nějž celkem 66,1 % hrubé národní spotřeby elektřiny pocházelo z OZE, podobných výsledků dosáhlo i Švédsko (59,6 %) a Portugalsko (46,5 %). (EUROSTAT, 2012)

Podíl OZE na hrubé domácí spotřebě elektřiny se v celé Evropě zvyšuje. EU-27 v roce 2011 dosáhlo hodnoty 21,3 %. Největší nárůst zaznamenalo mezi léty 2004 a 2011 Portugalsko, které využívalo o 18,3 % více. O více než 12 % došlo k navýšení v Německu, Dánsku a Španělsku, jež tuto hranici překročili o několik desetín procenta. (Příloha 1)



**Obr. 4.3:** Výroba elektřiny dle druhů elektráren v EU-27 v roce 2011

Zdroj: upraveno dle Eurostat (2013)

<sup>1</sup> Hrubá národní spotřeba elektřiny se vyjadřuje hrubou národní výrobou elektrické energie, ke které se přičte energie importovaná a odečte energie exportovaná. Vyjadřuje tak, kolik el. energie se spotřebovalo na území státu.

### 4.3.2 Energetické zdroje v ČR

Česká Republika nemá v porovnání se západní Evropou dlouholetou tradici ve využívání obnovitelných zdrojů. Nedisponuje vhodnými fyzickogeografickými podmínkami, které by zajistili dostatečné možnosti a variabilitu ve využívání OZE. Pouze ve zkratce se pokusím popsat současnou situaci v ČR. Národní produkce elektrické energie stojí na třech energetických zdrojích, kterými je uhlí, jaderná energetika a vodní energie. V roce 2011 pocházelo celkem 57,1 % z parních elektráren, jež převážně využívají hnědé a černé uhlí, 32,3 % vyprodukovali jaderné elektrárny (ERÚ, 2012). Tepelné elektrárny v ČR převažují a jsou lokalizovány především v místě těžby nebo při dopravních tepnách. V souvislosti s jejich provozem se nejvíce diskutuje o zastaralosti technologií a dopadu na ŽP. Při poklesu těžby uhlí je ohroženo jejich zásobování palivem. V současné době jejich další podpora a vývoj souvisí s těžebními limity, které blokují některá naleziště. Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín zajišťují asi 1/3 vyprodukované elektřiny. Jejich výstavba vyžadovala velké vstupní investice, ale nezatěžuje ŽP v takové míře jak elektrárny tepelné. Produkují ale jaderný odpad, který je třeba ukládat na bezpečná uložení. Dále se setkávají s odporem veřejného mínění. Například v Německu došlo po nátlaku veřejnosti ke změně energetické koncepce, která počítá s odpojením všech jaderných elektráren do roku 2022 (WAGNER, 2013).

Proti konvenčním energetickým zdrojům stojí OZE, které se na celkové produkci nepodílí valnou měrou. Podíl na hrubé výrobě elektřiny činí celkem 8,26 %. Za významné OZE lze označit pouze fotovoltaické (2,49 %) a vodní elektrárny (2,24 %). (BUFKA, ROSECKÝ 2012) Fotovoltaickým elektrárnám se v posledních letech dostalo štědré státní podpory, ačkoli území našeho státu není dostatečně osluněno. Vzhledem k tomu, že naše krajina je přesycená solárními panely, nedá se předpokládat, že by se rozvoj OZE ubíral tímto směrem. Vodní elektrárny mají v ČR dlouholetou tradici. Máme dostatek řek, ale většina z nich na našem území pramení, a proto nemají dostatečný energetický potenciál. Nejvýznamnějšími elektrárnami jsou vodní díla na vltavské kaskádě, jež mají celkový instalovaný výkon 706 MW. Další rozvoj v tomto směru se nedá očekávat, potenciálními budoucími producenty elektrické energie mohou být pouze malé lokální projekty na jezích, nebo menších vodních tocích. V posledních letech došlo u nás k rozvoji větrných elektráren. Podmínky nejsou ale příznivé, většina území ČR má energetický potenciál maximálně

30 % využití roční doby zapříčiněný kopcovitým terénem, vegetací a hustým osídlením. Většina větrných elektráren je lokalizována na hřebenech Krušných hor, Jeseníků a Českomoravské vrchoviny (NOSKIEVIČ, 2004). Podíl na hrubé výrobě elektřiny je 0,45 % (BUFKA, ROSECKÝ 2012). Velkým potenciál, jak u nás tak ve světě, má využití biomasy a odpadu. Biomasa disponuje širokým energetickým potenciálem od obyčejného spalování dřeva, přes energeticky využitelné organické odpady až po pěstování energetických plodin. Biomasu lze využít při výrobě tepla, elektřiny nebo pohonných hmot (etanol, bionafta). (OCHODEK, 2004) Velký potenciál je při kombinaci výroby elektřiny a tepla v kogenerační jednotce, což je případ bioplynové stanice Kněžice.

Vývoj celého energetického hospodářství se odvíjí od *Státní energetické koncepce* (dále jen SEK), kterou vydává Ministerstvo průmyslu a obchodu. Současná SEK pochází z roku 2004 a byla aktualizována v roce 2010. Tento dokument určuje směr energetické politiky na 30 let dopředu. Výše zmiňovaná aktualizace proběhla kvůli podpisu Lisabonské smlouvy, které zvyšuje integraci EU a ve zvláštní kapitole formuje základní cíle společné energetické politiky. V SEK jsou popsány realizační nástroje, pomocí nichž má být vytyčených cílů dosaženo. SEK počítá s OZE, podporuje společnou výrobu elektřiny a tepla, podporuje využívání alternativních paliv v dopravě, popisuje opatření proti rizikům růstu dovozní energetické závislosti a plánuje státní energetické rezervy. SEK také počítá s jadernou energetikou a nevyklučuje přehodnocení těžebních limitů. (AKTUALIZACE STÁTNÍ ENERGETICKÉ KONCEPCE ČESKÉ REPUBLIKY, 2010)

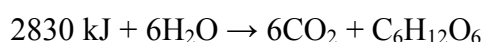
## 5 Biomasa a produkce bioplynu

### 5.1 Biomasa

Biomasa je termínem, s kterým se v posledních letech často setkáváme v souvislosti s OZE. Ačkoli nejde o žádný velký objev, protože biomasa zde byla ještě dříve než člověk, její význam v současnosti nabývá na síle. Jde o první energetický zdroj, který člověk začal využívat, a proto považují za pozitivní, že společnost hledá způsoby, jak tento zdroj co nejefektivněji využít ve svůj prospěch. Dříve než se dostaneme k jádru věci, je třeba si daný termín definovat.

*Biomasa obecně je veškerá organická hmota na Zemi, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Jedná se o těla všech organismů, živých i mrtvých, od největších druhů až po mikroskopické – tj. živočichů, rostlin, hub, bakterií a sinic (BECHNÍK, 2009).*

Biomasa představuje organický materiál, který vznikl procesem fotosyntézy. V prvotní formě existuje jako rostlinná hmota (fytomasa), která se díky potravnímu řetězci může transformovat na hmotu živočišnou. Proces fotosyntézy je základní biochemický proces, který zapříčiňuje vznik fytomasy. Vstupními látkami je oxid uhličitý a voda, produktem je pak kyslík a glukóza, která později slouží k tvorbě fytomasy, jako je například celulóza. Jde o endotermickou reakci, při níž se tedy spotřebovává teplo. (ŠKORPÍK, 2006-2008)



V odborné literatuře najdeme dělení biomasy podle různých kritérií. Ve své diplomové práci se omezím pouze na jedno stručné dělení energeticky využitelné biomasy na tři základní druhy. Prvním je **biomasa cíleně pěstovaná a biomasa volně se vyskytující v přírodě**. Jde o organickou hmotu, která je záměrně pěstována člověkem za účelem energetického využití. Tuto biomasu představují energetické plodiny, které slouží k výrobě tepla, elektřiny nebo organických uhlovodíků. Jde například o obilniny, olejninu, šťovík a rychle rostoucí dřeviny (vrba, pajasán, olše, lísky, jeřáby). Mimo ně existují samozřejmě rostliny volně se vyskytující v přírodě, z nichž se produkuje především palivové dřevo. Druhou skupinou energeticky využitelné biomasy je **odpadní biomasa** z rostlinné výroby (sláma, plevy, zbytky z čištění zrnin), z živočišné výroby (kejda, hnůj, močůvka) a odpadní biomasa z těžby a

zpracování dřeva (piliny, odřezky, štěpka). Třetí skupinou je **biologicky rozložitelný odpad**: komunální, průmyslový a odpadní vody. (BECHNÍK, 2009)

Využívání biomasy k energetickým účelům je zakotveno i v legislativních dokumentech ČR. *Vyhláška o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů* (dále jen vyhláška) uvádí, jakými procesy lze vyrobit z biomasy elektřinu tak aby byla považována za podporovanou. Jde o zplynování, spalování, anaerobní fermentace, spalování biokapalin a současné spalování různých druhů paliva, které je blíže definováno. Ve vyhlášce jsou určeny i podmínky pro výrobu podporovaného tepla. Mimo jiné vyhláška uvádí výčet druhů biomasy cíleně pěstované, biomasy ze zemědělských zbytků, z odpadních vod, průmyslových výrob lihu: oleje, tuku, mýdla, papíru, dále pak ze zbytků ze zpracování dřeva a také biologicky rozložitelné zbytky z kuchyní a stravoven. Ve výčtové tabulce je u každého druhu biomasy uveden i proces, kterým lze dosáhnout produkce podporované elektřiny a tepla. (Vyhláška č. 477/2012 Sb.)

Po získání biomasy ať už záměrně vypěstované nebo odpadní vyvstává otázka jak s danou surovinou naložit. Existuje mnoho procesů neboli konverzí, díky nimž jde energii uvolnit v podobě tepla nebo jiné sloučeniny, která je dále využitelná k energetickým účelům. Některé z těchto konverzí fungují v přírodě bez zásahu člověka, jiné je třeba uměle vyvolat a regulovat. Tyto procesy jsou podrobněji popsány v tabulce 5.1, která uvádí *typ konverze, způsob konverze*, kterým dochází k uvolnění energie, *energetický výstup a odpadní materiály nebo druhotné suroviny*.

V případě mého sledovaného energetického zdroje *Energetika Kněžice s.r.o.* jde o AF, při které vzniká bioplyn následně spalovaný v kogenerační jednotce. Po spálení vzniká teplo a elektřina, odpadním materiálem je fermentovaný substrát, který je využíván jako hnojivo.



*Tab. 5.1: Využití biomasy k energetickým účelům*

<b>TYP KONVERZE</b>	<b>ZPŮSOB KONVERZE BIOMASY</b>	<b>ENERGETICKÝ VÝSTUP</b>	<b>ODPADNÍ MATERIÁL NEBO DRUHOTNÁ SUROVINA</b>
<b>Termochemická</b>	spalování	teplo	popeloviny
	zplyňování	generátorový plyn a teplo	dehtový olej uhlíkaté palivo
		generátorový plyn a teplo	dehtový olej pevné hořlavé zbytky
<b>Biochemická</b>	alkoholová fermentace	etanol, methanol	vykvašený substrát
	aerobní fermentace	teplo	fermentovaný substrát
	anaerobní fermentace	bioplyn	fermentovaný substrát
<b>Fyzikálně-chemická</b>	esterifikace bioolejů	metylester biooleje	glycerín

Zdroj: ŠKORPÍK (2006-2008)

### **5.1.1 Biomasa a odpady**

Tyto dva termíny z nadpisu jsou širší veřejnosti dobře známé. Biomasa je všeobecně známá jako čistý zdroj energie. Při vyslovení slova odpad si většinou představíme odpad komunální, který každý z nás produkuje ve své domácnosti. Odpad v nás také evokuje něco, co zatěžuje životní prostředí. Oba termíny mají něco společného, a sice to, že mohou být zdrojem energie při výrobě elektřiny nebo tepla. Biomasa a odpad mají i další využití při výrobě kapalných biopaliv, což je uvedeno ve statistikách MPO ve výčtech o celkové energii z OZE. Tyto údaje ale nespádají do mého tématu, proto je pro lepší přehlednost informací nebudu zmiňovat. Definování pojmů biomasa a odpadu je celkem jednoduché. Složitější je ale jejich popsání v kontextu energetického zpracování. Biomasa a odpad se navzájem prolínají jak ve statistických výkazech tak fyzicky při vzniku, přepravě a zpracování. Dá se říci, že ještě před několika desetiletími byla za odpad považována veškerá hmota organického původu, která neposloužila jako potrava, krmivo či topivo nebo nebyla jinak využita při činnostech člověka. Dnes umíme některé organické zbytky využít k energetickým účelům, proto už ve své podstatě nejsou odpady ale energetickými surovinami. Tyto odpady podléhají zákonům o nakládání s odpady, v případě že jde o látky organického původu využívané k energetickým účelům, nakládá se s nimi jako s biomasou. Celá

problematika je dosti složitá, proto se ji pokusím v následujících odstavcích objasnit. Nejprve ale uvedu příklad, kdy není zcela zřejmé, jestli jde o odpad nebo biomasu chápanou jakou OZE. Například komunální odpad obsahuje biologicky rozložitelnou část (ve statistikách uváděnou jako BRKO), která je považována za biomasu. V případě vytrídění by se dala využít v bioplynových stanicích, v případě skládkování je vedena jako komunální odpad, který lze následně využít jako zdroj skládkového plynu. V případě přímého spalování shoří ve spalovnách mnoho syntetického materiálu, ale díky BRKO lze toto spalování částečně považovat za využití OZE, protože při něm bylo využito biomasy. Ve statistikách MPO se ale toto energetické zhodnocení objeví v položce energeticky využívané odpady. BRKO je tedy současně komunálním odpadem a biomasou využitelnou k energetickým účelům. Ke klasifikaci není potřeba pouze informace, zda je látka organického původu, ale také informace o tom, jak se s ním bude dále nakládat a k jakému účelu poslouží. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

### **5.1.2 Biomasa ve statistikách o obnovitelných zdrojích energie**

Jak už bylo napsáno v předchozí kapitole, biomasa a odpady se navzájem prolínají. Metodika národních statistik má za cíl co nejlépe určit zdroj a způsob, jakým byla biomasa využita k výrobě zelené energie. Statistiku vydává MPO a spolu s výkazy o využívání biomasy je možné v dokumentech najít i přesné metodologické postupy, jak se data vyhodnocují. Jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, biomasa spadá současně do několika kategorií, které jsou považovány za OZE. Dále je třeba odlišit využití biomasy pro výrobu elektřiny a jako součást celkové produkované energie, tedy i pohonných hmot. U pohonných hmot se nesleduje hmotnost využití biomasy ale produkce jednotlivých látek v tunách. Z biomasy se produkuje bionafta na bázi methylesterů a také ethanol používaný v lihobenzínových směsích E85 a E95. U výroby elektřiny jde o několik kategorií využitelné biomasy. Zjednodušeně se dá říci, že jde o způsob, jakým se energie z biomasy získává. Jednotlivé kategorie jsou následující: energetické využití biomasy, energetické využití biologicky rozložitelné části TKO a energetické využití bioplynu. Dále jde využít ještě biomasu, jež má původ v průmyslových nebo nemocničních odpadech, ve statistikách není ale uveden žádný využívaný odpad. Existují dva důvody zapříčínující absenci těchto údajů. Zaprvé, tento odpad se dá velmi efektivně využít v BS, kdy ale nedochází k přímému spalování ale spalování bioplynu, proto se tato energie objevuje v jiné statistické kategorii, a to ve

výkazech o energetickém využití bioplynu. Zadržé existuje nedostatek podrobných informací o přiměném spalování nemocničního a průmyslového odpadu. Celkové využití biomasy ve všech výše zmiňovaných kategoriích se podílelo na produkci 3,08 % hrubé výroby elektřiny v roce 2011. Kapacitně šlo o 2 703 476 MWh, což je v porovnání s rokem 2003, kdy bylo vyprodukováno 490 416 MWh, více než pětinasobek. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

### 5.1.3 Energetické využití biomasy

Ve statistikách MPO tato kategorie znamená spalování biomasy pro výrobu tepla a elektřiny, kde je přímo uvedeno: *Energetickým využíváním biomasy se pro účely této energetické statistiky rozumí spalování dřevní a rostlinné hmoty, včetně celulósových výluhů a to jak samostatně, tak spolu s neobnovitelnými palivy za účelem výroby elektřiny a tepla. Pracovně je biomasa zjednodušeně rozdělována na následující kategorie: Palivové dřevo; Dřevní odpad, piliny, kůra, štěpky, zbytky po lesní těžbě; Rostlinné materiály; Brikety a pelety; Celulósová výluha; Kapalná biopaliva (pro energetické využití); Ostatní biomasa; Dřevěné uhlí (není statisticky sledováno).* (BUFKA, ROSECKÝ 2012) Celkově se z těchto surovin a druhotných produktů získalo 1,92 % hrubé výroby elektřiny (procentuelní podíl na všech zdrojích včetně tepelných a jaderných elektráren). Toto číslo není sice vysoké, ale zamyslí-li se nad tím, že energie z fotovoltaiky je pouze o 0,5 % více, vyvolává otázku, zda by se zemědělská půda pokrytá solárními panely, nedala využít k pěstování rychle rostoucích dřevin. Do statistických výkazů o výrobě elektřiny byly zahrnuty všechny firmy, které danou činnost ve sledovaném roce provozovaly. Do statistik nebyli zahrnuti drobní provozovatelé, kvůli problematickému střídavému provozu. Vzhledem k obrátům v národní energetice, jde ale o zanedbatelná čísla. Největší podíl na výrobě elektřiny z biomasy nemělo palivové dřevo, které končí převážně v lokálních topeništích, ale dřevní odpady, až 2/3 elektřiny ze spalované biomasy dodané do sítě pocházelo z této kategorie. Dalším sledovaným údajem je výroba tepelné energie, kde se nepočítá s výrobou tepla v domácnostech. Lokální topeniště domácností nejsou do statistiky zahrnuty kvůli skutečnosti, že o nich není veden žádný registr a jejich počet a výkonnost není monitorována. U výroby tepelné energie jsou ve statistikách zahrnuty všechny subjekty s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla, dále tepelné zdroje s instalovaným výkonem nad 200 kW a subjekty s více jak 20 zaměstnanci. Obdobně jako u výroby

elektřiny asi 70 % tepelné energie pocházelo z dřevních odpadů. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

#### **5.1.4 Energetické využití biologicky rozložitelné části TKO**

V této statistice je záměrně zdůrazněno, že jde o *tuhý* komunální odpad a o jeho *biologicky rozložitelnou část*. Mimo něj existuje ještě tekutý odpad, do kterého patří například odpadní vody, jež nespádají do této kategorie. Odpadní vody obdobně jako biologicky rozložitelný odpad z potravinářského průmyslu se využívají k výrobě elektřiny a tepelné energie v BS, proto jsou zahrnuty ve statistikách o energetickém využití bioplynu. Komunální odpad je odpad produkovaný domácnostmi, jehož naprostá většina končí v popelnici nebo jako vytríděný odpad, jež se dá recyklovat. Nevytříděný komunální odpad (dále jen komunální odpad) končí buď na skládkách, nebo ve spalovnách. Využitím BRKO se rozumí jeho spalování v rámci spalování TKO ve spalovnách za účelem výroby tepla nebo elektrické energie. Přesné změření biologicky rozložitelné části v TKO není možné, proto se používá koeficientu, kterým se vypočítá celkové využití OZE. Mezinárodní energetická agentura doporučuje stanovení 50 % pro energii vyrobenou z BRKO. V Německu se používá koeficientu 61 % a v ČR 60 %, u jednotlivých členských států EU se toto číslo může lišit. Tento údaj je určen vzhledem k výhřevnosti a hmotnosti. Procentuelní číslo neznamená hmotností podíl ale poměr energie z OZE k energii ze zbytku odpadu, který není organického původu (v případě ČR jde 40 % energie). (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

Energie pocházející z BRKO se považuje za obnovitelnou, ale objevuje se jen ve statistikách. Státní podpora obnovitelných zdrojů se na ní nevztahuje. Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, počítá sice s komunálním odpadem, ale pouze pokud je BRKO vytríděný. (Zákon č. 180/2005 Sb.)

#### **5.1.5 Energetické využití bioplynu**

V této části se konečně dostáváme ke klíčovému energetickému zdroji, s nímž bude souviset následující část diplomové práce. *V energetické statistice MPO je bilancován energeticky využitý bioplyn jímáný při anaerobní fermentaci na komunálních a průmyslových ČOV, při fermentaci průmyslových odpadů (např. potravinářských) a skládkový plyn přímo jímáný z tělesa skládek.* Definice obsahuje několik procesů a

zdrojových míst, kde lze bioplyn jímat nebo vyrábět. V praxi se ale některé suroviny z různých zdrojových míst zpracovávají v jedné BS na základě jednoho procesu. Proto považují za předmětné uvést zde rozdělení BS, jaké je využíváno ve statistikách MPO, ačkoli ERÚ rozděluje licencované výroby bioplynu na základě ještě obecnější metodiky. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

- Bioplynové hospodářství na komunálních ČOV je forma produkce bioplynu, který je jímaný při čištění odpadních vod. Spalováním bioplynu produkují elektřinu a teplo. Vzhledem ke zvýšeným provozním nárokům energie končí většina produkované energie v zázemí energetického zdroje. Slouží k vytápění objektů a reaktorů a k ohřevu teplé vody. Do sítě je dodáváno zhruba 10-20 % produkované elektřiny. V ČR nejsou instalované technologie zaměřené na produkci tepla, tepelná energie je spotřebována v provozovnách nebo se ztratí v chladičích. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)
- Bioplynové hospodářství na průmyslových ČOV není v našich podmínkách tolik zastoupené, jde řádově o jednotky v počtu provozoven. Jejich příspěvek do energetické soustavy je zanedbatelný.
- Bioplynové stanice jsou v současné době nejvíce se rozvíjející kategorií, která produkuje nejvíce MWh elektřiny. Od roku 2003 produkce mnohonásobně vzrostla, do provozu bylo uvedeno mnoho nových BS. Tento druh výroby využívá řízenou AF k produkci bioplynu. Od ostatních kategorií výroby bioplynu se liší značně vysokými investičními náklady.
- Skládkový plyn je z hlediska efektivity energie předané mezi zdrojem a uživatelem nejefektivnější. Více než 90 % elektřiny je dodáváno do sítě. Nejprve byl bioplyn pouze bezúčelně spalován na flérách, teprve později se přešlo na využívání skládek jako zdroj energie. Ačkoli jde o provozně nenáročnou výrobu bioplynu, její potenciál je téměř vyčerpaný, vzhledem k omezenému množství skládkových těles. Využití skládkového plynu lze objemově přirovnat k průmyslovým ČOV. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

Výše uvedené zdroje bioplynu budou dále rozebrány v kapitole 5.2.6, kde se zaměřím na celkové objemy a další charakteristiky produkovaného bioplynu. U jednotlivých producentů je třeba si uvědomit jejich primární účel. Zatímco produkce bioplynu na čistírnách odpadních vod a skládkách je doprovodný jev, bioplyn

produkovaný v BS je účelný proces, kde je cílem vytěžit co nejvíce energie. Tento fakt se promítá hlavně do rozdílů mezi produkovanou energií a energií danou k dispozici mimo provozovnu, v případě elektřiny jde o energii dodanou do sítě, v případě tepla jde o přímé dodávky spotřebitelům. U elektřiny je nejefektivnější skládkový plyn, protože zázemí skládek není energeticky náročné, většinou jde o jednu nebo dvě administrativní budovy nebo garáže. Proto až 90 % vyprodukované energie je dodáváno do sítě. Oproti tomu je nízká efektivita u ČOV, které hodně energie spotřebují. BS jsou z hlediska energie dodané do sítě v pozitivních hodnotách, většinou dodávají více než 3/4 vyprodukované elektřiny do sítě. Jiná situace je při produkci tepla. Je třeba brát v úvahu, že na jednotlivých provozovnách, ať už jde o jakýkoli typ, se používají jiné technologie využívající bioplyn a také jiná forma energetické transformace. Zatímco při přímém spalování je produkce zaměřená na teplo, při spalování v kogenerační jednotce je primární cílovou energií elektřina a teplo je sekundární, získává se chlazením kogenerační jednotky. ČOV naprostou většinu vyprodukovaného tepla spotřebují ke svému provozu. Podobná situace je i u bioplynových stanic, které většinu tepla využijí k udržování fermentační reakce, jež sama o sobě spotřebovává teplo. Ke spotřebitelům se dostane pouze 20 % tepla. Nejlépe jsou na tom opět provozovny skládek, kde se 70-80 % tepla využívá ke spotřebě mimo zázemí skládky. (BUFKA, ROSECKÝ 2012)

## 5.2 Bioplyn

V předchozí kapitole 5.1 o biomase jsem se věnoval souvislostem mezi využíváním biomasy a bioplynu. Energie bioplynu je vlastně energie biomasy, která stojí u základních procesů, při nichž bioplyn vzniká. Bioplyn je alternativní zdroj energie, který je dnes na vzestupu a představuje značnou perspektivu v budoucnosti energetiky našeho státu. Pojem bioplyn v posledních letech zobecněl a širší veřejnost ho většinou chápe jako ekologický zdroj energie. Význam tohoto pojmu je ale mnohem širší a dá se jimi vyjádřit vícero plyných směsí produkovaných během biochemických procesů. Z chemického hlediska jde o směs složenou z metanu ( $\text{CH}_4$ ), oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a dalších plynů jako je vodík, sirovodík a siričné a dusíkaté sloučeniny, které jsou obsaženy ve stopovém množství. V ideálním případě obsah  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$  tvoří 100 % plyné směsi. Tato směs je výsledkem činnosti a anaerobních organismů, které produkují metan. *Obecně lze název bioplyn použít pro všechny druhy plyných směsí, které vznikly činností mikroorganismů. Tím je vyjádřeno, že všechny druhy bioplynů anaerobního původu vznikají principálně stejným způsobem, ať probíhá metanogenní proces pod povrchem země, v zažívacím traktu živočichů, zvláště přežvýkavců, ve skládkách komunálního odpadu, v lagunách, nebo v řízených anaerobních reaktorech. V technické praxi se ustálil název bioplyn pro plynou směs vzniklou anaerobní fermentací vlhkých organických látek v umělých technických zařízeních (reaktorech, digestorech, lagunách se zařízením na jímání plynu atd.)* (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ 2004) Směs metanu a dalších plynů vzniklých při AF lze najít i pod jinými názvy. Některé z nich se objevují ve statistikách jako podkategorie bioplynu. Anaerobní organizmy v neřízených reakcích, tedy ve volné přírodě, stály za vznikem i zemního plynu, který vznikl anaerobním rozkladem v prehistorických dobách. Principálně jde o tu samou plynou směs jako u bioplynu. Obsah metanu ale dosahuje 98 %, proto je energeticky hodnotnější. Zemní plyn není řazen mezi obnovitelné zdroje ani mezi alternativní paliva. Obdobnou směs obsahuje i důlní plyn, který ale nemá energetické využití pro svoji výbušnost ve směsi se vzduchem. Kalový plyn je směs vznikající ve volné přírodě rozkladem organických usazenin. Je produkován v různých přírodních areálech. Jeho uvolňování probíhá v přírodních nádržích, jezerech, močálech ale i na dně oceánů a moří. Kalový plyn je také produktem biochemických reakcí v čistírenských kalech. Jeho využití se objevuje ve statistikách o produkci bioplynu a je využíván k energetickým účelům. Stejně tak i skládkový plyn, který vzniká

z komunálního odpadu. Jeho složení je velmi proměnlivé. Plynná směs je energeticky využívána díky procesu odplynění skládek komunálního odpadu. Jeho produkce je také vykazována ve statistikách o produkci bioplynu. V ČR má využívání skládkového bioplynu tradici a v celkové produkci není rozhodně zanedbatelný. Jak už bylo řečeno, metan je obsažen i ve střevních plynech přežvýkavců, které ho při vylučování vypouští ven. I tato forma plynové směsi je považována za bioplyn. (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ 2004)

Ať už vzniká bioplyn kdekoli, za vším stojí proces AF. Jako řízený proces se začala využívat až ve 20. století. Samotná hodnota a využívání bioplynu byly objeveny už dříve. AF lze částečně řídit vytvořením vhodných podmínek a ovlivněním výrobních faktorů. Její principy a zákonitosti budou podrobněji rozebrány v následující kapitole.

### **5.2.1 Anaerobní fermentace**

AF je biochemická reakce, kdy je v anaerobních podmínkách rozkládán organický materiál. Pro tuto reakci se v odborné literatuře používá více názvů: metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace nebo biochemická konverze organické látky. Zásadní je v této reakci absence kyslíku, ve kterém metanogenní organismy nejsou schopny přežít. Výsledkem AF je směs plynů s majoritním obsahem metanu a stabilizovaný anaerobní materiál (také nazývaný fermentační zbytek, digestát, fermentát). Princip této biochemické reakce je založen na symbióze metanogenních, autotrofních a hydrogenotrofních organismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Jde o vícestupňový proces, který se skládá z více fází, které musí být ve správné rovnováze. Jednotlivé fáze probíhají simultánně, proto je možné provozovat řízenou formu reakce v jednom fermentoru, kdy nemusí být se substrátem manipulováno. (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ 2004)

- I. Hydrolýza – Je první fází AF a probíhá ještě za přítomnosti kyslíku. Hydrolytické organismy nevyžadují čistě bezkyslíkaté prostředí. Enzymy těchto organismů rozkládají makromolekulární látky (polysacharidy, proteiny, lipidy) na jednodušší organické látky. Předpokladem pro správné započetí procesu je dostatečný obsah vlhkosti, nejlépe pokud fermentát obsahuje více než 50 % hmotnostního podílů.



- II. Acidogeneze – Na začátku této reakce není prostředí ještě čistě anaerobní. Během acidogeneze ale dojde definitivnímu odstranění kyslíku.
- III. Acetogeneze – Acidogenní kmeny bakterií přeměňují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), vodík ( $\text{H}_2$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ). Tyto látky jsou klíčové při závěrečné fázi, protože umožňují metanogenním organismům produkci metanu.
- IV. Metanogeneze - *Metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) na metan ( $\text{CH}_4$ ) a oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ), hydrogenotrofní bakterie produkují metan ( $\text{CH}_4$ ) z vodíku a oxidu uhličitého. Metanogenní fáze probíhá přibližně pětikrát pomaleji než zbylé tři fáze. Při této fázi jsou aktivní čistě anaerobní organismy. Pokud by se k nim dostal vzdušný kyslík, došlo by k zastavení celého procesu. Tyto bakterie jsou dále náchylné na změnu teplot, pH a další inhibiční vlivy.*  
(PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ 2004)

Celý proces je ovlivňován několika faktory, které zajišťují správný průběh a výsledné složení bioplynu. Pokud je chod narušen, může dojít k zastavení reakce, nebo je vyprodukován bioplyn velmi špatné kvality s malým obsahem metanu. Jak už bylo poznamenáno, správný začátek reakce je zajištěn dostatečnou vlhkostí, jež má být vyšší než 50 %. Metan nevzniká z kapalin ale z organické sušiny, která je ve směsi obsažena. Podíl této sušiny je také klíčový, pokud je její obsah menší než 3 %, je produkce bioplynu tak nízká, že se ho nevyplácí vyrábět. Což je také důvodem proč, výroba bioplynu na ČOV probíhá až po separaci čistírenských kalů. V BS nelze vyrábět bioplyn pouze z močůvky nebo ze splaškových vod, které jsou sice v bioplynové stanici také využívány, ale jejich podíl v celkovém množství zpracovaného materiálu je velmi malý. Důležitým faktorem je pH fermentované směsi. Hodnota se během jednotlivých fází mění, na vstupu je ale optimální dávkovat směs o neutrálním pH. Naprosto zásadním je optimální teplota. Při AF probíhají endotermické procesy, které vyžadují dodávku tepla. Ve volné přírodě je toto zajišťováno především atmosférickými vlivy a teplotou půdy. Při řízených akcích je potřeba tepelnou energii dodávat. Zde je na místě srovnání s procesem aerobní fermentace (kompostování), kdy je organický materiál rozkládán aerobní cestou a teplo naopak vzniká, laicky se mluví o tom, že kompost se zahřívá. Významným parametrem je poměr uhlíkatých a dusíkatých látek ve fermentovaném materiálu. Obecně se dá konstatovat, že výše zmiňované faktory platí

pro AF, ať už probíhá kdekoli. Jednotlivé technologie BS mají za cíl vytvořit vhodné podmínky udržení těchto faktorů v rovnováze. Jejich podrobnější analýza bude aplikována na konkrétní výrobní technologie bioplynové stanice Kněžice. (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ 2004)

Při řízené výrobě metanu v BS se používají dvě základní metody: anaerobní fermentace mokrých organických materiálů a anaerobní fermentace suchých organických materiálů. Často se můžete setkat rozdělením „suchá“ a „mokrá“ metoda. Pojmenování je odvozeno od obsahu sušiny ve fermentovaném materiálu. Mokrý metoda je více rozšířená, více prozkoumaná, ale počáteční investice je náročnější a provozní náklady vyšší než u suché metody. Materiál se musí před uložením do reaktoru upravit a dále promíchávat. Většina zařízení je dimenzována na kontinuální produkci bioplynu. Obsah sušiny nesmí stoupnout do takové míry, aby byla ohrožena čerpatelnost materiálu. Jsou pro ni vhodnější organické materiály s vysokým obsahem kapaliny, jako je kejda, splašky, kaly z čistírny odpadních vod. Většinou je tato metoda vázána na zemědělskou výrobu. Oproti tomu suchá anaerobní fermentace nachází využití pro mnohem více organických materiálů. Variabilita je navíc žádána kvůli získání bioplynu s vyšší koncentrací metanu. Obsah sušiny je zpravidla vysoký, proto se tato metoda hodí spíše pro tuhé organické materiály, jako jsou energetické plodiny, travní senáž, hnůj, nebo tuhé organické odpady ze zemědělství a potravinářství. Materiál se na vstupu neupravuje a během reakce nepromíchává. Veškerá hmota se naloží do fermentoru, kde dochází k anaerobní reakci. Produkce metanu je během reakce proměnlivá. (POSPÍŠIL, 2011)

### 5.2.2 Materiály fermentované během anaerobních procesů

Proces anaerobní fermentace probíhá ve volné přírodě, kdy je většinou rozkládaným organickým materiálem biomasa rostlinného původu. V případě řízených reakcí jde o celou škálu organických materiálů, které ovlivňují konečné složení bioplynu. Jejich dávkování lze naplánovat a ovlivnit tím požadovanou výtěžnost. Pokud se zaměříme na organický materiál z chemického hlediska na molekulární úrovni, jde o tři hlavní skupiny látek, ze kterých se bioplyn tvoří. První skupinou jsou **polysacharidy** obsažené ve fytomase. Fytomasa je biomasa rostlinného původu, proto jsou tyto polysacharidy základem pro AF. Důvodem je především fakt, že fytomasa je nejdostupnějším materiálem, který lze získat cíleným pěstováním, zužitkováním volně

se vyskytujících rostlin nebo vytříděním odpadů. Dále je fytomasa součástí potravního řetězce využívanou býložravci. Mezi polysacharidy patří zejména škrob, celulóza a hemicelulózy. Nejlépe rozložitelným je škrob, který se hydrolyzuje na jednodušší sacharidy. Škrobová zrna rostlin obsahují 10-20 % polysacharidů rozpustných ve vodě. Celulóza je v biotechnologickém procesu relativně málo rozložitelná. Její hydrolyza probíhá pouze za přítomnosti celulolytických enzymů, jež jsou přítomny během trávicích procesů přežvýkavců. Další chemickou skupinou rozkladatelnou během anaerobních procesů jsou **lipidy**, u laické veřejnosti ztotožňovány s termínem *tuky*. Lipidy se vyznačují poměrně vysokou výtěžností metanu. Enzymová hydrolyza u nich probíhá poměrně snadno. Problémy nastávají kvůli technologickým vlivům. Chemicko-fyzikální vlastnosti lipidů způsobují jejich usazování na hladině tekutého substrátu, oddělují se od homogenizované směsi a mohou zvyšovat tvorbu pěny. **Proteiny** (bílkoviny) jsou třetí skupinou organických materiálů, které mají uplatnění při tvorbě metanu. Proteiny se vyskytují v tkáních živočichů nebo rostlin. Jejich výskyt je buď samostatný nebo ve spojitosti s nukleovými kyselinami, sacharidy nebo lipidy. Proteiny jsou organicky dobře rozložitelné a mají vyšší metanový výnos než sacharidy a lipidy. *Proteiny jediné z výše uvedených substrátových skupin obsahují ve svých molekulách heteroatomy. Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují také síru a hlavně dusík. Dusík při anaerobní fermentaci přechází v amoniak, který při vyšších koncentracích může způsobovat inhibici tvorby metanu.* (DOHÁNYOS, 2014)

Materiálů rozložitelných anaerobními organismy je celá řada a rozhodně není možné jmenovat všechny. Zkráceně jde o všechny, které obsahují výše zmiňované organické látky, tedy sacharidy, lipidy a proteiny. Pro názornou ukázkou se pokusím, jmenovat alespoň některé skupiny materiálů, ze kterých je možné produkovat bioplyn. V první řadě jde o fytomasu (siláž, seno, vybrané části rostlin, vybrané druhy energetických rostlin, ekonomicky neprodejné produkty rostlinného původu), exkrementy živočichů včetně lidských výkalů (kejda, trus, hnůj, močůvka, podestýlka, fekálie), odpady ze zpracovatelského a potravinářského průmyslu (odpady z mlékáren, jatek, lihovarů, cukrovarů atd.), specifické a speciální odpady (bioodpady z chemické výroby, odpady z výroby papíru a celulózy, odpady z nezpracovaných textilních vláken, atd.) a také tříděné domovní a komunální odpady. U jednotlivých zařízení na výrobu bioplynu se využívané materiály liší podle toho, jestli jde o ČOV, skládkové těleso nebo BS. U bioplynových stanic záleží na tom, jestli jde o BS zaměřenou na zemědělské produkty nebo BS zaměřenou na odpady. Jak bylo uvedeno v kapitole 5.1,

seznam biomasy využitelný k výrobě státem dotované elektřiny upravuje Vyhláška č. 477/2012 Sb.

### 5.2.3 Fyzikální a chemické vlastnosti bioplynu

Princip vzniku bioplynu je vždy založen na AF, jeho složení je ale rozdílné a závisí na druhu materiálů a výrobní technologii. Nejde o jednu plynnou sloučeninu, ale směs plynů, proto se jen těžko dají popsat konkrétní fyzikální vlastnosti. Charakteristika bioplynu se odvíjí hlavně od obsahu metanu ( $\text{CH}_4$ ), který je majoritním plynem obsaženým v plynné směsi. V ideálním případě  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$  tvoří 100 % bioplynu. Tohoto stavu nejde během výroby dosáhnout, směs se může ale následně vyčistit od nežádoucích příměsí na plyn s vysokým podílem metanu. Během fermentačních procesů vznikají další minoritní plyny, které mohou signalizovat zvýšenou přítomnost některých chemických prvků v materiálu nebo působení nežádoucích faktorů v průběhu AF. V bioplynu se mimo metan a oxid uhličitý může objevit ještě vodík ( $\text{H}_2$ ), volný kyslík ( $\text{O}_2$ ), argon (Ar), amoniak ( $\text{NH}_3$ ), oxid dusný ( $\text{N}_2\text{O}$ ), oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ) a sulfan ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Přítomnost ( $\text{H}_2$ ) neznamena zhoršení energetické kvality, ale svědčí o narušení rovnováhy mezi průběhem acidogenní a metanogenní fáze způsobené nesprávným dávkováním materiálu do reaktoru. V počáteční fázi je v reaktoru obsažen atmosférický kyslík ( $\text{O}_2$ ), při výstupu je jeho přítomnost nežádoucí, protože kyslík vytváří spolu s metanem výbušnou směs. Stopy  $\text{CO}$  mohou signalizovat vznik ložisek požáru při suché AF. Dalším minoritním plynem, který se v bioplynu objevuje je  $\text{H}_2\text{S}$ . Vzniká při rozkladných procesech proteinů a jeho obsah je velmi proměnlivý. Exkrementy prasat a drůbeže uvolňují velké množství sulfanu, jeho obsah při fermentaci exkrementů skotu je naopak zanedbatelný. Sulfan má během spalovacího procesu korozivní účinky a negativně se podílí na opotřebením energetické soustavy.

Jak už bylo poznamenáno, majoritním plynem je v bioplynu metan a ten také určuje základní fyzikální vlastnosti. Vždy ale záleží na tom, v jaké koncentraci je metan v bioplynu přítomen. Proto zde několik nejdůležitějších parametrů uvedu. Hranice zápalnosti metanu je při 5 – 15% objemu ve směsi se vzduchem. Samotný metan je lehčí než vzduch, jeho hustota je  $0,7175 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Teplota vznícení je  $537 \text{ }^\circ\text{C}$  a výhřevnost  $35,883 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ . Další technické údaje jsou uvedeny v 5.2. Jelikož koncentrace metanu v bioplynu není stálá, může docházet ke změnám hustoty celé plynné směsi. Pokud koncentrace metanu v bioplynu klesne pod 60 %, stává se bioplyn

těžším než vzduch a může se hromadit v prohlubeninách u skládek a v reaktorových nádobách. (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ 2004)

**Tab. 5.2:** *Technické údaje a vlastnosti metanu*

Teplota vznícení	537 °C
Teplotní třída	T1
Mez výbušnosti	4,4 až 17 % obj.
Skupina výbušnosti	II A
Relativní hustota (ve vztahu ke vzduchu)	0,55
Výhřevnost objemová	34,016 MJ·m <sup>-3</sup>

Zdroj: PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ (2004)

#### **5.2.4 Historie využívání bioplynu**

První bioplyn vyskytující se ve volné přírodě zaznamenal člověk jako plyn unikající ze země. Šlo o bahenní plyn vznikající například při pěstování rýže nebo v bažinách či rašeliništích. Dá se předpokládat, že byla známá i hořlavost těchto plynů, která byla zapříčiněna přítomností metanu. (ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE, 2014) První pravděpodobné využívání bioplynu proběhlo už ve starověku. Některé historické prameny uvádějí, že bioplynu bylo využíváno k ohřívání vody na koupele ve starověké Asýrii v 10. stol. před n. l. Doložené zmínky o bioplynu pocházejí až z novověku. Vlámský vědec Jan Baptist van Helmont jako první určil, že jistý zápalný plyn se uvolňuje z rozkládající se organické hmoty. Alessandro Volta potvrdil přímou spojitost mezi rozkládajícím se organickým materiálem a produkcí bioplynu. V roce 1808 Humphry Davy rozeznal přítomnost v metanu v plynu vznikajícím při anaerobní fermentaci výkalů skotu. První doložené využití bioplynu pro ohřev vody pochází z roku 1859 z nemocnice v Bombay v Indii. V roce 1895 se začalo v anglickém městě Exeter využívat bioplynu z čistírny odpadních vod na svícení v pouličním osvětlení. (EXTENSION.PSU.EDU, 2014) V roce 1905 zkonstruoval K. Imhoff dvoupatrovou nádrž a tak vznikly dva prostory, jeden na usazování, druhý na vyhnívání čistírenského kalu. Provozně úspěšný reaktor na stabilizaci čistírenských kalů byl postaven až v roce 1924 v německém Essenu-Rellinghausenu. Část spalovaného bioplynu byla využita k vyhřívání reaktoru a tak bylo dosaženo produkce bioplynu o vysoké intenzitě. (ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE, 2014) Významný přínos pro technologie AF

měl výzkum biologa A. M. Buswella, který zkoumal anaerobní bakterie a podmínky, při nichž dochází k uvolňování metanu. (EXTENSION.PSU.EDU, 2014) Základ bioplynových technologií je třeba hledat v souvislosti s ČOV. Úspěchy s využíváním tohoto plynu se staly motivací pro další pokusy s bioplynem a vývoj nových technologií pro cílenou produkci metanu. Biometanizace jako řízená reakce se začala rozvíjet díky poznatkům Marvina P. Bryanta a jeho spolupracovníků, které byly uveřejněny v roce 1967. Poznatky se týkaly řízení reaktorových procesů a ty se tak staly více kontrolovatelnými. Mimo kaly z ČOV se začaly využívat i odpady ze zemědělství a potravinářského průmyslu. V 60.-70. letech minulého století narostlo nebezpečí související se samovolným uvolňováním metanu na skládkách (bioplyn se na skládkách uvolňoval samozřejmě již dříve, ale nešlo o rizikový únik, masivní produkce metanu na velkých skládkových tělesech začala až v souvislosti s konzumním způsobem života ve velkých městech). Tato směs plynů se začala následně využívat k energetickým účelům. Od 70. let minulého století nedochází pouze k využívání odpadu, ale rozvíjí se i AF cíleně pěstovaných plodin. Úspěšně je biologicky zplynována tzv. energetická biomasa (energetické plodiny), jako je kukuřice, obilí, krmná kapusta a vodní hyacint. (ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE, 2014)

### **5.2.5 Bioplyn a jeho energetické využití**

Nejjednodušším způsobem je přímé spálení bioplynu v kotli a následná přeměna na tepelnou energii. Přeměna na tepelnou energii může být až s účinností 90 %. Přímé spálení není ale ekonomicky efektivní vzhledem k tepelným ztrátám v teplovodním potrubí, poměrně vysokým nákladům na výrobu bioplynu a cenám za jednotku tepla. Další možností, jak využít energii bioplynu je palivový článek. V energetice je zatím využíváno vodíkových palivových článků a zvažují se i jiné alternativy. Tyto technologie jsou zatím ve vývoji a jejich využití je spíše otázkou budoucnosti. Princip je založený na přímé přeměně chemické energie na energii elektrickou. Základem jsou elektrochemické procesy. Palivový článek je oproti konvenční výrobě elektřiny z bioplynu výhodný v tom, že se při něm teoreticky dá vytěžit více energie. (WWW.ENVIROS.CZ, 2014)

Elektrická energie se nejčastěji vyrábí v kogenerační jednotce, která má nejčastěji podobu stacionární spalovacího motoru s generátorem. Princip výroby elektrické energie je přeměna energie bioplynu pomocí energie mechanické. To se

neobejde bez energetických ztrát, vzniká především odpadní teplo. U kogeneračních jednotek je energetická účinnost rozdělena následovně: 38 % energie elektrická a 45 % energie tepelná (u jednotlivých výrobců kogeneračních jednotek se hodnoty mírně liší). Část odpadního tepla je využita při provozu BS, jde asi o 30 %. Na trhu má větší cenu elektřina nežli teplo, proto se často nebere zřetel na jeho hodnotu. Bioplynové stanice v ČR jsou často lokalizovány do míst, kde není nalezeno dostatečné využití pro veškeré teplo a velká část tepelné energie je mařena. (WWW.BIOPLYNOVESTANICE.CZ, 2014)

Bioplyn není jen zdrojem pro výrobu tepla a elektrické energie, ale dá se využívat i jako palivo do dopravních prostředků využívajících CNG. Tato pohonná hmota je stlačený zemní plyn, který se využívá nejen v dopravě ale i k výrobě elektrické energie a tepla. V případě použití v automobilové dopravě musí být stlačen 200 krát a přitom stále zůstává v plynném skupenství. Zemní plyn ale patří mezi fosilní paliva, ale jeho složení je velmi podobné bioplynu, liší se především obsahem metanu. Pokud dojde k vyčištění bioplynu na biometan s obsahem metanu 97 %, je zaměnitelný se zemním plynem a nic nebrání v tom, aby byl čerpán do dopravních prostředků jezdících na CNG. Existuje i zkapalněná forma zemního plynu nebo biometanu pod názvem LNG, která má větší využití hlavně u nákladních dopravních prostředků, kde je požadován větší akční radius vozidel. Zde je na místě upozornění, aby nedošlo k záměně výše uvedeného zkapalněného zemního plynu za LPG, které je všeobecně známou alternativou kapalných paliv. LPG je vedlejším produktem při zpracování ropy. Síť čerpacích míst v ČR je hustší než CNG. Použití LPG je ale omezeno jen na osobní automobily, v nákladní dopravě se neprosazuje. Oproti tomu CNG lze čerpat do autobusů a nákladních automobilů. Jak ukázaly zkušenosti ze zahraničí, především ze skandinávských zemí, CNG má velmi úspěšné využití ve vozích MHD. Vozy MHD se pohybují po pravidelných linkách a jejich nádrže vydrží na celodenní ježdění. Tankování není závislé na síti čerpacích stanic, protože vozidla MHD tankují na jednom centrálním místě. (WWW.CNGPLUS.CZ, 2014)

Při srovnání biometanu s jinými nefosilními palivy je jeho výroba výrazně efektivnější než výroba bionafty a bioetanolu. Významným parametrem při výrobě biopaliv je poměr energie získané v procesu výroby a energie vložené do výrobního procesu. Čím větší je číselná hodnota (energie získaná/ energie vložená), tím je využití biomasy pro výrobu biopaliv efektivnější. Poměr o velikosti 1 by znamenal, že energie obsažená v jednotce vyrobeného paliva je stejně velká jako energie vynaložená na jeho

výrobu. Při výrobě jedné objemové jednotky biometanu z kukuřice je získáno 6,36 krát více energie (Tab. 5.3) než je vynaloženo během výrobního procesu. (WWW.BIOPLYNOVESTANICE.CZ, 2014)

**Tab. 5.3: Energetické vstupy a výstupy při výrobě pohonných hmot z OZE**

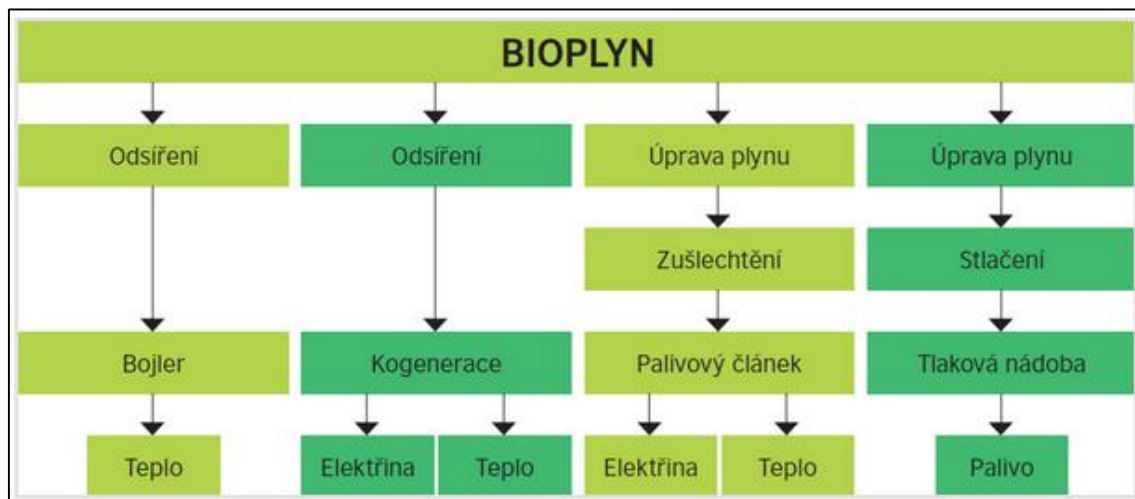
palivo plodina	bionafta		bioetanol		biometan			biometan
	řerka olejka	cukrová řepa	pšeničné zrno	cukrová řepa	pšeničné zrno	kukuřice	triticale celá rostlina	triticale celá rostlina *
hnojivo (N kg/ha)	195	147	150	147	150	150	160	80
výnosy (vlhká biomasa t/ha)	3	56	8	56	8	40	38	38
výnosy (sušina t/ha)	3	11,5	6,9	11,5	6,9	12,6	15	15
energie pro pěstování (GJ/ha)	12,7	11,9	12,8	11,9	15,5	16,7	16	11,6
zpracování (GJ/ha)	9,2	41,4	13,2	10,8	8	8	8,3	8,3
Vyprodukované palivo (GJ/ha)	40,4	117	61,1	124,8	89	157,1	166	166
<b>energetický poměr (energie získaná/energie vložená)</b>	<b>1,84</b>	<b>2,2</b>	<b>2,36</b>	<b>5,5</b>	<b>3,79</b>	<b>6,36</b>	<b>6,84</b>	<b>8,34</b>
<b>čistá vyprodukovaná energie (GJ/ha)</b>	<b>18,5</b>	<b>63,7</b>	<b>35,1</b>	<b>102,1</b>	<b>65,5</b>	<b>132,4</b>	<b>141,7</b>	<b>146,1</b>
potenciál produkce elektřiny MWh/ha				9,4	6,1	12,2	13,1	13,5
energie potřebná pro vyčištění bioplynu (GJ/ha)				5,3	3,7	6,6	7	7
energie biometanu (GJ/ha)				96,8	61,8	125,8	134,7	139,1
<b>ekvivalentní litry nafty (diesel equivalent)</b>	<b>517</b>	<b>1779</b>	<b>980</b>	<b>2704</b>	<b>1726</b>	<b>3514</b>	<b>3764</b>	<b>3885</b>

Zdroj: www.bioplynovestanice.cz (2008)

Bioplyn není záležitostí pouze moderních technologií v industriálních zemích. Velký význam má využívání bioplynu v rozvojových zemích, kde nahrazuje místní pevná paliva a zemní plyn, jež jsou využívány v domácnostech jako energetický zdroj. Malé domácí BS se využívají nejvíce v Číně, kde jich podle odhadů bylo do konce roku 2011 nainstalováno 42,8 milionu, v Indii asi 4,4 milionu. (GLOBAL ALLIANCE FOR CLEAN COOKSTOVES, 2014) Využití bioplynu z domácích BS, která má nejčastěji podobu obrovské nádoby řádově o objemu několika stovek litrů (Příloha 2), má největší význam pro účely vaření. V kuchyňských sporácích jsou tak nahrazována tradiční pevná paliva, jež kvůli špatnému odvodu spalin zhoršují prostředí v obytných prostorách. Bioplyn dále nahrazuje zemní plyn a petrolej, které se využívají při vaření převážně ve městech. Tento energetický samozásobitelský systém má v rozvojových zemích obrovský význam. Nejenže zvyšuje nezávislost na tradičních energetických zdrojích, ale pomáhá zlepšit nakládání s odpady, protože v domácích bioplynových stanicích se využívají především zbytky z kuchyně, zahrad nebo polí. Spalování



bioplynu při vaření dále snižuje negativní vlivy, kterým byly vystaveny zejména ženy a děti během pobytu v prostorách, kde se spalovala pevná paliva nebo petrolej. (APPROPRIATE RURAL TECHNOLOGY INSTITUTE, 2014)



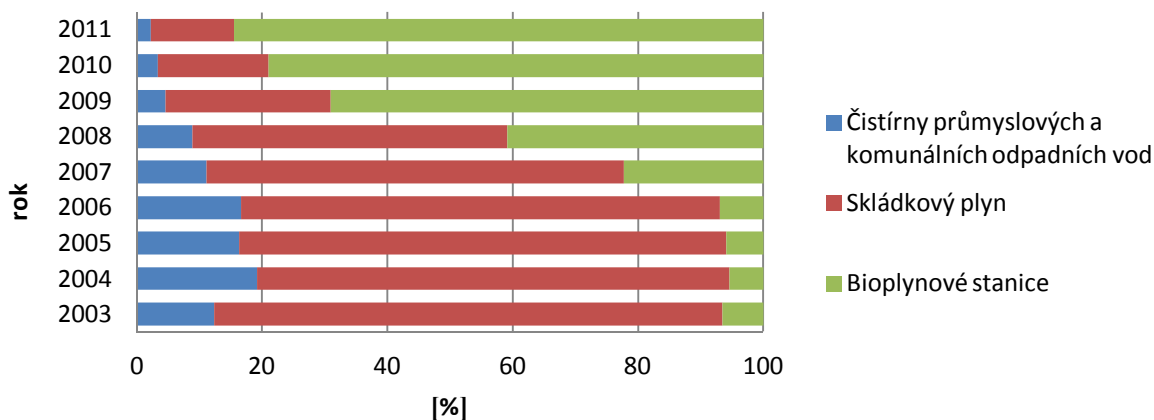
**Obr. 5.1:** Přeměna energie bioplynu

Zdroj: [www.bioplynovestanice.cz](http://www.bioplynovestanice.cz) (2008)

### 5.2.6 Energetický potenciál bioplynu v ČR

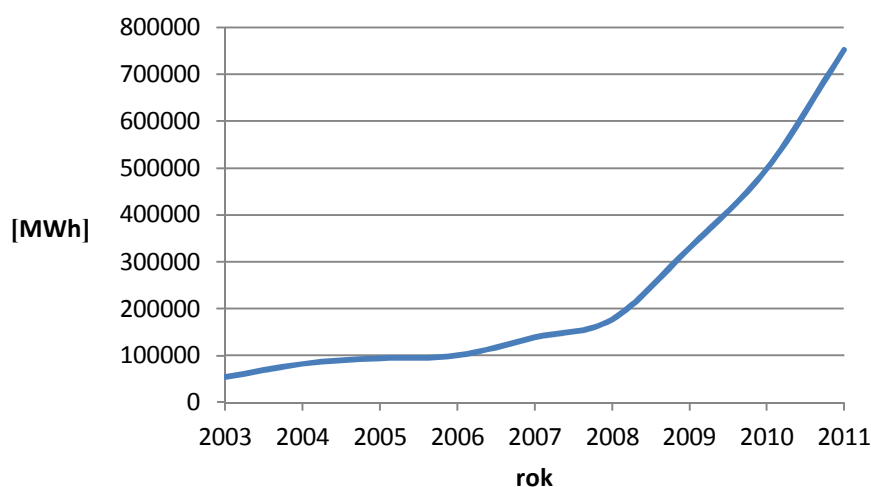
Bioplynové stanice jsou celoevropským fenoménem, který právě zažívá období dramatického vývoje. Ačkoli hlavní rozvoj proběhl v posledním desetiletí, historie bioplynu začala již v 50. letech. Po roce 1955 se využitím bioplynu z ČOV začal zabývat prof. Vladimír Maděra. (VÁŇA, 2010). Za významný projekt v ČSSR je považována realizace první BS v Třeboni v polovině 70. let minulého století, která využívala čistírenské kaly a kejdu z nedalekého velkochovu prasat. Později bioplynová stanice kvůli klesajícímu počtu surovin přešla na pěstování energetických plodin. Dnes je tato stanice úspěšným příkladem efektivního využití energie v návaznosti se spotřebou tepla v lázních Aurora. (WWW.SVN.CZ, 2014) Významným počinem bylo také odplyňování skládkových těles, s kterým se začalo už koncem 80. let. Bioplyn ze skládkových těles byl ještě před deseti lety (2004) hlavním zdrojem veškeré elektřiny vyrobené z bioplynu (Obr. 5.2). Od roku 2003 došlo k dramatickému rozvoji BS zaměřující se na zpracování organických odpadů a energetických plodin s využitím řízené anaerobní fermentace. V roce 2003 bylo v ČR dodáno do elektrizační sítě 53 964 MWh elektřiny a 74 956 GJ tepelné energie ze všech zdrojů produkujících bioplyn. V roce 2011 bylo dodáno do elektrizační sítě 751 360 MWh elektřiny a 269 790 GJ

tepla ze všech zdrojů produkujících bioplyn v ČR. Objem dodané elektřiny stoupl více než třináctkrát a objem tepla se zvýšil více než třikrát. Bioplyn se v roce 2011 podílel na výrobě elektřiny 1,06 % a na výrobě tepla 0,3 % (Obr. 5.13) v rámci energie vyprodukované v ČR. (BUFKA – ROSECKÝ, 2012) V ČR rozlišujeme čtyři místa vzniku bioplynu: čistírny odpadních průmyslových vod, čistírny odpadních komunálních vod, skládkový plyn a BS. Vzhledem k nízkému významu čistíren průmyslových vod pro energetickou soustavu v ČR jsem tuto kategorii sloučil s kategorií čistírny komunálních odpadních vod.



**Obr. 5.2:** Podíl producentů bioplynu na celkové výrobě (2003-2011)

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)



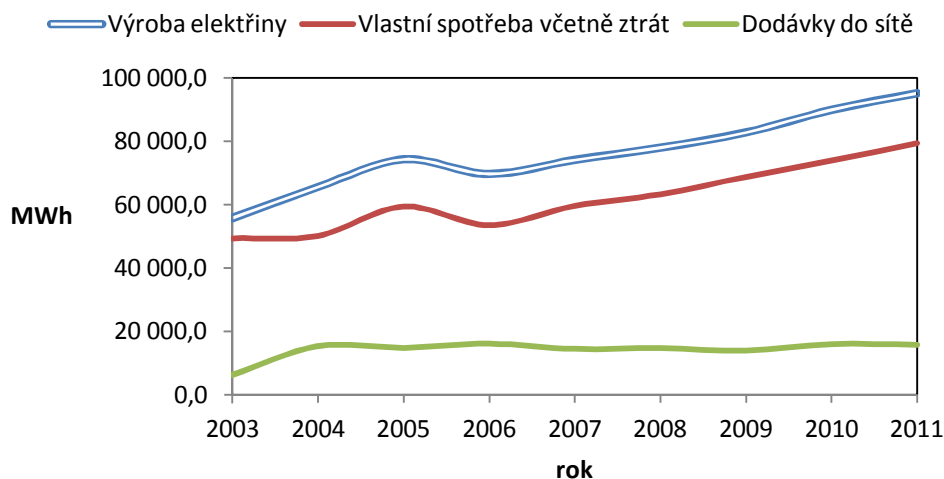
**Obr. 5.3:** Produkce elektřiny z bioplynu v ČR (2003-2011)

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)

### Využití bioplynu na čistírnách odpadních vod

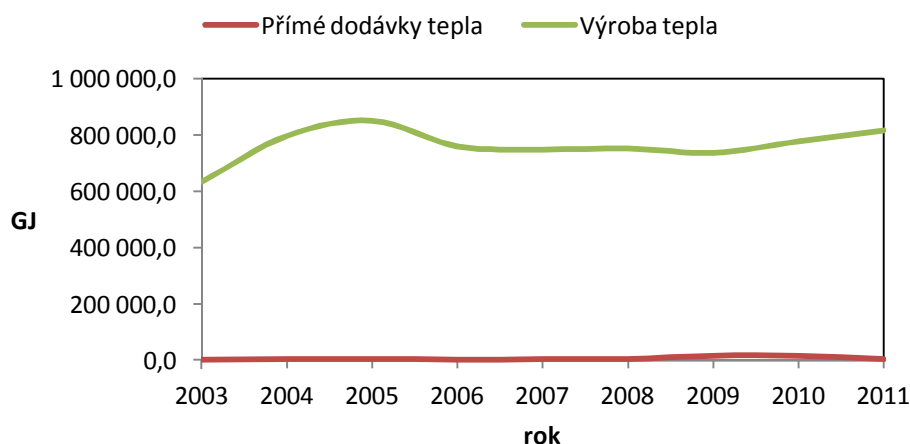
ČOV mimo fázi mechanického čištění využívají ještě čištění biologické. V procesu biologického čištění se využívá mikroorganismů, které svým metabolismem rozkládají látky organického původu na  $H_2O$  a  $CO_2$ . Tento proces probíhá v tzv. aktivačních nádržích. Přebytečný kal (sekundární) je odebírán a dále se s ním pracuje v kalovém hospodářství. Dále je odpadní voda přečerpána do dosazovací nádrže, kde je kal odseparován a zahuštěn na požadovanou koncentraci. V rámci kalového hospodářství na ČOV se s kalem dále pracuje ve stabilizačních nádržích. U velkých ČOV se používá anaerobní stabilizace, která produkuje  $CH_4$  a  $CO_2$ , tedy bioplyn. Stabilizovaný kal, který prošel procesem anaerobní stabilizace, je dále bez energetického potenciálu pro výrobu bioplynu. Dále se může spalovat nebo po následné hygienizaci používat jako zemědělské hnojivo nebo při tvorbě průmyslových kompostů. *„Je však nutné upozornit, že primárním cílem každé ČOV je čistit odpadní vody, nikoli tvorba bioplynu. A proto tam, kde je to ekonomicky výhodné a zároveň to nepředstavuje nebezpečí negativního ovlivnění čištění odpadních vod, je součástí čistírny i anaerobní stupeň, kde dochází k tvorbě bioplynu, který je významným přínosem pro celkovou energetickou bilanci ČOV. V situaci, kdy anaerobní stupeň není efektivní a není nákladný anaerobní stupeň žádoucí, je lépe přejít k aerobní stabilizaci kalu.“* (KOLEKTIV AUTORŮ, 2007)

S kaly jde dále nakládat jako se substrátem pro bioplynové stanice zaměřené na odpad, které ji spolu s dalšími substráty využijí jako surovinu pro výrobu bioplynu. Dochází k tomu u ČOV, kde se anaerobní stupeň čištění z výše uvedených důvodů nezavádí. Čistírny odpadních vod nemají tedy pro energetickou soustavu ČR velký význam. Z celkového množství je do elektrizační sítě dodáno asi 20 % vyrobené elektřiny. (Obr. 5.4) U tepelné energie je dodávka do teplovodních soustav zanedbatelná. (Obr. 5.5)



**Obr. 5.4:** Výroba elektřiny na čistírnách odpadních vod

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)



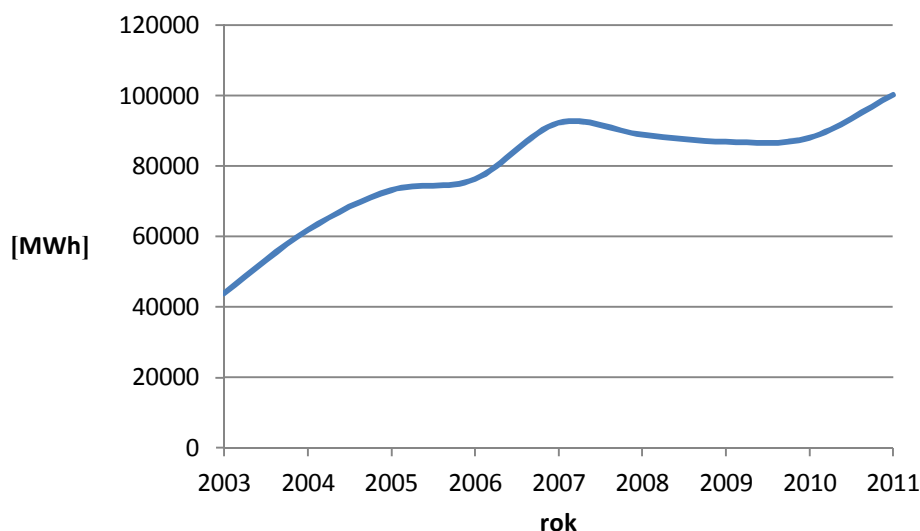
**Obr. 5.5:** Výroba tepelné energie na čistírnách odpadních vod

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)

### Využití skládkového plynu

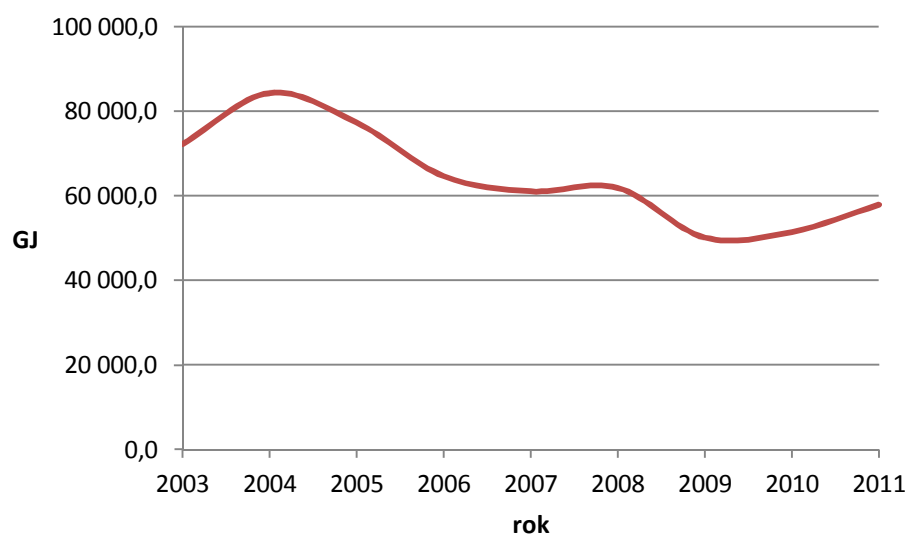
Skládkový plyn (LFG) je bioplyn, který samovolně vzniká ve skládkovém tělese. Dříve se tento jev považoval za negativní a tento plyn byl jímán a spalován na flérách nebo biooxidován na filtrech. Později se začal LFG spalovat v motorech za účelem výroby elektřiny. V současné době se produkuje tepelná energie i elektřina. Výroba je velice efektivní, protože se spotřebovává velice málo energie v provozu. Dá se říci, že energetické využití bioplynu je dnes provozováno na všech skládkách, jejichž kapacita

zaručuje více než 100 kW výkonu. Vznik bioplynu ve skládkovém tělese je ovlivněn několika faktory a jeho produkce se dá predikovat na několik let dopředu. Produkci ovlivňuje složení závážky. Od konce 80. let objemy bioplynu všeobecně klesly z důvodu nárůstu podílu syntetických materiálů. Produkce bioplynu ve skládkovém tělese je také ovlivňována vlhkostí závážky. U malých a středních skládek je vlhčení zaručeno atmosférickými srážkami, u velkých skládek nad 1 mil. m<sup>3</sup> se tvorba zpožďuje kvůli nedostačující vlhkosti. *Při výpočtu tvorby bioplynu je důležitý poločas rozkladu různých frakcí BRKO (čas, za nějž se rozloží 50 % organické hmoty), který je u snadno rozložitelného odpadu (např. kuchyňské odpady) asi jeden rok, u středně rozložitelného odpadu (např. papír, přírodní textilie) asi pět roků a u obtížně rozložitelného odpadu (např. dřevo, impregnované lepenky) asi 15 let.* (STRAKA, 2010). Skládková tělesa byla dominantním zdrojem bioplynu až do roku 2008 (Obr. 5.2). Dodávky elektřiny vyrobené na skládkových tělesech a dodané do elektrizační sítě byly v roce 2003 celkem 43 811 MWh, v roce 2011 šlo o 100 105 MWh. Trend měl mezi roky 2003 a 2007 vzestupnou tendenci. Následovala stagnace, kterou lze očekávat i do budoucna. (Obr. 5.6). Důvodem je klesající objem organického odpadu na komunálních skládkách. Objem přímých dodávek tepla vyprodukovaného ze skládkového plynu má klesající tendenci. V roce 2003 bylo uskutečněno 72 160 GJ dodávek tepla, v roce 2011 to bylo už pouze 57 816 GJ dodaného tepla (Obr. 5.7).



**Obr. 5.6:** *Elektřina z bioplynu dodaná do sítě ze skládkových těles (2003 - 2011)*

Zdroj: BUFKA, ROSECKÝ (2012)



**Obr. 5.7:** Přímé dodávky tepla z bioplynu ze skládkových těles (2003-2011)

Zdroj: BUFKA, ROSECKÝ (2012)

### **Bioplynové stanice**

Za BS jsou považována veškerá zařízení na využití řízené anaerobní fermentace vlhkých nebo suchých organických materiálů. BS se dají dále dělit na zemědělské a komunální (je možné se setkat i s termínem *odpadářské bioplynové stanice*). Toto dělení je spojeno s komplikacemi, kdy není jednoznačně možné určit druh bioplynové stanice. Termín komunální bioplynová stanice není v legislativě a ani obecně jednoznačně definovaný. Navíc se neobjevuje ani ve statistikách. U statistik licencí udělených ERÚ se objevuje termín *bioplynová stanice* a jsou vykazovány dohromady. Stejně tak je tomu i u výkazů MPO. V klasifikaci je klíčová Vyhláška č. 477/2012 Sb., která definuje dvě kategorie biomasy AF1 a AF2. Kategorie 1 jsou: „*Cíleně pěstované plodiny a jejich oddělené části s původem v zemědělské výrobě, včetně jejich úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli. Za biomasu v kategorii 1 se považuje biomasa v případě, že zahrnuje pouze plodiny a také v případě, že energetické plodiny a jejich části tvoří v daném kalendářním měsíci více než 50 % hmotnostního podílu v sušině vstupní suroviny do bioplynové stanice a zbytek vstupní suroviny tvoří biomasa zařazená do kategorie č. 2*“ (Vyhláška č. 477/2012 Sb.) Toto rozdělení surovin zároveň odlišuje zemědělské a komunální BS. Zkráceně řečeno zemědělské BS využívají více

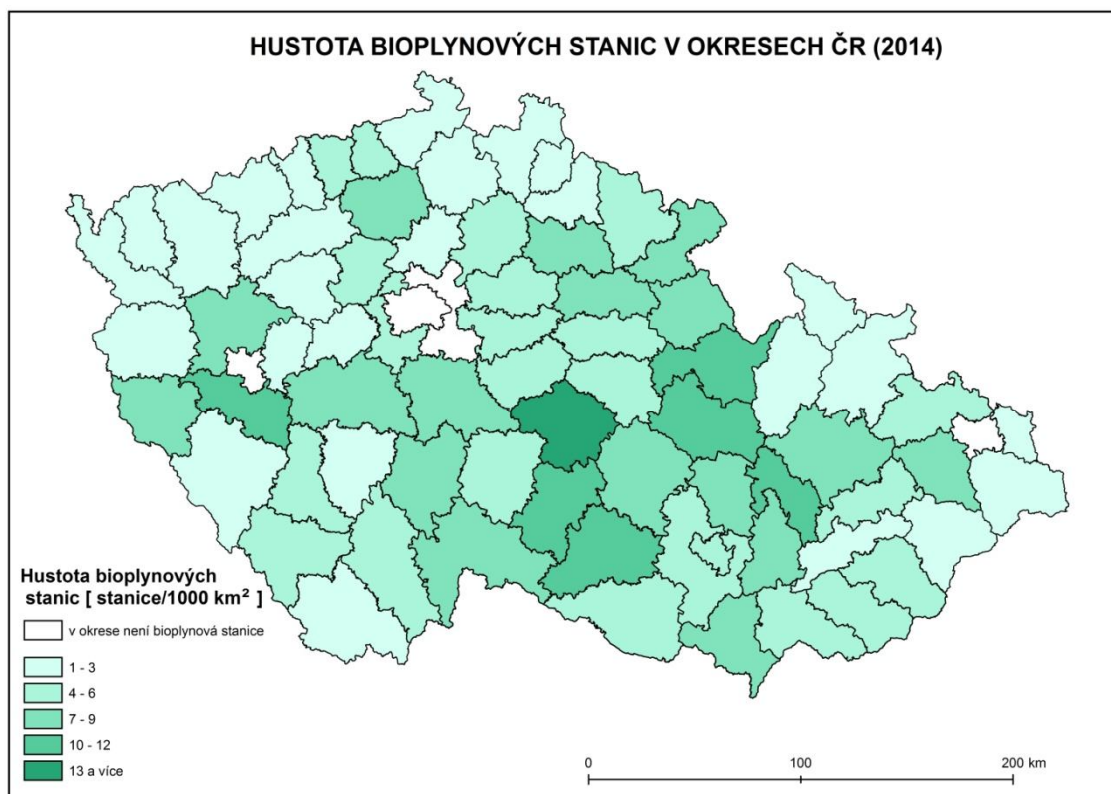
než 50 % hmotnostního podílu sušiny z energetických plodin. Ostatní lze považovat za komunální, protože využívají jiný organický materiál, nejčastěji odpadní (ze zemědělství, potravinářství, průmyslu a BRKO). Česká bioplynová asociace k únoru roku 2014 eviduje 315 zemědělských a 9 komunálních bioplynových stanic. (ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASICOACE, 2014) V mojí práci se tímto dělením dále nebudu zabývat, protože dostupné číselné údaje o počtu komunálních BS a o počtu zemědělských BS nejsou relevantní.

Licence umožňující připojení zdroje k distribuční síti uděluje ERÚ. Tento orgán eviduje 430 bioplynových stanic. Dále eviduje 58 producentů bioplynu z čistírenských kalů a 70 producentů bioplynu na skládkách komunálního odpadu (Obr. 5.8). Tato data se týkají všech zdrojů, kterým byla v rámci ČR doposud udělena licence. Bohužel jde i o zdroje, které přerušili svojí aktivitu, nebo ještě nebyly uvedeny do provozu. Proto neleze tento údaj chápat, jako počet bioplynových stanic, které v současné době vyrábí bioplyn.



**Obr. 5.8:** *Produkce bioplynu v ČOV a na skládkách komunálního odpadu (2014)*

Zdroj: vlastní tvorná dle ERÚ (2014)

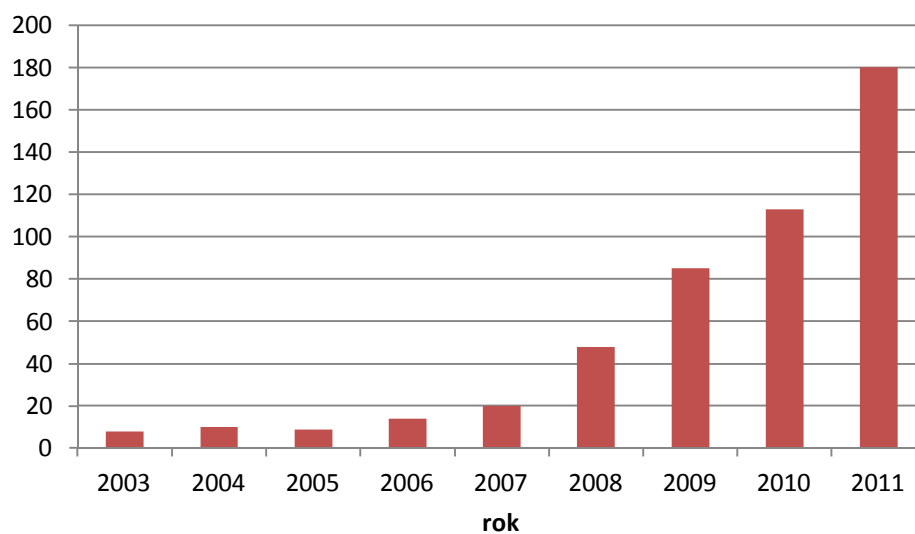


**Obr. 5.9:** Hustota bioplynových stanic v okresech ČR (2014)

Zdroj: vlastní tvorba dle ERÚ (2014)

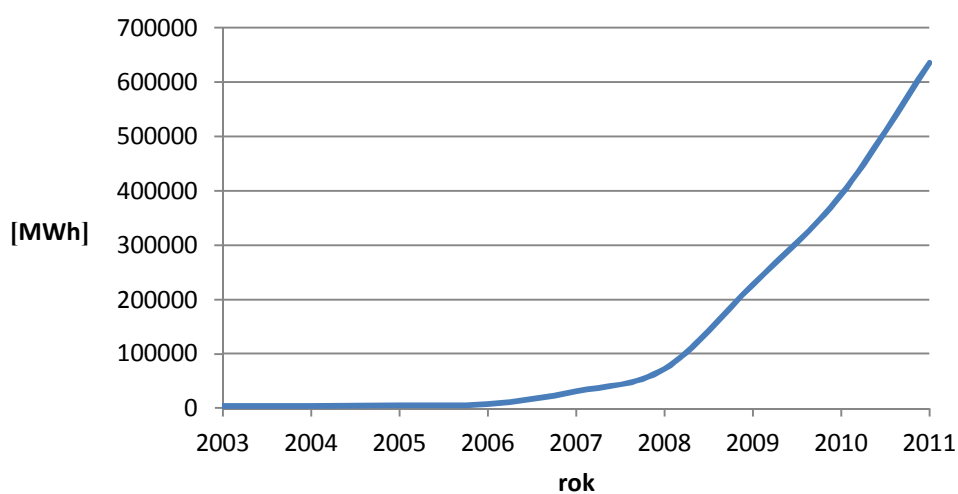
Celkový počet bioplynových stanic se zvýšil z 8 v roce 2003 na 180 v roce 2011 (Obr. 5.10). Celková hodnota dodané elektřiny bioplynovými stanicemi do elektrizační sítě byla 3 500 MWh v roce 2003. V roce 2011 to bylo již 634 822 MWh (Obr. 5.11), dodávky do sítě stouply mnohonásobně z důvodu masové výstavby bioplynových stanic. Přímé dodávky tepla narostly ještě více, než tomu bylo u elektřiny. Dodávky tepla se začaly realizovat až v roce 2006, kdy bylo dodáno 8 940 GJ tepla. V roce 2011 to bylo 208 430 GJ tepla, dodávky stouply více než čtyřicetkrát (Obr. 5.12).





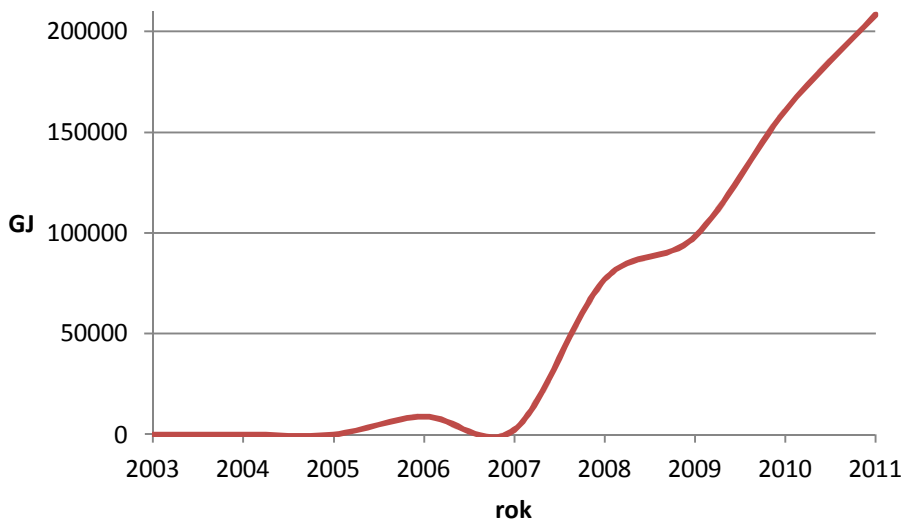
**Obr. 5.10:** Počet bioplynových stanic v ČR

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)



**Obr. 5.11:** Výroba elektřiny z bioplynu v bioplynových stanicích

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)



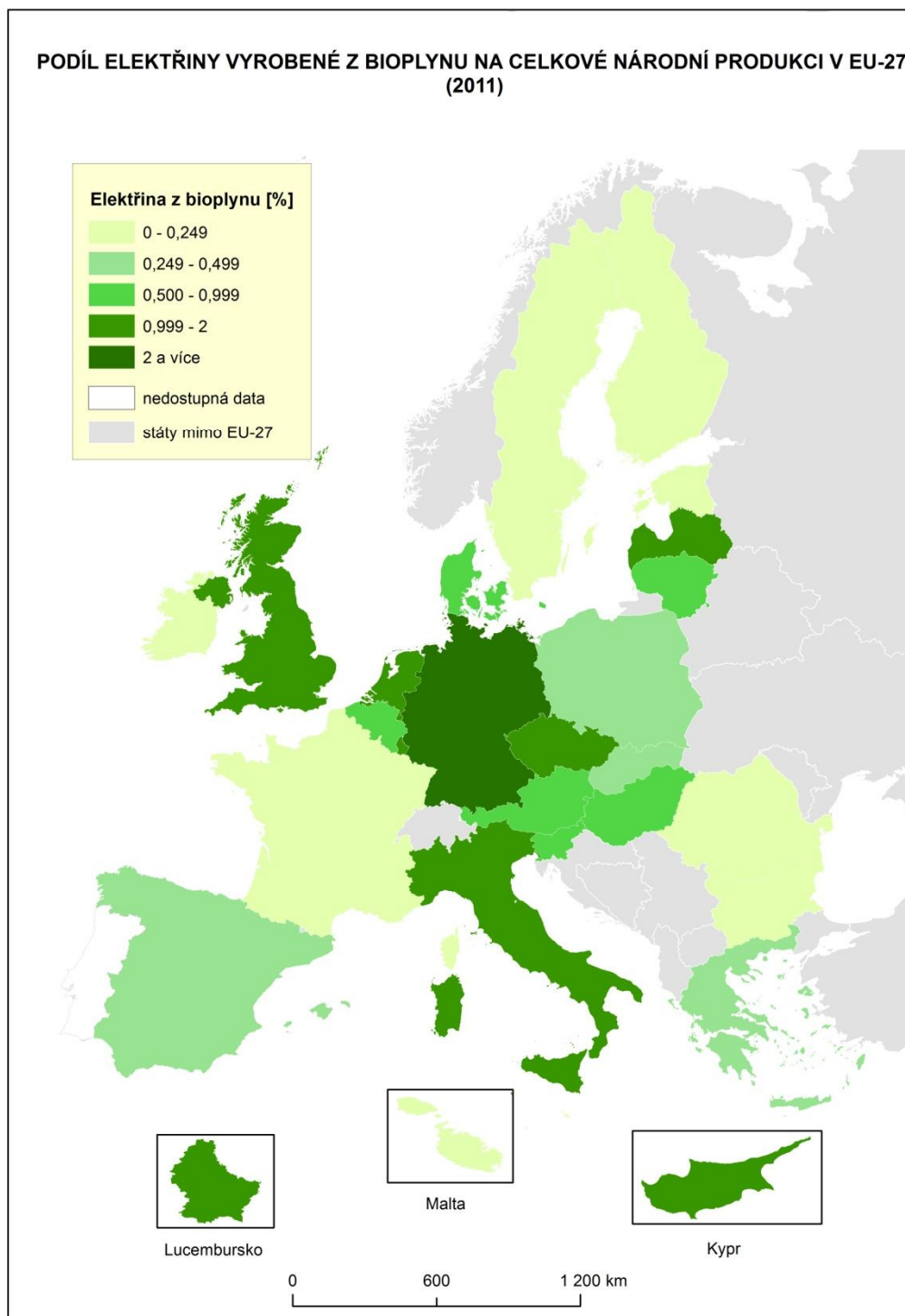
**Obr. 5.12:** Přímé dodávky tepla z bioplynových stanic (2003 - 2011)

Zdroj: upraveno dle BUFKA, ROSECKÝ (2012)

### 5.2.7 Energetické využití bioplynu v EU

Bioplyn je využíván ve většině zemí EU, ale jeho objemy a technologie se výrazně liší. V posledních patnácti letech se začalo s masovou výstavbou BS téměř ve všech státech západní a severní Evropy. Mimo technologie se jednotlivé země liší i legislativním prostředím a konečným způsobem aplikace využitého bioplynu. Zatímco ČR a Německo se zaměřují na výrobu tepla, Švédsko využívá svůj plyn především v dopravě jako plynné palivo CNG. Je opravdu složité vyvozovat z údajů o výrobě bioplynu nějaké závěry a statistiky porovnávat. Obecně se dá vyvodit, že produkce bioplynu je vázána na zemědělství a slouží nejčastěji k výrobě elektřiny. International Energy Agency zveřejňuje údaje o energetické hodnotě veškerého vyprodukovaného bioplynu, jednotkou je v tomto případě TJ. Dále uvádí, na co byla daná energie využita. Mimo energetické hodnoty se ve výkazech dá vyčíst ještě objem vyrobené elektřiny [GWh] a objem vyrobeného tepla [TJ]. Já jsem se ve své práci omezil pouze na jeden srovnávací statistický údaj. Za relevantní považuji srovnání energie vyrobené z bioplynu (uvedeno jako relativní údaj k celkové produkci elektrické energie v jednotlivých státech). Nejvíce elektrické energie z bioplynu produkuje Německo, které pokrývá 3,19 % z celkové produkce elektřiny (Obr. 5.13). V Lotyšsku se daří z bioplynu vyrobit 1,72 % celkové produkce elektřiny. Za ním následuje Spojené království (1,56 %) a Lucembursko (1,51 %). Česká Republika je na šestém místě a z bioplynu vyrobí 1,06 %, což je o několik setin procenta méně, než je průměr EU-27

(1,1 %). V této kapitole jsem dále vybral tři státy EU, které považuji z hlediska výroby bioplynu za zajímavé kvůli jejich technologiím, využití a všeobecnému trendu na trhu s bioplynem, který je určen především národní energetickou koncepcí.



**Obr. 5.13:** Podíl elektřiny vyrobené z bioplynu na celkové národní produkci v EU-27  
Zdroj: vlastní úprava dle International Energy Agency (2011)

## **Dánsko**

Tato severská země má s produkcí bioplynu dlouholeté zkušenosti. Díky rozvinutému zemědělství a intenzivnímu chovu skotu a prasat je zde k dispozici obrovské množství zvířecích výkalů, které mají značný energetický potenciál. Dánská zkušenost s výrobou bioplynu se vyznačuje centralizovanými BS. Tyto projekty byly založené na využívání zvířecích výkalů z okolních farem. První centralizovaná BS byla realizována již v roce 1984. Velký rozvoj ale začal až po roce 1987, kdy vešel v platnost zákon, který omezoval používání zvířecích výkalů jako hnojivo. Farmáři proto museli iniciovat projekty pro využití hnoje a kejdy. Velké BS využívají propracovaný logistický systém na svážení zvířecích výkalů a zásobování farem digestátem, který je aplikován jako hnojivo. Pro rostliny je mnohem snesitelnější než hnůj, protože z něho byly během fermentace odbourány dusíkaté látky. (HJORT-GREGERSEN, 1999) V Dánsku se začaly rozvíjet i menší bioplynové stanice závislé na jedné nebo několika farmách. Největší nárůst byl zaznamenán v letech 1999 a 2003, kdy se počet tehdejších bioplynových stanic zdvojnásobil. V současné době je v Dánsku 196 bioplynových stanic produkujících 1 142 GWh energie ročně. Největší zastoupení mají čistírenské BS, kterých je 68. Zemědělských BS je jen o 3 méně, ale mají vyšší produkci energie. Centralizovaných BS zaměřených hlavně na hnůj a kejdu je 22, ale představují téměř polovinu dodávek elektřiny vyrobené z bioplynu v Dánsku (512 GWh). Dánsko využívá primární energii bioplynu pro výrobu elektřiny a tepla. Bioplyn se podílí na výrobě elektřiny 0,98 % (Obr. 5.13), což je o trochu méně než ČR. (EUROPEAN BIOGAS ASSOCIATION, 2013)

## **Švédsko**

Švédsko je v současné době jedním z největších zpracovatelů biomasy a producentem obnovitelné energie. Velmi rozvinuté je využívání bioplynu v dopravě, které je velmi efektivní a stalo se příkladem pro další státy EU. Ve Švédsku se podařilo skloubit daňovou politiku, nové technologie, úřady na regionální úrovni a osvětu mezi obyvateli, jež vyústily k uplatnění bioplynu v dopravě a částečně tak byla odbourána závislost na fosilních palivech. První pokusy s AF proběhly již v 60. letech minulého století a stejně jako v ČSSR šlo o využívání čistírenských kalů. Ropné krize v 70. letech přispěli k výzkumu nových technologií využívání bioplynu za účelem snížení závislosti na fosilních palivech. V 80. letech se objevily první malé fermentory na farmách využívající hnůj. Ve stejné době se také začal využívat skládkový plyn. V 90. letech se

podářilo realizovat několik zařízení na zpracování odpadů z potravinářského průmyslu, jatečního odpadu a odpadů kuchyňských. V roce 2009 bylo vyříděno a energeticky zpracováno asi 21 % organických odpadů z kuchyní a restaurací. Švédsko je známé svým aktivním přístupem k recyklování odpadů a úspěšně se jim daří využívat odpad k energetickým účelům. Výroba bioplynu je 44 % pokryta zpracováním splašků. Za významnou se dá považovat i produkce bioplynu na skládkových tělesech, která představuje 25 %, tento trend má ale sestupnou tendenci z důvodu klesajícího podílu organického odpadu na skládkách. Vyříděný organický odpad končí v bioplynových stanicích, jež se podílí 22 % na celkovém objemu produkovaného bioplynu. Využití bioplynu má odlišný trend než lze vysledovat v ČR, tento fakt je především způsoben zaměřením Švédska na využití bioplynu pro automobilovou dopravu a vytápění domácností. Pro výrobu elektřiny nemá bioplyn velký význam, v roce 2011 se na celkové hrubé domácí produkci elektřiny podílel 0,02 %, zatímco v ČR je to více než 1 % (Obr. 5.13). Celkový přínos využívání bioplynu ve Švédsku se dá považovat za všestranný. Produkce bioplynu zvyšuje počet pracovních míst. Hodnota výroby by jinak putovala do států, které těží a obchodují fosilní paliva, ve Švédsku se daří tuto hodnotu udržet na domácím trhu. Velice pozitivní je význam pro udržitelný rozvoj využívání energetických zdrojů a odpadového hospodářství. Důležitou výhodou je zpracování organických materiálů v rámci regionu, což eliminuje energetické ztráty a přepravní náklady. Samozřejmě nelze nezmínit to, že bioplyn patří mezi obnovitelné zdroje energie neškodné pro životní prostředí. Energetickým využitím bioplynu (při spálení vzniká CO<sub>2</sub>) dojde také k zabránění jeho úniku do atmosféry, kde by zvyšoval zastoupení skleníkových plynů.

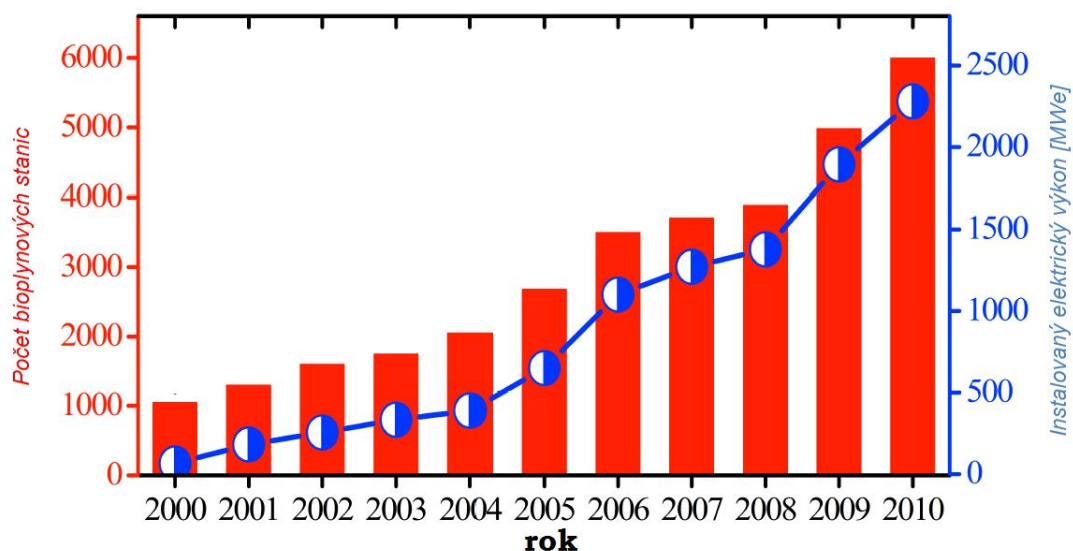
Od roku 2004 byla zrušena daň na bioplyn, takže v porovnání s fosilními palivy je výrazně levnější. Využívání bioplynu se prosadilo v komunální sféře. Obce začínají využívat vyčištěný bioplyn (CNG) jako pohon do svých vozových parků v rámci MHD nebo technických služeb. Zvýšení podílu bioplynu v automobilové dopravě je podporováno několika dotačními programy a zvýhodňováním nízkoemisních automobilů při parkování v některých městech. Jeden z dotačních programů, podporuje přímo nákup nízko emisních automobilů pod 50 g/km a pokrývá kupující část nákladů. Podpora aut se vztahuje i na firemní vozy, u kterých je daňová zátěž snížena o 40 %. (WWW.BIOGASPORTALEN.SE, 2011)

Biometanu se začalo využívat i u vlakové dopravy. Motorový vlak na bioplyn jezdí mezi městy Linköping a Västervik. Má dojezd 500 km a přepravní kapacitu 54

cestujících. Linköping je známý svojí podporou dopravy využívající biometan. Na toto palivo ve městě jezdí 60 autobusů MHD a je zde k dispozici celkem 12 čerpacích stanic rozmístěných po městě. Využívají je jak svozová komunální vozidla, tak majitelé soukromých i firemních automobilů, provozovatelé taxi a další. (VÍTKOVÁ, 2013)

### Německo

Německo je v současné době v produkci bioplynu na vrcholu evropských statistik. Tento stav je způsoben mnoha faktory, které v této vyspělé evropské zemi ovlivňují trh s bioplynem. Za prvé jde o nejlidnatější zemi Evropy, která má silnou průmyslovou základnu, poptávka po energii je obrovská. Za druhé se zde již delší dobu objevuje náklonnost k obnovitelným zdrojům energie. Tyto sympatie zde byly ještě dříve, než došlo ke vzniku nové energetické koncepce a odmítnutí jaderné energetiky (WAGNER, 2013). Ještě dříve před tím se projevila snaha snížit dopady energetiky na životní prostředí a snížit emise skleníkových plynů, kvůli obavám z klimatických změn. Bioplynovým stanicím se dostává podpory od roku 2000, kdy vstoupil v Německu v platnost zákon (Erneuerbare Energien Gesetz) na podporu OZE. Mezi roky 2000 a 2010 stoupl počet bioplynových stanic mnohonásobně (Obr. 5.14) a stejně tak i celkové objemy výroby. (BUDZIANOWSKI, CHASIAK 2011)



**Obr. 5.14:** Počet a výkon bioplynových stanic v Německu (2000-2010)

Zdroj: BUDZIANOWSKI, CHASIAK (2011)

V Německu je díky intenzivnímu zemědělství k dispozici velké množství zpracovatelných materiálů. Primární energie vytěženého bioplynu pochází z 87 % z živočišných odpadů, energetických plodin a organické složky pevných komunálních odpadů. Celkem 10 % pochází z průmyslových a komunálních čistíren průmyslových vod a 3 % je produkováno ze skládkových těles. (BIOGAS BAROMETER, 2012) Německé BS využívají převážně technologie mokré AF. Produkce energie se zaměřuje především na výrobu elektřiny a tepelné energie za pomoci kogeneračních jednotek. Čištění bioplynu za účelem tankování do automobilů nepatří k primárním cílům využití bioplynové energie, jako tomu je ve Švédsku. Přesto je možnost tankování CNG poměrně rozšířená, dá se tankovat celkem na 904 tankovacích stanicích. (WWW.CNG.CZ, 2009) Původ CNG je ale převážně v zemním plynu, nikoli v biometanu. Německá produkce bioplynu dokáže pokrýt 3,19 % hrubé výroby elektřiny (Obr. 5.13) a 0,52 % výroby tepelné energie. V poslední době se objevuje spekulace, zda bude energie z bioplynu i nadále podporována zelenými bonusy. Zařízení na výrobu bioplynu je nadbytek a už nejsou kapacity na dostatečné dodávky materiálů do všech provozoven. Některé provozy využívají odpad dovážený ze zahraničí. Do Německa bylo v roce 2012 dovezeno celkem 736 000 tun odpadů. (WWW.COAH.CZ, 2014)

## **6 Výrobní proces a použité technologie v bioplynové stanici Kněžice**

### **6.1 Základní informace o bioplynové stanici Kněžice**

#### **6.1.1 Obec Kněžice**

Obec Kněžice se nachází v severovýchodní části okresu Nymburk, který spadá do Středočeského kraje. Kněžice mají 511 stálých obyvatel, kteří žijí ve třech místních částech (Kněžice, Osek, Dubečno). Katastrální území obce Kněžice zabírá 1 964 ha, z toho orná půda představuje 1 340 ha a lesní půda 410 ha. Obec vlastní 104 ha zemědělské půdy. V obci není zavedena kanalizace, jednotlivé domy využívají vlastní septiky a žumpy. V obci není zaveden plyn, většina domácností před výstavbou bioplynové stanice využívala topeniště na pevná paliva. BS nahrazuje kanalizaci, protože jsou do ní sváženy splašky ze septiků a žump ze všech třech místních částí. Většina obce je vytápěna CZT z BS. Ve vlastnictví obce je objekt obecního úřadu s knihovnou, zasedací místností a kancelářemi, obec dále vlastní objekt školy (se školou 1-5 třída, školkou a školní jídelnou) a dům s pečovatelskou službou. V obci nesídlí žádný velký podnikatelský subjekt, který by měl větší význam pro zaměstnanost v regionu. Obec je díky CZT a výrobě elektřiny energeticky nezávislým sídlem, což je v naší republice opravdovým unikátem, proto se může právem pyšnit titulem Energeticky soběstačná obec (ESO Kněžice).

#### **6.1.2 Energetika Kněžice s.r.o.**

Tato společnost byla založena v roce 2005 a je ve 100% vlastnictví obce Kněžice. Zastupitelé rozhodují o vedení společnosti, kterou zastupují tři jednatele. Společnost je provozovatelem BS a kotelny na biomasu, které jsou v provozu od roku 2006. Společnost dále provozuje svoz splašků ze septiků a žump, likvidaci odpadů a výrobu topných pelet. BS distribuuje teplo do 90 % objektů v obci a dodává elektřinu do elektrizační sítě, což tvoří nejdůležitější část jejích příjmů. Dále bezplatně poskytuje stabilizovaný materiál (digestát), který slouží místním zemědělcům jako organické hnojivo. Celý projekt je hodnotný z několika důvodů. Umožňuje likvidaci organických odpadů ze zemědělství, z restaurací a stravoven, z průmyslových výrob, z čistíren odpadních vod a odpadů z obecní zeleně. Tento odpad dále zpracovává a



prostřednictvím anaerobní fermentace z něho vyrábí bioplyn. Bioplyn je spalován a kogeneračně je produkována elektřina a tepelná energie. Teplo pokrývá část provozu, ale hlavně slouží k vytápění obce. Objekt stanice dále disponuje kotelnou na biomasu, kterou vyrovnává teplotní výkyvy během roku a umožňuje energetickou flexibilitu v neočekávaných situacích. Kotelna spaluje štěpku a slámu, kterou dodávají místní zemědělci a tím jsou podporovány komunální ekonomické vazby. Celá energetická soustava nahrazuje kanalizaci a plynofikaci, které byly zahrnuty v původních dlouhodobých plánech obce.

## 6.2 Výrobní technologie

BS Kněžice je zařízení, které má jako primární cíl produkci metanu, který je spalován v motorovém generátoru (kogenerační jednotce) a kogeneračně je vyráběna elektrická energie a teplo. Celý proces využívá technologie mokré AF, kdy jsou fermentovány vlhké organické materiály anaerobními bakteriemi. Aby celý proces mohl probíhat v rozměrech, který zajistí energetickou efektivnost, bylo třeba zajistit výrobní soustavu se značnými vstupními náklady.

Anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů je biochemická reakce, která vychází ze dvou hlavních předpokladů. Prvním je přítomnost kultur anaerobních bakterií, které pracují v symbióze a rozkládají organické látky. Druhým předpokladem je dostatečný obsah vlhkosti, což se jinak dá vyjádřit i jako nízký obsah sušiny v organickém materiálu. Obsah organické sušiny se u mokré fermentace pohybuje v rozmezí 4-12 objemových procent. (WWW.BIOPLYN.CZ, 2007) Výsledkem této reakce je směs plynu nazývaná bioplyn, který může obsahovat různý objem metanu. Metan ale zpravidla bývá majoritním plynem, ve směsi je klíčovou látkou, která má energetickou hodnotu pro výrobu tepla a elektřiny. Cílem AF je tedy vyrobit co nejvíce metanu. Aby byly cíle splněny, je třeba zajistit optimální výrobní podmínky. Tyto podmínky se odvíjí od organizace celého procesu, správného technologického zařízení, použití vhodných vstupních surovin a zajištění optimálních podmínek pro biochemickou reakci. Pro přiblížení použijí analogii celého procesu s životem hospodářských zvířat, které člověk chová na maso nebo jiné živočišné produkty. Metanogenní bakterie jsou živé organismy, jejichž existence je vázaná na teplotě, pH okolního prostředí, absenci kyslíku a přísunu živin, které jsou obsaženy v organické sušině. Stejně tak jako u každého živého organismu, dochází u nich k metabolismu a množení. Přísun

organického materiálu si lze představit jako krmivo, vznikající bioplyn jako metabolický výměšek. Pokud je u živočichů omezen přísun potravy, klesá i objem vyměšování. Toto platí i u metanogenních bakterií, pouze s tím rozdílem, že celý proces je dlouhodobější a proces vyměšování probíhá s určitou setrvačností. Pokud dojde k omezení přísunu živin, produkce bioplynu může probíhat ještě několik týdnů. Podrobnější průběh anaerobní fermentace je popsán v kapitole 5.2.1. Charakteristika metanu je obsažena v kapitole po ní následující (5.2.2). Proto se v této kapitole nebudu už více zabývat průběhem anaerobní fermentace z biologického hlediska, ale přejdu rovnou k technickým aspektům a optimálním podmínkám potřebným pro průběh reakce.

Na výstavbě BS a na dodání potřebných technologií se podílela řada dodavatelů. Kogenerační jednotka Jenbacher JMS 208 GS – B. L byla dodána rakouskou společností GE Jenbacher, která vyvíjí technologie plynových motorů a kogenerační moduly. Součástí kontraktu byl i program DIA.NE XT pro výrobní automatizaci. Technologické řešení BS s využitím AF dodala společnost Tomášek SERVIS s.r.o. (dnes BIOPROJECT s.r.o.). Technologické řešení kotelny bylo dodáno společností Step Trutnov a.s. Řešení železobetonových nádrží bylo projektováno společností WOLF SYSTEM spol. s.r.o. Generálním dodavatelem byla společnost Skanska a.s., která realizovala většinu staveb a také rozvody systému CZT v obci. Energetika Kněžice s.r.o. využívá technologie na výrobu pelet, která je licencovaná od výrobního družstva EKOVER. (KAZDA, 2013)

### **6.2.1 Vytvoření a zachování optimálních procesních podmínek**

Pro správné působení bioplynové stanice je důležité sledovat několik faktorů, které ovlivňují průběh celé reakce a mají zásadní vliv i na složení bioplynu. Pokud je chod narušen, může dojít k zastavení reakce, nebo je vyprodukován bioplyn velmi špatné kvality s malým obsahem metanu. Většina níže uvedených faktorů se sleduje pravidelně v monitorovacím centru. S udržením optimálních hodnot nejsou v současné době potíže kvůli dostatečnému množství nabytých zkušeností s plánováním logistických procesů během sedmi let provozu.

**Teplota** - Procesy, při nichž vzniká bioplyn, probíhají v rozmezí 5-95 °C. Uvedené hodnoty jsou limitní. Mimo udržování teploty ve výše uvedeném rozmezí, je

také důležité zachovat teplotu konstantní. Pokud dojde ke změně teploty, mění se rychlost probíhajících pochodů a je tak narušena dynamická rovnováha celého procesu. Celé je to zapříčiněno tím, že při změně teploty se mění zastoupení jednotlivých organismů. Důležitost faktoru konstantních teplot stoupá úměrně s materiálovým zatížením celého procesu. Pokud je doba zdržení krátká a nízká koncentrace biomasy v reaktoru, je udržování konstantní teploty nezbytné. Faktor teploty v reaktoru souvisí s energetickým chodem celé BS. Do celého procesu je třeba teplo dodávat, technologie vytápění fermentorů jsou různé. (DOHÁNYOS, 2014) Bioplynová stanice Kněžice využívá k vytápění fermentoru tepla z kogenerační jednotky. V případě nepříznivého počasí, kdy teploty klesají hluboko pod bod mrazu, je možné dodávat teplo i z kotelny. Bioplynová stanice nemá proto problém udržet konstantní teplotu během celého roku. Ve fermentoru se využívá skupiny mezofilních bakterií, které jsou aktivní v rozmezí 35-45 °C. Stálá teplota se udržuje na 42 °C s tím, že v rámci rozvrstvení substrátu ve fermentoru se může teplota lišit až o 3 °C. Výraznějším teplotním rozdílů se předchází pomocí vertikálních závěsných míchadel. (KAZDA, 2013)

**Obsah sušiny** - Pro produkci bioplynu v dostatečném množství je důležité sledovat faktor obsahu sušiny. Pokud je směs téměř kapalná a obsah sušiny je menší než 3 %, dochází k produkci bioplynu se zápornou energetickou bilancí. Teplo potřebné k udržení reakce má vyšší energetickou hodnotu než produkováný bioplyn. Obsah sušiny je v horní hranici limitován hodnotou 50 %. Pokud je obsah vyšší, reakce už neprobíhá. Obsah sušiny by neměl překročit hranici, kdy je ještě možné materiál transportovat pomocí čerpadla. (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ 2004) BS Kněžice využívá technologie anaerobní fermentace vlhkých organických materiálů. Obsah sušiny je poměrně nízký. Vypočítává se výsledný obsah sušiny veškerých materiálů ve fermentoru. V Kněžicích využívají vstupních materiálů s průměrným obsahem sušiny 8 %. Na výstupu obsah sušiny dosahuje hodnot kolem 2–4 %, což je tak nízká hodnota, že není třeba separovat kaly od kapaliny. Organický materiál se dá přečerpávat, transportovat v cisternách a aplikovat na zemědělské půdě. (KAZDA, 2013)

**pH** - Významným faktorem je hodnota pH (kyselost nebo zásaditost). Při vstupu je optimální, pokud se hodnota pohybuje blízko neutrální hranice, což je 7 až 7,8. Hodnota pH se během reakce mění a každá skupina mikroorganismů vyžaduje odlišné prostředí. Klíčová je hodnota pH pro kmen metanogenních bakterií. Na začátku

rozvojové fáze metanogenů by nemělo prostředí být příliš kyselé a dosahovat hodnot pod pH 5. Metanogenní bakterie pH zvyšují a prostředí se stává spíše neutrálním. (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ 2004) V bioplynové stanici Kněžice udržují hodnotu pH 8. Celý systém symbiotických bakterií má jistou regulační schopnost, proto nedochází k větším výkyvům. Stoupající pH může indikovat přetížení fermentoru. Toto přetížení může nastat při nadměrných dodávkách materiálů. Vysoké pH může zapříčinit zvýšené uvolňování amoniaku. (KAZDA, 2013)

**Cizorodé látky** - Faktor toxických a inhibujících látek je třeba sledovat ve fázi plánování, kdy se rozhoduje, jaký materiál se bude do fermentoru vsázet. Nežádoucí jsou látky potlačující mikrobiální rozvoj. Jedná se o bakteriální léčiva, která se mohou dostat do fermentoru spolu s materiálem živočišného původu. Těmito bakteriálními léčivy jsou myšlena antibiotika určená pro zvířata nebo látky obsažené v krmných směsích. Mimo bakteriální léčiva, by se do reaktoru neměl dostat ani organický materiál v hnilobném rozkladu. Některé látky působí inhibičně v závislosti na pH. Při nízkém pH mohou působit inhibičně mastné kyseliny, při vysokém pH může dojít k narušení biochemické reakce vlivem amoniaku. Nežádoucí je i přítomnost těžkých kovů, které sice neohrožují biochemickou reakci, ale ovlivňují kvalitu bioplynové směsi. (MUŽÍK, SLEJŠKA 2010)

**Poměr obsahu uhlíku a dusíku** - Anaerobní fermentace je ovlivňována poměrem uhlíkatých a dusíkatých látek. Optimální je složení v poměru 30 : 1 (uhlíkaté:dusíkaté látky). V případě vysokého obsahu dusíkatých látek dochází k produkci bioplynu s větším obsahem minoritních plynů, jako je amoniak a oxid dusný. Obecně platí, že vyšší obsah dusíku je ve všech exkrementech hospodářských zvířat. Nejde ale o převahu dusíku, vždy je poměr vyšší ve prospěch uhlíku. U kejdy skotu a drůbežního trusu jde o poměr 10 : 1, u močůvky dokonce 2 : 1. U materiálů rostlinného původu platí vysoký obsah uhlíkatých látek, u dřevin je tato hodnota vyšší, u bylin nižší. (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ 2004) V bioplynové stanici Kněžice nesledují tento údaj pravidelně. Zvýšený obsah dusíkatých látek se zjišťuje měřením amoniakálního dusíku několikrát do roka. Narušení tohoto faktoru se většinou projeví tak, že výsledky celé výroby se začnou odchylovat od normálu. (KAZDA, 2013)

**Technologické faktory** – Mezi nejdůležitější z této skupiny faktorů je správné promíchání neboli homogenizace, aby došlo k co nejrychlejšímu kontaktu materiálu s bakteriemi. Homogenizace také napomáhá ustálení hodnoty pH při dávkování. Dalším faktorem je doba zdržení materiálu v reaktoru. Je třeba materiál zdržet po dostatečně dlouhou dobu, aby došlo k požadovanému vyplavení mikroorganismů. Generační doba bakterií aktivních při AF se liší podle jejich druhu, obecně jde o časové období 0,5 až 12 dní. (DOHÁNYOS, 2014)

### **6.3 Funkční systémy technologické linky**

Celý výrobní proces bioplynu probíhá na několika zařízeních, kterými materiál neboli substrát musí projít. Jde o navazující procesy, při nichž dojde nejprve k příjmu materiálů do systému, poté k úpravě materiálů, fermentování substrátu, uskladnění zbytkového organického materiálu a samotnému energetickému využití bioplynu.

#### **6.3.1 Příjmový systém**

V této části výrobního procesu dochází k příjmu materiálu z dopravního prostředku (cisterna, nákladní automobil) do homogenizační jímky. Proces homogenizace sestává z promíchání substrátu, za účelem vytvoření stejnorodé hmoty, která je pro bakterie lépe stravitelná. Mimo homogenizační jímku obsahuje příjmový systém ještě hygienizační zařízení.

Proces hygienizace předchází homogenizaci u materiálu, který by mohl být infekční, nebo by mohl obsahovat mikroorganismy ohrožující chod AF v reaktoru. Hygienizace je neodmyslitelnou součástí výrobního procesu bioplynu a platí pro vedlejší živočišné produkty. Pravidla pro nakládání s VŽP je upraveno Nařízením Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002. Toto nařízení stanovuje mj. veterinární a hygienická pravidla pro shromažďování, přepravu, skladování, manipulaci, zpracování, použití a odstraňování vedlejších živočišných produktů za účelem zabránění nebezpečí pro zdraví zvířat nebo lidí. VŽP je například myšleno části těl poražených zvířat, kůže, kopyta, rohy, paznehty, vnitřnosti, krev, skořápky, čerstvé vedlejší produkty z ryb, potraviny živočišného původu. Dále mezi tyto produkty patří i kuchyňský odpad, který přišel do kontaktu s tukem nebo svalovinou. (KOTOVICOVÁ, MARADA 2010)

### **6.3.2 Fermentační systém**

Fermentační systém je část BS, kde dochází k samotné AF. V této části výrobního procesu se pracuje s organickým materiálem, který je rozkládán anaerobními bakteriemi. Do fermentačního systému je pravidelně dávkován homogenizovaný materiál, který se po vstupu do fermentoru stává fermentátem. K dávkování materiálu dochází každý všední den, průměrně jde o 60 m<sup>3</sup>/den. Dávkování se ale může přizpůsobit dostupnosti surovin a rychlosti metanogenního procesu. Systém se skládá z fermentoru a integrovaného plynojemu. Fermentor má podobu nadzemní válcovité stavby. Je postaven z železobetonu a je obalen izolačním materiálem. (technické parametry jsou uvedeny v kapitole 6.4). Součástí fermentoru jsou dvě vrtulová míchadla a topné těleso, které udržuje stálou teplotu fermentátu. Fermentor má samovolný přepad do uskladňovacích nádrží, kterým protéká stabilizovaný materiál. Tento materiál má v případě BS Kněžice kapalné skupenství s obsahem sušiny 2 % objemu.

### **6.3.3 Uskladňovací systém**

Uskladňovací systém je tvořen dvěma skladovacími nádržemi (technické parametry jsou uvedeny v kapitole 6.4), dvěma přepadovými potrubími a čerpadly. Skladovací nádrže byly realizovány bez zastřešení. Uskladňovací systém totiž sloužil původně pouze k uskladňování stabilizovaného materiálu. V druhém roce provozu (2008) byly nádrže z důvodu eliminace pachové zátěže a navýšení energetické efektivity zastřešeny. Energetický potenciál digestátu není zcela vyčerpán. V zastřešené uskladňovací nádrži také probíhá AF a je uvolňován bioplyn. Před zastřešením docházelo k únikům bioplynu, dnes je využíván při kogeneraci, stejně tak jako bioplyn z fermentoru. Uskladňovací systém tak plní z malé části i funkci systému fermentačního. Digestát je možné uchovávat na požadovanou dobu. Během vegetačního období ho odebírají místní zemědělci a aplikují ho jako hnojivo na zemědělskou půdu.

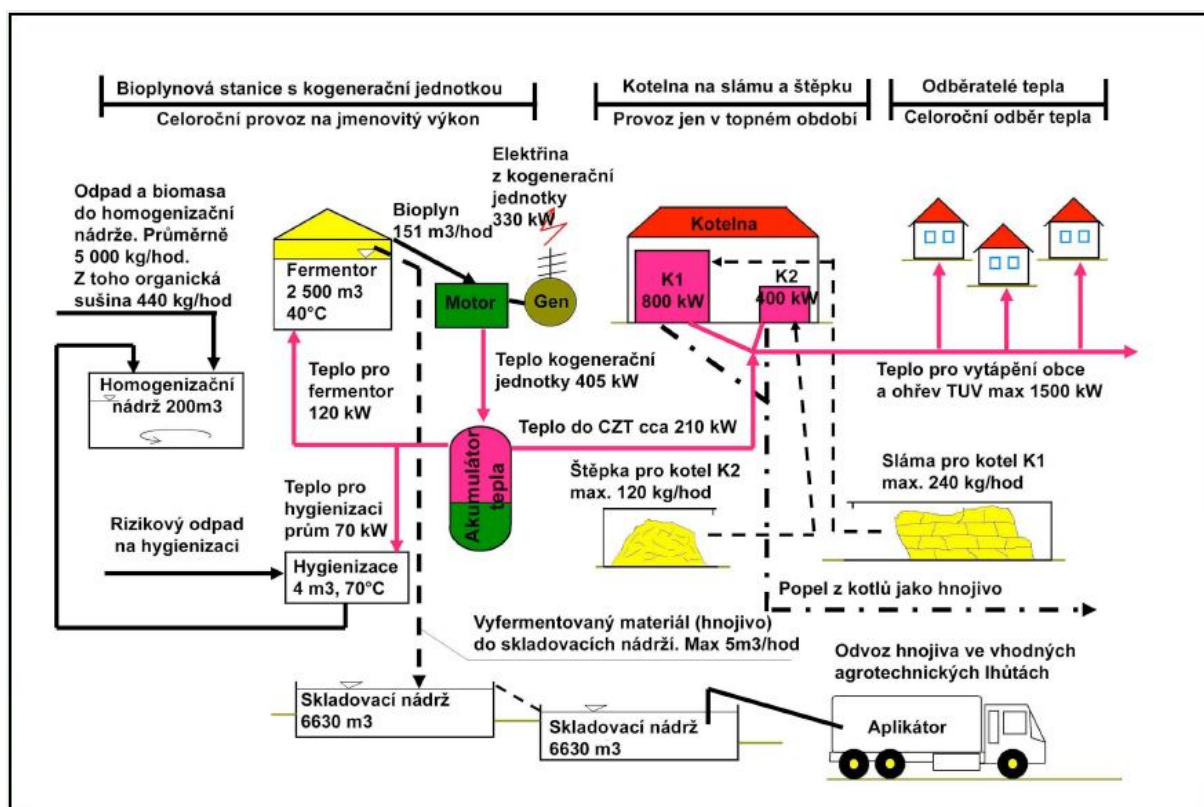
### **6.3.4 Energetický systém**

Energetický systém zabírá nejmenší část prostoru BS. V BS slouží ke dvěma hlavním účelům. Zaprvé dodává tepelnou energii (teplo z kogenerace) do celé systémové soustavy, za druhé transformuje primární energii bioplynu na energii tepelnou a elektrickou. Je propojen se třemi předchozími systémy, dále s distribuční elektrickou sítí a se systémem CZT, který dodává teplo občanům Kněžic (Obr. 6.1).

Energetický systém tvoří kogenerační jednotka (Jenbacher JMS 208 GS – B. L), filtr na čištění bioplynu, akumulátor tepla, teplovodní potrubí, kotelna a transformátor. Kogenerační jednotka vyrábí elektrickou energii, která putuje přes transformátor do distribuční sítě. Teplo vyrobené kogenerační jednotkou je využito pro potřeby hygienizačního zařízení, fermentoru a zbytek je veden teplovodním potrubím do směšovače umístěného v kotelně. Kotelna slouží k vykrývání deficitu tepla v topné sezóně a tím zvyšuje energetickou efektivnost. Detaily tohoto procesu jsou popsány v kapitole 6.6. Kotelna není běžnou součástí BS. Bioplynové stanice nepodléhají žádnému obecnému konceptu, technologických řešení je asi tolik, kolik je bioplynových stanic.

## 6.4 Segmenty technologické linky

V této kapitole budou popsány jednotlivé segmenty, jejich funkce a technické parametry. Ačkoli je zmiňuji v předchozí kapitole 6.3 a uvádím jejich zařazení v rámci funkčních systémů technologické linky, rozhodl jsem se věnovat jim samostatnou kapitolu a neuvádět všechny informace najednou. Pro názornou ilustraci celého systému je použité schéma (Obr. 6.1), které je kompatibilní s obsahem této kapitoly. Ve schématu jsou růžovou linií znázorněny toky energií a černou linií toky materiálu.



Obr. 6.1: Výrobní proces v bioplynové stanici Kněžice

Zdroj: KAZDA a kol. (2010)

### 6.4.1 Hygienizační zařízení

V BS Kněžice se zařízení nachází ve stejném objektu jako kogenerační jednotka a kancelář. Hygienizační zařízení sestává z ocelového šnekového dopravníku, který je umístěn v násypce. Násypka je dostupná i pro nákladní automobil. Z násypky putuje materiál do drtiče, který jej rozdrtí na požadovanou velikost. Kusy materiálů nesmí přesahovat velikost 12 mm (KOTOVICOVÁ, MARADA 2010). Tato zásada byla zavedena z důvodu možnosti přečerpávání a lepší manipulaci při homogenizaci.



Rozdrcený materiál se také lépe rozkládá při fermentačních procesech. Z drtiče putuje odpad do jímky pod podlahou o objemu 13 m<sup>3</sup>, kde je dále promícháván. Samostatně z násypky je potrubím vedena tekutá část suroviny, jako je krev, tekutá část zbytků z vaření atd. Samotná homogenizace probíhá v homogenizačním tanku, kam je materiál postupně přečerpáván z jímky pod podlahou. Tank má objem 4 m<sup>3</sup> a je vyhříván pomocí tepla z kogenerační jednotky. Surovina se po dobu jedné hodiny ohřívá na 72 °C, tato teplota je udržována další hodinu a stejná doba je ponechána na zchladnutí. Potom je celý obsah přečerpán do homogenizační jímky. (KAZDA a kol., 2010)

#### **6.4.2 Homogenizační jímka**

Jedná se o místo, v němž probíhá proces homogenizace, což je promíchání všech surovinových zdrojů, aby vznikl stejnorodý materiál. Železobetonová homogenizační jímka je umístěna mezi administrativní budovou a fermentorem. Má válcovitý tvar o výšce 3 m a průměru 10 m. Objem má 180 m<sup>3</sup>. Z větší části je zapuštěna v zemi z důvodu lepší tepelné izolace a snadné manipulace s materiálem, který je dávkován ve všední dny zhruba po 60 t. Roční průměr dodávek je 5 t za hodinu, z toho organická sušina je 440 kg za hodinu. Homogenizační jímka má větší objem než je denní dodávka, proto slouží zároveň jako zásobník materiálu. Jímka je zakrytá betonovou deskou, která nepropouští bioplyn vznikající předčasně mimo fermentor. Uvnitř je horizontální míchadlo, jež zajišťuje samotné promísení materiálůvých směsí. Jímka je přístupná pro nákladní automobil a uzpůsobená pro příjem materiálu, který nemusí procházet procesem hygienizace. Otvor pojme jak kapalný materiál, jako jsou splašky, tak rostlinné zbytky. (KAZDA, 2013)

#### **6.4.3 Fermentor a integrovaný plynojem**

Fermentor je místem, kde požadovaný bioplyn vzniká. Dochází v něm k AF, kdy se díky metabolickým procesům metanogenních bakterií uvolňuje bioplyn. Vznikající bioplyn je jímán integrovaným plynojemem o objemu 700 m<sup>3</sup>. Toto zařízení má podobu stanové střechy podepřené středovou tyčí, pod níž se bioplyn hromadí a následně je odsáván. Zvýšenou produkci bioplynu je možné zaznamenat při napnutí plachty. Mimo tuto vizuální kontrolu je objem tvorby bioplynu zaznamenáván čidly. (KAZDA a kol., 2010)

Samostatná fermentační jímka je jednokomorová o objemu 2 500 m<sup>3</sup>. Stavba má válcovitý tvar o rozměrech 10,5 m na výšku a 20 m v průměru. Stavba je odizolovaná a oplechovaná, zbytečná ztráta tepla není žádoucí kvůli správnému průběhu fermentační reakce. (KOZLOVSKÁ, 2009) Fermentor je navíc zahříván teplem z kogenerační jednotky na teplotu 40 °C, AF je totiž endotermická reakce. Tato hodnota může samozřejmě vlivem okolní teploty kolísat. Teplota, při níž stále ještě probíhá metanogenní proces, se pohybuje mezi 4 a 90 °C (KÁRA, MUŽÍK 2009). Fermentor obsahuje dvě vrtulová míchadla, jež jsou zavěšená na lanech a mohou pracovat v různých hloubkách uvnitř nádrže. Díky zavěšení je možné je vyzvednout nad hladinu fermentátu a provést údržbu. Z fermentoru vede plynové potrubí do kogenerační jednotky s průměrnou kapacitou 151 m<sup>3</sup> bioplynu za hodinu. Fermentovaný zbytek (digestát) je přečerpán do skladovací nádrže. (KAZDA a kol., 2010)

#### **6.4.4 Skladovací nádrže**

Opět jde o válcovitá tělesa, která zabírají v objektu bioplynové stanice největší plochu. Každá z nádrží má 6 630 m<sup>3</sup>. Mezi nimi je nainstalovaný přepad, aby nedošlo k přeplnění první nádrže. Digestát je zde možné uchovávat na požadovanou dobu. Nádrže byly původně nezastřešené, kvůli problému se zápachem došlo k jejich zakrytí. Plachtový kryt zároveň zachycuje bioplyn, jenž vzniká během dozrívající fermentace. Nádrže jsou vybaveny horizontálními míchadly a čerpadly, které zajišťují dávkování digestátu do zemědělských cisteren. Místní zemědělci si tento materiál mohou bezplatně odebírat a využívat jako hnojivo místo průmyslových hnojiv. Celý systém skladovacích nádrží má značné objemové rezervy. Odběr digestátu není během roku pravidelný vzhledem k vegetačním fázím zemědělských plodin, u nichž se jako hnojivo využívá. (KAZDA, 2013)

#### **6.4.5 Kogenerační jednotka (JMS 208 GS – B.LC)**

Jedná se o motorový generátor umístěný ve strojovně. Funguje stejně na stejném principu jako naftové generátory, ale spaluje bioplyn. Konstruován je tak, aby se dokázal vyrovnat s bioplynem o různém obsahu metanu, který je v průměru kolem 61 %. Bioplyn není potřeba dočišťovat jako při výrobě pohonných látek CNG. (KAZDA, 2013) Elektrický výkon generátoru je 330 kW a energie je dodávána do distribuční sítě, přičemž elektřina spotřebovaná na provoz stanice činí asi 20 %.

Tepelný výkon je 405 kW, část tepla se využije k provozu pro zahřívání hygienizačního tanku (70 kW) a vytápění fermentoru (120 kW). Více než 60 % tepla se využívá k vytápění obce Kněžice. Teplovodním potrubím je tepelná energie vedena do kotelny, kde je ve směšovači předávána dále do teplovodního potrubí vedoucího do obce. (KOZLOVSKÁ, 2009)

#### **6.4.6 Kotelna**

Mimo výrobu bioplynu je součástí bioplynové stanice ještě kotelna na spalování biomasy, která zajišťuje dostatek tepla v topné sezóně, kdy by tepelná kapacita kogenerační jednotky nebyla schopná pokrýt spotřebu domácností. Kotelna disponuje dvěma kotli. První kotel je na spalování slámy, dříve se spaloval i energetický šťovík, od této alternativy dodavatelé ustoupili kvůli malým hektarovým výnosům. Kotel na slámu má výkon 800 kW a jeho kapacita je 240 kg slámy za hodinu. Sláma je dodávána v balících a je dávkována po pásovém dopravníku. Materiál dodávají výhradně regionální dodavatelé z dojezdové vzdálenosti 15-20 km, aby byly zachovány co nejmenší náklady. Kotel na štěpku má výkon 400 kW a spalovací kapacitu 120 kg za hodinu. Štěpka pochází z veřejných porostů křovin, od lesníků ale i od jednotlivců z okolí. (KAZDA A KOLKETIV, 2010) Kotelna dále disponuje skladem paliva, jež je kapacitně schopný pokrýt spotřebu v řádu týdnů. Jak už bylo uvedeno, kotelna je nástrojem ke zvýšení produkce tepla v topné sezóně. V některých letech se využívání kotelny zahajuje už v září. Spalování je možné redukovat, proto se na začátku topné sezóny spálí například jenom jedna objemová dávka slámy. (KAZDA, 2013)

#### **6.4.7 Akumulátor tepla**

Jde o zásobník vody o objemu 100 m<sup>3</sup>. Akumulátor zajišťuje dostatek vody proudící v teplovodním potrubí. Původní projekt akumulátoru byl dimenzován na 50 m<sup>3</sup>, ale ukázalo se, že k vytápění obce je to nedostačující. Akumulátor neslouží k dlouhodobé akumulaci tepla, ale pouze zvyšuje objem teplé vody, jež může transportovat teplo ke spotřebitelům. Celková délka teplovodních rozvodů v obci je 6 km. (KAZDA, 2013)

## 6.5 Software a monitorovací centrum

Součástí BS je mimo technického vybavení i softwarové vybavení pro řízení chodu bioplynové stanice a kogenerační jednotky. Informační výstupy je možné sledovat v monitorovacím centru umístěném v administrativních prostorách bioplynové stanice. Při výrobě jsou využívány dva programy.

První program od společnosti Sumo Group, a.s. je technologickým řešením provozu BS a provozu CZT. Program umožňuje vysokou míru automatizace řízení provozu s minimálním přispěním osobní účasti zaměstnanců. Největší přídavná hodnota programu je automatický hlásič závad, který ohlásí provozovateli závadu v aktuálním čase prostřednictvím SMS. Provozovatel se tak může včas dozvědět o závadách v kotelně, ve fermentoru nebo v systému energetických rozvodů. (KAZDA, 2013)

Druhý program DIA.NE XT slouží k řízení kogenerační jednotky. Mimo řízení umožňuje také vizualizaci dat a diagnostiku provozu. Také využívá automatického hlásiče závad týkajících se procesu kogenerace. Provozovatel se tak včas dozví o poruchách motorového generátoru (kogenerační jednotka), o odstavení generátoru kvůli nedostatečné produkci bioplynu nebo o zvýšeném obsahu sirných sloučenin v bioplynu. Informace z výše zmiňovaných programů o aktuálních výrobních hodnotách je možné sledovat v monitorovacím centru. Aktuální hodnoty se zobrazují na LCD obrazovce. Monitorují se především výsledky energetického výkonu kogenerační jednotky, objemy zpracovávaného materiálu a vlastnosti vyrobeného bioplynu. Provozovatel tak může sledovat procentuelní obsah metanu v produkovaném bioplynu, který je přiváděn do kogenerační jednotky. U bioplynu se dále zjišťuje obsah sirných sloučenin a tím se kontroluje správná činnost filtračního zařízení. Aktuálně se zjišťuje i objem bioplynu v plynojemu, který je vykazován jako procentuelní hodnota. Dále se zjišťuje aktuální výkon kogenerační jednotky. Hodnoty se zobrazují odděleně pro výrobu tepla a pro výrobu elektřiny. Stejně tak se monitoruje i výkon kotlů. U obou zařízení se výkon vyazuje v kWh. Klíčová je pro provozovatele informace o teplotě vody, která opouští akumulátor tepla a teplotě vody přivedené z obce ze systému CZT. Teplota vody se uvádí v °C. Podle těchto hodnot se určuje, zda bude navýšen výkon kotelny. Monitorovací centrum také zaznamenává objem materiálových toků. Jedná se o denní navezené množství organického materiálu do homogenizační jímky a denní množství přepuštěné do fermentoru. Tento materiálový tok se vyazuje v m<sup>3</sup>. Materiálový tok v rámci kotelny se vyazuje v jednotkách spalovaného materiálu (balík slámy a jedna

objemová dávka štěpkového nakladače). Informace o materiálových tocích slouží jako podklady pro plánování dalšího postupu při strategii dodávek materiálů a při strategii výroby energií. (KAZDA, 2013)

## 6.6 Energetická efektivnost bioplynové stanice Kněžice

Energetická efektivnost BS je klíčovým ukazatelem úspěšnosti celého projektu. BS produkuje kogeneračně elektrickou energii a teplo. Jejich efektivní využití je základem pro dobrou návratnost vynaložených investic, což BS kněžice úspěšně splňuje. Základem efektivního využití energie je zde koexistence bioplynové stanice a systému CZT pro domácnosti v obci. Celá soustava spotřebovává část vyrobené energie pro vlastní provoz, proto je pro energetickou efektivnost důležité ušetřit energii při vlastním provozu a eliminovat ztráty bioplynu a tepla během výroby. Energetická efektivnost se tak nedá vyjádřit hodnotami o produkované energii, ale výsledními hodnotami elektřiny dodané do sítě a dodávky tepla mimo bioplynovou stanici vůči vstupní energii surového bioplynu. Mnoho BS v ČR doposud vybudovaných nemá dostatečné odbytiště tepla. Velká část tepelné energie přijde nazmar a tím efektivita celého projektu klesá. Problematika efektivního využívání tepla u bioplynových stanic v ČR je velmi vážná. Objem tepelné energie je poměrně velký a najít potenciálního odběratele v dostupné vzdálenosti není jednoduché. Vše je způsobeno lokalizací producentů bioplynu (bioplynové stanice, ČOV, skládky komunálního odpadu), jež jsou většinou umístěny mimo zástavbu z důvodů pachové zátěže, hluku, rizika kontaminace půdy nebo spodních vod a dalších faktorů. U některých zemědělských BS se můžeme setkat s využitím tepla přímo v rámci zemědělské výroby (vytápění stájí, sušárny). (WWW.SVN.CZ, 2013)

Základem celého modelu ESO Kněžice je stálá síť odběratelů tepla. Na CZT je připojeno 90 % objektů v Kněžicích včetně obecních budov jako je obecní úřad, škola, pošta a dům s pečovatelskou službou. Výrobu elektřiny a tepla zajišťuje kogenerační jednotka **Jenbacher JMS 208 GS – B.LC**, která má energetickou účinnost 35,7 % pro elektřinu a 42 % pro tepelnou energii. Výkon je 330 kW pro elektřinu a 405 kW pro teplo. Asi 20 % elektrické energie představuje spotřeba na provoz a ztráty na transformátoru. Elektřina je dodávána do distribuční sítě společnosti ČEZ Distribuce. Jak už bylo zmiňováno, teplo je dodáváno do CZT pro občany obce Kněžice. Pro

vlastní spotřebu tepla na vytápění administrativní budovy, vytápění reaktoru a ohřev homogenizačního tanku se spotřebovává asi 40 %, do CZT putuje 60 % vyrobeného tepla. Právě tepelná energie a její hodnotné využití je tím, co zapříčiňuje vysokou efektivnost celé soustavy. (KAZDA a kol., 2010)

Odbyt tepla je sice zajištěný po celý rok, ale není rozhodně konstantní. Za prvé zde existuje denní cyklus odběru, který se zvyšuje po návratu lidí ze zaměstnání a snižuje se naopak v noci. Za druhé je zde roční cyklus střídání ročních období, kdy je velký rozdíl mezi letním obdobím a topnou sezónou v zimě. Výrobu bioplynu není možné dostatečně regulovat kvůli náročnosti biochemických pochodů v reaktoru. Vzniká tedy jakési deficitní období, kdy se tepelné energie nedostává a výše uvedených 210 kW tepelné energie (60 % vyrobeného tepla) nestačí k pokrytí potřeb obyvatel Kněžic. Celý systém je dimenzován tak, aby byl po větší část roku deficitní, protože z hlediska energetické efektivity je snazší vyrovnat se s nedostatkem tepla v topné sezoně za pomoci jiných zařízení na výrobu tepla. Kdyby byl výkon kogenerační jednotky dimenzován tak, že by mimo topnou sezónu vykazoval přebytky, byl by celý systém finančně ztrátový. Výkyvy v produkci tepla kogenerační jednotkou pokrývá kotelna na spalování biomasy. Zajišťuje tak určitou flexibilitu, kdy je možné ve velmi krátkém čase zvýšit objem tepla dodávaného do soustavy CZT. K dispozici jsou dva kotle, první na spalování slámy a druhý na štěpku, které umožňují nejen variabilitu dodávaných surovin, ale umožňují regulovat množství spálené biomasy dle aktuální potřeby. Denní výkyvy tepla pokrývá akumulátor tepla o objemu 100 m<sup>3</sup>, při denní špičce je tak dostatek tepla pro všechny.

Dalším důležitým zařízením pro zajištění energetické efektivity je optimálně provedený plynojem a další zařízení eliminující úniky bioplynu. Únik bioplynu je energetickou ztrátou, která je nežádoucí jak pro provozovatele, tak z hlediska škodlivosti pro životní prostředí. Metan se řadí mezi skleníkové plyny, které zapříčiňují klimatické změny. (WWW.SVN.CZ, 2013) *Samotný metan je zhruba 20 krát účinnějším skleníkovým plynem než CO<sub>2</sub>, ovšem v atmosféře je ho asi stokrát méně.* (ŠTROS, 2014) V bioplynové stanici Kněžice je nainstalovaný plynojem o objemu 700 m<sup>3</sup>, který zabraňuje úniku bioplynu. Jde o střešní plynojem, který je nainstalovaný přímo na fermentoru. Jeho kapacita dokáže pokrýt spotřebu asi 4,5 hodiny práce kogenerační jednotky, jde ale pouze o teoretickou hodnotu. V praxi je potřeba, aby byl plynojem naplněn alespoň z 20 % objemu. Pokud objem klesne pod tuto kritickou hodnotu, dojde k odstavení kogenerační jednotky. Objem bioplynu v plynojemu je

sledován v monitorovacím centru. Klíčové je udržet v rovnováze produkci bioplynu, objem bioplynu v plynojemu a výkon kogenerační jednotky. Korigování produkce bioplynu prostřednictvím procesů v reaktoru není z krátkodobého hlediska reálné. V rámci technologického zařízení se dá reaktor odstavit v řádu dní, doznívání reakce ale pokračuje. Zastavení reakce vlivem inhibičních vlivů nelze obecně charakterizovat, protože záleží na inhibičním faktoru a míře jeho aktivity. Mnohem důležitější je správné technologické řešení situace, kdy je bioplynu nadbytek, kogenerační jednotka pracuje na maximum a plynojem už nemá kapacity na další zdržení. Tato situace se řeší přítomností speciálního kotle na spalování bioplynu, který přebytečný bioplyn dokáže zužítkovat na výrobu tepelné energie. V některých bioplynových stanicích se problém nadměrné produkce řeší přítomností fléry, což je hořák, kde dojde ke spálení bioplynu bez energetického využití. Při použití fléry vznikne újma provozovateli, ale eliminuje se dopad na ŽP. Bioplynová stanice Kněžice v tomto směru zvyšuje svojí energetickou efektivitu díky kotli, kde se přebytečný bioplyn spálí a primární energie bioplynu se tak transformuje na energii tepelnou. (KAZDA, 2013)

Další energetickou ztrátou může být mařený bioplyn unikající ze skladovací nádrže, kam odtéká stabilizovaný materiál (digestát). Reakce má určitou setrvačnost, kdy bioplyn dále vzniká, proto byly skladovací nádrže zastřešeny. Vznikající bioplyn je jímán a dále sveden do plynového potrubí vedoucího do kogenerační jednotky. Jak už bylo uvedeno o odstavec výše, zachycení bioplynu ve skladovací nádrži eliminuje emise metanu do ovzduší a má tak pozitivní vliv na ŽP. (WWW.SVN.CZ, 2013)

Energetická efektivita bioplynové stanice je na velmi dobré úrovni. Je to díky optimálnímu využití tepla jak v provozu, tak u spotřebitelů. Teplem se neplýtvá za žádných okolností. Je to díky dobré technologii kogenerační jednotky a vykrývání tepelných deficitů kotli na biomasu. Dochází také k využití nadbytečného bioplynu, který se nevejde do plynojemu. Celá soustava má samozřejmě určité rezervy a poskytuje určité výzvy do budoucna. Pokud dojde v budoucnu k celkové rekonstrukci a technologie CZT bude nahrazena, může energetická efektivita nabýt nových rozměrů. Mnohem efektivnější je distribuovat přímo vyčištěný bioplyn, který vyrábí teplo přímo v domácnostech. Ušetří se tím na ztrátách tepla v teplovodním potrubí. Jednou z možností jak bioplyn dále zhodnotit je vyčištěný bioplyn distribuovat jako CNG. Pro bioplynovou stanici by to ale znamenalo postavení nového reaktoru a zavedení nových technologií, což by se neobešlo bez využití některého z dotačních programů, realizovat tento projekt pouze ze zisků Energetiky Knežice s.r.o. je nemožné.

## 6.7 Rekonstrukce a inovace

Bioplynová stanice Kněžice je v provozu od roku 2006. Od té doby došlo k některým úpravám v rámci údržby a také za účelem výše zmiňovaného zvýšení energetické efektivity. První významnou úpravou bylo zastřešení uskladňovacích nádrží v roce 2008. Tímto došlo k zachycení vznikajícího bioplynu vlivem dozrávání anaerobní fermentace. Dále se tím snížila pachová zátěž, na níž se v obci Kněžice začínali objevovat stížnosti. V následujícím roce se pokračovalo v dalším kroku odstranění zápachu při novém zastřešení homogenizační jímky. Homogenizační jímka je vstupním zařízením, kde se uskladňuje a promíchává dodaný organický materiál. Původní zastřešení představovala membránová kuželová střecha, která dostatečně nezadržovala zápach. Působením povětrnostních vlivů docházelo k nadměrnému opotřebení. Nahrazena byla betonovou deskou, která výše zmiňované problémy nemá a navíc je odolná vůči defektům. Důležitou změnou byla instalace akumulátoru tepla. V původním projektovém návrhu uveden nebyl, ale časem se ukázalo, že je třeba mít dostatek teplé vody připravené na navýšení dodávek tepla do systému CZT. Proto byl nainstalován akumulátor tepla o objemu 50 m<sup>3</sup>, v roce 2013 byla jeho kapacita navýšena na dvojnásobek. (KAZDA, 2013)

V roce 2009 došlo k zásadní inovaci, která byla iniciována poškozením dvou spalinových výměníků a motoru kogenerační jednotky. Tyto poruchy byly způsobeny nadměrným obsahem sulfanu (H<sub>2</sub>S) v bioplynu. Sulfan vzniká při fermentačních procesech exkrementů hospodářských zvířat. Tento materiál se zde zpracovává ve velkých objemech. Původní zařízení na odsiřování bioplynu bylo pouze jednostupňové. Proto byl nainstalován druhý absorpční stupeň, který obsah sulfanu snížil z původních 750 mg/m<sup>3</sup> na 12 mg/m<sup>3</sup>. Výrobce kogenerační jednotky uvádí horní hranici obsahu sulfanu 500 mg/m<sup>3</sup>. Tato technologie obsahuje absorpční náplň na bázi dřevěných pilin, na kterých se síra zachytává. Celá směs se dá využít jako hnojivo. Tato inovace byla financována z vlastních zdrojů Energetiky Kněžice. (KOZLOVSKÁ, 2009) Rok 2013 byl rokem rekonstrukčním, během letní sezony došlo k odstavení reaktoru. Fermentovaný materiál byl přečerpán do uskladňovací nádrže a byla provedena údržba. Fermentační nádrž (reaktor) byla vyčištěna, nejnáročnější bylo vyzvednutí 1300 m<sup>3</sup> usazenin, které se za sedm let provozu nahromadily a usadily u dna a po stěnách. Poté byl vyměněn středový sloup, na kterém je připevněn integrovaný plynojem. Vyhřívací zařízení založené na principu tepelného výměníku bylo nahrazeno vyhřívacím tělesem.



Dále byly nahrazeny staré rozvody v reaktoru za nové potrubí z nerez. Rekonstrukce byla finančně náročná, pro Energetiku Kněžice to znamenalo použití většiny finančních rezerv. V letošním roce 2014 je plánována rekonstrukce kogenerační jednotky.

## 6.8 Financování bioplynové stanice

Provozovatelem BS je společnost Energetika Kněžice s.r.o. ve 100% vlastnictví obce Kněžice. Hlavní zodpovědnost za financování byla na obci, která část financovala z půjčky a část výstavby byla realizována z dotačních programů. Celková vstupní částka byla 138 milionu Kč včetně DPH (obec v té době byla plátcem této daně). Finanční dotace z Evropského fondu regionálního rozvoje (ERDF) byla 83,7 milionu Kč. Státní fond životního prostředí (SFŽP) dotoval tento projekt částkou 11,16 milionu Kč. Zbytek finančních vstupů byl na obci Kněžice, která si vzala půjčku ve výši 46 milionů Kč se splatností na 15 let. Vstupní částka občanů, kteří se připojili do CZT byla vyřešena jednorázovým poplatkem 10 tisíc Kč. Je třeba poznamenat, že obec si projektem bioplynové stanice vyřešila problémy s infrastrukturou, která by v tehdejší době stála asi 55 milionu Kč. Při rozhodnutí o realizaci bioplynové stanice se opustilo od realizace plynofikační sítě, která by obec při tehdejších cenách vyšla cca na 15 milionů Kč. Zároveň se tak vyřešila i výstavba kanalizace, která by stála cca 40 milionů Kč. Obec by její výstavbu také musela řešit půjčkou a kanalizační síť by neřešila problém dvou místních částí Dubečna a Oseka. V současné době se využívá svozu obsahů septiků a žump ze všech částí obce Kněžice. (KAZDA, 2013)

Financování provozu je založeno na příjmech a výdajích. Příjmy tvoří hlavně prodej tepelné energie občanům obce Kněžice a prodej elektřiny do distribuční soustavy ČEZ Distribuce. Výkup elektřiny je dotován kvůli původu energie z OZE tzv. zelenými bonusy.<sup>2</sup> Výši zelených bonusů určuje ERÚ. V prvním čtvrtletí roku 2014 byla výše zelených bonusů 2 730 Kč/MWh pro kategorii AF2, do níž spadá i Energetika Kněžice s.r.o. Zdrojem příjmů je výroba pelet, které Energetika Kněžice s.r.o. vyrábí pro družstvo EKOVER, jež dodalo technologii a stará se o distribuci. Příjmy plynou i

---

<sup>2</sup> Zelené bonusy jsou dotační formou pro energii z OZE, která je alternativou k dotační formě výkupních cen. Zelené bonusy jsou státním příspěvkem, který energetický subjekt získává jako přídavek k finančnímu zisku za prodej energie do veřejných sítí. Na zelené bonusy má nárok výrobce energie, který část své energie spotřebuje pro vlastní účely. Dotovaná je, jak energie dodaná do distribuční sítě, tak energie spotřebovaná pro vlastní účely. Výši zelených bonusů určuje ERÚ. Pro rok 2014 je platné Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2013

z likvidace odpadu. Nejedná se ale o veškerý odpad, za některé druhy odpadu Energetika Kněžice dodavateli platí. Celá distribuční soustava je o to složitější, že není jednoznačné, který odpad zajišťuje zdroj příjmů a který naopak generuje výdaje. U jednotlivých dodavatelů, jde o individuální přístup, kdy je finanční aspekt často výsledkem kompromisu. V některých případech dodavatel surovin (producent odpadu) platí pouze dopravu a odpad tak negeneruje ani příjmy ani výdaje. (KAZDA, 2013)

Výdajová stránka je variabilnější než stránka příjmová. V první řadě se jedná o náklady na pracovní sílu. Společnost má celkem pět stálých zaměstnanců, kteří zajišťují provoz a údržbu. Další výdajovou stránkou jsou pohonné hmoty a údržba vozového parku a pracovní techniky. Do této kategorie spadají i výdaje na manipulaci s materiálem v rámci výrobního systému. Dlouhodobé výdaje jsou potřeba na servis a údržbu technologie bioplynové stanice. Finanční náklady představují i platby za dodanou biomasu pro účel výroby pelet. Finanční zátěží jsou pro společnost i veškeré rekonstrukce a inovace zavedené v provozu na základě přibývajících zkušeností s provozem. Tyto změny ale výsledně zvyšují výrobu energií a eliminují ztráty. (KAZDA, 2013)

## **6.9 SWOT analýza**

SWOT analýza je zhodnocení silných stránek, slabých stránek, příležitostí a hrozeb zkoumaného subjektu. V rámci bioplynové stanice jsem zvolil formu strukturované SWOT analýzy. Silné stránky spočívají hlavně v tom, že projekt byl realizován v souvislosti s CZT obce Kněžice a je tak zajištěn odbyt tepla zajišťující finanční přínosy. Je třeba zmínit i silné stránky související s původem fermentovaného materiálu, kterým jsou pouze odpady a silné stránky jako je výrazná energetická efektivnost. Slabé stránky spočívají v technologických rezervách a v kvalitě materiálů. Příležitosti a hrozby patří mezi charakteristiky vnějšího prostředí. Obě charakteristiky v případě BS Kněžice výrazně souvisí s legislativním prostředím v ČR a dotačními podmínkami. Mezi velké příležitosti patří KNOW-HOW, které by se mohlo v případě lepších dotačních podmínek rozvíjet a umožnit zavedení nové technologie a následné využití bioplynu pro jiné energetické účely. Hrozby pramení v legislativních podmínkách, které zvýhodňují BS využívající energetické plodiny. Negativně se na provozu také projevuje nárůst konkurence v rámci ČR.

**Tab. 6.1:** SWOT analýza bioplynové stanice Kněžice (silné a slabé stránky)

<b>SILNÉ STRÁNKY</b>
Unikátní řešení energetické soustavy se stálým odbytem tepla
Bioplynová stanice využívá pouze odpady, nehrozí omezení výroby bioplynu vlivem malých zemědělských výnosů
Vysoká míra energetické efektivity (využívání kotelny k vykryvání energetických deficitů, využití veškerého bioplynu, flexibilita)
Vlastníkem subjektu je obec, která hájí zájmy obyvatel (zastupitelé obce jsou zároveň odběratelé)
Silné regionální ekonomické vazby v rámci sítě dodavatelů
Vytvoření pracovních míst v rámci obce
Malý dopad na životní prostředí (únik bioplynu je eliminován na minimum - zastřešení skladovacích nádrží, zastřešení homogenizační jímky, kvalitní plynojem, záložní kotel na spalování bioplynu)
<b>SLABÉ STRÁNKY</b>
Většina odpadů pochází ze zemědělské výroby
Nedostatečné využití fermentoru (kapacita není zcela naplněna, produkce bioplynu by mohla být vyšší)
Velké finanční náklady potřebné na údržbu
Relativně nízký obsah organické sušiny u vstupních materiálů
Obec má tři místní části, což zvyšuje finanční náklady při svážení odpadů ze septiků a žump

Zdroj: vlastní tvorba, 2014

**Tab. 6.2:** SWOT analýza bioplynové stanice Kněžice (příležitosti a hrozby)

<b>PŘÍLEŽITOSTI</b>
Skutečnost, že je ESO Kněžice exemplárním případem, ji dává příležitost přádávat zkušenosti dál
Kvalitní KNOW-HOW otevírající možnost spolupráce s realizátory nových projektů
Nové možnosti při zavedení nové legislativy o nakládání s gastroodpady (zákon by producentům odpadů z kuchyní a stravoven ukládal jejich zpracování v energetickém průmyslu)
Možnost rozšíření výroby a zřízení čerpací stanice v případě státních dotací pro automobilové prostředky využívající CNG
V případě získání dotace, zavést do provozu i metodu suché anaerobní fermentace
<b>HROZBY</b>
Vzrůstající podpora pro malé výrobce elektřiny nedosahující velké efektivity při výrobě
Lepší dotační podmínky pro bioplynové stanice využívající energetické plodiny
Snížení výkupních cen elektřiny ze strany Energetického regulačního úřadu
Rapidní nárůst konkurence v rámci státu
Vzrůstající ceny odpadů, které se postupně stávají energetickými surovinami

Zdroj: vlastní tvorba, 2014

## 6.10 Celkové přínosy bioplynové stanice

Bioplynová stanice společnosti Energetika Kněžice s.r.o. je přínosným projektem, který je hodnotný z hlediska energetického i celospolečenského. Pro obec jsou důležité levné a ekologické dodávky tepelné energie prostřednictvím systému CZT. Dodávek tepla využívá asi 90 % domácností a budovy ve vlastnictví obecního úřadu. Před výstavbou využívala většina domácností kotle na pevná paliva, což zhoršovalo stav ovzduší obzvláště během topné sezony, kdy se velká část venkova potýká s tímto problémem. Odběratelé v rámci obce odebírají jeden GJ tepla za 305 Kč. V roce 2012 bylo dodáno celkem 2 709,6 MWh tepelné energie. Dále BS dodává elektřinu do distribuční sítě, což je jedním z hlavních příjmů. Do distribuční sítě bylo dodáno celkem 2 125,2 MWh. BS nahrazuje v obci kanalizaci a čističku odpadních vod. Do BS se sváží obsahy septiků a žump, čímž mizí náklady odpadů na stočné. Dále není třeba obec

plynofikovat, protože obec nabízí centrální vytápění. Plynofikace by sice umožnila levnou možnost vytápění, ale stále by šlo o fosilní zdroj energie.

BS spotřebovává výhradně odpadní materiály. Využívá k energetickým účelům organický materiál, který by skončil na skládkách komunálního odpadu, v kafilériích, jako neefektivně využitě hnojivo nebo krmivo pro hospodářská zvířata (myšlené jsou gastroodpady). Veškerý materiál spadá pod OZE, což snižuje závislost na fosilních zdrojích energie. Energetika Kněžice má celkem 5 zaměstnanců, což je cca 1 % celkového počtu obyvatel.

Bioplynová stanice Kněžice získala řadu ocenění. Mezi nejvýznamnější patří ocenění na evropské úrovni *European Energy Award* z roku 2007, kterou obec získala za energetickou efektivnost. Toto ocenění se uděluje jako podpora pro veřejné instituce s udržitelnou energetickou politikou, které zvyšují využití obnovitelných zdrojů energie. V roce 2009 obec získala prvenství v 18. ročníku soutěže *Cena zdraví a bezpečného životního prostředí*. V roce 2013 zvítězila v soutěži *E.ON Energy Globe Award ČR* v kategorii obec. Tato soutěž je také známá jako Ekologický Oskar. V březnu 2014 se obci Kněžice dostalo výsady prezentovat svůj koncept energetické soběstačnosti na půdě Evropského parlamentu. Parlamentní slyšení s názvem *Building Political Will for 100 % Renewable Energy in the European Union* iniciovaly organizace *World Future Council* a *Climate Service Center*.

## 7 Struktura dodavatelů organického materiálu

Organický materiál je surovinou pro výrobu bioplynu. Jak už bylo zmiňováno, veškerý organický materiál spadá mezi odpady, což pro BS znamená, že patří mezi bioplynové stanice kategorie AF2. Tyto BS nevyužívají více než 50 % vstupní organické sušiny pocházející z energetických plodin. BS Kněžice nevyužívá žádné energetické plodiny, ale zpracovává pouze odpadní organické materiály. Zajišťuje ji to ale určitou nezávislost na konkrétní zemědělské výrobě. Geografická struktura dodavatelů je variabilnější a vyznačuje se větší dojezdovou vzdáleností, než u BS s majoritním zpracováním energetických plodin. Výsledné finanční náklady na získání organických materiálů jsou nižší než u energetických plodin, protože se jedná výhradně o odpadní látky. Pro BS to ale znamená menší dotační přínos v rámci zelených bonusů. BS Kněžice využívá organických materiálů od různých producentů odpadu z průmyslu nebo zemědělství. Není možné definovat jednotlivé ekonomické vazby mezi BS a dodavatelem, jde totiž o individuální přístup, kdy se cena organického materiálu odvíjí od dojezdové vzdálenosti, původu odpadu ale také od množství dodávaného materiálů. Pokud jde o odpady, kdy se producent musí ze zákona zajistit likvidaci, slouží BS jako koncový likvidátor a dodavatel zpravidla za službu platí (např. kaly z čistíren komunálních odpadních vod, kaly ze septiků a žump). Mohou nastat čtyři varianty ekonomických vztahů mezi BS Kněžice a dodavatelem organických odpadů.

- Bioplynová stanice získá odpad zdarma
- Bioplynová stanice za odpad zaplatí
- Dodavatel platí bioplynové stanici za likvidaci
- Bioplynová stanice hradí přepravní náklady u dodaného materiálu

Seznam odpadů, které může BS využívat, je určován na základě rozhodnutí Odboru životního prostředí a zemědělství Středočeského kraje. Seznam odpadů přijímaných do zařízení BS povolených výše zmiňovaným orgánem se odvíjí od Katalogu odpadů. Tento katalog je obsažen v dokumentu vydaném Ministerstvem životního prostředí pod názvem Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb. Seznam povolených odpadů uvádím v Příloze 3.

Následující analýza struktury dodavatelů se týká hodnot z roku 2012, ačkoli jsou již dostupné statistické výkazy z roku 2013. V roce 2013 proběhla v BS rekonstrukce a během roku neprobíhaly dodávky v maximální možné kapacitě. Na přání provozovatele

nebudou uvedeny názvy dodavatelských subjektů, ale pouze dojezdové vzdálenosti. Z interview s provozovatelem vyplynuly skutečnosti, které naznačují obecný trend v dodávkách organického materiálu. Hodnota odpadů stoupá a stávají se z nich suroviny. Tyto suroviny znamenají pro BS stále větší náklady, protože na trhu stoupá jejich cena. Obecným trendem je také klesající objem materiálů v meziročním porovnání. Maximální zpracovaný objem organického materiálu byl 23 000 tun. V roce 2012 bylo zpracováno 13 402 tun organických odpadů. Dalším trendem je klesající variabilita zpracovaného materiálu. V roce 2012 byly zpracovány materiály uvedené v Tab. 7.1. (KAZDA, 2013)

## 7.1 Majoritní dodavatel

Z důvodu lepšího přehledu v rámci struktury dodavatelů, byl vyčleněn majoritní dodavatel materiálů. BS se vyznačuje návazností na zemědělskou výrobu. Hlavní surovinou je tedy odpad z kategorie *Zvířecí trus, moč, hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracované mimo místo vzniku*. Jak je z názvu kategorie patrné, jde o výkaly hospodářských zvířat, které mají při výrobě bioplynu značnou výtěžnost metanu. Tento materiál představuje celkem 56,6 %. Majoritním dodavatelem je zemědělské družstvo s dojezdovou vzdáleností 28 km. Dominanci tohoto dodavatele je možné považovat za výhodnou i nevýhodnou zároveň. Pozitivum představuje celkový objem dodávek, který snižuje přepravní a administrativní náklady. Pro BS je také výhodný fakt, že tento materiál má značnou výtěžnost metanu a zároveň je zdrojem anaerobních organismů, které se na fermentačním procesu podílí. Nevýhodou je v případě BS Kněžice skutečnost, že při poklesu zemědělské výroby klesá i objem dodávek. Za negativní se dá považovat i dojezdová vzdálenost. Všeobecná lokalizace v dostupnosti zdroje dodávek je pozitivní, ale v případě BS v ČR znamená často nedostupnost spotřebitele tepelné energie pro vyrobené teplo. V BS Kněžice je toto negativum kompenzováno tím, že je veškeré teplo efektivně využito v systému CZT.

**Tab. 7.1:** Přehled zpracovaných odpadů v bioplynové stanici Kněžice v roce 2012

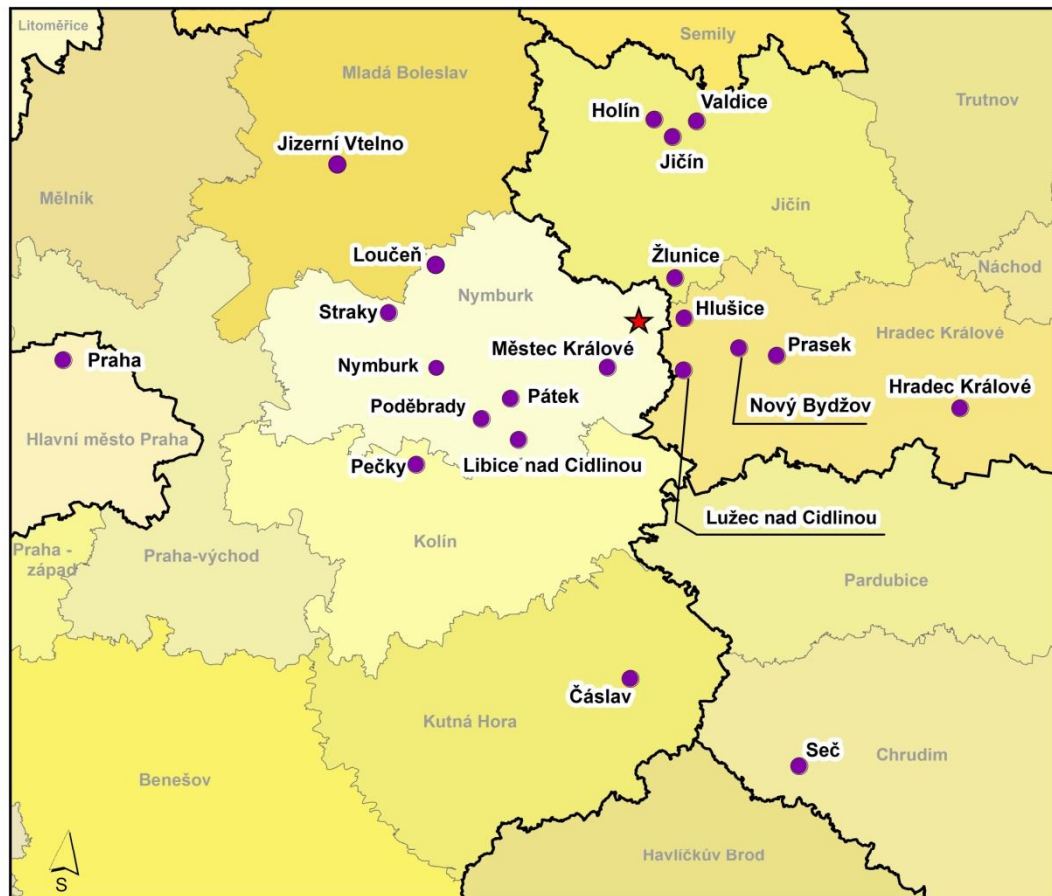
Katalogové číslo odpadu	Název druhu odpadu	objem [t]	objem [%]
020106	Zvířecí trus, moč a hnůj včetně znečištěné slámy (kapalné odpady, soustředované)	7 590	56,6
020203	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování	3 219	24,0
020204	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku	3	0,019
020301	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace	190	1,4
190805	Kaly z čištění komunálních odpadních vod	1 240	9,3
190809	Směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze jedlé oleje a jedlé tuky	77	0,6
190812	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod	200	1,5
200108	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven	580	4,3
200304	Kaly ze septiků a žump	303	2,3
celkem	---	13 402	100,0

Zdroj: upraveno dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)



## PROSTOROVÉ ROZMÍSTĚNÍ DODAVATELŮ ODPADNÍCH MATERIÁLŮ

v roce 2012



### Dodavatelé odpadů

- sídlo dodavatele
- ★ obec Knežice
- hranice kraje
- hranice okresu

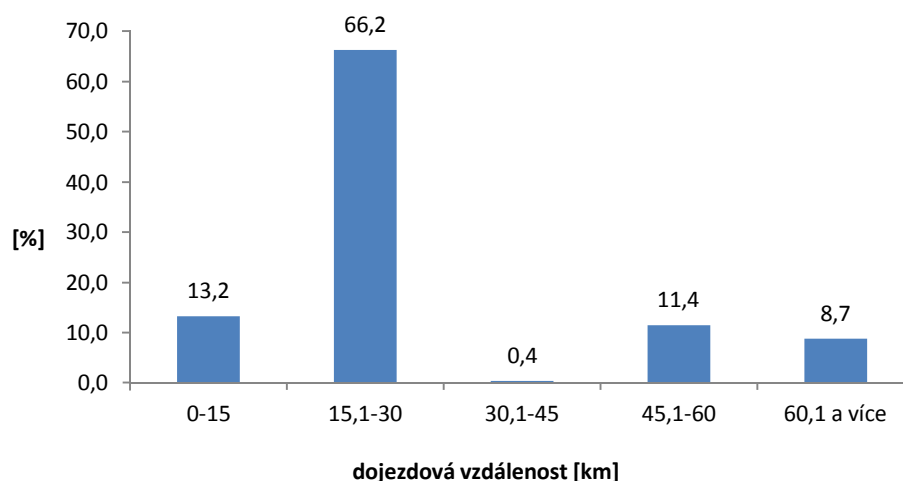
0 15 30 km

*Obr. 7.1: Prostorové rozmístění dodavatelů organického materiálu*

Zdroj: vlastní tvorba dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)

## 7.2 Minoritní dodavatelé

Analýza minoritních dodavatelů je prováděna odděleně z důvodu lepší demonstrace v mapách a grafech. Organický materiál představuje celkem 43,4 % (5 811,7 t) z celkového objemu (13 402 t). Tento materiál pochází převážně z dojezdové vzdálenosti do 30 km. BS Kněžice má regionální svozový charakter, naprostá většina odpadu (včetně majoritního dodavatele) pochází z území okresu Nymburk. Odpad z dojezdové vzdálenosti do 15 km představuje 13,2 % objemu od minoritních dodavatelů. Odpad z dojezdové vzdálenosti 15,1-30 km představuje z celkového objemu minoritních dodavatelů 66,2 % (Obr. 7.2).

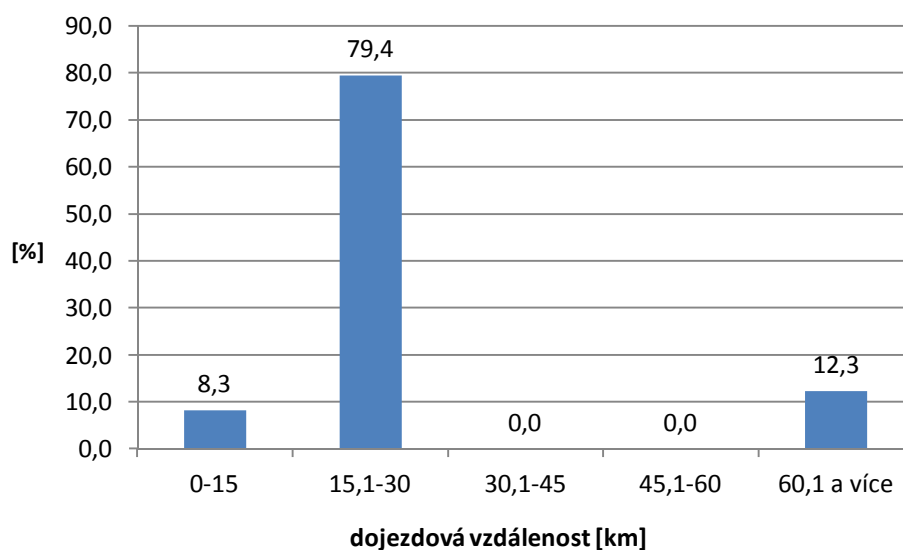


**Obr. 7.2:** Dojezdová vzdálenost minoritních dodavatelů

Zdroj: vlastní tvorba dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)

### 7.2.1 Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování

Tato kategorie materiálů spadá do skupiny odpadů ze zemědělství, rybářství, lesnictví, myslivosti a z výroby a zpracování potravin. Konkrétně jde o odpad z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu. Tento odpad má vysoký obsah proteinů, které jsou během fermentačních procesů dobře rozložitelné (DOHNÁNYOS, 2014). Před vstupem do reaktoru musí projít hygienizačním zařízením (Podrobněji v kapitole 6.3.1). Jeho zpracování je tak energeticky a logisticky náročnější. Tento materiál představuje 24 % z celkového objemu (Tab. 7.1). Prostorové rozložení dodavatelů je zobrazeno na Obr. 7.7.

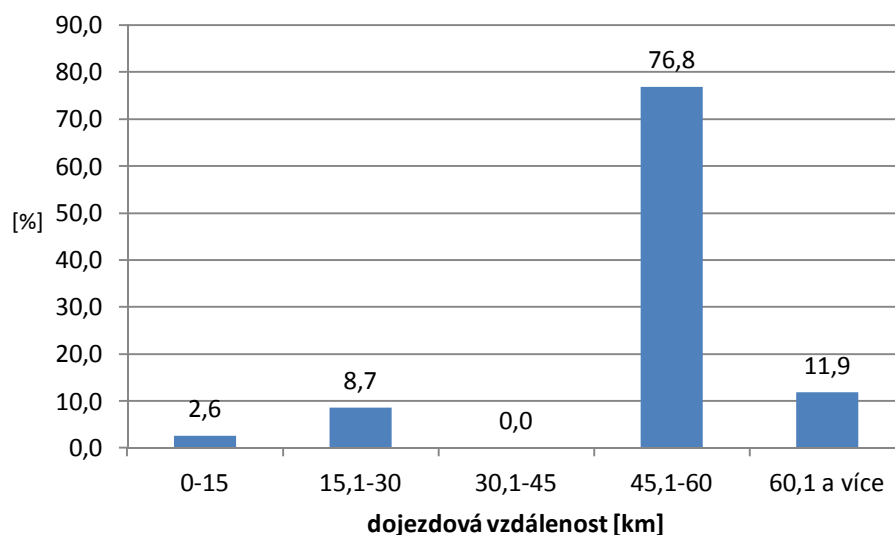


**Obr. 7.3:** Dojezdová vzdálenost dodavatelů z kategorie „Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování“

Zdroj: vlastní tvorba dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)

### 7.2.2 Biologicky rozložitelný odpad s kuchyní a stravoven

V katalogu odpadů spadá tento materiál do skupiny č. 20 *Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru*. Jedná se o zbytky z restaurací a stravoven, které by jinak skončili na skládkách komunálního odpadu. Tento odpad představuje celkem 4,3 % objemu z celkového množství zpracovaného materiálů (Tab. 7.1). Odpad, který vzniká z přípravy pokrmů, má do budoucna jistý potenciál. V případě navýšení vytríděného materiálu v rámci domácností, by jeho energetické využití mohlo posílit. V ČR ještě není třídění organického odpadu domácností na dostatečné úrovni, jako je tomu například v Německu nebo Švédsku.



**Obr. 7.4:** Dojezdová vzdálenost dodavatelů biologicky rozložitelného odpadu z kuchyní a stravoven

Zdroj: vlastní tvorba dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)

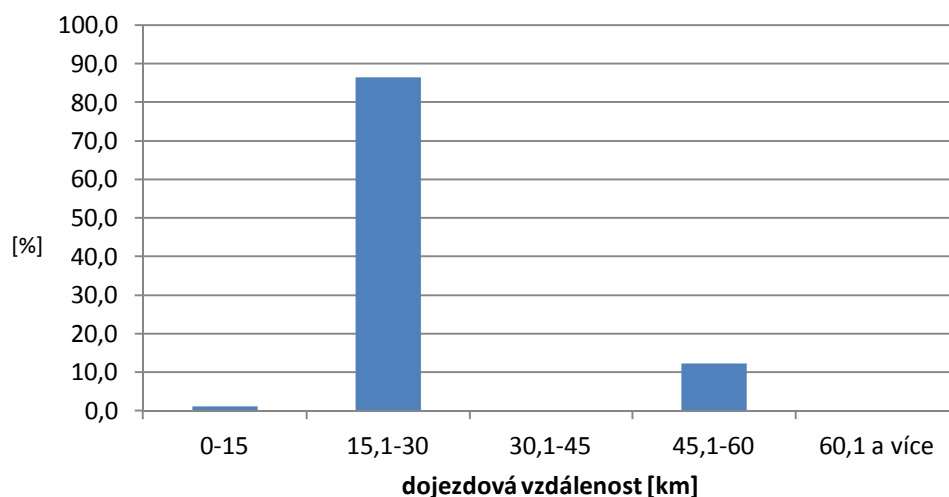
### 7.2.3 Kaly z čištění odpadních vod

Tyto odpady představují celkem čtyři kategorie odpadu, které vznikají na čistírnách odpadních vod. Kaly jsou separované od kapaliny a přepraveny do BS ke konečné likvidaci.

- Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
- Kaly z praní, čištění, loupání, odstřeďování a separace
- Kaly z čištění komunálních odpadních vod
- Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod

Výtěžnost těchto materiálů není možné jednoznačně určit, protože záleží na původu odpadní vody, od čehož se odvíjí obsah jednotlivých organických látek. Kaly se vyznačují stálým obsahem organické sušiny, který se nemění. Záleží pouze na tom, jaké odstřeďovací zařízení daná čistírna odpadních vod používá. *Kaly z čištění komunálních odpadních vod* mají energetický potenciál, jehož je využíváno již několik desítek let. Některé čistírny odpadních vod mají ve svém systému zařazený stupeň anaerobního čištění a produkují bioplyn. Kaly z čistíren odpadních vod představují celkem 12,2 % z celkového objemu. Největší zastoupení mají kaly z komunálních odpadních vod z nedaleké ČOV, jejich objem je 9,3 % z celkového množství. Jejich využití v BS je výhodné nejen kvůli vysokému obsahu organické sušiny, ale i kvůli tomu, že spadají do

kategorie odpadů, za jejichž likvidování dodavatel platí. Naprostá většina kalů pochází ze vzdálenosti 15,1-30 km (Obr. 7.5)



**Obr. 7.5:** Dojezdová vzdálenost dodavatelů kalů z čištění odpadních vod

Zdroj: vlastní tvorba dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)

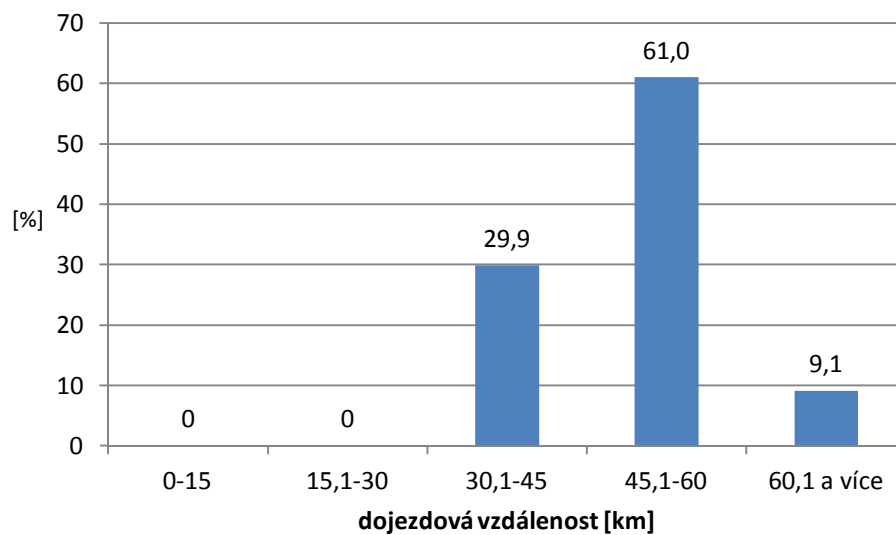
#### 7.2.4 Směs tuků a olejů

Celým názvem: *Směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze jedlé oleje a jedlé tuky*. Tento materiál se vyznačuje poměrně velkými metanovými výnosy, ačkoli obsah organické sušiny není nikterak vysoký. Tento materiál pochází z potravinářského průmyslu a je distribuován svozovými společnostmi. Na celkovém objemu se tento materiál podílí 0,6 %. Z hlediska dojezdové vzdálenosti se vyznačuje vyšším počtem kilometrů (Obr. 7.6).

#### 7.2.5 Kal ze septiků a žump

Jedná se o obsah septiků a žump, kde se hromadí lidské výkaly odvedené z domácností. U tohoto odpadu není na místě provádět analýzu z hlediska dojezdové vzdálenosti, protože materiál nepochází z jedné konkrétní výroby nebo čistírny. Jedná se vlastně o fekálie svážené svozovými společnostmi z míst, kde není zavedena kanalizace. Svoz provozuje i Energetika Kněžice s.r.o., která obsluhuje obec Kněžice, její dvě místní části (Osek a Duběčno) a okolní obce (hmotnost 241 t, podíl na

celkovém objemu odpadů 1,8 %). Veškeré kaly ze septiků a žump se podílí na celkovém objemu 2,3 %.



**Obr. 7.6:** Dojezdová vzdálenost dodavatelů z kategorie „Směs tuků a olejů“

Zdroj: vlastní tvorba dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)



## 8 Závěr

Předložená diplomová práce se zabývala analýzou BS Kněžice z hlediska energetické funkčnosti. Klíčovým tématem bylo popsat výrobu a využití bioplynu v kontextu s národní energetikou a provázaností s odpadovým hospodářstvím. Součástí akademické práce byla i charakteristika globální energetiky a energetických zdrojů z hlediska jejich původu. V současné době pochází 33 % světové energie z ropy a 30 % z uhlí. Alternativou k fosilním palivům jsou OZE. Státy EU mají společný cíl podíl OZE zvýšit, zajistit si energetickou soběstačnost a snížit závislost na tradičních zdrojích energie. Hrubá národní spotřeba elektřiny z OZE v EU-27 je 21,3 % a toto číslo se nadále zvyšuje. ČR v tomto směru zaostává, dokáže pokrýt 8,26 %. Jedním z obnovitelných zdrojů je i energie biomasy. Právě tyto technologie se v poslední dekádě dynamicky rozvíjí. Velký potenciál je zejména v přeměně biomasy na bioplyn prostřednictvím procesu anaerobní fermentace. Směs metanu a dalších minoritních plynů všeobecně známá pod názvem bioplyn se v Evropě využívá již několik desítek let. Jedním z prvních producentů bioplynu byly čistírny odpadních vod a později i skládková tělesa komunálního odpadu. Významnou předností bioplynu je jeho všestranné energetické využití, protože se z něho dá generovat elektřina, teplo ale i pohonné hmoty. Zároveň se dá snadno skladovat a přepravovat. Největší využití má při kogenerační produkci elektrické a tepelné energie, jako je tomu například v Německu, Dánsku ale i v ČR. Úspěšný model transformace bioplynu na pohonné hmoty funguje ve Švédsku, kde se z této směsi plynů vyrábí CNG. V ČR se bioplyn produkuje na čistírnách odpadních vod, skládkách komunálního odpadu a při řízených procesech v bioplynových stanicích. V roce 2011 se podařilo vyrobit celkem 1,06 % elektřiny pocházející z bioplynu. Této hodnoty bylo dosaženo zejména masivní výstavbou bioplynových stanic. ERÚ eviduje 430 bioplynových stanic, 58 producentů bioplynu z čistírenských kalů a 70 producentů bioplynu na skládkách komunálního odpadu.

Bioplynovou stanici Kněžice provozuje společnost Energetika Kněžice s.r.o., která je ve 100% vlastnictví obce. Bioplynová stanice je zaměřena na likvidaci organických odpadů a nevyužívá žádné energetické plodiny. Ke zpracování je aplikována technologie suché anaerobní fermentace, která se vyznačuje nízkým obsahem sušiny vstupního materiálu. Organický materiál je zpracováván ve fermentoru, kde je anaerobně rozkládán metanogenními bakteriemi. Bioplyn je jímán do plynoměru a poté transformován na energii. Bioplynová stanice využívá motorový generátor



(kogenerační jednotka) ke spalování bioplynu a kogeneračně produkuje teplo a elektřinu. Výkon kogenerační jednotky je 405 kW pro teplo a 330 kW pro elektrickou energii. Teplo je ze 40 % využito na chod bioplynové stanice, zejména na vytápění fermentoru a úpravu vstupního materiálu. Zbylých 60 % tepla je využito k centrálnímu vytápění obce, do něž je připojeno 90 % domácností, škola, obecní úřad, dům s pečovatelskou službou. Bioplynová stanice za rok 2012 dodala do obce 2 709,6 MWh tepelné energie. Produkovaná elektřina je dodávána do distribuční sítě ČEZ Distribuce. V roce 2012 bylo dodáno celkem 2 125,2 MWh. Elektrická energie je vykupována za ceny dle aktuální hodnoty elektřiny na trhu. Mimo tento příjem je provoz dotován zelenými bonusy, které se vztahují nejen na obchodovanou energii, ale i na energii spotřebovanou v rámci provozu. Mimo výše zmiňované příjmy se společnost Energetika Kněžice věnuje výrobě topných pelet a svozu kalů ze septiků a žump.

Bioplynová stanice Kněžice se vyznačuje vysokou energetickou efektivností. Sezónní výkyvy v poptávce po tepelné energii jsou vykrývány kotelnou na spalování biomasy, kde je v provozu kotel na spalování slámy s výkonem 800 kW a kotel na spalování štěpky o výkonu 400 kW. Celý systém bioplynové stanice je nastaven tak, aby bylo efektivně využito veškerého bioplynu a vyprodukovaného tepla. V případě nadměrné produkce bioplynu, kdy kogenerační jednotka nestačí spalovat, je v provozu přítomen kotel na spalování bioplynu, který ho transformuje na tepelnou energii. V rámci fermentačních procesů se využívá vyhnívací nádrže (skladovací nádrž), na které je jímán bioplyn, jenž by se jinak uvolňoval ze stabilizovaného materiálu do ovzduší. V provozu je kladen důraz na efektivní hospodaření s teplem. Systém CZT využívá akumulátoru tepla a během denní špičky je tak připraven dostatek tepelné energie pro spotřebitele.

Bioplynová stanice využívá organických odpadních materiálů ze zemědělství, zpracovatelského průmyslu a odpadního hospodářství. Sledované hodnoty byly analyzovány za rok 2012, protože rok 2013 probíhala rekonstrukce a bioplynová stanice nezpracovávala maximální možné objemy odpadů. V roce 2012 bylo zpracováno celkem 13 402 t organických odpadů. Dodavatelská struktura se vyznačuje výraznou návazností na zemědělskou výrobu. Největší část materiálu představuje zvířecí trus, moč a hnůj, kterého bylo v celkovém objemu 56,6 %. Tento materiál je dodáván jedním subjektem z dojezdové vzdálenosti 28 km. Minoritní dodavatelé představují 43,4 % objemu organického odpadu a dodávají kaly z čistíren odpadních vod (12,2 %), kaly ze septiků a žump (2,3 %), směs tuků a olejů (0,6 %), biologicky rozložitelný odpad

z kuchyní a stravoven (4,3 %) a suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (24 %), které jsou odpadním materiálem při zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu. Většina organického materiálu od minoritních dodavatelů je z dojezdové vzdálenosti do 30 km (z dojezdové vzdálenosti 0-15 km pochází 13,2 % a z dojezdové vzdálenosti 15,1-30 km pochází 66,2 % odpadů). Stabilizovaný materiál z fermentoru (digestát) má využití jako certifikované hnojivo. Místní zemědělci digestát zdarma odebírají a aplikují na zemědělskou půdu. Živiny tak poslouží k tvorbě nové biomasy a tím se koloběh živin uzavírá.

Návaznost na zemědělství jednou se slabých stránek, která způsobuje nízkou variabilitu odpadů. Zároveň ale zajišťuje kvalitní materiál s velkými metanovými výnosy. Alarmující hrozbou celého projektu jsou změny v rámci odpadového hospodářství, kdy se z odpadu stává energetická surovina a začíná stoupat jeho cena. Celý projekt je nejhodnotnější kvůli provázanosti energetické soustavy s centrálním vytápěním obce Kněžice. V obci tak nahrazuje plynofikační soustavu a také kanalizaci, protože obsahy septiků a žump se likvidují v bioplynové stanici. Projekt energeticky soběstačné vesnice Kněžice je názorným příkladem efektivního propojení odpadového hospodářství s energetikou. Bioplynová stanice Kněžice tak dokazuje, že investice do OZE mají smysl, protože je lze využít i v komunální sféře, mohou podpořit ekonomické vazby v rámci regionu a zajistit alespoň částečnou energetickou nezávislost.

## 7 Summary

The submitted thesis analyzes operation in biogas station Kněžice. The aim of the thesis is to analyze purpose of energy system for biogas generation in biogas station. The thesis includes description of the connection among biogas generation, energy industry and organic waste management. Author studied biogas generation background and process of anaerobic digestion. The research method was based on interview with biogas station management and research visit in biogas station. The last part of the thesis was focused for spatial analysis of organic waste suppliers. The most important results were showed in charts, tables and maps.

Biogas station Kněžice is situated in central Bohemia, Czech Republic. The station is the part of settlements energy project. Biogas station use organic waste for anaerobic digestion. Biogas is used for electricity and heating energy generation. Electricity is sold to energy providers and heating energy is distributed to households in village Kněžice. In biogas station is included district heating system with two boilers those use woodchips and straw combustion. Energy system in Kněžice is high efficient and does not waste energy during the generation process. Biogas station generated 2 709,6 MWh of heating energy and 2 125,2 MWh electricity in 2012.

Organic waste suppliers are located in available distance. Most suppliers are less than 30 km far from biogas station, 13,2 % of organic waste are coming from 0-15 km distance. Almost 2/3 of organic waste are coming from 15,1-30 km distance. Biogas station is dependent on agriculture activities. The most important organic material is animal manure from one farm that supplies 56,6 % of all waste. Other waste suppliers are in the minority. Biogas station works with sewage, fat and oil substance, organic waste from kitchens and other organic waste from agriculture and food industry.

Biogas station Kněžice is unique project of independent energy system. The most important advantage is the cooperation between energy generation and consumption in district heating system. The company is at a disadvantage being dependent on agriculture. Organic waste is becoming commodity and price is getting higher. Biogas station Kněžice is positive example of successful renewable energy use.

## Seznam použité literatury a zdrojů:

### Literatura:

BRANDEJSOVÁ, E. (2009): *Bioplynové stanice*. Praha: GAS, 118 s.

BUFKA, A., ROSECKÝ, D. (2012): *Obnovitelné zdroje energie v roce 2011*. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 61 s.

LITERA, B. a kol. (2003): *Ruské produktovody a střední Evropa*. Praha: Eurolex Bohemia s r.o., 241 s.

KLOZ, M., MOTLÍK J., PETRŽÍLEK P., TUŽINSKÝ M. (2007): *Využívání obnovitelných zdrojů energie: Právní předpisy s komentářem*. Praha: Linde a.s., 510 s.

KOLÁŘ, L., KUŽEL, S. (2000): *Odpadové hospodářství*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 193 s.

KOLEKTIV (2007): *Čistění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 57 s.

KOZLOVSKÁ, D. (2009): *Studie modernizace bioplynové stanice Kněžice*. Diplomová práce. Praha, Fakulta stavební ČVUT, 121 s.

NOSKIEVIČ, P. (2004): *Obnovitelné zdroje energie v České Republice*. In: OCHODEK, T. (ed.): *Možnosti energetického využití biomasy*. Ostrava, s. 88-98

OCHODEK, T. (2004): *Biomasa jako zdroj energie*. In: OCHODEK, T. (ed.): *Možnosti energetického využití biomasy*. Ostrava, s. 88-98

PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P. (2004): *Biomasa : obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 288 s.

RYBÁR, R., KUDELAS, D. (2007): *Energetické zdroje – klasifikácia a výklad pojmov v súvislostiach*. Acta Montanistica Slovaca, 12, mimořádné číslo 2, s. 269-273

TWIDELL, J., WEIR, T. (1986): *Renewable energy resources*. New York: Taylor Francis, 1986. 464 s.

## **Internetové zdroje:**

*Aktualizace státní energetické koncepce České Republiky*, [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2010, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<<http://www.mpo.cz/dokument5903.html> >

Appropriate Rural Technology Institute: *ARTI Biogas Plant: A compact digester for producing biogas from food waste*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<[http://www.artiindia.org/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=45#Establishing%20a%20new%20trend:%20Biogas%20in%20cities](http://www.artiindia.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=45#Establishing%20a%20new%20trend:%20Biogas%20in%20cities) >

BECHNÍK, B. (2009): *Biomasa – definice a členění*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné

na: <<http://www.tzb-info.cz/5641-biomasa-definice-a-cleneni> >

Biogas Barometer, [online]. 2012, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

< <http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biogas.pdf>>

BUDZIANOWSKI, W., M., CHASIAK, I. (2001): *The expansion of biogas fuelled power plants in Germany during the 2001–2010 decade: Main sustainable conclusions for Poland*, [online]. *Journal of Power Technologies*, 91, č. 2, s. 102-113. Dostupné na:

<<http://www.papers.itc.pw.edu.pl/index.php/JPT/article/view/246/422>>

Česká bioplynová asociace: *Co je bioplyn?*, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné

na: <<http://www.czba.cz/bioplyn/> >

DOHÁNYOS, M. (2008): *Anaerobní reaktor není černou skříňkou – teoretické základy anaerobní fermentace*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <

<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>

DOHÁNYOS, M. (2014): *Závislost výtěžku metanu na složení a předpravě surovin*,

[online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.czba.cz/zavislost-vytezku-metanu-na-slozeni-a-predprave-suroviny.html>>

Energetický regulační úřad: *Roční zpráva o provozu ES ČR 2011*, [online]. Praha: Oddělení statistik ERÚ, 2012, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://www.eru.cz/user\\_data/files/statistika\\_elektro/rocní\\_zprava/2011/Rocni\\_zprava\\_ES\\_CR\\_FINAL.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/statistika_elektro/rocní_zprava/2011/Rocni_zprava_ES_CR_FINAL.pdf)>

European biogas association: *Biogas profile – Denmark*, [online]. 2013, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://www.adbiogas.co.uk/wp-content/uploads/2012/05/Denmark-profile\\_EBA.pdf](http://www.adbiogas.co.uk/wp-content/uploads/2012/05/Denmark-profile_EBA.pdf)>

Eurostat: *Electricity Statistics 2012*, [online]. 2013, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php?title=File:Electricity\\_Statistics\\_2012\\_%28in\\_GWh%29.png&filetimestamp=20130429063622](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php?title=File:Electricity_Statistics_2012_%28in_GWh%29.png&filetimestamp=20130429063622)>

Eurostat: *Electricity generated from renewable sources*, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc330>>

Extension.psu.edu: *A short History of anaerobic digestion*, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://extension.psu.edu/natural-resources/energy/waste-to-energy/resources/biogas/links/history-of-anaerobic-digestion/a-short-history-of-anaerobic-digestion>>

Global alliance for clean cookstoves: *Cookstoves fuels*, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.cleancookstoves.org/our-work/the-solutions/cookstove-fuels.html>>

HJORT-GREGERSEN, K. (1999): *Centralised biogas plants – intergrated energy production*, [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné na: <[http://www.ormi.com/r\\_files/71-Centralized\\_Biogas\\_Plants\\_Denmark.pdf](http://www.ormi.com/r_files/71-Centralized_Biogas_Plants_Denmark.pdf)>

Institute for Energy Research: *Statistical Review of World Energy 2013: Viva La Shale Revolución!*, [online]. 2012, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<<http://www.instituteforenergyresearch.org/2013/06/27/statistical-review-of-world-energy-2013-viva-la-shale-revolucion/>>

International Energy Agency: *Statistics*, [online]. 2011, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=AUSTRALI=&product=balances&year=Select>>

KÁRA, J., MUŽÍK, O. (2009): *Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>

KAZDA, Milan a kolektiv (2010): *Bioplynová stanice energeticky soběstačné obce Kněžice*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<[http://www.obecknezice.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=55&Itemid=48](http://www.obecknezice.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=48)>

KOTOVICOVÁ, J., MARADA, P. (2010): *Bioplynové stanice jako zařízení na zpracování vedlejších živočišných produktů*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynové-stanice-jako-zarizeni-na-zpracovani-vedlejsich-zivocisnych-produktu>>

MATYÁŠEK, J., SUK, M. (2010): *Antropogeneze v geologii, Přírodní energetické zdroje*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<<http://is.muni.cz/do/1499/el/estud/pdf/js10/antropog/web/pages/3-1-zdroje-energie.html>>

MUŽÍK, O., SLEJŠKA, A. (2010): *Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na:

<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>

OECD: *Factbook 2011-2012: Economic, Environmental and Social Statistics*, [online]. 2012, < <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/factbook-2011-en/06/01/04/index.html?itemId=/content/chapter/factbook-2011-49-en> >

POSPÍŠIL, L. (2011): *Výzkum „suché“ anaerobní fermentace různých druhů biomasy za účelem výroby bioplynu*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyzkum-suche-anaerobni-fermentace-ruznych-druhu-biomasy-za-ucelem-vyroby-bioplynu> >

STRAKA, F. (2010): *Bioodpad – Bioplyn – Energie: Využití skládkového plynu*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://biom.cz/upload/9982d8381d3da848a8072e06cf96ec87/Bioplyn\\_EFEKT\\_1.pdf](http://biom.cz/upload/9982d8381d3da848a8072e06cf96ec87/Bioplyn_EFEKT_1.pdf)>

ŠKORPÍK, J. (2006-2008): *Cesta člověka k transformačním technologiím, Transformační technologie*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.transformacni-technologie.cz/cesta-cloveka-k-transformacnim-technologieim.html>>

ŠKORPÍK, J. (2006-2008): *Cesta člověka k transformačním technologiím, Biomasa jako zdroj energie*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.transformacni-technologie.cz/biomasa-jako-zdroj-energie.html>>

ŠTROS, M. (2014): *Globální oteplování*, [online]. [www.meteocentrum.cz](http://www.meteocentrum.cz). [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.meteocentrum.cz/zmeny-klimatu/sklenikovy-efekt-dalsi-plyny.php>>

VÁŇA, J. (2010): *Bioodpad – Bioplyn – Energie, Bioplynové stanice na využití bioodpadů*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://biom.cz/upload/9982d8381d3da848a8072e06cf96ec87/Bioplyn\\_EFEKT\\_1.pdf](http://biom.cz/upload/9982d8381d3da848a8072e06cf96ec87/Bioplyn_EFEKT_1.pdf)>

VÍTKOVÁ, E. (2013): *Perspektivy bioplynu*, [online]. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.enviweb.cz/clanek/bioplynky/97592/perspektivy-bioplynu>>



WAGNER, V. (2013): *Česká a německá energetika: Musíme si pomáhat. Jak přesně?*, [online]. IDNES, 27. Prosince 2013. [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://technet.idnes.cz/ceska-a-nemecka-energetika-musime-si-pomahat-jak-presne-p1r-/veda.aspx?c=A131223\\_121543\\_veda\\_mla](http://technet.idnes.cz/ceska-a-nemecka-energetika-musime-si-pomahat-jak-presne-p1r-/veda.aspx?c=A131223_121543_veda_mla) >

www.biogasportalen.se: *Biogas in Sweden*, [online]. 2011, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.biogasportalen.se/In-English> >

www.bioplyn.cz: *Anaerobní technologie*, [online]. 2007, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://www.bioplyn.cz/at\\_popis.htm](http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm) >

www.bioplynovestanice.cz, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-bps/>>

www.coah.cz, [online]. 2009, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <[http://www.coah.cz/odborne-clanky-a-aktuality/informace-o-trhu-s-komunalnimi-odpady-v-nemecku-zarizeni-je-prilis-mnoho-odpadu-malo.html?utm\\_source=email&utm\\_medium=mail&utm\\_campaign=newsletter](http://www.coah.cz/odborne-clanky-a-aktuality/informace-o-trhu-s-komunalnimi-odpady-v-nemecku-zarizeni-je-prilis-mnoho-odpadu-malo.html?utm_source=email&utm_medium=mail&utm_campaign=newsletter)>

www.cngplus.cz, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.cngplus.cz/o-cng/definice.html>>

www.cng.cz, [online]. 2009, [cit. 2014-03-29]. Dostupné na: <<http://www.cng.cz/cs/stanice/>>

www.enviros.cz: *Energetická efektivnost bioplynových stanic*, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.svn.cz/cs/novinky-a-media/informacni-materialy> >

www.svn.cz, [online]. 2014, [cit. 2014-02-02]. Dostupné na: <<http://www.czba.cz/aktuality/publikace-energeticka-efektivnost-bioplynovych-stanic.html>>

## **Legislativní dokumenty:**

Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2014

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb.

Vyhláška č. 477/2012 Sb. o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla nebo biometanu a o stanovení a uchování dokumentů. In: *Sbírka zákonů*. 20.12. 2012

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). In: *Sbírka zákonů*. 31.3.2005.

## **Audio záznamy:**

MILAN KAZDA, trvalé bydliště Kněžice 93; jednatel společnosti Energetika Kněžice s.r.o., záznam učiněn 7. Listopadu 2013 (Archiv autora)

## **Další prameny:**

Energetika Kněžice s.r.o. (2013): *Hlášení o produkci a nakládání s odpady za rok 2012* (nepublikovaný zdroj)

Energetický regulační úřad (2014): Seznam licencovaných zdrojů pro výrobu bioplynu

## **Seznam příloh:**

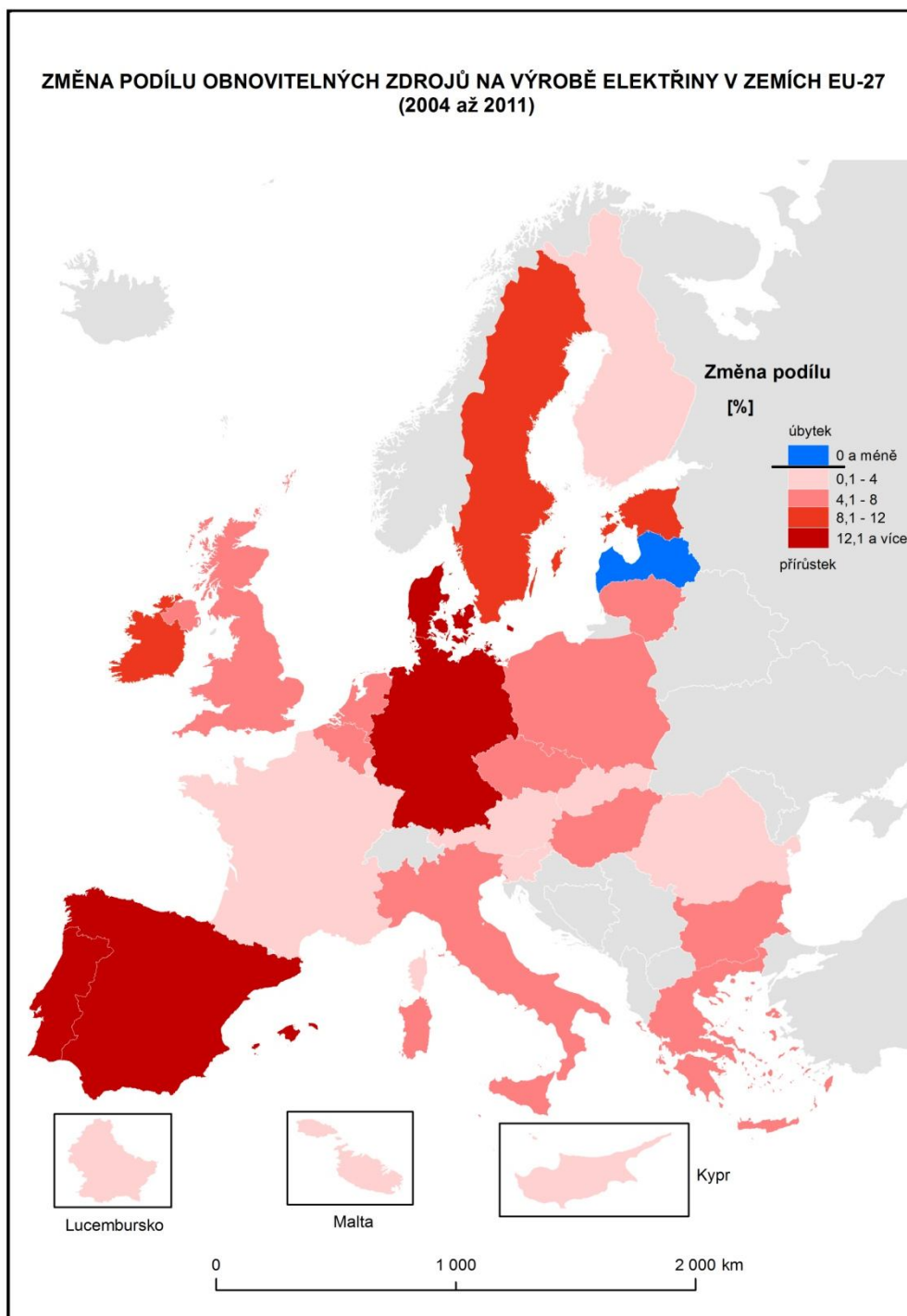
**Příloha 1:** Změna podílu obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny v zemích EU-27 (2004-2011)

**Příloha 2:** Domácí bioplynová stanice v Indii

**Příloha 3:** Seznam odpadů, které má Energetika Kněžice s.r.o. povolené zpracovávat

**Příloha 4:** Fotodokumentace bioplynové stanice Kněžice

**Příloha 1:** Změna podílu obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny v zemích EU-27 (2004-2011)



Zdroj: Eurostat (2014)

**Příloha 2:** Domácí bioplynová stanice v Indii



Zdroj: Appropriate Rural Technology Institute

**Příloha 3:** Seznam odpadů, které má Energetika Kněžice s.r.o. povolené zpracovávat

<b>KATALOGOVÉ ČÍSLO ODPADU</b>	<b>NÁZEV DRUHU ODPADU</b>
<b>0201</b>	<b>Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství</b>
020101	Kaly z praní a z čištění
020102	Odpad živočišných tkání
020103	Odpad rostlinných pletiv
020106	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracovávané mimo místo vzniku
020107	Odpady z lesnictví
<b>0202</b>	<b>Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu</b>
020201	Kaly z praní a z čištění
020202	Odpad živočišných tkání
020203	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
020204	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
<b>0203</b>	<b>Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy</b>
020301	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
020304	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
020305	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
<b>0204</b>	<b>Odpady z výroby cukru</b>
020403	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
020499	Odpady jinak blíže neurčené
<b>0205</b>	<b>Odpady z mlékářského průmyslu</b>
020501	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
020502	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
<b>0206</b>	<b>Odpady z pekáren a výroby cukrovinek</b>
020601	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
020603	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
<b>0207</b>	<b>Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)</b>
020701	Odpady z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
020702	Odpady z destilace lihovin
020704	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování

<b>0301</b>	<b>Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku</b>
030105	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04
<b>0303</b>	<b>Odpady z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky</b>
030307	Mechanicky oddělený výmět z rozvláknování odpadního papíru a lepenky
030308	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
030309	Odpadní kaustifikační kal
030310	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
030311	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 03 03 10
<b>0401</b>	<b>Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu</b>
040101	Odpadní klišovka a štípenka
040107	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
<b>0402</b>	<b>Odpady z textilního průmyslu</b>
040210	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
040221	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
040222	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
<b>1501</b>	<b>Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)</b>
150101	Papírové a lepenkové obaly
<b>1603</b>	<b>Vadné šarže a nepoužité výrobky</b>
160306	Organické odpady neuvedené pod číslem 16 03 05
<b>1906</b>	<b>Odpady z anaerobního zpracování odpadu</b>
190603	Extrakty z anaerobního zpracování komunálního odpadu
190604	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
190605	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
190606	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu
<b>1908</b>	<b>Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené</b>
190801	Shrabky z česlí
190805	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
190809	Směs tuků a olejů z odlučovače tuků obsahující pouze jedlé oleje a jedlé tuky

190812	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
190814	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13
<b>1909</b>	<b>Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely</b>
190902	Kaly z čiření vody
<b>2001</b>	<b>Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)</b>
200101	Papír a lepenka
200108	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
200125	Jedlý olej a tuk
<b>2002</b>	<b>Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)</b>
200201	Biologicky rozložitelný odpad
200302	Odpad z tržišť
200304	Kal ze septiků a žump
200306	Odpad z čištění kanalizace

Zdroj: upraveno dle Energetika Kněžice s.r.o. (2013)



**Příloha 4:**Fotodokumentace bioplynové stanice Kněžice



*Fermentor (foto autora, 2013)*



*Příjmová jímka (foto autora, 2013)*



*Pásový dávkovač slámy (foto autora, 2013)*



*Kotel na slámu (foto autora, 2013)*



*Sklad štěpky (foto autora, 2013)*



*Hygienizační zařízení (foto autora, 2013)*



*Kogenerační jednotka (foto autora, 2013)*



*Objekt bioplynové stanice (zdroj: bioproject.cz, 2013)*

