

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Návrh inovace technologické linky na zpracování
odpadů z kuchyní, stravoven a výroben potravin**

Diplomová práce

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

Autor práce: Bc. Petr Kotalík

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Petr Kotalík

Procesní inženýrství
Technologická zařízení staveb

Název práce

Návrh inovace technologické linky na zpracování odpadů z kuchyní, stravoven a výroben potravin

Název anglicky

The proposal of innovation of technological line for the treatment of waste from kitchens, canteens and food production companies

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést posouzení možností inovace technologické linky na zpracování odpadů z kuchyní, stravoven a výroben potravin ve vybraném podniku.

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

Metodika

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

Doporučený rozsah práce

45 až 55 stran

Klíčová slova

Odpad ze stravování, odpad z výroby potravin, gastroodpad, bioplyn, bioplynová stanice

Doporučené zdroje informací

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

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

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

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

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

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

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2019

doc. Ing. Jan Malaták, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2019

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 05. 2021

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Návrh inovace technologické linky na zpracování odpadů z kuchyní, stravoven a výroben potravin vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změnách a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom že, na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 14. 5. 2021

Bc. Petr Kotalík

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Vaculíkovi, Ph.D. za vstřícný přístup, odbornou pomoc a konstruktivní rady v průběhu zpracování mé diplomové práce.

Abstrakt

Tato práce se zabývá zpracováním biologicky rozložitelných odpadů, se zaměřením na odpady z výroby potravin, kuchyní a stravoven. V úvodní teoretické části je popsána obecná charakteristika odpadů z kuchyní a stravoven a různé způsoby jejich zpracování. Kladen je důraz především na zpracování odpadů z kuchyní a stravoven prostřednictvím bioplynové stanice. Celá problematika je doplněna o legislativní požadavky v oblasti nakládání s odpady. Konkrétní způsob využití a zpracování odpadů z kuchyní a stravoven je popsán na vybrané jihočeské bioplynové stanici. Součástí práce je návrh inovace technologické linky v této bioplynové stanici, který bude reflektovat jak maximální výkonnost této bioplynové stanice, tak nabídne ekonomicky výhodnější řešení v podobě využití odpadů z kuchyní a stravoven.

Klíčová slova: biologicky rozložitelný odpad, kuchyňský odpad, bioplynová stanice, bioodpad, bioplyn

Abstract:

This work is focused on the processing of biodegradable waste, especially on kitchen waste. The general part describes the general characteristics of kitchen waste and various methods of their treatment. Emphasis is placed primarily on the treatment of kitchen waste and through a biogas plant. The whole issue is supplemented by legislative requirements in the field of waste management. The specific method of utilization and treatment of kitchen waste is described at a selected South Bohemian biogas plant. Next part of the work is a proposal for innovation of the technological equipment in this biogas plant, which will reflect both the maximum performance of this biogas plant and offer a more economically advantageous solution.

Key words: biodegradable waste, kitchen waste, biogas plant, biowaste, biogas

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	3
3	Metodika.....	4
4	Současný stav sledované problematiky	5
4.1	Definice a pojmy	5
4.2	Katalog odpadů.....	7
4.3	Právní předpisy	9
4.4	Produkce potravinového odpadu a odpadu z kuchyní a stravoven	11
4.4.1	Odpady z výroben potravin	11
4.4.2	Odpady z kuchyní a ze stravovacích zařízení	12
4.5	Nakládání s odpady z kuchyní a stravoven	13
4.5.1	Svoz a sběr odpadů z kuchyní a stravoven.....	14
4.6	Způsoby a metody zpracování odpadů z kuchyní a stravoven.....	16
4.6.1	Zpracování v bioplynových stanicích	16
4.6.2	Bioplyn.....	18
4.6.3	Kompostování	21
4.6.4	Zkrmování odpadů z kuchyní a stravoven	24
4.6.5	Drcení odpadů z kuchyní a stravoven	24
4.6.6	Spalování odpadů z kuchyní a stravoven	25
5	Vlastní řešení	25
5.1	Nakládání s odpady ve školní jídelně (škola A z Jižních Čech)	25
5.2	Popis vybrané bioplynové stanice	27
5.2.1	Dávkovací zařízení	28
5.2.2	Koncepce kruh v kruhu	29
5.2.3	Kogenerační jednotka.....	34

5.2.4	Plynojem.....	35
5.2.5	Plynovod.....	36
5.2.6	Fléra.....	36
5.3	Vstupní suroviny využívané ve vybrané BPS	36
5.4	Podmínky biologického procesu zpracování odpadů.....	38
6	Výsledky a diskuse.....	39
6.1	Podíly vstupních surovin.....	39
6.2	Zpracování substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven ve vybrané BPS	40
6.2.1	Dávkování substrátu z odpadu z kuchyní a stravoven	41
6.3	Návrh řešení	42
6.4	Analýza různých poměrů vstupních surovin	43
6.4.1	Proces měření	44
6.4.2	První měření poměrů vstupních surovin	44
6.4.3	Druhé měření poměrů vstupních surovin	45
6.4.4	Třetí měření poměrů vstupních surovin	46
6.5	Technologické zhodnocení měření.....	46
6.6	Ekonomické zhodnocení měření	47
6.6.1	První měření	50
6.6.2	Druhé měření	51
6.6.3	Třetí měření	52
6.8	Celkové hodnocení návrhu inovace	53
7	Závěr a doporučení	54
8	Seznam použité literatury	56
9	Seznam obrázků	60
10	Seznam tabulek.....	61

1 Úvod

Životní úroveň a s ní související spotřeba potravin v uplynulých letech výrazně rostla nejen v České republice. V roce 2019 byla dokonce nejvyšší v historii země. S vyšší životní úrovní jde ale ruku v ruce vyšší produkce odpadů. Podle statistik Evropského parlamentu vyprodukovala Česká republika za rok 2019 přes 800 tisíc tun potravinového odpadu, jehož součástí je odpad z kuchyní, stravovacích zařízení, jídelen a restaurací (MZP.CZ, 2020).

Česká republika dlouhodobě nepatří mezi premianty v nakládání s odpady, není ani výkladní skříní v rámci cirkulární ekonomiky a péče o životní prostředí. Přesto se některé pozitivní trendy do povědomí lidí i podniků dostávají, a to i s ohledem na nově přijatý zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, který platí od ledna tohoto roku. Prvním trendem je nepochybně myšlenka tzv. nulového odpadu a snahy o omezení plýtvání jídlem a potravinami, ať už v domácnostech nebo v restauracích. Druhým je podpora výroby energie z obnovitelných zdrojů. Jsou to právě sektory energetiky a odpadového hospodářství, které do velké míry ovlivňují životní prostředí. I Česká republika, stejně jako ostatní země, má v tomto směru své klimatické závazky a cíle, které musí v souladu s plánem EU naplňovat. Tlak na transformaci energetického sektoru v celé Evropě do určité míry ovlivnila i pandemie Covid19 (DELOITTE.CZ, 2021).

Ukazuje se, že z ekonomického i environmentálního hlediska bude rychle rostoucí spotřeba fosilních paliv dlouhodobě neudržitelná. To samozřejmě i nutí společnost hledat alternativní zdroje energie, obnovitelné, levné a šetrné k okolnímu prostředí (N. SRISTAVA, M SRISTAVA, E.F.ABD_ALLAH ET AL., 2019)

Významným a rychle se rozvíjejícím způsobem ekologického zpracování odpadů je prostřednictvím bioplynové stanice, která jako vstupní surovinu využívá široké spektrum biomasy, a právě zmíněný biologicky rozložitelný odpad včetně odpadů z kuchyní a stravoven. Ten se díky technologii bioplynové stanice mění na energii a teplo a jako vedlejší produkt vzniká digestát, následně využívaný jako zemědělské hnojivo. Potenciál bioplynových stanic rychle roste s rozvojem nových technologií, které pomohou snižovat dopady energetického průmyslu, jako je například technologie úpravy bioplynu na biometan. Ten je často označován za palivo budoucnosti, protože má srovnatelné vlastnosti jako zemní plyn (PLYN.CZ, 2020).

Potravinový odpad a odpad z kuchyní a stravoven není kvůli svému složení a velkému množství živočišných složek vhodný pro kompostování. Jeho skládkování přináší komplikace v podobě vzniku plynů a výluh, kdysi využívané zkrmování nebo drcení a vypouštění do kanalizace je zakázané. Naproti tomu je vhodným vstupním materiálem pro využití v bioplynové stanici.

Tato diplomová práce se zabývá využitím a zpracováním potravinového odpadu a odpadu z kuchyní a stravoven. Na úvod bude uvedena charakteristika tohoto druhu odpadu a upřesněna související legislativa, následně budou popsány různé technologie zpracování a na příkladu vybraného stravovacího zařízení představen celý proces nakládání s odpadem. Tento proces bude zakončen využitím v bioplynové stanici a na základě získaných poznatků bude navržena inovace technologické linky tak, aby byl biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven maximálně a efektivně využit k výrobě bioplynu a zároveň zajistil vybrané bioplynové stanici ekonomickou prosperitu.

2 Cíl práce

Cílem teoretické části diplomové práce je popsat a charakterizovat biologicky rozložitelný odpad, který vzniká jak ve výrobnách potravin, tak především v kuchyních, stravovacích a restauračních zařízeních, zařadit tento druh do legislativního rámce odpadového hospodářství a definovat původce jeho vzniku.

Dalším cílem je popsat způsoby nakládání s odpady z kuchyní a stravoven a získané poznatky demonstrovat na konkrétním vybraném stravovacím zařízení. Zde budou popsány jednotlivé postupy a procesy nakládání s tímto druhem odpadu. Cílem závěrečné fáze teoretické části je charakterizovat způsoby a metody zpracování odpadů z kuchyní, stravoven a výroben potravin se zaměřením na zpracování odpadů v bioplynové stanici.

Praktická část si klade za cíl popsat vybranou bioplynovou stanici v Jihočeském kraji, její jednotlivé části, následně analyzovat kvalitu výstupního bioplynu při zpracování odpadů z kuchyní a stravoven jako vstupní suroviny. Cílem této části je pak především navrhnout inovaci technologické linky tak, aby byla vstupní surovina v podobě odpadů z kuchyní a stravoven maximálně a efektivně využita. Tento návrh inovace bude zohledňovat možnosti vybrané BPS a především pak ekonomické dopady navrhované investice.

3 Metodika

Na základě literárního rozboru oblasti zabývající se potravinovými odpady provést charakteristiku a vznik potravinových odpadů, specifikovat nakládání s odpady z kuchyní a stravoven a způsoby jejich zpracování.

Vybrané metody pro vypracování této práce, zohledňující výše uvedený cíl, jsou následující:

- charakteristika potravinových odpadů a odpadů z kuchyní a stravoven,
- popis způsobů nakládání s odpady ze stravovacích zařízení, jídelen a výroben potravin,
- popis způsobů a metod zpracování odpadu z kuchyní a stravoven,
- návrh inovace technologických postupů ve vybrané bioplynové stanici,
- závěr a diskuse.

4 Současný stav sledované problematiky

V roce 2019 dosáhla spotřeba potravin v České republice rekordních čísel (CZSO.CZ, 2020). Na jednoho obyvatele připadlo 796,5 kg potravin ročně, a to včetně odpadu, který vzniká prakticky v každé fázi potravinového života. Potravinový systém je složitý řetězec procesů výroby potravin zahrnující činnosti z oblasti zemědělské, obchodní, maloobchodní, prodejní a v závěrečné fázi samozřejmě spotřebitelské. V rámci celého tohoto systému vzniká přirozeně velké množství odpadu. Ať už je to odpad z primární výroby nebo konečné spotřeby. Organizace spojených národů pro výživu a zemědělství odhaduje, že minimálně 1/3 všech produkováných potravin skončí jako odpad. Plány OSN na snížení celosvětového potravinového odpadu na polovinu do roku 2030 se navíc kvůli pandemii Covid 19 nezdají být příliš realistické. Speciální skupina Champions12.3. při OSN ve své výroční zprávě vyzvala vlády jednotlivých zemí, aby přijaly akční plány na podporu snižování potravinového odpadu a na zamezení plýtvání (CHAMPIONS123.ORG, 2020). Jak výroční zpráva uvádí, v Evropě a severní Americe mají největší podíl na potravinovém odpadu domácnosti, zpráva uvádí až 58 %. V České republice se toto číslo pohybuje kolem 40–50 %. Zbytek odpadu připadá na zemědělství, výrobu a zpracovatelský průmysl a samotný prodej.

4.1 Definice a pojmy

Pokud se hovoří o odpadech z kuchyní, stravoven a výroben potravin, objeví se současně dva důležité pojmy – **potravinový odpad** a **gastroodpad**. Zatímco pojem potravinový odpad už své místo v právních předpisech má, pojem gastroodpad legislativa nezná. Je to nicméně termín v praxi hojně využívaný i přesto, že různá odborná literatura i běžná praxe zařazují do gastroodpadu často odlišné druhy odpadů. Proto v této práci nebude používán pojem „gastroodpad“, ale výhradně pojem „odpad z kuchyní a stravoven“, který užívá česká legislativa.

Potravinový odpad – jednotná ustálená definice **potravinového odpadu** v současné chvíli neexistuje, ale lze vycházet z definice Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2018/851 ze dne 30. května 2018, která říká že *„potravinový odpad jsou všechny potraviny a jejich nepoživatelné části vyloučené z potravinového řetězce, aby byly využity či odstraněny (zkompostované, zaorané či nesklizené obiloviny, anaerobně rozložené, zpracované na*

bioenergii, využití k získání energie spalováním, odstraněné spalováním za vysoké teploty bez využití na energii, odstraněné do kanalizace, na skládku nebo uložené do moře). Z hlediska potravinového řetězce lze definovat potravinový odpad jako ztrátu, ke které dochází v posledních jeho fázích, tedy zejména v rámci distribuce, v maloobchodě nebo u spotřebitele. V souvislosti s takto pojatou definicí je třeba vymezit ještě jeden pojem a tím je **potravinová ztráta**. Tou se rozumí ztráty vzniklé při sklizni, výrobě a při zpracovávání (FAO, 2011)

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech odkazuje v definici nařízení Evropského parlamentu a rady č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin na čl. 2 nařízení Evropského parlamentu a rady (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002 - *potravinovým odpadem jsou potraviny, které se staly odpadem. Pro účely tohoto nařízení se „potravinou“ rozumí jakákoli látka nebo výrobek, zpracované, částečně zpracované nebo nezpracované, které jsou určeny ke konzumaci člověkem nebo u nichž lze důvodně předpokládat, že je člověk bude konzumovat* (EUR-LEX.EUROPA.EU, 2002).

Gastroodpad – pro správné vymezení pojmu gastroodpad je nejprve třeba definovat několik pojmů, které se v souvislosti s gastroodpadem objevují, jako biologicky rozložitelný odpad a odpad komunální. Jak již bylo řečeno, česká legislativa pojem gastroodpad nezná, přesto je ale v souvislosti s opady velmi často používán, často se rovněž vyskytuje spojení gastronomický odpad.

Biologicky rozložitelný odpad – pod pojmem bioodpad obvykle rozumíme jak biologicky rozložitelný odpad (BRO), tak i biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO). V běžné denní praxi toto zobecnění bioodpadu lze užívat, v případě právních norem a předpisů je oddělení BRO a BRKO nezbytné s ohledem na Katalog odpadů.

BRO – *je jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu a vzniká zejména ze zemědělství, lesnictví, z kožedělného, papírenského, textilního a v neposlední řadě z potravinářského průmyslu* (MŽP, 2021).

BRKO – *jedná se o biologicky rozložitelný odpad obsažený v komunálním odpadu* (MŽP, 2021).

Biologický odpad – *biologicky rozložitelný odpad ze zahrad a veřejné zeleně, potravinový a kuchyňský odpad z domácností, kanceláří, restaurací, jídelen, stravovacích nebo maloobchodních zařízení a srovnatelný odpad ze zařízení potravinářského průmyslu (Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech)*

Gastroodpad je definován jako: *biologicky rozložitelný odpad ze stravoven a kuchyňských zařízení*. Tím jsou samozřejmě myšleny všechny provozy, kde se vaří, jako jsou restaurace, bufety, bistra, fast foody, školní jídelny, hotely atd. V širším pojetí by do gastroodpadu mohl být započítán rovněž potravinový odpad, který vzniká z prošlých potravin ze supermarketů a obchodních řetězců. (KOMPOSTUJ.CZ, 2021). Další definice říká, že: *„Jedná se zejména o obaly, odpady ze zeleniny, ovoce a brambor, nedojedené zbytky, odřezky z masa, kosti, skořápky z vajec, odpadové tuky a oleje apod. Jde o biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven, který je nazýván gastroodpadem (VÁŇA, 2011).*

Jiná definice pojímá gastroodpad z pohledu jeho produkce a složení, tedy že gastroodpad vzniká nejen při samotné přípravě jídel, ale zároveň představuje zbytky nesnědených vrácených jídel. Tvoří jej zbytky jídla, tepelně zpracované maso, ale třeba také skořápky vajec, pečivo, čajové sáčky a kávové sedliny, skořápky ořechů, pecky, rybí kosti. Do gastroodpadu nepatří jakékoli obaly z potravin nebo pomůcky při přípravě jídel jako jsou špejle, párátko, provázky, ale nepatří sem ani syrové maso a kosti nebo například tuky a oleje. Je tvořen biologicky rozložitelnou hmotou, která vzniká v restauracích, jídelnách, výrobnách potravin a dalších provozovnách obdobného charakteru. Jedná se zejména o zbytky z výroby a úpravy potravin či nedojedené zbytky. V širším slova smyslu je ke gastroodpadu možno připočítat i prošlé potraviny a potraviny nevyhovující kvality z obchodní sítě (FCC-GROUP.CZ, 2021).

4.2 Katalog odpadů

Každý vyprodukovaný odpad musí být dle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech zařazen do tzv. Katalogu odpadů pod unikátním číslem (kódem), který identifikuje jeho podobu, a především stanovuje způsob nakládání s tímto odpadem a jeho zpracování (ZÁKON Č. 541/2020 SB., O ODPADECH). Katalog odpadů aktualizuje vyhláška č. 8/2021 Sb. - vyhláška o Katalogu odpadů a posuzování vlastností odpadů (Katalog odpadů).

Katalog odpadů definuje dvě kategorie, ze kterých vzniká tzv. potravinový odpad. V první řadě se jedná o:

Skupina 02 - odpady ze zemědělství, zahradnictví, rybářství, lesnictví, myslivosti a z výroby a zpracování potravin a rovněž

Skupina 20 - komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů), včetně složek z odděleného sběru. Odpad, kterým se zabývá tato diplomová práce, převážně spadá pod katalogové číslo 20 01 08 jako biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven. Je třeba ale odlišovat biologicky rozložitelný odpad z kuchyní z domácností. To je odpad, který spadá pod číslo 20 01 01 – biologicky rozložitelný odpad.

Tab. 1 Katalogu odpadů 02

Skupina	Odpady
02	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, rybářství, lesnictví, myslivosti a z výroby a zpracování potravin.
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kakaa, kávy, čaje a tabáku. Odpady z konzervářského průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 04	Odpady z výroby cukru
02 05	Odpady z mlékářského průmyslu
02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kakaa)

Zdroj: VYHLÁŠKA Č.8/2021 SB. – VYHLÁŠKA O KATALOGU ODPADŮ A POSUZOVÁNÍ VLASTNOSTÍ ODPADŮ

Tab. 2 Katalogu odpadů 20

Skupina	Odpady
20	Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů), včetně složek z odděleného sběru
20 01	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 01	Směsný komunální odpad

Zdroj: VYHLÁŠKA Č.8/2021 SB. – VYHLÁŠKA O KATALOGU ODPADŮ A POSUZOVÁNÍ VLASTNOSTÍ ODPADŮ

4.3 Právní předpisy

Začátkem letošního roku 2021 začal platit nový zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech, který současná vláda připravovala několik let. Zákon upravuje vůbec první zákon o odpadech z roku 1991 zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech. Důvodem aktualizace stávajícího zákona o odpadech byla přijatá Směrnice evropského parlamentu a rady (EU) 2018/851 ze dne 30. května 2018, kterou se mění směrnice 2008/98/ES o odpadech. Nový zákon č. 542/2020 Sb., o odpadech tak musí reflektovat novou odpadovou legislativu Evropské unie (EUR-LEX.EUROPA.EU, 2018). Ta mimo jiné ukládá členským státům omezit skládkování a zvýšit podíl recyklace. Konkrétně směrnice nařizuje snížit podíl skládkování do roku 2035 na maximálně 10 % komunálního odpadu a navýšit podíl recyklace až na 65 %, rovněž do roku 2035. I přes nesouhlas horní komory Parlamentu ČR, která navrhovala odložení účinnosti novely zákona o jeden rok, nakonec Poslanecká sněmovna PČR návrh odhlasovala. Povinností, které České republice EU v oblasti odpadového hospodářství nařizovala, nicméně nedostála a snížení podílu

skládkování odložila z roku 2024 o 6 let na rok 2030 (ZÁKON Č. 541/2020 SB., O ODPADECH).

Nový zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech je tedy v platnosti od 1. ledna 2021 a jeho největší změnou je bezesporu odložení konce skládkování z roku 2024 na rok 2030. Spolu s tím zákonem ale upravuje poplatky za skládkování odpadu, které se postupně každý rok budou navyšovat. Zákon také upravuje druhy odpadu, které mohou být na skládky přijímány, klade důraz na třídění odpadu a maximální možnou recyklaci (ZÁKON Č. 541/2020 SB., O ODPADECH).

Cíle odpadového hospodářství v ČR podle zákona č. 541/2020 Sb., o odpadech

- Zvýšit do roku 2025 úroveň přípravy k opětovnému použití a úroveň recyklace komunálních odpadů nejméně na 55 % celkové hmotnosti komunálních odpadů vyprodukovaných na území České republiky.
- Zvýšit do roku 2030 úroveň přípravy k opětovnému použití a úroveň recyklace komunálních odpadů nejméně na 60 % celkové hmotnosti komunálních odpadů vyprodukovaných na území České republiky.
- Zvýšit do roku 2035 úroveň přípravy k opětovnému použití a úroveň recyklace komunálních odpadů nejméně na 65 % celkové hmotnosti komunálních odpadů vyprodukovaných na území České republiky.
- Odstraňovat uložením na skládku v roce 2035 a v letech následujících nejvýše 10 % z celkové hmotnosti komunálních odpadů vyprodukovaných na území České republiky.
- Energeticky využívat v roce 2035 a v letech následujících nejvýše 25 % z celkové hmotnosti komunálních odpadů vyprodukovaných na území České republiky; toto množství může být navýšeno o rozdíl mezi množstvím komunálních odpadů, které mohly být uloženy na skládku podle bodu 4, a skutečným množstvím komunálních odpadů uložených na skládku.

Spolu se zákonem č. 541/2020 Sb., o odpadech byly přijaty ještě novela zákona č. 545/2020 Sb., o obalech a zákon č. 542/2020 Sb., o výrobcích s ukončenou životností i zákon č. 543/2020 Sb., změnový zákon.

Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady, která bude navazovat na nově platný zákon č. 542/2020 Sb., o odpadech, je v současné chvíli v mezirezortním připomínkovém řízení.

Pro nakládání se zbytky jídel ze stravoven, kuchyní je dobré zmínit nařízení EU 1774/2002, které definuje hygienická pravidla vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě. Odpad z kuchyní a stravoven je zařazen v nařízení (ES) č. 1069/2009 mezi vedlejší produkty živočišného původu do 3. kategorie. Kuchyňský odpad upravuje vyhláška č. 299/2003 Sb., o opatřeních pro předcházení a zdolávání nákaz a nemocí přenosných ze zvířat na člověka jako odpad potravin určený pro lidskou spotřebu z restaurací, stravovacích zařízení nebo kuchyní, včetně domácností chovatelů, popřípadě z průmyslu zpracovávajícího maso (SBÍRKA ZÁKONŮ ČR, 2021).

4.4 Produkce potravinového odpadu a odpadu z kuchyní a stravoven

V České republice se v roce 2019 vyprodukovalo 37 miliónů tun odpadu (CZSO.CZ, 2021). Z toho tvořil 14,4 % odpad komunální. Na jednoho obyvatele ČR tak připadlo 499 kg komunálního odpadu. Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven pod katalogovým číslem 20 01 08 představoval z celkového množství odpadů 38 157 tun, což je nárůst oproti roku 2018 o 3000 tun. Ve srovnání s rokem 2017 je množství tohoto druhu odpadu prakticky stejné. Neméně zajímavým číslem je informace Evropské komise, která uvádí, že za jeden rok se v Evropě vyhodí jídlo a potraviny v celkové hodnotě 149 miliard eur. Největší podíl na potravinovém odpadu mají podle zprávy Evropské komise z roku 2016 právě domácnosti (ZACHRANJIDLO.CZ).

4.4.1 Odpady z výroby potravin

Potravinářský průmysl je v ČR součástí zpracovatelského průmyslu (NACE C) a v rámci klasifikace ekonomických činností (NACE CZ) patří do skupiny CZ-NACE 10 – Výroba potravinářských produktů a CZ-NACE 11 – Výroba nápojů. Oddělit pak můžeme další odvětví podle výrobních oborů na výrobu masa a masných výrobků, zpracování a konzervování ryb, ovoce a zeleniny, výrobu rostlinných a živočišných tuků a olejů, mléčných výrobků, mlýnských a škrobářských výrobků, výrobu pekařských, cukrářských a jiných moučných výrobků, a ostatních potravinářských výrobků a průmyslových krmiv (MPO.CZ, 2018).

Významnou část českého potravinářského průmyslu zaujímá výroba nápojů, a to především piva.

Jak již bylo řečeno, ke vzniku odpadu dochází v každém momentě potravinového života, počínaje sklizní na poli a konzumací u finálního spotřebitele konče. Prolínají se do sebe tak různá odvětví jako zemědělství, maloobchod nebo služby v podobě stravovacích zařízení. Potravinářský průmysl jako takový nejvíce pracuje se zemědělskými produkty, produkty vodního a lesního hospodářství a samozřejmě s dováženými potravinami. Při zemědělské produkci a při zpracování potravin dochází ke vzniku velkého množství látky, která je často dále nevyužitelná a je tedy označena za odpad. Velmi významnou část tvoří kapalné odpady s obsahem různých organických látek, které jsou zpravidla netoxické a poměrně dobře biologicky rozložitelné.

4.4.2 Odpady z kuchyní a ze stravovacích zařízení

Podle výzkumu Technologického centra Akademie věd se v České republice ročně vyhodí do odpadu 27 tisíc tun jídla z veřejných jídelen a rychlých občerstvení. Podle průzkumu, na kterém se vedle Akademie věd podílely společnost Median, Ústav zemědělské ekonomiky a informací a iniciativa Zachraň jídlo, se denně v těchto stravovacích provozovnách vyhodí 45 kilogramů hotového jídla a zbytků. 56 % jídla se vyhodí při práci v kuchyni, 30 % tvoří zbytky jídel na talířích strážníků a 14 % představuje hotové jídlo, které nakonec nebylo vůbec vydané (TECHNOLOGICKÉ CENTRUM AV.CZ, 2020).

Jak již bylo řečeno, vznik BRO z kuchyní a stravoven je charakterizován jako nedojedené zbytky jídla v restauracích a stravovacích zařízeních nebo jako odpad vznikající při přípravě jídel či úpravě potravin. Podle nedávné studie Technologického centra AV vyřadí stravovací provozovny 11 kg potravin na 100 kg připravených pokrmů. Nutno podotknout, že se jednotlivé provozovny v míře vyprodukovaného odpadu liší jednak vzájemně mezi sebou, ale také se liší různé druhy provozoven z hlediska způsobu stravování. Jak uvádí iniciativa Zachraň jídlo, v jídelnách vzniká nejvíce odpadu přímo v kuchyni při přípravě pokrmů v podobě odřezků, slupek atd. (ZACHRAN JÍDLO.CZ, 2020).

Naproti tomu restaurační zařízení a podniky rychlého občerstvení kladou zase veliký důraz na spotřebitelskou preferenci a vysokou kvalitu vydaného jídla. To se týká například i

vzhledu nabízeného pokrmu, k jehož estetické dokonalosti je třeba danou surovinu upravit, a to se bez vzniku většího množství zbytku neobejde.

Fast food řetězce jsou zase často svázány přísnými mezinárodními standardy na kvalitu vydaného jídla, například výdej hranolek nesmí proběhnout déle než do 7 minut od jejich dosmažení (MCDONALDS.CZ, 2020). Svou roli ale v tomto ohledu hraje i sám zákazník a jeho požadavky, výkyvy a složitá předvídatelnosti. Současným trendem je rovněž co největší porce nabízeného jídla, podle které se někteří konzumenti rozhodují o volbě restauračního zařízení.

Dalším neméně významným producentem kuchyňských odpadů jsou samozřejmě domácnosti. Kvůli koronavirové pandemii a souvisejícím opatřením v podobě práce z domova, distanční výuce nebo omezení pohybu, se produkce odpadu z domácností významně zvýšila. Eurostat odhaduje, že se produkce odpadu v roce 2020 zvýšila o 20 % na cca 500 kg na osobu (EC.EUROPA.EU, 2021).

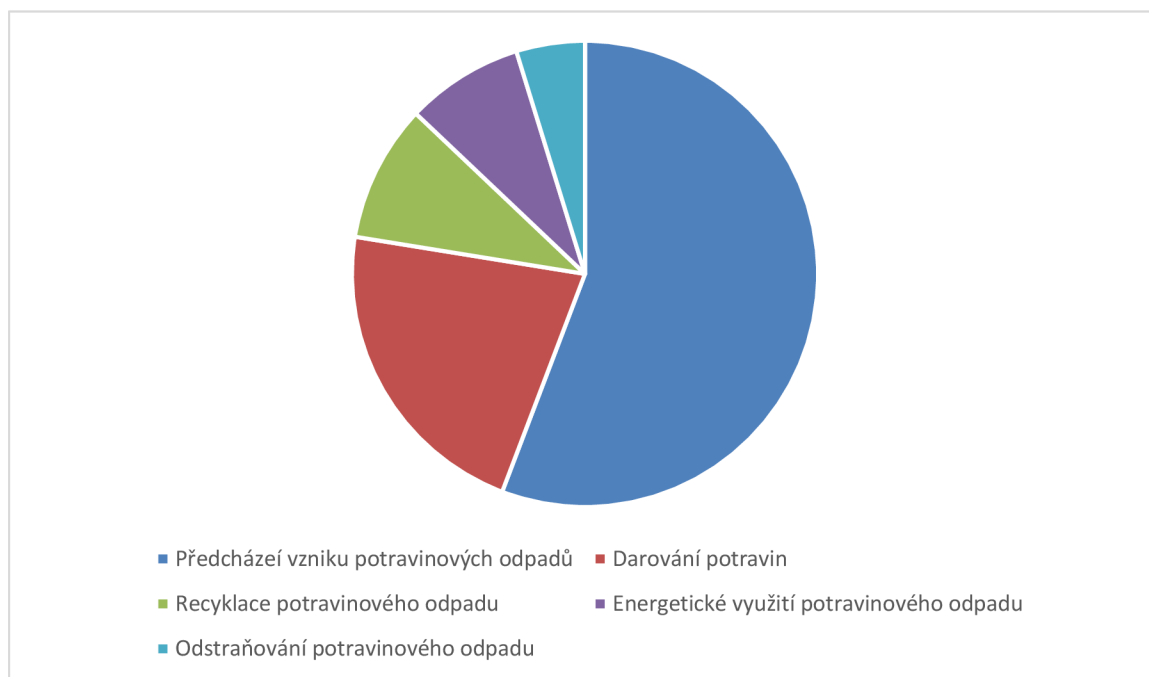
4.5 Nakládání s odpady z kuchyní a stravoven

Nakládání s odpady z kuchyní a stravoven se řídí přísnými pravidly, která musí jeho producenti dodržovat. Nová legislativa, schválená koncem roku 2020 s platností od 1. ledna roku 2021 zásadně změnila systém nakládání s odpady a to tak, aby bylo v souladu s celoevropskou politikou odpadového hospodářství. Kladen je důraz na recyklaci komunálního odpadu, omezování skládkování až k postupnému úplnému zákazu a následně pak energetické využití odpadu, tedy spalování, za účelem výroby tepla a elektrické energie. Nakládání s odpady z kuchyní a stravoven navíc upravuje několik desítek vyhlášek, které se týkají hygienických požadavků na stravovací služby včetně osobní hygieny, zákazu zkrmovat nebezpečné látky, mezi které je odpad ze stravovacích provozů zařazen, zákazu vypouštět kuchyňský odpad do kanalizace nebo zákazu ředění nebo mísení odpadů. Nově přijatý zákon bude navíc tyto vyhlášky aktualizovat.

Stejně jako všech odpadů, i v případě těch potravinových a kuchyňských platí, že nejlepší je odpad, který vůbec nevznikne, a tedy nejefektivnější nakládání s odpady je zabránění jejich vzniku. Přesto se nelze vyhnout tomu, aby při různých činnostech nějaký odpad nevznikl. Nakládání s ním pak lze kategorizovat podle jeho dopadu na životní prostředí. Prvním

pomyslným stupněm hierarchie nakládání s odpady je tak prevence neboli předcházení vzniku odpadu a nelze-li vzniku odpadu předejít, pak v následujícím pořadí jeho příprava k opětovnému použití, recyklace, jiné využití, včetně energetického využití, a není-li možné ani to, jeho odstranění (SBÍRKA ZÁKONŮ ČR, 2021).

Obr. 1 Schéma hierarchie nakládání s odpady



Zdroj: OPŽP, 2014

4.5.1 Svoz a sběr odpadů z kuchyní a stravoven

Každý původce odpadů ve stravovacích zařízeních a restauracích musí mít ze zákona smlouvu se specializovanou firmou, která umí s odpadem odborně nakládat. Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven je v podstatě po celou dobu svého života aktivní látkou, která se mění, rozkládá se a zapáchá, a především může být zdravotně nebezpečná pro své okolí. Všichni původci takového odpadu mají tedy povinnost jej co nejrychleji odstraňovat, aby nedocházelo k jeho hromadění. Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech definuje sběr odpadu *jako soustředování odpadů právnickou osobou nebo podnikající fyzickou osobou od jiných osob pro účely předání do zařízení ke zpracování odpadu, pokud uložení odpadu v zařízení ke sběru odpadů nepřesáhne dobu 9 měsíců* (SBÍRKA ZÁKONŮ ČR, 2021).

Pro sběr odpadů se používají speciální nádoby o obsahu 30-120 litrů, které musí být vybaveny těsnícím víkem proti šíření zápachu, ale také proti vniknutí hmyzu. Nádoby se pravidelně dezinfikují a čistí a musí být pravidelně vyváženy tak, aby nedošlo ke kontaktu s dalšími potravinami. Všichni producenti odpadu, produkují-li více než 100 tun odpadu, mají navíc povinnost vést průběžnou evidenci.

Sběr odpadu se rovněž řídí zákonem č. 541/2002 Sb., o odpadech konkrétně §32, který říká, že v mobilním zařízení ke sběru odpadu smí být odpad uložen pouze po dobu přepravy do zařízení ke zpracování odpadu, nejdéle však po dobu 48 hodin, jde-li o odpad ze zdravotnické nebo veterinární péče nebo jiný biologický odpad, nejdéle po dobu 24 hodin.

I pro odpad z kuchyní a stravoven platí přísná pravidla na třídění. Není samozřejmě možné vše naházet do jedné nádoby. Především je třeba oddělit rostlinné zbytky od zbytků živočišného původu (maso, vejce, mléčné výrobky). S čistě rostlinným odpadem je možné nakládat jako s běžným bioodpadem.

Tab. 3 Třídění kuchyňského odpadu do nádob

Co patří do nádob na kuchyňský odpad	Co nepatří do nádob na kuchyňský odpad
zbytky jídla	obaly od potravin (fólie, sáčky)
rybí kosti	mastné tekutiny a oleje
potraviny bez obalů	syrové maso
ořezky ovoce a zeleniny	párátka, špejle, provázky
tepelně zpracované maso	rukavice, houbičky, drátěnky
	jednorázové nádobí

Zdroj: WWW.KOMPOSTUJ.CZ, 2019

Jak bylo řečeno, velkým producentem odpadů z kuchyní a stravoven jsou domácnosti. I ty mají možnost třídít odpad ze svých kuchyní. Nutno ale podotknout, že je to teprve nedávno, kdy obce nabídly svým obyvatelům možnost třídění odpadů z kuchyně. Do nádob určených na kuchyňský odpad mají lidé možnost vhazovat zbytky jídel, zbytky pečiva, ořezky z ovoce a zeleniny, ale i prošlé potraviny nebo maso. Do těchto speciálních nádob lze v některých případech vhazovat prošlé potraviny v původních obalech. Důležité je, aby tento odpad

neputoval do nádob na bioodpad, protože odpad živočišného původu má zcela odlišné nároky na zpracování a kompost si například z choroboplodnými zárodky poradit neumí.

4.6 Způsoby a metody zpracování odpadů z kuchyní a stravoven

Zpracování biologických odpadů a způsob jejich využití může výrazně ovlivnit životní prostředí. Bioodpad má navíc vzhledem ke svému složení velký potenciál být materiálově nebo látkově využit. Přesto je smutnou skutečností, že stále velká část tohoto druhu odpadu končí na skládkách nebo v kanalizacích, a to i přesto, že jsou tyto metody zakázané.

- a) **Materiálové využití odpadů** – v rámci materiálové využití je odpad upraven tak, aby se opětovně využil nebo aby z něj vznikla surovina pro další výrobu. Mezi materiálové využití patří kompostování, recyklace, regenerace, využití odpadů na terénní úpravy a rekultivaci.
- b) **Energetické využití odpadů** – Energetické využití odpadů znamená využití tepelné energie uvolněné při spalování odpadů k výrobě elektřiny a tepla. Energeticky je nejčastěji využíván komunální odpad (OENERGETICE.CZ).

V případě odpadů z kuchyní a stravoven existuje několik vhodných způsobů jejich využití, které jsou založené především na biologickém principu. I zde je na prvním místě materiálové využití. Jedná se o kompostování nebo zpracování v bioplynových stanicích formou fermentace. Méně vhodným přesto stále velmi častým způsobem je spalování, zkrmování, vypouštění do kanalizace nebo skládkování.

4.6.1 Zpracování v bioplynových stanicích

Bioenergetika představuje asi 60 % energie z obnovitelných zdrojů v Evropské unii. V České republice je toto číslo ještě významnější, biomasa se na obnovitelné energii podílí skoro 87 % (CZ BIOM, 2020). Ideální vstupní surovinou do BPS jsou odpady ze zemědělství, z potravinářského průmyslu či odpady z kuchyní a stravoven. Všechny tyto odpady jsou vhodné pro výrobu bioplynu, který dále slouží jako zdroj elektrické energie, tepla nebo i jako palivo v dopravě. Myšlenka obnovitelné energie předpokládá, že potenciál doplňovaných zdrojů musí být větší nebo srovnatelný, než je jejich čerpání. Navíc tento zdroj musí být neustále k dispozici (KURAŠ, 2014).

Vstupní suroviny:

- Zbytky z velkokuchyní a jídelen
- Kaly z čistíren odpadních vod
- Odpady z výroby potravin
- Odpad ze zemědělství (z chovu zvířat)
- Odpady z restaurací
- Některé bioodpady z domácností (ŠŤASTNÁ, 2013)

Bioplynové stanice jsou dnes evidovány jako alternativní zdroj energie a zažívají neustálý vzestup a rozvoj a staly se důležitou součástí řešení energetických problémů celé světa. Jedná se o technologické zařízení, které pomocí anaerobní digesce zpracovává biologicky rozložitelný odpad. Celý proces probíhá v uzavřených reaktorech bez přístupu vzduchu, jehož výsledným produktem je bioplyn.

První bioplynová stanice v ČR byla vybudována již v roce 1974. K roku 2019 je evidováno v České republice 574 bioplynových stanic, které jsou rozděleny dle vstupních surovin na zemědělské, průmyslové a komunální. Za největšího výrobce bioplynu je považováno Německo, které má více jak 3500 bioplynových stanic. BSP často ale čelí kritice a musí se potýkat i negativními reakcemi okolí kvůli obavám ze zápachu. Nežádka nejsou ale tyto obavy oprávněné, protože výstavba i fungování BSP podléhá přísným technologickým požadavkům a pravidlům. BSP v České republice jsou stavěny na různý výkon ve škále od 100 kW až do 3200 kW. Podle dostupných údajů je průměrný výkon kolem 700 kW (KIZLINK, 2014).

Až do roku 2020 upravoval Energetický regulační úřad dva druhy bioplynových stanic. Rozlišoval zemědělské a odpadové BPS a podle toho upravoval finanční podporu pro každou z nich. Zemědělské BPS měly po dlouhá léta větší finanční podporu než ty odpadové. Dalo by se říct, že to byl paradox, protože zemědělské BPS musely cíleně pěstovat a sklízet plodiny na výrobu paliva, nemohly zpracovávat odpady. To dělaly odpadové BPS, které ale tak velkou podporu nezáskaly. To se sjednotilo od roku 2020, kdy byly obě zmíněné kategorie zařazeny pod jednu a zemědělské BPS mohou přijímat i biologicky rozložitelný odpad.

Zemědělské bioplynové stanice

V České republice je tento druh BPS nejrozšířenější, je zde evidováno přibližně 400 zemědělských stanic. Vstupní surovinou těchto stanic jsou cíleně pěstované energetické plodiny jako jsou kukuřice, obilí a řepka, ale i odpady z rostlinného a živočišného původu, např. kejda a chlévská mrva. Umístění zemědělských stanic bývá převážně v blízkosti zemědělských areálů. Od roku 2020 mohou přijímat i biologicky rozložitelný odpad (SCHULZ, 2004).

Průmyslové bioplynové stanice

Zpracovávají odpad třetí kategorie, do které patří zbytky z jateční a živočišné výroby, organické odpady z potravinářského průmyslu, kaly z ČOV, tuky atd. Proces zpracování má daleko přísnější nároky na technologii a dodržování hygienických pravidel.

Komunální bioplynové stanice

Zpracovávají komunální bioodpad, do kterého patří vytríděný bioodpad z domácností a stravovacích provozů jako jsou restaurace a jídelny. Technologicky jsou náročnější, protože jsou na ně kladeny vyšší nároky ohledně vlivu na okolní prostředí a zápach.

4.6.2 Bioplyn

Bioplyn je bezbarvý a zapáchající druh plynu, který je tvořen zejména z metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Získaný bioplyn sestává z 50–75 % hořlavého metanu a z 25–45 % CO_2 . Dalšími částmi jsou dusík, kyslík, amoniak, sirovodík, voda a vodní pára (QUASCHNING, 2010). Ostatní směsi plynu mají oproti metanu a oxidu uhličitému opravdu malé zastoupení, přičemž jejich obsah v bioplynu se pohybuje od 0 až k 5 %. Každopádně cílem kvalitního bioplynu je největší podíl metanu, který je hlavní složkou výhřevnosti.

Tab. 4 Složení bioplynu

Složka	Podíl ve směsi
Metan	50-70 %
Oxid uhličitý	25-45 %
Vodík	0,5-2 %
Sirovodík	0,5-2 %
Amoniak	0,5-2 %
Dusík	1-5 %
Kyslík	1-2 %

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

Bioplyn se nejčastěji využívá k výrobě tepla a elektřiny v kogeneračních jednotkách. Ovšem velké uplatnění také získává jako pohon dopravních prostředků. Kogenerační jednotka může být dovybavena zařízením na úpravu a čištění bioplynu na úroveň zemního plynu. Bioplyn je vyrobený obvyklou cestou v bioplynové stanici a následně vyčištěný od příměsí a zbavený oxidu uhličitého. Bioplyn je pak vyčištěn a obsahuje až 99 % metanu, tzv. biometanu, který je pak vtlačěn do distribuční soustavy zemního potrubí nebo jako stlačený plyn CNG. Důležitou úpravou, kterou musí bioplyn projít, je odstranění některých směsí plynu jako je např. sulfan, který je hlavní sloučeninou síry a se stykem s vodou způsobuje korozi, což by mělo neblahé následky na motor dopravního prostředku (CZ BIOM, 2015).

Čištění a úprava bioplynu na biometan je finančně náročná a bioplynové stanice v České republice se spíše soustředí na produkci energie, ale i přesto se v České republice v roce 2019 vyrobilo 1 300 000 m³ biometanu (ČTK, 2020).

Bioplyn vzniká během anaerobní fermentace přírodních materiálů. Jedná se o dlouhý proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přístupu vzduchu. Na tento proces má vliv hned několik parametrů, a to složení materiálu, vlhkost, teplota, pH, anaerobní prostředí atd. Biologický rozklad organických látek probíhá za určitých podmínek samovolně i v přírodě (bažiny, na dně jezer) nebo může být vyvolán záměrně (PASTOREK, KÁRA, 2004). Důležitou podmínkou pro anaerobní prostředí je zajištění alespoň 50 % vlhkost pro bakterie, které dokážou pracovat a množit se právě při této vlhkosti (SCHULZ, 2004).

Bakterie, které produkují metan, pracují při teplotách od 0 až do 70 °C, ovšem některé bakterie přežívají i při teplotě 90 °C, ale při vyšší teplotě uhynou. Rychlost vyhnivacího procesu je závislá na teplotě. Čím vyšší teplota, tím rychlejší rozklad látek, kratší doba vyhnivacího procesu, a i nižší obsah metanu v bioplynu. Existují tři teplotní oblasti, které jednotlivým bakteriálním kmenům prospívají (OENERGETICE, 2015):

- Psychrofilní kmeny – teploty pod 20 °C
- Mezofilní kmeny – teploty od 25 do 35 °C
- Termofilní kmeny – teploty nad 45° C

Hodnota pH je dalším prvkem, který ovlivňuje metanogenní fermentaci. Optimální hodnota pH na vstupu do procesu je v rozmezí 7 až 7,8, avšak v průběhu procesu se hodnota mění. V praxi se optimální hodnota pH materiálu na vstupu do procesu upravuje homogenizací směsných materiálů nebo alkalickými přísadami (CZBIOM, VÁŇA, 2005).

Anaerobní fermentace nebo digesce je způsob ekologického zpracování organické hmoty bez přístupu vzduchu. Výsledným produktem je bioplyn s obsahem metanu 55 až 70 % a výhřevností přibližně 18 až 26 MJm⁻³. Vedlejším produktem je ale i digestát s vysokým hnojivým účinkem. Celý proces se dělí na čtyři fáze: hydrolyza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze.

Hydrolyza je první fáze, kdy je vzdušný kyslík ještě přítomen v prostředí. Vlivem extracelulárních enzymů dochází mimo buňky k hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny jako jsou mastné kyseliny, cukry a aminokyseliny. Rovněž dochází k uvolňování vodíku a oxidu uhličitého (PULLEN, 2015).

Acidogeneze je druhou fází, kde také dochází jako v první fázi ke štěpení makromolekulárních látek na jednodušší mastné kyseliny a alkoholy. Vzdušní kyslík je postupně odstraněn a prostředí se mění na anaerobní.

Acetogeneze je označována jako mezifáze, ve které dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.

Metanogeneze je poslední fází anaerobního rozkladu, při kterém se kyseliny octová rozkládá na metan a oxid uhličitý. Bakterie, které provádějí tento rozklad jsou velmi citlivé na náhlé změny teplot a pH, oxidační potenciál a další inhibiční vlivy (DAHLQUIST, 2013).

Při anaerobní fermentaci při výrobě bioplynu vzniká i vedlejší produkt tzv. digestát, který je následně odváděn do skladovací jímky, kde je uskladněn a promícháván, a to především v době, kdy je dle nitrátové směrnice ve zranitelných oblastech omezeno nebo zakázáno hnojit. V některých případech je možné digestát rozdělit na dvě složky, a to na tuhou část separátu a kapalnou část fugátu. Kapalná část tedy fugát má podobné účinky jako minerální hnojivo, separát je zase podobný účinkům organických hnojiv, ale je vhodné ho využít i jako podestýlku nebo výrobu kompostu (CZBIOM, 2019).

Technologii anaerobní fermentace dělíme z hlediska obsahu sušiny na dvě základní technologie, a to na mokrou a suchou.

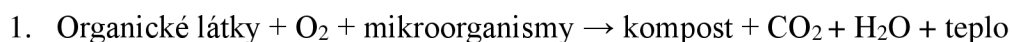
Mokrý fermentace zpracovává materiál s obsahem sušiny do 15 %. Jedná se o homogenní materiál, který lze snadno rozmíchat. Materiál s větším obsahem sušiny jako je například hnůj či podestýlka se před vstupem do fermentoru ředí kejdou či procesní vodou na odpovídající podíl sušiny. Výhodou mokré fermentace je určitě zpracování široké škály vstupních surovin, následná kontrola zpracování a úprava hodnot jako je teplota či pH. Jde také o snadnější způsob míchání pomocí mechanických míchadel a dopravu pomocí čerpadel. Na druhou stranu jejich nevýhodou je vysoká energetická náročnost, ale přesto patří tato technologie k nepoužívanějším (SCHULZ, 2004).

Suchá fermentace představuje konstrukčně jednoduché zařízení, které zpracovává materiál s obsahem sušiny 35 až 40 %. Výhodou je snadná údržba a menší energetická náročnost, ovšem je potřeba počítat s dodatečnými náklady na dopravníky a přítomnost čpavku a nenasycených mastných kyselin (KÁRA, 2009).

4.6.3 Kompostování

Jedná se o aerobní proces, při němž se činností mikroorganismů a makroorganismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup – kompost. Vlastnosti i kvalita výsledného produktu záleží na kvalitě vstupních surovin, konkrétně například na poměru uhlíku a dusíku - optimální poměr C:N 30-35:1 (HEJÁTOVÁ ET AL.,

2007). Další důležitou podmínkou pro správný průběh kompostování je vlhkost kompostované směsi. Právě na té závisí totiž nejen samotný životní proces mikrobiontů, ale také další děje nezbytné pro přetváření biologicky rozložitelných materiálů na humus. Optimální vlhkost je v rozmezí 40-65 %. V neposlední řadě je pro fungování mikrobiálních dekompozitorů důležité správné množství strukturního materiálu, který garantuje přístup kyslíku, ale i teplota vnitřního prostředí. Optimální teplota je v rozmezí 30-40°C. Samotný kompostovací proces se dá rozdělit do tří fází a lze vyjádřit obecnou rovnicí: (PLÍVA 2006)



Termofilní fáze (rozkladná)

Dochází vlivem zahřátí zrajícího kompostu na teplotu 50-60 °C k rozkladu polysacharidů, bílkovin a tuků. V závislosti na podmínkách rozkladu a surovinové skladbě trvá tento proces 1-10 týdnů. Pracující mikroorganismy v tento moment spotřebovávají velké množství kyslíku a výrazně se tak zvyšuje produkce CO₂. Je třeba zakládku pravidelně obracet a provzdušňovat. V této fázi relativně rychle klesá objem hmoty, snižuje se pH a nastává proces „hygienizace kompostu“. Dochází k zániku hnilobných bakterií a eliminaci klíčivosti semen. Tato fáze je prohlášena za ukončenou v případě, že vnitřní teplota dlouhodobě nevystoupí nad 40 stupňů (JUCHELKOVÁ ET AL., 2009).

Mezofilní fáze (přeměny)

Ve druhé fázi přeměny již nelze rozeznat původní složky kompostu. Teplota postupně klesne ze 40 °C na 25. Dosud působící termofilní bakterie jsou nahrazeny jinými mikroorganismy, jako jsou plísně a houby nebo další nenáročný hmyz. Mění se barva i zápach kompostu, hmotnost se znovu o snižuje o cca 10-20 % a je rozeznatelná drobkovitá struktura. Kompost už nejeví známky fytoxicity a výluhy jsou zcela hygienicky nezávadné. V této fázi je už kompost použitelný jako hnojivo (ZÁKLADY NAUKY O PŮDĚ, 2004).

Fáze dozrávání

V poslední fázi dozrávání roste molekulární váha humusových látek, kyselost substrátu se snižuje a kompost získává konečný vzhled. Dochází k vyrovnávání teploty s okolím, mikroorganismy omezují svou aktivitu a do kompostu se dostávají drobní živočichové, jako roztoči, stonožky, hmyz, žížaly. Anorganické a organické látky začínají spolu navazovat vazby a tím se stabilizuje podoba humusu. Hmotnost se ještě nepatrně snižuje (VÁŇA, 2002).

Způsoby a technologie kompostování

V posledních letech zaznamenalo kompostování rozmach, a to nejen kvůli aktuálním cílům odpadového hospodářství, ale i kvůli rostoucí angažovanosti z řad obyvatelstva v ochraně životního prostředí. V principu je průběh kompostování stále stejný ať probíhá v domácím kompostéru nebo v rámci řízené technologie. Liší se v podstatě jen intenzita průběhu. Z hlediska technologií můžeme rozlišit několik způsobů: (PLÍVA, 2006).

- Kompostování v pásových hromadách
- Kompostování v plošných hromadách
- Intenzivní kompostovací technologie:
 - a) kompostování v biofermentorech
 - b) kompostování v boxech/žlabech
- Kompostování ve vacích (AgBag)
- Vermikompostování

Kompostování odpadů z kuchyní a stravoven

Vzhledem ke své skladbě a velkému množství vody, nejsou odpady z kuchyní a stravoven ke kompostování ideální, na rozdíl od čistě rostlinných zbytků. Obsahují vysoké procento soli, oleje, ale i dusíku a dalších druhů organických látek. Problémem pro efektivní kompostování je rovněž nízké pH směsi kuchyňského odpadu, což omezuje během procesu mikrobiální aktivitu. Problémem bývá i velká vlhkost počáteční směsi. Takto nedokonalý produkt kompostování s sebou pak nese rizika i při jeho použití. Jedním z nich je například fytotoxicita, ze které se pak odvíjí vyzrálost a vhodnost kompostu k hnojení. Řešením některých zmíněných problémů může být použití tzv. kompostovacích aditiv (organická aditiva, anorganická aditiva, biologická aditiva, směs substrátů). Kompostovací aditiva jsou kombinací různého množství živin, mikroorganismů, enzymů a pH vyvažujících sloučenin, které mají cíl aktivovat mikroby k činnosti (VAVERKOVÁ, KODA et al, 2020)

Stravovací zařízení a kuchyně převážně ke zpracování odpadů využívají svoz a sběr, jak bylo popsáno výše. Některá zařízení ale chtějí v tomto směru být samostatná, i s ohledem na finanční zátěž, kterou pravidelný svoz odpadů představuje. Alternativou pro ně je elektrický kompostér, který je využíván přímo ve stravovacím zařízení a dokáže přeměnit zbytky jídel na

substrát během 24 hodin. V rámci tohoto procesu navíc dojde ke snížení objemu odpad až o 90 %. Nutno dodat, že výsledný kompost je vysoce koncentrovaný, obsahuje vysokou hladinu salinity a kyselosti. Je tedy nutné ho před použitím smíchat s jiným druhem zeminy a několik týdnů skladovat.

4.6.4 Zkrmování odpadů z kuchyní a stravoven

Již od roku 2002 (nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 ze dne 3. října 2002) je zkrmování kuchyňských zbytků v EU zakázáno. I česká legislativa zákaz upravuje. Zákaz zkrmování kuchyňských zbytků platí dle ustanovení § 58 vyhlášky č. 299/2003Sb., o opatřeních pro předcházení a zdolávání nákaz a nemocí přenosných ze zvířat na člověka. 16. října 2008 nabyla účinnost vyhláška č. 356/2008 Sb., kterou se provádí zákon č. 91/1996 Sb., o krmivech, ve znění pozdějších předpisů, která aktualizovala všechny stávající vyhlášky a sjednotila je v souladu s nařízeními Evropské unie. Zkrmovat je povoleno pouze zmetkové potraviny, které nepřišly do kontaktu s potravinami živočišného původu. Samozřejmě odpad z kuchyní a stravoven tyto podmínky z povahy věci nemůže splňovat. Nutno ale dodat, že i přes zákaz se tento způsob odstranění odpadů nadále nelegálně využívá. Největší nebezpečí představuje v případě zkrmování takových šíření přenosných nemocí, jako Salmonela a jiné bakteriální střevní infekce. Zkrmování kuchyňských zbytků je povoleno v rámci domácnosti nebo farmy.

4.6.5 Drcení odpadů z kuchyní a stravoven

Drtiče odpadu jsou zařízení na likvidaci kuchyňského a potravinářského odpadu vznikajícího především při přípravě jídel (včetně zbytků) a při dalším kuchyňském provozu (SOVAK, 2009). Jedná se obvykle o elektrický spotřebič, který rozdrťí odpad na malé části a s vodou je odplaví do kanalizace. Ve stravovnách a dalších stravovacích zařízeních tato metoda odstraňování odpadů není povolena a to proto, že kuchyňský odpad – pevný odpad – není běžnou součástí komunálních odpadních vod – není odpadní vodou. A producent takového pevného odpadu musí při nakládání postupovat v souladu se zákonem č. 541/2020 Sb., o odpadech. Kanalizační síť v ČR navíc zdaleka není dimenzována pro opady vznikající při používání drtičů a dochází velmi často k jejímu zanášení usazeninami pevných látek, na které se pak váží tuky, a dochází z ucpání kanalizace. Přípustnou míru znečištění odpadních vod vypouštěných do kanalizace stanoví příloha č. 15 vyhlášky č. 428/2001 Sb., vyhláška

Ministerstva zemědělství k zákonu č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích – obsah nerozpuštěných látek je zpravidla limitován koncentrací 500 mg.l⁻¹. Použití drtiče odpadu a následné vypuštění zdrtek do veřejné kanalizace tento limit překračuje – odhaduje se 4-5 tisíc mg.l⁻¹ nerozpuštěných látek (SOVAK, 2015)

4.6.6 Spalování odpadů z kuchyní a stravoven

Spalování je vhodné prakticky pro všechny druhy odpadu, kromě těch radioaktivních nebo výbušných. Hodí se samozřejmě nejvíce pro ty druhy, které mají určitý energetický potenciál. Především je nutné zajistit, aby spálení daného typu odpadu nespotřebovalo více energie na samotný proces, než se následně díky tomu vyprodukuje. Celý proces spalování je samozřejmě monitorován, aby nedocházelo ke znečišťování životního prostředí. Spalování odpadů z kuchyní a stravoven nepatří mezi ideální způsoby jeho využití. Kompostování, a především pak využití v bioplynových stanicích, je prioritou (KIZLINK, 2007).

5 Vlastní řešení

Vybraná bioplynová stanice se nachází v jižních Čechách. Jedná se o provedení s technologií Hochreiter, která je díky praktickému vývoji charakteristická pro svou jednoduchost ať už jde o uspořádání, toky materiálů a snadnou obsluhu. K výrobě bioplynu dochází při mokré fermentaci, kde se vlhkost substrátu pohybuje od 5-8 %. Jde o moderní zařízení systémové koncepce “kruh v kruhu“. Bioplynová stanice dokáže zpracovat širokou škálu vstupních surovin jako je kukuřičná siláž, kejda, travnatá senáž, objemné slamnaté chlévské mrvy, ale i biologicky rozložitelný odpad. (HOCHREITER, 2021).

5.1 Nakládání s odpady ve školní jídelně (škola A z Jižních Čech)

Pro ilustraci toho, jak probíhá nakládání s odpady z kuchyní a stravoven, jak probíhá sběr svoz, a kde nakonec odpady končí, je pro tuto práci vybrána jedna jihočeská školní jídelna, na které bude představen život odpadu z talíře až po bioplynovou stanici. S ohledem na uvedená čísla o množství odpadu a možnou negativní interpretaci plýtvání, nebude na přání vedoucí této stravovny uveden její název.

Jedná se o školní jídelnu, která v plném provozu připraví 1100 jídel denně. Strávníky jsou především středoškolští studenti, jídla ale vyváží na různá místa po celém okrese. Jídelna funguje několik desítek let, její provoz začal už v době hluboké totality (PERSONÁL ŠKOLA A, 2021).

Ke třídění odpadů v této jídelně nedochází a podle vedoucí stravovny o tom ani nikdy nikdo neuvažoval. Veškerý odpad z kuchyně, tedy odpad z přípravy jídla, vrácená jídla ale nevydaná jídla, putují do boxů/sudů, který následně specializovaná firma odveze. Firma sváží odpady v průměru 1 x týdně a spolu s kuchyňským odpadem sváží i vytríděný olej. Ten se ukládá do stejných nádob. Přesto že hygienická stanice doporučuje skladovat tyto sudy v lednicích, není to vzhledem k omezeným možnostem prostoru a počtu lednic možné. V rámci stravovny je vymezena pouze jedna malá místnost, kde se sudy skladují (PERSONÁL ŠKOLA A, 2021).

Dříve školní jídelna využívala k odstraňování odpadů drtiče. S jejich zákazem ale přešla na sběr odpadu z kuchyně a odvoz specializovanou firmou. Přesto drtiče v kuchyni přetrvávají a dnes jsou podle vedoucí stravovny využívány při oplachu nádobí před jeho uložením do myčky. I to samozřejmě způsobuje zanášení, proto pravidelně dva roky dochází k odčerpávání usazenin ze strany vodohospodářské a kanalizační společnosti. Zrovna tak se kdysi část jídel dávala na zkrmování (PERSONÁL ŠKOLA A, 2021).

Obr. 2 Tabulka množství potravinářského odpadu odvezeného firmou B

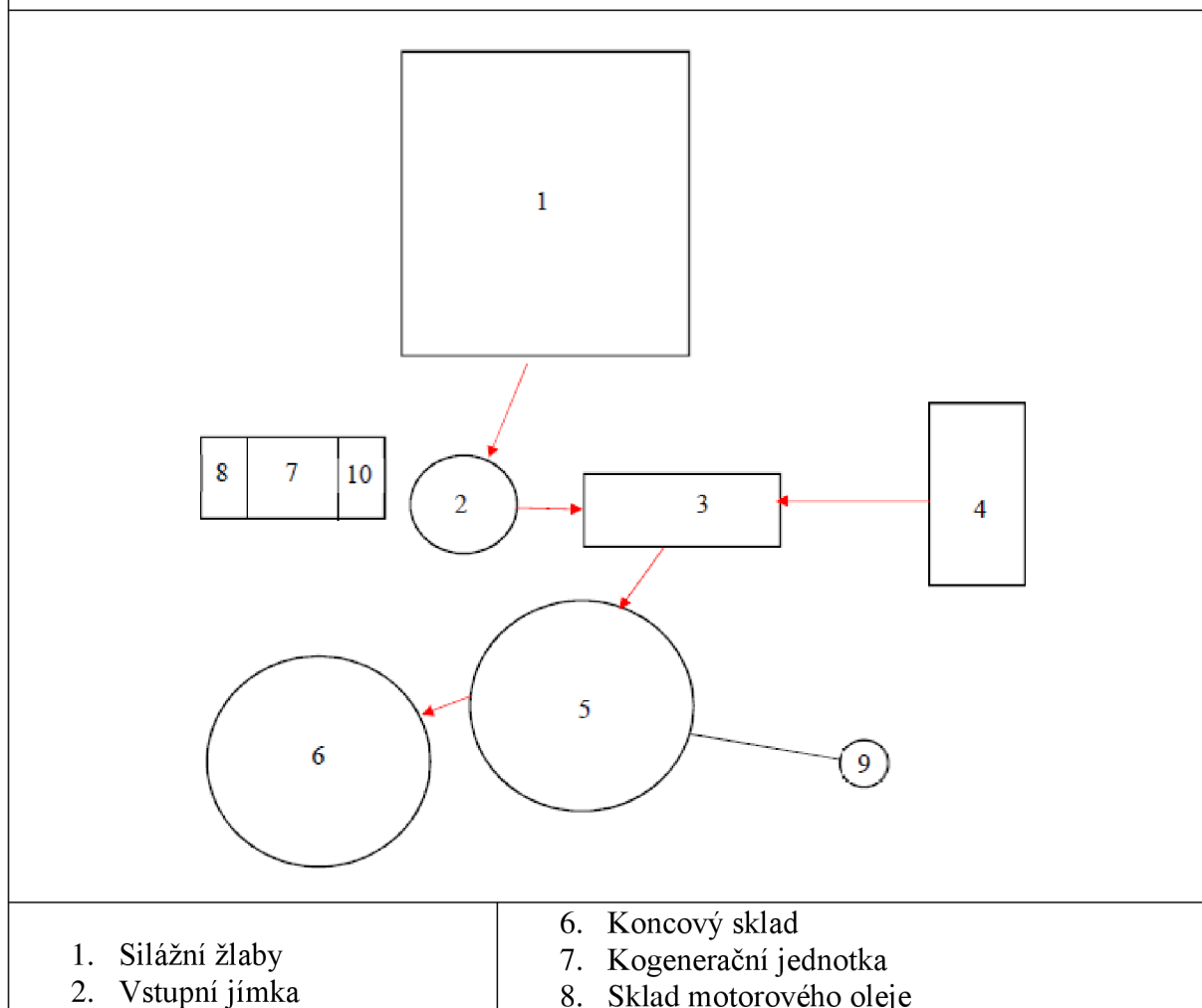
Období 2018	Potravinářský odpad (kg)	Potravinářský olej (l)	Období 2019	Potravinářský odpad (kg)	Potravinářský olej (l)
leden	508		leden	648	45
únor	476		únor	535	46
březen	427		březen	627	
duben	643		duben	825	
květen	707	50	květen	439	
červen	330		červen	468	38

červenec	84		červenec	31	
srpen	0		srpen	0	
září	736		září	734	
říjen	820	42	říjen	1123	43
listopad	630		listopad	510	
prosinec	532		prosinec	455	48

Zdroj: FIRMA B, 2021

5.2 Popis vybrané bioplynové stanice

Obr. 3 Schéma hospodářského areálu bioplynové stanice A



3. Dávkování 4. Zpevnění hnojiště 5. Fermentor	9. Flóra 10. Řídící místnost a sklad havarijní soupravy
Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021 (archiv autora)	

5.2.1 Dávkovací zařízení

Dávkovací zařízení slouží jako vstup tuhé složky surovin přímo do fermentoru. Jedná se o kompaktní jednotku složenou z nakládacího zásobníku, výtlačného čela a elektricky poháněného míchacího šneku, díky kterému jsou suroviny dopravovány do fermentoru. Dávkovací zařízení je několikrát denně doplňováno v konkrétně stanovených časových intervalech. Součástí zařízení je elektrická váha, která je propojena s ovládáním ve velínu budovy kogenerace. Množství vstupních surovin je přesně spočítáno na požadovanou produkci bioplynu (HOCHREITER, 2021).

Obr. 4 Dávkovací zařízení



Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021 (archiv autora)

Dávkování kapalných vstupních surovin probíhá v pravidelně nastavených intervalech pomocí centrálního čerpadla bioplynové stanice umístěného v technickém sklepě bioplynové stanice (BPS A, 2021).

5.2.2 Koncepce kruh v kruhu

Bioplynová stanice využívá koncepci železobetonových nádrží s fermentorem uspořádaným jako “ring to ring“ neboli “kruh v kruhu“ a následným otevřeným koncovým skladem na digestát, který slouží jako organické hnojivo na pole. Koncový sklad může být i zastřešený. Bioplynová stanice se tedy skládá ze dvou fermentorů, jednoho velkého kruhu a jednoho malého kruhu, ve kterých bakterie rozkládají organickou hmotu na metan a oxid uhličitý. Kruhy fermentoru jsou mezi sebou a dále koncovým skladem propojeny jednak přepadovým potrubím tak i tlakovým potrubím. Jakmile dojde vstupní surovina do fermentoru, odtéká přepadovým potrubím digestát do koncového skladu. K řízení teploty a procesu ve fermentoru jsou kruhy osazeny teplovodním oběhovým topením. Nerezové potrubí topení je upevněno na vnitřní straně pláště vnějšího i vnitřního kruhu fermentoru. Vnitřní fermentor je plynotěsně uzavřen kuželovitou folií neboli zásobníkem plynu. Plynojem je pak vybaven ukazatelem naplnění a při výpadku motoru lze bioplyn skladovat v plynojemu, než se aktivuje zařízení s názvem fléra, které slouží ke snížení přetlaku (HOCHREITER, 2021).

Obr. 5 Technologie kruh v kruhu



Zdroj: WWW.ENERGIE21.CZ, 2019

Velkou výhodou této koncepce je systém míchání v obou kruzích fermentoru, především ve vnějším fermentoru, kde dochází k důkladnému míchání pomocí horizontálního pádlového míchadla. Díky tomu nedochází k usazeninám uprostřed nádrže, ale je využitý celý objem nádrže a dochází k homogenizaci substrátu.

Pádlové horizontální nebo vertikální míchadlo zamíchá všechny vstupní suroviny i s vysokým podílem slámy a bez ohledu na velikosti částic. Díky velkému průměru a nízké rychlosti otáčení má míchadlo nízkou spotřebu elektrické energie. Otáčky je možné nastavit podle druhu vstupního materiálu. Intenzita míchání do jisté míry ovlivňuje produkci bioplynu, pokud by docházelo k nadměrné produkci bioplynu je možné míchání zároveň s úpravou dávkování vstupních surovin omezit aktuální produkci bioplynu (HOCHREITER, 2021).

Obr. 6 Horizontální pádlové míchadlo



Zdroj: WWW.JOHANN-HOCHREITER.CZ, 2021

Obr. 7 Vertikální pádlové míchadlo



Zdroj: WWW.JOHANN-HOCHREITER.CZ, 2021

Výškově nastavitelné pomocné boční vrtulové míchadlo s možností instalace na bok železobetonové nádrže umožňuje míchání kvasného substrátu za velké intenzity. Jedná se o speciálně tvarované lopatky, které rychle rotují, promíchávají a zabraňují vzniku plovoucí vrstvy. Míchadlo je možné umístit mimo fermentor a lze využít hned několik způsobů pro jeho uchycení, čímž je umožněna v případě potřeby snadná oprava či výměna (HOCHREITER, 2021).

Obr. 8 Boční vrtulové míchadlo



Zdroj: WWW.JOHANN-HOCHREITER.CZ, 2021

Další výhodou systému je možnost zapuštění pod úroveň terénu, minimální vzdálenost mezi oběma stupni fermentoru a malá prostorová náročnost. Vnitřní kruh není potřeba tepelně izolovat. Praktický z provozního hlediska je systém průzorů. Jedná se o kontrolu procesu kontrolními okénky na obou stupních fermentoru. Systém přepadů a prostupů je řešen samovolně bez nutnosti čerpání, čímž se ušetří spousta energie. Čerpadlo se tedy převážně používá k dávkování kapalných vstupních surovin a pro vyčerpání koncového skladu (HOCHREITER, 2021).

Centrální čerpadlo a rozdělovač slouží pro čerpání kvasného substrátu a digestátu, které je možné napojit na různé distribuční cesty pomocí rozdělovače.

Fermentor: Vstupní suroviny jsou dávkovány v pevné i tekuté formě do vnějšího fermentoru a posléze do vnitřního fermentoru, které jsou spojeny přepadovým a tlakovým potrubím.

Tab. 5 Procesní hodnoty fermentoru

Procesní hodnoty ve vnitřním kruhu fermentoru (F1)	
Teplota	42 °C (po zpracování 51 °C) určí biolog
pH	7-8
Celková sušina – optimum/maximum	6-9 % / 10 %
Procesní hodnoty ve vnitřním kruhu fermentoru (F2)	
Teplota	42 °C (po zpracování 51 °C) určí biolog
pH	7-8
Celková sušina – optimum/maximum	6-8 % / 10 %

Zdroj: BPS A, 2021

Celková doba procesu fermentace činí 109 dní. Doba zdržení substrátu v reaktorech anaerobní fermentace je více jak 60 dnů.

Firma Hochreiter používá trochu odlišný systém „kruh v kruhu“ než třeba jiné výrobci bioplynových stanic. Pádlová míchadla Mississippi jsou vyvinuta pro maximální účinnost a životnost a snadno zvládnou umíchat více než dvojnásobně větší objem vnějšího kruhu fermentoru, než je kruh vnitřní (HOCHREITER, 2021).

Obr. 9 Centrální čerpadlo s 6 přívody



Zdroj: WWW.JOHANN-HOCHREITER.CZ, 2021

5.2.3 Kogenerační jednotka

Bioplyn a vzduch v přesně dávkované směsi tvoří palivo pro spalovací motor, který pak pohání generátor na výrobu elektrické energie. Současně vzniká teplo, které je dále technologicky využíváno nebo v chladičích uvolňováno do ovzduší.

Směs bioplynu a vzduchu přivedená do spalovacího prostoru motoru je na konci komprese zažehnutá zapalovací svíčkou. Motor je vybaven čidly pro řízení chodu a hlídání emisí. Regulace emisí bioplynového motoru je prováděna regulací směsi. Hlavními komponenty přípravy směsi před nasátím do uzavřené spalovací komory motoru jsou regulace množství plynu, difuzerový směšovač a škrtecí klapka, množství směsi, výměník tepla palivové směsi neboli chladič směs. Motor kogenerace a generátor jsou mechanicky propojené pružnou

spojkou a vzájemně jsou upevněné na rámu pomocí pryžových dílů (PERSONÁL BPS A, 2021).

Tab. 6 Vlastnosti motoru kogenerace

Počet motorů	1
Počet válců	12
Počet otáček	1500 min ⁻¹
Palivo	Bioplyn
Instalovaný elektrický výkon	550 kW
Instalovaný tepelný výkon	569 kW

Zdroj: BPS A, 2021

Ovládání kogenerační jednotky je automatické s ručním přednastavením parametrů. Kogenerační jednotka dokáže svůj výkon automaticky dle nastavení regulovat ve třech výškových stupních na základě údaje o tlaku plynu v plynojemu z čidla tlaku plynu a reguluje tím i spotřebu bioplynu (PERSONÁL BPS A, 2021). Spaliny jsou vytlačovány svislým výfukem vně budovy kogenerace prostřednictvím čtyřtákního motoru. (PERSONÁL BPS A, 2021).

5.2.4 Plynojem

Zásobník plynojemu je umístěný na střeše vnitřního kruhu fermentoru a je krytý kuželovitou vnější folií. Pod touto folií je volně ložená folie, pod kterou je jímán vznikající bioplyn. Do prostoru mezi vnější krycí folií a vnitřní folií plynojemu je vháněn dmychadlem vzduch, který udržuje vnější folii stále napnutou, která tak drží tvar a zamezuje prudkému kolísání tlaku bioplynu a potencionálnímu úniku bioplynu do okolí. Vnitřní folie se naplňuje podle momentálního množství vytvářeného bioplynu (PERSONÁL BPS A, 2021).

5.2.5 Plynovod

Od fermentoru je veden nadzemní plynovod přímo ke kogenerační jednotce. Plynové zařízení začíná hlavním uzávěrem plynu, které je ovládáno v budově kogenerace. Plynovod je odvodněn, má chlazení plynu a je zajištěn před blesky a nebezpečným dotykovým napětím. Z tohoto plynovodu je zřízena odbočka k fléře, tzv. nouzovému hořáku, který spaluje přebytečný bioplyn (PERSONÁL BPS A, 2021).

5.2.6 Fléra

Jedná se o zařízení sloužící pro spalování zbytkového bioplynu. Dojde-li z jakýchkoliv důvodů k větší produkci bioplynu, než je schopna kogenerační jednotka spálit, dojde k aktivaci fléry, která tento přebytečný bioplyn spálí, což odstraní pachové vlastnosti bioplynu. Na plynovém potrubí je umístěno dmychadlo, které dopravuje bioplyn k fléře. Fléra je pak automaticky zapíná nebo vypíná podle nastaveného požadovaného množství objemu bioplynu v plynojemu (BPS A, 2021). V případě výpadku všech předchozích systémů, jsou na fermentoru instalovány přetlakové vodní pojistky, které slouží jako poslední ochrana bioplynové stanice před poškozením. Bezpečnostní vodní pojistky jsou pravidelně automaticky dle nastavení doplňovány vodou, jejíž konstantní hladina určuje přesně nastavený maximální tlak uvnitř plynového prostředí ve fermentorech (PERSONÁL BPS A, 2021).

5.3 Vstupní suroviny využívané ve vybrané BPS

Vybraná bioplynová stanice pracuje s širokou škálou surovin. Jejich množství je samozřejmě ovlivněné mnoha faktory. Optimální vstupní suroviny jsou významným předpokladem pro ekonomicky efektivní provoz BPS. Dají se rozdělit na suroviny pocházející od hospodářských zvířat jako jsou exkrementy, na cíleně pěstované plodiny jako je kukuřičná siláž a další obilné i travní siláže. Dalším zdrojem je substrát vyrobený z biologicky rozložitelných odpadů, do kterých spadají odpady z kuchyní a stravoven.

Primárním zdrojem vybrané bioplynové stanice jsou energetické rostliny, které jsou uloženy a skladovány v areálu bioplynové stanice v silážních žlabech. Dalším primárním zdrojem je kejda. (PROVOZNÍ ŘÁD VYBRANÉ BPS, 2020).

Kejda je částečně prokvašená směs pevných a tekutých výkalů hospodářských zvířat zředěná vodou. Podle původu rozlišujeme kejdu skotu, prasat a drůbeže. Podstatnou vlastností určující kvalitu kejdy je obsah sušiny. U kejdy skotu a prasat je žádoucí obsah sušiny od 7,5 – 15 %, u drůbeže od 15 % - 20 %. Organické látky tvoří od 70-80 % sušiny (MENDEL.U.CZ, 2004).

Tab. 7 Žádoucí obsahy živin v kejdě

Druh kejdy	Obsah v kejdě						
	Sušina	Org. látky	N	P	K	Ca	Mg
skotu	7,5	5,5	0,4	0,1	0,4	0,1	0,04
prasat	7,5	6	0,6	0,2	0,2	0,2	0,05
drůbeže	15	10,5	1	0,3	0,3	1	0,1

Zdroj: ŠKARDA, 1982

Velmi významnou plodinou pro produkci bioplynu je **silážní kukuřice**. Vyniká výnosovým potenciálem, vysokou výtěžností bioplynu z 1 kg sušiny a jednoduchou konzervovatelností (AGROMANUAL.CZ, 2018). Kukuřičná siláž má tzv. glycidový charakter, hlavní živnou je energie ve třech formách (ve formě cukrů, škrobů a vlákniny). Kukuřičná siláž obsahuje 8 % N-látek, 3 % tuku, 30 % škrobu, vlákniny ve formě NDF 40-50 % (ASOCIACE SOUKROMÉHO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2015).

Senáž je způsob konzervace krmiva, který je založen na bakteriální produkci kyseliny mléčné, při níž se snižuje pH (ZEMEDELSKEPOTREBY.CZ, 2020). V podstatě se jedná o termín, který se užívá pro rozlišení siláže s vysokým obsahem sušiny. Obecně se udává, že pokud obsah sušiny přesáhne 50 %, hovoříme o takto složeném krmivu jako o senáži. Obsahuje tedy méně vody.

Močůvka je tekuté hnojivo složené z moči hospodářské zvěře s vysokým obsahem dusíku a draslíku. Vlhkost močůvky dosahuje 96-99 %, organické látky v sušině se pohybují od 0-3 % (MACOUREK, M. 2002).

Metoda **ozimného žita** neboli GPS (Ganzpflanzenschrot) spočívá v tom, že se rostlina sklízí v čase, kde obsahuje nejvíce živin. Nejčastější plodinou na GPS bývá kukuřice, ale v poslední době získaly na popularitě i ozimé obilniny, jako třeba žito. Jejich výhoda je v založení porostu během podzimních měsíců, a tedy v zavlažování po několik měsíců (AGROMANUAL.CZ, 2018).

5.4 Podmínky biologického procesu zpracování odpadů

Pro správný průběh biologického procesu je třeba monitorovat několik parametrů, které jsou jednak klíčové pro kvalitu výsledného bioplynu, ale zároveň na nich závisí biochemický proces jako takový. Sledovat změny těchto faktorů je možné prostřednictvím počítače. Sledují se parametry biologického procesu:

- Množství jednotlivých vstupních surovin
- Teplota
- Obsah metanu v bioplynu
- Obsah CO₂ v bioplynu
- Obsah O₂ v bioplynu

A parametry biologického procesu prostřednictvím laboratorních rozborů

- Sušina (%)
- Organická sušina (%)
- pH
- N-celk
- N-NH₄
- FOS/TAC
- koncentrace mastných kyselin (máselná, octová, propionová)

Na produkci bioplynu jsou u jednotlivých surovin klíčové některé vlastnosti. Tou zásadní je obsah sušiny v daném materiálu. Měrná produkce bioplynu se často udává právě na sušinu, nebo je vztažena k určité průměrné sušině (BIOM.CZ, 2020). Obsah sušiny se musí pohybovat nad 3 %, jinak dojde k produkci bioplynu se zápornou energetickou bilancí. Definován je i horní limit a to kolem 50 % (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).

Dalším sledovaným parametrem biologického procesu sledovaného přímo BPS je teplota. Ta by se během procesu vzniku bioplynu měla pohybovat v rozmezí od 5-95 °C, měla by ale být co nejvíce konstantní, aby nedocházelo k prudkým změnám během procesu. Teplotu reakční směsi sledují čidla, kterými jsou vybaveny oba fermentory námi vybrané BPS. Při poklesu teploty dochází ke snížení produkce bioplynu. Teplotu lze sledovat a upravovat pomocí dálkového ovládání (tzv. vizualizace) z kogenerační budovy. Úpravy teploty lze provádět max. 1-2 °C za den, průměrná teplota ve vybrané BPS se pohybuje v rozmezí 38-45 °C. (PROVOZNÍ ŘÁD VYBRANÉ BPS, 2020).

Dalším podstatným faktorem je hodnota pH (kyselost/zásaditost). Optimální hodnoty se pohybují v rozmezí 6,8-8. Dojde-li ke snížení, znamená to přetížení reaktoru – proces vzniku mastných kyselin je rychlejší než jejich odbourávání dalšími mikroorganismy. To se stává v případě, že dojde k nadměrnému dávkování vstupních surovin. Vysoké pH pak uvolňuje pro mikroorganismy toxický amoniak a zastavení produkce bioplynu. Důležité je tedy správné dávkování vstupních surovin. Hodnota pH se sleduje ve vybrané BPS dvakrát za den (PROVOZNÍ ŘÁD VYBRANÉ BPS, 2020).

6 Výsledky a diskuse

Na základě četných rozhovorů s majitelem a ředitelem vybrané BPS, na základě osobních návštěv a analýzy dostupných dat poskytnutých BPS, bude v této části práce navržena inovace, která bude využívat maximální efektivitu bioplynové stanice, ale nabídne ekonomicky výhodnější variantu kombinace vstupních surovin. Právě směs vstupních surovin a jejich nutný odkup představuje výraznou položku v rozpočtu a podle dostupných informací především od personálu BPS, je zde prostor pro optimalizaci nákladů. Samozřejmě je vždy nutné zachovat a dodržet veškeré technologické postupy a pracovat vždy s maximálním výkonem stanice. Jako nejvhodnější alternativní surovina, která by mohla přinést ekonomické úspory a zároveň zachovat výkon BPS, se jeví substrát vyrobený z odpadů z kuchyní.

6.1 Podíly vstupních surovin

Vybraná bioplynová stanice má v současnosti v provozním řádu nastavené podíly jednotlivých vstupních surovin. Ty jsou uvedeny v příložené tabulce.

Tab. 8 Podíly vstupních surovin dle provozního řádu BPS A

Vstupní suroviny	množství (t.rok ⁻¹)	množství (t.den ⁻¹)	podíl množství (%)	podíl org. složky v suš. (%)	mn. plynu z org. sl. (m ³ .t ⁻¹)	mn. plynu ze vst. sur. (m ³ .rok ⁻¹)
Kejda hovězí	2 600	7,1	19	81	400	67 392
Kukuřičná siláž	5350	6,7	17	90	780	1 201 824
Travní siláž	3 500	9,6	25	90	600	642 600
Digestát-RECYKL	500	1,4	4	0	0	0
Voda močůvka	1 800	4,9	13	0	0	0
Celkem	13 750	37,7	100	89		4 712 384

Zdroj: BPS A, 2021

6.2 Zpracování substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven ve vybrané BPS

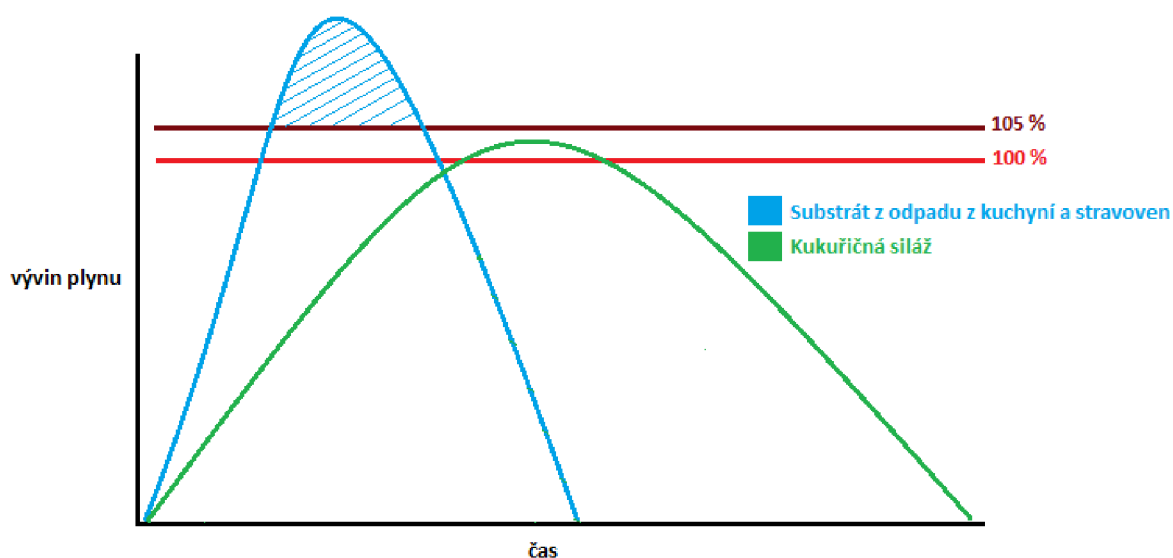
Vybraná BPS úzce spolupracuje s nedalekou kompostárnou, do které je svážen odpad z kuchyní a stravoven. Jedná se vedle běžného odpadu z kuchyní a stravoven také o tuky zachycené prostřednictvím různých lapačů či odlučovačů tuků, které využívají restaurace, hotely, školy, které potřebují z odpadních vod odloučit tuky. V katalogu odpadů jsou odpadní tuk a olej zařazeny pod číslem 20 01 25 jedlý olej a tuk. V přílehlé kompostárně je odpad očištěn od nežádoucích materiálů a v hygienizačních boxech zahříván na teplotu kolem 70 °C po dobu jedné hodiny. Tento hygienizovaný materiál je certifikovaný jako substrát vhodný pro využití v bioplynové stanici (ČASOPIS BIOM, 2015).

Substrát z odpadů a kuchyní se jeví ekonomicky jako velice vhodná vstupní surovina, a to hned ze dvou důvodů. Prvním důvodem je, že producenti odpadu z kuchyní a stravoven musí za jeho likvidaci a zpracování platit, což se následně projeví v ekonomickém zhodnocení. Druhým důvodem je, že výnos bioplynu u těchto jednotlivých surovin je daleko vyšší než například u hojně využívané kukuřičné siláže. Substrát vyrobený z odpadu z kuchyní a stravoven mívá 1,5krát větší výnosnost než u kukuřičné siláže.

6.2.1 Dávkování substrátu z odpadu z kuchyní a stravoven

Jak již bylo řečeno, každá vstupní surovina má při výrobě bioplynu odlišné chování. Kukuřičná siláž pracuje v čase pomaleji, zatímco tuky dokážou prudce a rychle změnit podobu zpracovávaného odpadu. V rámci testování různých vstupních směsí s cílem zajistit permanentní stoprocentní výkon bylo zjištěno, že určité množství kukuřičné siláže jako vstupní suroviny garantuje v čase stále stejnou nebo mírně kolísající produkci bioplynu, ovšem nepřesahující stoprocentní hranici. Zatímco stejné množství například substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven ve velmi krátkém čase dokáže vytáhnout produkci plynu až přes nežádoucí úroveň 105 %, což nakonec vede k nutnosti spalovat přebytečný bioplyn ve fléře.

Obr. 10 Graf dávkování substrátu a kukuřičné siláže do fermentoru



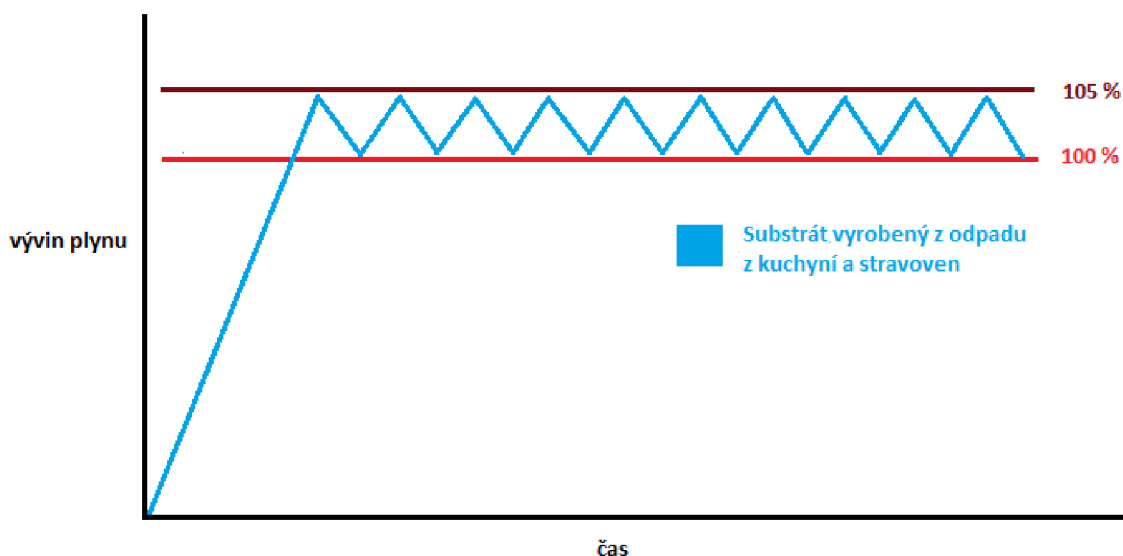
Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

6.3 Návrh řešení

Aby bylo možné naplno využívat substrát z odpadů z kuchyní a stravoven, bylo třeba upravit na vstupu jejich množství, a především pak rozložit jejich přísun v delším čase. Tento problém byl vyřešen dávkováním. Substrát z odpadů z kuchyní a stravoven patří mezi tzv. čerpatelné suroviny, tedy je možné je postupně přimíchávat do zpracovávané směsi a pomocí počítače upravit dávky tak, aby se stabilně držely na 100% efektivnosti, ale nepřesáhly ji.

Dávkování funguje na principu frekvenčního měniče, který mění frekvenci dávkování dle potřeby. Díky tomuto systému lze nastavit dávkování v okamžiku, když jsou uvedeny do provozu míchadla a nadávkovaný odpad se tak okamžitě po vstupu do fermentoru promíchá. Následně lze monitorovat, aby nedošlo k překročení účinnosti nad 105 %. Pak je možné práci frekvenčního měniče upravovat, a to buď pozastavit, ubrat množství dávkovaného odpadu nebo jej naopak posílit v případě, že se ukáže, že je vstupní surovina energeticky chudší.

Obr. 11 Graf stálého dávkování substrátu do fermentoru



Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

Pro dosažení stálého a kontinuálního výkonu, je substrát z odpadů z kuchyní a stravoven dávkován v jedné smíchané podobě. K tomuto účelu slouží v bioplynové stanici speciální příjmová vana, do které jsou suroviny vysypány či vylity. V této vaně dochází k promíchání surovin, a jak již bylo řečeno, čerpadlem s frekvenčním měničem je odpad dávkován do fermentoru dle požadovaných parametrů.

Obr. 12 Příjmová vana na substrát z odpadů z kuchyní a stravoven



Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021 (archiv autora)

6.4 Analýza různých poměrů vstupních surovin

Cílem této části diplomové práce je navrhnout optimální řešení a kombinaci vstupní směsi tak, aby byla zajištěna maximální efektivita a zároveň ekonomická výhodnost. Zároveň musí být dodrženy některé parametry biologického procesu, a to především obsah sušiny v rozmezí 5-8 % a výkonost v rozmezí od 100-105 %. (PROVOZNÍ ŘÁD BPS, 2020). Samozřejmostí je využívání jen těch surovin, se kterými vybraná bioplynová stanice pracuje, a které slouží jako tzv. nosná surovina (kukuřičná siláž, travní siláž, hovězí kejda). K těmto surovinám pak následně budu přidány v určitém poměru alternativní suroviny s cílem najít rovnováhu ve výsledné sušině kolem 6 % a v odpovídající účinnosti fermentoru. Bude provedeno měření

ideálního procentuálního poměru vstupních surovin. Jako alternativu použiji substrát vyrobený z odpadů z kuchyní a stravoven.

6.4.1 Proces měření

Měření a testování různých poměrů vstupních surovin bylo prováděno ve vybrané BPS za účasti hlavního technologa a v průběhu několika týdnů. Bylo mi umožněno zkoušet různé varianty vstupní směsi a sledovat, jak efektivně je odpad zpracováván, zda nedochází k přehřívání a jaké jsou výsledné hodnoty bioplynu. Z bezpečnostních a ekonomických důvodů nebylo samozřejmě možné testovat varianty, u kterých byla šance na správný průběh biologického procesu mizivá.

6.4.2 První měření poměrů vstupních surovin

Tab. 9 Poměr vstupních surovin prvního měření

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	množství (t.den ⁻¹)	podíl množství (%)	podíl org. složky v suš. (%)	mn. plynu z org. sl. (m ³ .t ⁻¹)	mn. plynu ze vst. sur. (m ³ .měs ⁻¹)
Kejda hovězí	229	7,54	20	81	400	5 936
Kukuřičná siláž	229	7,54	20	90	780	51 443
Substrát	401,3	13,2	35	85	1950	387 006
Travní siláž	171,7	5,65	15	90	600	31 524
Močůvka	115	3,77	10	0	0	0
Celkem	1 146	37,7	100	89		475 909

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

Řešení: U prvního měření kombinace vstupních surovin byla přidána ke vstupním surovinám dle provozního řádu BPS A alternativní surovina v podobě substrátu vyrobeného z odpadu z kuchyní a stravoven. Současně s tím ale byl snížen podíl travní siláže a zcela odstraněn digestát, který sloužil převážně k ředění. Jeho roli nahradil substrát. Podíl hovězí kejdy a kukuřičné siláže zůstal přibližně stejný. Podíl všech vstupních surovin fungoval v BPS správně a vytvořil nám konečnou požadovanou sušinu kolem 7-8 %.

6.4.3 Druhé měření poměrů vstupních surovin

Tab. 10 Poměr vstupních surovin druhého měření

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	množství (t.den ⁻¹)	podíl množství (%)	podíl org. složky v suš. (%)	mn. plynu z org. sl. (m ³ .t ⁻¹)	mn. plynu ze vst. sur. (m ³ .měs ⁻¹)
Kejda hovězí	343,8	11,31	30	81	400	8 911
Kukuřičná siláž	115	3,77	10	90	780	25 834
Substrát	515,9	16,97	45	85	1950	497 328
Travní siláž	171,7	5,65	15	90	600	31 524
Celkem	1 146	37,7	100	89		563 597

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

Řešení: Protože navýšení substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven v prvním pokusu přineslo efekt a nezpůsobilo žádné negativní změny, byl u druhého pokusu měření navýšen jeho podíl ještě výrazněji a nahrazen jimi podíl močůvky. Dále byl snížen podíl kukuřičné siláže a navýšen podíl hovězí kejdy. Podíl sušiny v BPS při tomto složení vstupních surovin vyšel na 7 %, stále tedy na optimální hranici. Sledování biologického procesu ale ukázalo výborný potenciál substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven, a navíc zde byla stále ještě možnost pro mírné zvýšení jeho podílu.

6.4.4 Třetí měření poměrů vstupních surovin

Tab. 11 Poměr vstupních surovin třetího měření

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	množství (t.den ⁻¹)	podíl množství (%)	podíl org. složky v suš. (%)	mn. plynu z org. sl. (m ³ .t ⁻¹)	mn. plynu ze vst. sur. (m ³ .měs ⁻¹)
Kejda hovězí	434,7	14,3	38	81	400	11 267
Kukuřičná siláž	91,2	3	8	90	780	20 487
Substrát	620,2	20,4	54	85	1950	597 873
Celkem	1 146	37,7	100	89		563 597

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

Řešení: Při třetím měření byl ještě navýšen podíl substrátu, tedy až na 54 %. Díky jeho složení a vysoké vlhkosti jsme mohli odstranit všechny další suroviny, které sloužily primárně k ředění směsi. Během sledování biologického procesu ale bylo zřejmé, že podíl substrátu dosáhl v směsi svého limitu. Při vyšším podílu přestával biologický proces vykazovat optimální hodnoty a proces kvašení ve fermentoru byl narušen.

6.5 Technologické zhodnocení měření

Na základě třech měření poměru směsi zpracovávaných surovin byl učiněn závěr, že z hlediska biologického procesu nedochází při změnách podílů jednotlivých odpadů k výraznějším změnám, a všechny testované varianty splnily podmínky správného průběhu. Tedy byla dodržena zásada podílu sušiny v procesu v rozmezí 6 % a výkonost se pohybovala okolo 100-105 %. Zároveň se ukázalo, že substrát z odpadů z kuchyní a stravoven nemůže být zpracováván výhradně bez dalších přidaných surovin, neboť je pak narušen biologický proces. Dochází k příliš rychlému procesu kvašení, přehřívání fermentoru, a to pak vede k onomu nežádoucímu spalování bioplynu ve fléře. Klíčovým faktorem pro volbu ideální varianty tak bude především ekonomický výsledek testovaných možností.

6.6 Ekonomické zhodnocení měření

Na správný, a především pak rentabilní chod bioplynové stanice, má vliv hned několik faktorů. Jedním z těch nejpodstatnějších je skladba vstupních surovin, které následně ovlivňují stabilitu fermentačního procesu a příslušné biochemické reakce. BPS má příjmy především za prodej elektřiny a prodej tepla. BPS pracuje z velké části s tzv. nosnými vstupními surovinami. To jsou ty, které potřebuje ke správnému průběhu biologického procesu, a které tedy musí od dodavatelů kupovat. Nutno ale podotknout, že cena odkupu nemůže být celá považována za zisk, protože u každého druhu odpadu dochází po přijetí ke třídění, čištění a dalším krokům, které výslednou cenu poníží. V této části práce budou výpočty prováděny s finálními cenami již po ponížení o další náklady.

Tab. 12 Ceny surovin, za které BPS platí

Druh suroviny	Kč bez DPH za tunu
Hovězí kejda	250,-
Kukuřičná siláž	1100,-
Travní siláž	700,-
Močůvka	20,-

Zdroj: BPS A

Ceny, za které jsou odpady vykupovány pro následné zpracování v BPS A. Do těchto cen jsou již započítány náklady za vytřídění, očištění a přepravu.

Tab. 13 Cena substrátu, za jehož zpracování dostává BPS zaplacen

Substrát z odpadu z kuchyní a stravoven	500,-
---	-------

Zdroj: BPS A

Jak již bylo řečeno, z hlediska biologického procesu neměly změny poměrů vstupních surovin významný vliv na množství a kvalitu výsledného bioplynu. Protože jsou ale všechny vstupní suroviny jinak finančně náročné, bylo zajímavé v čase sledovat, jak odlišné byly náklady na produkci bioplynu. V rámci ekonomického zhodnocení jsem zohledňoval ceny vstupních surovin, náklady na platy zaměstnanců, náklady na údržbu a opravy, a současně zisk za prodanou energii.

Tab. 14 Produkce energie ve vybrané BPS

Počet dnů	Počet hodin	Výkon BPS
31	24	550
Vyprodukovaná energie za měsíc:		409 200 kWh
Vyprodukovaná energie po započtení technologických přestávek:		396 924 kWh
Energie využitá na chod BPS:		40 920 kWh
Energie celkem:		356 004 kWh
Tržba za energii (3,55,- Kč za 1kWh):		1 263 814 Kč

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

Tab. 15 Ekonomické zhodnocení vstupních surovin dle provozním řádu BPS

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	cena za tunu	Náklady (Kč)
Hovězí kejda	217	-250	-54 250
Kukuřičná siláž	446	-1 100	-490 600
Travní siláž	292	-700	-204 400
Digestát – recyklovaný	500	0	0
Močůvka	150	-20	-3 000

Náklady za vstupní suroviny celkem: **-752 250**

Měsíční náklady na platy zaměstnanců: **-105 000**

Měsíční náklady na údržbu a opravy: **-50 000**

Průměrné měsíční náklady na revizi motoru: **-291 667**

Náklady celkem: **-1 198 917**

Tržba za energii: 1 263 814

Měsíční zisk: 64 897

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

6.6.1 První měření

V prvním měření byl zvýšen podíl substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven a ponížena podíl travní a kukuřičné siláže. Což mělo ve výsledku poměrně významný dopad na výslednou cenu nákladů, protože za odkup kukuřičné i travní siláže BPS platí dodavateli, zatímco substrát dodává do BPS sousední kompostárna, která je součástí jedné firmy. A ta za odběr odpadu z kuchyní a stravoven dostává zaplacen.

Tab. 16 Ekonomické zhodnocení prvního měření

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	cena za tunu	Náklady (Kč)
Hovězí kejda	229	-250	-57 250
Kukuřičná siláž	229	-1 100	-251 900
Substrát	401	500	200 650
Travní siláž	172	-700	-120 190
Močůvka	115	-20	-2 300

Náklady za vstupní suroviny celkem: **-230 990**

Měsíční náklady na platy zaměstnanců: **-105 000**

Měsíční náklady na údržbu a opravy: **-50 000**

Průměrné měsíční náklady na revizi motoru: **-291 667**

Náklady celkem: **-677 657**

Tržba za energii: 1 263 814

Měsíční zisk: 586 157

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

6.6.2 Druhé měření

Ve druhém měření byl o něco navýšen podíl substrátu z odpadu z kuchyní a stravoven, ponížěn byl podíl kukuřičné siláže a navýšen byl podíl hovězí kejdy.

Tab. 17 Ekonomické zhodnocení druhého měření

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	cena za tunu	Náklady (Kč)
Hovězí kejda	344	-250	-85 950
Kukuřičná siláž	115	-1 100	-126 500
Substrát	516	500	257 950
Travní siláž	172	-700	-120 190

Náklady za vstupní suroviny celkem: **-74 690**

Měsíční náklady na platy zaměstnanců: **-105 000**

Měsíční náklady na údržbu a opravy: **-50 000**

Průměrné měsíční náklady na revizi motoru: **-291 667**

Náklady celkem: **-521 357**

Tržba za energii: 1 263 814

Měsíční zisk: 742 457

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

6.6.3 Třetí měření

Ve třetím měření byl navýšen podíl substrátu na možné maximum a další vstupní suroviny (kejda a kukuřičná siláž) doplněny tak, aby byly zachovány parametry biochemického procesu.

Tab. 18 Ekonomické zhodnocení třetího měření

Vstupní suroviny	množství (t.měs ⁻¹)	cena za tunu	Náklady (Kč)
Hovězí kejda	435	-250	-108 675
Kukuřičná siláž	91	-1 100	-100 320
Substrát	620	500	310 100

Náklady za vstupní suroviny celkem: 101 105

Měsíční náklady na platy zaměstnanců: -105 000

Měsíční náklady na údržbu a opravy: -50 000

Průměrné měsíční náklady na revizi motoru: -291 667

Náklady celkem: **-345 562**

Tržba za energii: 1 263 814

Měsíční zisk: 918 252

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

6.8 Celkové hodnocení návrhu inovace

Na základ měření kombinace směsi vstupních surovin byla pro vybranou bioplynovou stanicí navržena inovace v podobě masivnějšího používání substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven. Ukázalo se, že tento substrát funguje velmi dobře jako alternativní vstupní surovina, která jednak nenaruší biochemické procesy při výrobě bioplynu, ale především je ekonomicky výhodná, protože za její sběr a likvidaci dostává vybraná BPS zapláceno na rozdíl od jiných surovin, které dosud BPS používala. Měsíční zisk se tak díky použití substrátu více než zdesetinásobil, a to při zachování výkonu i efektivity bioplynové stanice. Samozřejmě by bylo tím pádem ekonomicky nejvýhodnější zpracovávat na výrobu bioplynu pouze substrát z odpadů z kuchyní a stravoven, protože by nevznikaly žádné další náklady při odběru dalších surovin. Bohužel se ale ukázalo, že to z technologického hlediska možné není. Navrhovaná varianta v podobě 54% podílu substrátu, 38% podílu hovězí kejdy a 8% podílu kukuřičné siláže je dle mého názoru ekonomicky ideální.

Tab. 19 Náklady a zisky jednotlivých pokusů měření

	Náklady vstupních surovin (měsíční)	Celkové náklady (měsíční)	Zisk (měsíční)
Vstupní hodnoty dle provozního řádu	-752 250 Kč	-1 198 917 Kč	64 897 Kč
První pokus měření	-230 990 Kč	-677 657 Kč	586 157 Kč
Druhý pokus měření	-74 690 Kč	-521 357 Kč	742 457 Kč
Třetí pokus měření	101 105 Kč	-345 562 Kč	918 252 Kč

Zdroj: PETR KOTALÍK, 2021

7 Závěr a doporučení

Bioplynové stanice jsou s ohledem na současné dění významným článkem energetické budoucnosti. Jednak je ze všech stran na evropské země vyvíjen tlak na využívání obnovitelných zdrojů, na plnění evropských cílů v nakládání s odpady, a především pak na ochranu životního prostředí. V druhé řadě s rostoucí životní úrovní roste produkce odpadu, který neúměrně zatěžuje planetu. Ta stojí před výzvou, jak s vyprodukovaným odpadem co nejlépe naložit, jak jej vrátit do života a maximálně využít. Dá se říct, že bioplynová stanice dokáže řešit obě výzvy současně. Zpracovává a likviduje odpad, který slouží k výrobě elektrické energie a tepla. Největší výhodou BPS navíc je, že biomasa patří mezi velice flexibilní obnovitelný zdroj a není tedy, jako mnoho jiných, závislá na počasí.

Tato práce se zabývala využitím a zpracováním odpadů z kuchyní, stravoven a výroben potravin. Právě tento druh odpadu může být efektivně zpracováván v bioplynových stanicích a sloužit jako vhodná vstupní surovina při výrobě bioplynu. Na základě poznatků z vybrané bioplynové stanice, která dosud s odpadech z kuchyní a stravoven nepracovala, byla navržena inovace v podobě využití substrátu vyrobeného ze zbytků jídla a potravin. Na základě výzkumu v podobě kombinování podílů různých vstupních surovin bylo stanoveno ideální složení vstupní směsi do bioplynové stanice tak, aby byly zachovány její maximální výkon a efektivita, ale došlo ke snížení nákladů. To garantoval více než 54% podíl substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven.

Pozitivní přínos této inovace lze hodnotit z několika úhlů pohledu. Ukázalo se, že tento substrát má vynikající vlastnosti pro výrobu bioplynu a z biochemického hlediska nemá použití substrátu žádné negativní důsledky, samozřejmě je-li tak učiněno ve stanoveném a konkrétním množství. Limitní hranice se pohybovala právě kolem mnou stanovených 54 % podílu. Z ekonomického hlediska se potvrdilo, že použití substrátu přináší významné ekonomické úspory, protože přijetí odpadů z kuchyní a stravoven je zpoplatněno. Zisk BPS se zvýšil téměř desetinásobně. Další nespornou výhodou použití substrátu z odpadů z kuchyní a stravoven je jeho schopnost nahradit některé další vstupní suroviny, jejichž pěstování má nezanedbatelné environmentální dopady, jako je například kukuřice, která je nejvýznamnější zdrojem fytomasy pro většinu bioplynových stanic.

Bioplynové stanice budou nepochybně důležitou součástí rozvoje obnovitelných zdrojů, a i na základě poznatků z vybrané BPS lze říct, že potenciál budou mít především ty, které dokážou a budou zpracovávat komunální odpady, a to včetně odpadů z kuchyní a stravoven. Produkci odpadu se nevyhneme, proto je jejich využití pro výrobu energie či tepla, a v budoucnu snad i pro výrobu biometanu, ideální cestou.

8 Seznam použité literatury

AGROMANUAL. Možnosti využití ozimého tritikale na produkci biomasy a bioplynu. [online] 2017. [cit. 2020-22-12]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/moznosti-vyuziti-ozimeho-tritikale-na-produkci-biomasy-a-bioplynu>

AGROMANUAL. Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu. [online] 2018. [cit. 2021-06-01]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-organizace-porostu-silazni-kukurice-na-produkci-bioplynu>

ASOCIACE SOUKROMÉHO ZĚMĚDĚLSTVÍ. Co ovlivňuje výrobu kvalitní kukuřičné siláže. [online] 2015. [cit. 2021-24-01]. Dostupné z: <https://www.asz.cz/cs/odborne-clanky-a-analyzy/co-ovlivnuje-vyrobu-kvalitni-kukuricne-silaze.html>

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Spotřeba potravin byla nejvyšší od vzniku Česka. [online] 2020. [cit. 2020-11-11]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-byla-nejvyssi-od-vzniku-ceska>

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Tisková zpráva: Česko v roce 2019 vyprodukovalo 37 mil. tun odpadu. [online] 2021. [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cesko-v-roce-2019-vyprodukovalo-37-mil-tun-odpadu>

DAHLQUIST, ERIK. Technologies for Converting Biomass to Useful Energy. CRC Press, 2013. 978-0-415-62088-8.

DELOITTE. Envilaw Ročenka 2020. [online] 2020. [cit. 2021-23-04]. Dostupné z: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/legal/Envilaw%20Zpravodaj_2020.pdf

ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. Energetický regulační věstník. [Online] Energetický regulační úřad, 2018. [Citace: 20. 4. 2021] Dostupné z: https://www.eru.cz/documents/10540/3899124/ERV_10_2018.pdf/3feb1c47-0aa0-4766-a0d0-39715afd9fe0.

FAO. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. *International Congress SAVE FOOD!* [online] 2011. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/i2697e/i2697e.pdf>

FCC ENVIROMENT. Co je to gastroodpad. [online] 2021. [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.fcc-group.eu/cs/ceska-republika/sluzby/svoz-gastroodpadu/co-je-to-gastroodpad.html>

HOCHREITER, JOHANN. BPS Jarošovice [online] 2016. [cit. 2021-12-03]. Dostupné z: <https://www.johann-hochreiter.cz/cs/projekty-detail/50-bioplynova-stanice-jarosovice/>

CHAMPIONS12.3. SDG target 12.3 on food loss and waste: 2020 PROGRESS REPORT An annual update on behalf of Champions 12.3. [online] 2011. [cit. 2020-10-22]. Dostupné z: [org/publication/sdg-target-123-food-loss-and-waste-2020-progress-report](http://www.fao.org/publication/sdg-target-123-food-loss-and-waste-2020-progress-report)

KIZLINK, JURAJ. *Nakládání s odpady.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2007. 284 s. ISBN: 978-80-214-3348-9,

KOMPOSTUJ. Gastronomické provozy. [online] 2020. [cit. 2020-08-04]. Dostupné z: www.kompostuj.cz/vime-jak/kompostujeme-ve-firmach-a-organizacich/gastronomicke-provozy/

MACOUREK, Michal. *Optimalizace surovinové skladby při kompostování zbytkové biomasy.* Biom.cz [online] 2002. [cit. 2021-04-17]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/optimalizace-surovinove-skladby-pri-kompostovani-zbytkove-biomasy-2>

MALAŤÁK, Jan., VACULÍK, Petr.: *Biomasa pro výrobu energie,* Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 2008, ISBN 978-80-213-1810-6

MCDONALDS. *Brambory.* [online] 2021. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.mcdonalds.cz/odpovednost-a-suroviny/brambory/>

MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Produkce a nakládání s odpady v roce 2019. [online] 2019. [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20201124-odpadova-data-2019-Kazdy-Cech-vyprodukoval-551-tun-komunalu/\\$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2019-20201119.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_20201124-odpadova-data-2019-Kazdy-Cech-vyprodukoval-551-tun-komunalu/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2019-20201119.pdf)

MPO. Panorama zpracovatelského průmyslu ČR 2018.[online] 2019. [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/panorama-zpracovatelskeho-prumyslu/2019/10/panorama_cz_web.pdf

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 178/2002 ze dne 28. ledna 2002, kterým se stanoví obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin. EUR-LEX, [online] 2021. [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL>

OPŽP 2014-2020. Dotace z OPŽP. [online] 2019. [cit. 2020-09-12]. Dostupné z: <https://www.opzp2014-2020.cz/clanek/povinnosti-a-dotacni-moznosti-obce-v-oblasti-spravy-komunalniho-odpadu>

PASTOREK, Zdeněk – KÁRA, Jaroslav – JEVIČ, Petr. *Biomasa – obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-86534-06-5.

PLYN. Biometan: Jak se vyrábí a proč je to palivo budoucnosti? [online] 2020. [cit. 2021-28-01]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/biometan-jak-se-vyrabi>

SBÍRKA ZÁKONŮ ČESKÉ REPUBLIKY [online]. 1.12.2010 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/sbirka-zakonu.aspx>

SCHULZ, Heinz. *Bioplyn v praxi: teorie – projektování – stavba zařízení – příklady*. Ostrava: HEL, 2004. 167 s. ISBN 80-86167-21-6.

ŠKARDA, Milan. *Hospodaření s organickými hnojivy*. Praha: SZN, 324 s. ISBN: 07-109-82

SOVAK – Časopis oboru vodovodů a kanalizací: Drtiče odpadů – stanovisko SOVAK ČR. SOVAK 5/2005, ISSN 1210-3039

SRIVASTAVA, Neha et al. Biohydrogen production using kitchen waste as the potential substrate: A sustainable approach. *Chemosphere* [online]. Volume 271, 2021, 129537. [cit. 2021-23-01]. dostupné z: DOI: [10.1016/j.wasman.2020.03.030](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.030)

ŠŤASTNÁ, Jarmila. *Všechno, co potřebujete vědět o odpadech a neměli jste se koho zeptat*. Praha: Eko-Kom, 2014, str. 123, ISBN: 978-80-904833-1-6.

ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2004, str. 190, ISBN: 80-7040-629-1.

TECHNOLOGICKÉ CENTRUM AV ČR. Poradí příručka a plakát. [online] 2020. [cit. 2021-18-03]. Dostupné z: <https://www.tc.cz/cs/pro-media/tiskove-zpravy/seznam-tiskovych-zprav/kolik-jidla-se-vyhodi-v-jidelnach-a-restauracich-rychleho>

VÁŇA, Jaroslav. Bioplynové stanice na využití bioodpadů. Biom.cz [online]. 2010- 05-10 [cit. 2011-01-29]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stanice-na-vyuziti-bioodpadu>

VÁŇA, Jaroslav. Kam se ztrácejí kuchyňské odpady a co s nimi. *Odpadové fórum*. 2011, č. 3, s. 13-15. ISSN 1212-7779.

VÁŇA, Jaroslav. Kompostování bioodpadu. Biom.cz [online]. 2001-11-21 [cit. 2011- 01-27]. Dostupné z <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-bioodpadu>

VAVERKOVÁ D. Magdalena et al. Composting versus mechanical–biological treatment: Does it really make a difference in the final product parameters and maturity. *Waste Management*. [online]. Volume 106, 2020. [cit. 2021-23-01]. dostupné z: [DOI.org/10.1016/j.wasman.2020.03.030](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.030)

WEB2.MENDELU. Statková hnojiva – kejda. [online] 2004. [cit. 2019-05-04]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/kejda.htm

ZACHRANJIDLO. Poradí příručka a plakát. [online] 2020. [cit. 2021-13-02]. Dostupné z: https://zachranjidlo.cz/wp-content/uploads/00_TZ_Kolik-jidla-se-vyhodi-v-jidelnach-a-restauracich-4.pdf

ZÁKON Č. 541/2020 SB., O ODPADECH. In: Sběrka zákonů České republiky. 23.12.2020. ISSN 1211-1244

ZÁKONY PRO LIDI. Zákon č. 541/2020 Sb. [online] 2020. [cit. 2021-11-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma hierarchie nakládání s odpady	14
Obrázek 2 - Tabulka množství potravinářského odpadu odvezeného firmou B	26
Obrázek 3 - Schéma hospodářského areálu bioplynové stanice A	27
Obrázek 4 - Dávkovací zařízení	28
Obrázek 5 - Technologie kruh v kruhu	29
Obrázek 6 - Horizontální pádlové míchadlo	30
Obrázek 7 - Vertikální pádlové míchadlo	31
Obrázek 8 - Boční vrtulové míchadlo	32
Obrázek 9 - Centrální čerpadlo s 6 přívody	34
Obrázek 10 - Graf dávkování substrátu a kukuřičné siláže do fermentoru	41
Obrázek 11 - Graf stálého dávkování substrátu do fermentoru	42
Obrázek 12 - Příjmová vana na substrát z odpadů z kuchyní a stravoven	43

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Katalogu odpadů 02	8
Tabulka 2 - Katalogu odpadů 20	9
Tabulka 3 - Třídění kuchyňského odpadu do nádob	15
Tabulka 4 - Složení bioplynu	18
Tabulka 5 - Procesní hodnoty fermentoru	33
Tabulka 6 - Vlastnosti motoru kogenerace	35
Tabulka 7 - Žádoucí obsahy živin v kejdě	37
Tabulka 8 - Podíly vstupních surovin dle provozního řádu BPS A	40
Tabulka 9 - Poměr vstupních surovin prvního měření	44
Tabulka 10 - Poměr vstupních surovin druhého měření	45
Tabulka 11 - Poměr vstupních surovin třetího měření	46
Tabulka 12 - Ceny surovin, za které BPS platí	47
Tabulka 13 - Cena substrátu, za jehož zpracování dostává BPS zapláceno	47
Tabulka 14 - Produkce energie ve vybrané BPS	48
Tabulka 15 - Ekonomické zhodnocení vstupních surovin dle provozním řádu BPS	49
Tabulka 16 - Ekonomické zhodnocení prvního měření	50
Tabulka 17 - Ekonomické zhodnocení druhého měření	51
Tabulka 18 - Ekonomické zhodnocení třetího měření	52
Tabulka 19 - Náklady a zisky jednotlivých pokusů měření	53