

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Využití tuhých odpadů z bioplynové stanice k výrobě
energie**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr KASTNER**
Osobní číslo: **E12N0102P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Využití tuhých odpadů z bioplynové stanice k výrobě energie**
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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


1. Popište problematiku bioplynových jednotek. Soustředte se zejména na používané vstupní suroviny a způsob nakládání s výstupy.
2. Zhodnoťte složení a množství výstupních produktů bioplynové stanice. Analyzujte také vliv vstupních surovin na výstupy.
3. Zjistěte potřebné množství tepla k vysušení digestátu a jeho následnou výhřevnost v závislosti na obsahu vody.
4. Navrhněte jednoduchou linku pro vysoušení digestátu a jeho následné lisování.
5. Vyhodnoťte ekonomickou stránku výstavby sušící a lisovací jednotky. Uvažujte i dopravu suroviny a produktů.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Jindra**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na využití odpadního tepla z bioplynové stanice k sušení digestátu a jeho následnému zpracování. Situace je aplikována na konkrétní bioplynovou stanici.

Klíčová slova

Bioplyn, bioplynová stanice, odpadní teplo, digestát, sušení, výhřevnost, obsah vody

Abstract

The master theses focuses on the use of waste heat from biogas power plants to dry the digestate and its subsequent processing. The situation is applied to the specific biogas power plant.

Key words

Biogas, biogas power plant, waste heat, digestate, drying, calorific value, water content

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, byl legální.

.....
podpis

V Plzni dne 10.5.2014

Bc. Petr Kastner

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval především Vlastě Malé za poskytnutí přístupu k BPS Černotín a cenné rady. Dále Ing. Janu Čihákovi z firmy Farmtec a.s. za poradenství okolo sušáren a celkově o problematice sušení v praxi. Také bych rád poděkoval Ing. Ireně Vláškové za možnost využít laboratoř v teplárně Strakonice a proměření odebraných vzorků. Závěrem děkuji i mým rodičům za celkovou podporu nejen při psaní této diplomové práce.

Obsah

OBSAH.....	9
1 SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	11
2 ÚVOD.....	12
3 BIOPLYNOVÉ STANICE	13
3.1 VÝROBA BIOPLYNU	13
3.1.1 <i>Ideální podmínky tvorby bioplynu.....</i>	<i>14</i>
3.2 DĚLENÍ BIOPLYNOVÝCH STANIC.....	16
3.3 STATISTICKÉ ÚDAJE VÝROBY EL. ENERGIE V ČR ZA ROK 2013	17
3.4 VSTUPNÍ SUROVINY ZEMĚDĚLSKÉ BPS	18
3.4.1 <i>Kukuřičná siláž.....</i>	<i>18</i>
3.4.2 <i>Kejda + hnůj.....</i>	<i>18</i>
3.4.3 <i>Travní senáž.....</i>	<i>19</i>
3.4.4 <i>Čírok.....</i>	<i>20</i>
3.5 DIGESTÁT	20
3.6 VYUŽITÍ TEPLA.....	21
3.6.1 <i>Požadavky na využití tepla</i>	<i>21</i>
3.6.2 <i>Spotřeba na provoz BPS</i>	<i>23</i>
3.6.3 <i>Dodávka tepla pro CZT.....</i>	<i>23</i>
3.6.4 <i>Využití v zemědělských areálech.....</i>	<i>24</i>
3.6.5 <i>Sušení</i>	<i>25</i>
3.6.6 <i>Vytápění skleníků a využití CO₂.....</i>	<i>27</i>
3.6.7 <i>Absorpční chlazení.....</i>	<i>28</i>
3.6.8 <i>Generátor s ORC turbínou.....</i>	<i>30</i>
4 BIOPLYNOVÁ STANICE ČERNOTÍN.....	31
4.1 POPIS BPS ČERNOTÍN.....	31
4.2 PARAMETRY BPS ČERNOTÍN.....	31
4.2.1 <i>Popis BPS Černotín</i>	<i>31</i>
4.2.2 <i>Vstupní suroviny.....</i>	<i>32</i>
4.2.3 <i>Nakládání s výstupy.....</i>	<i>33</i>
4.2.4 <i>Využití vyprodukovaného tepla.....</i>	<i>34</i>
5 ZPRACOVÁNÍ DIGESTÁTU	35
5.1 SEPARÁTOR.....	35
5.2 PÁSOVÁ SUŠÁRNA	36
5.2.1 <i>Popis částí sušárny.....</i>	<i>36</i>
5.2.2 <i>Podmínky pro sušení.....</i>	<i>37</i>
5.3 PELETIZAČNÍ LINKA.....	38
5.3.1 <i>Popis peletizační linky.....</i>	<i>39</i>
5.4 VLASTNÍ NÁVRH SUŠÍČÍ A PELETIZAČNÍ LINKY – PŘÍPADOVÁ STUDIE.....	41
5.4.1 <i>Dimenzování pásové sušárny.....</i>	<i>41</i>
5.4.2 <i>Dimenzování peletizační linky.....</i>	<i>42</i>
5.4.3 <i>Umístění sušárny a peletizační linky.....</i>	<i>43</i>
6 ANALÝZA VZORKŮ DIGES TÁTU.....	44
6.1 TEORIE.....	44
6.1.1 <i>Obsah vody.....</i>	<i>44</i>
6.1.2 <i>Spalné teplo.....</i>	<i>46</i>
6.1.3 <i>Výhřevnost.....</i>	<i>46</i>
6.1.4 <i>Obsah popela</i>	<i>47</i>

6.2	PRAKTICKÉ TESTY.....	48
6.2.1	Rozbor vzorku digestátu.....	48
6.2.2	Rozbor topných pelet.....	50
7	EKONOMICKÁ STRÁNKA VÝSTAVBY SUŠÍCÍ A PELETIZAČNÍ LINKY	53
7.1	POTŘEBA TEPLA NA SUŠENÍ.....	53
7.2	SPOTŘEBA ENERGIE A NÁKLADY	54
7.2.1	Potřeba energie:.....	54
7.3	EKONOMIKA SUŠENÍ DIGESTÁTU A NÁSLEDNÉ PELETIZACE	54
7.4	NÁKLADY NA DOPRAVU.....	55
7.5	NÁKLADY PRO ODBĚRATELE.....	57
7.6	VYHODNOCENÍ PROJEKTU SUŠENÍ SEPARÁTU S NÁSLEDNOU PELETIZACÍ	58
8	ZÁVĚR – ZHODNOCENÍ PŘÍPADOVÉ STUDIE.....	59
9	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	60
9.1	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	62
9.2	SEZNAM TABULEK	62
9.3	SEZNAM GRAFŮ.....	62
10	PŘÍLOHY	1
10.1	VÝKLADOVÉ STANOVISKO ENERGETICKÉHO REGULAČNÍHO ÚŘADU	1
10.2	PŘÍSTROJE	6

1 Seznam symbolů a zkratek

BPS	bioplynová stanice
OZE	obnovitelné zdroje energie
KGJ	kogenerační jednotka
CZT	centrální zásobování teplem
TUV	teplá užitková voda
ERÚ	Energetický regulační úřad
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
CzBA	Česká bioplynová asociace
ORC	organický Rankinův cyklus

2 Úvod

Bioplyn a s ním spojené bioplynové stanice již nějakou dobu představují energetické zdroje s dobrým přínosem pro ochranu a tvorbu životního prostředí. Bioplynové stanice nejsou schopny vytlačit fosilní paliva a jejich většinový podíl na výrobě energie, ale na rozdíl od nich mají téměř neomezené perspektivy pro budoucí využití. Při výrobě elektřiny vzniká v bioplynové stanici i využitelné teplo, se kterým si ale mnoho jejich vlastníků nedokáže efektivně poradit. Jedna z možných cest, jak využít teplo z BPS, je ve formě sušení. Další ne plně využitý odpadní produkt bioplynové stanice je digestát – tuhý produkt fermentačních procesů.

Tato práce je zaměřena na využití obou odpadních produktů BPS v jedné aplikaci, tedy sušení digestátu a jeho následné zpracování do formy pelet. Text je rozdělen do několika částí; první se zabývá obecnou problematikou bioplynových jednotek a možnostmi využití tepla. Další část se zabývá již konkrétní bioplynovou stanicí u Černotína. Popisují její vstupní suroviny, nakládání s výstupy. Ve třetí části se zabývám problematikou sušáren a peletizačních linek, od jejich popisu a fungování po nadimenzování na mnou vybranou BPS. Ve čtvrté části řeším zhodnocení složení výstupních produktů bioplynové stanice, od teorie měření základních ukazatelů, po praktické testy. V poslední kapitole vyhodnocuji ekonomickou stránku celého projektu výstavby sušící a lisovací jednotky v BPS Černotín.

3 Bioplynové stanice

3.1 Výroba bioplynu

Zmínky o přírodních procesech, při kterých vzniká hořlavý plyn, sahají mnoho století dozadu. První systematické výzkumy bioplynu provedl italský přírodovědec Alessandro Volta. Kolem roku 1770 jímál Volta bahenní plyn ze sedimentu italských jezer a konal pokusy s jeho spalováním. Bioplyn se ale poprvé začal průmyslově vyrábět až na přelomu 19. a 20. století, a to z kalů splaškových čistíren odpadních vod (proto byl tehdy označován za kalový plyn). Ve 20. století se technologie dále zdokonaluje, vznikají první zařízení pro anaerobní vyhnívání, a první vyhřívané reaktory, čímž se výrazně zvýšila efektivita anaerobního rozkladu. S rozvojem technologií pro výrobu bioplynu se začaly používat k jeho výrobě mimo čistírenských kalů například i odpady ze zemědělství a potravinářství. [1]

Bioplyn samotný je organický plyn (majoritní složka je uhlíková sloučenina) vzniklý při procesu zvaném anaerobní metanová fermentace organických látek. Můžeme se setkat i s pojmy anaerobní digesce, biomethanizace, biogasifikace anebo vyhnívání. [2] Skládá se z různých plynů, převážně metanu (55 - 75 %), oxidu uhličitého (25 – 50 %), vody a podle původu bioplynu také ze sloučenin H_2S , N_2O , HCN , uhlovodíků i jejich kyslíkatých a siřných derivátů.

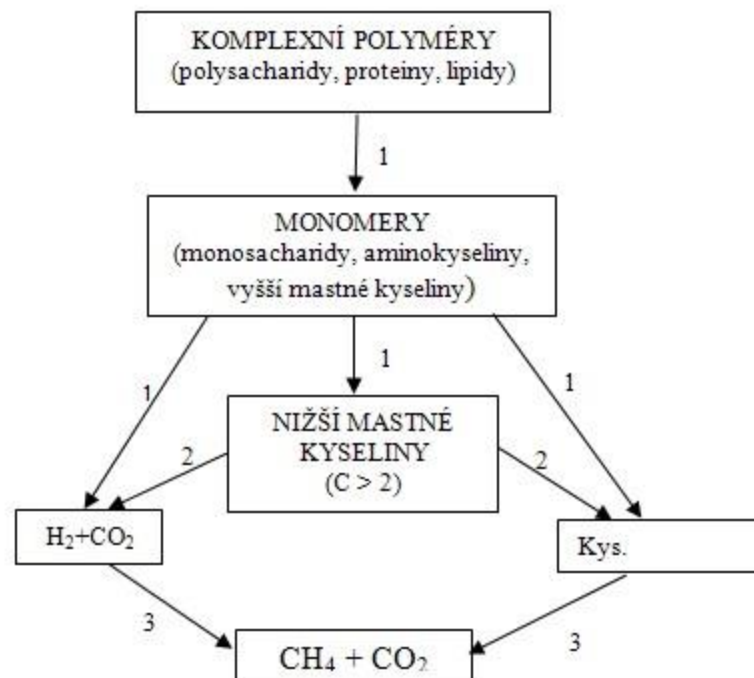
Anaerobní fermentace je biochemický proces. K rozkladu organických látek (fermentaci) dochází bez přístupu vzduchu ve vlhkém prostředí působením anaerobních kultur mikroorganismů. Ideální podmínky pro bakterie panují při teplotách kolem $50^{\circ}C$, kdy se bioplyn tvoří nejrychleji. Celý proces anaerobní fermentace je chemicky složitý a samotný bioplyn vzniká až při závěrečné fázi procesu. Pro popis se dá rozdělit do čtyř fází:

1. **Hydrolyza** – anaerobní mikroorganismy začínají rozkládat makromolekulární organické látky (bílkoviny, uhlovodíky, tuk, celulóza) na jednodušší monomery (aminokyseliny, jednoduché cukry, mastné kyseliny a voda), které již mohou procházet dovnitř buněk. Vlhkost musí dosahovat více než 50 % hmotnostního podílu.

2. **Acidogeneze** – zbytky kyslíku ze substrátu jsou zcela spotřebovány, tuto přeměnu provádějí fakultativní mikroorganismy, schopné činnosti v obou prostředích – kyslíkatém i bezkyslíkatém. Tyto bakterie tak vytvoří ideální prostředí pro již jen anaerobní organismy. Pomocí acidofilních bakterií probíhá rozklad na organické kyseliny, oxid uhličitý, sirovodík a čpavek.

3. **Acetogeneze** – acidogenní (octotvorné) kmeny bakterií převádějí vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý.

4. **Metanogeneze** – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají kyselinu octovou na metan a oxid uhličitý (již hlavní složky bioplynu), hydrogenotrofní bakterie převádějí vodík a oxid uhličitý také na metan. Tato fáze probíhá nejpomaleji. [3]



Obrázek 1: Schéma anaerobní fermentace [3]

3.1.1 Ideální podmínky tvorby bioplynu

K ideální tvorbě bioplynu dochází pouze v prostředí, které splňuje určité parametry:

- **Dostatečná vlhkost** - metanové bakterie se nedokáží reprodukovat v prostředí, které není dostatečně zalito vodou (alespoň z 50 %).
- **Zabránění přístupu vzduchu** - metanové bakterie se nedokáží reprodukovat v prostředí, které obsahuje kyslík.
- **Zabránění přístupu světla** - světlo zpomaluje rozmnožování bakterií.
- **Stálá teplota** - teplota velmi ovlivňuje rychlost a množství uvolněného plynu. Platí, že čím větší teplota, tím rychleji dochází k vyhnívání. Metanové bakterie pracují při teplotách od 0°C do 70°C. Při prudkých změnách teploty bakterie odumírají

- **Optimální hodnota pH** - hodnota pH v rozmezí 6,5 ÷ 7,5.
- **Přísun živin** - základní složky substrátu pro tvorbu bioplynu obsahují dostatek živin (rozpuštěné dusíkaté sloučeniny, minerální látky a stopové prvky).
- **Skladba živin v substrátu** - velký obsah metanu způsobují hlavně proteiny a tuky, menší obsah metanu způsobují uhlovodíky.
- **Velké kontaktní plochy** - aby vyhnívání probíhalo rychleji, měly by být pevné části substrátu zmenšeny, aby vznikl co největší povrch.
- **Zatížení vyhnívacího procesu** - aby se proces vyhnívání nezastavil, je potřeba každý den dodávat jen určité množství substrátu.
- **Rovnoměrný přísun substrátu** - dodáváme substrát v co nejkratších intervalech.
- **Odplyňování substrátu** - aby docházelo k ideální tvorbě metanu, je dobré ho jímat a odvádět pryč, jinak může dojít ke zvýšenému tlaku a následným škodám na zařízení BPS
- **Absence inhibitoru** - při vysokém používání desinfekčních prostředků, antibiotik, chemoterapeutik se může proces vyhnívání zabrzdit nebo úplně zastavit.

Pokud jsou vstupní podmínky vhodné pro bakterie, má vytvořený bioplyn obsah metanu mezi 55 – 70 % a výhřevnost 19 – 26 MJ.m⁻³ a je to vysoce kvalitní obnovitelný zdroj energie. Obsah metanu je základním parametrem kvality bioplynu lineárně určujícím jeho výhřevnost. Naopak sirovodík je zde problémovou složkou, jelikož je po spalování příčinou tvorby kyseliny sírové a ta při kondenzaci ze spalin způsobuje korozi. Proto je nutno sirovodík z bioplynu odstranit (např.: pomocí chemické adsorpce do pevné látky FeO, Fe₂O₃).

Bioplyn se poté používá jako palivo ve spalovacích motorech pro kombinovanou výrobu elektrické a tepelné energie.

3.2 Dělení bioplynových stanic

Bioplynové stanice můžeme dělit dle použitých vstupních surovin na:

- Zemědělské
- Čistírenské
- Ostatní (komunální, průmyslové)

Zemědělské BPS - jsou takové bioplynové stanice, které zpracovávají pouze materiály rostlinného charakteru a statkových hnojiv, resp. podestýlky. Na těchto bioplynových stanicích není možné zpracovávat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ani jiné materiály, které spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o vedlejších živočišných produktech.

Čistírenské BPS - zpracovávají pouze kaly z čistíren odpadních vod a jsou nedílnou součástí čistírny odpadních vod. Technologie anaerobní digesce je využívána za účelem anaerobní stabilizace kalu vznikajícího na čistírnách odpadních vod. Tyto technologie nejsou určeny ke zpracování bioodpadů a k nakládání s odpady, ale slouží pouze jako součást kalového hospodářství ČOV jako celku. Do tohoto zařízení nevstupují jiné materiály než kaly z ČOV, žump a septiků a odpadní voda. V případě, že jsou do těchto nádrží na anaerobní vyhnívání přidávány jiné odpady podle zákona o odpadech, jedná se o ostatní bioplynovou stanici.

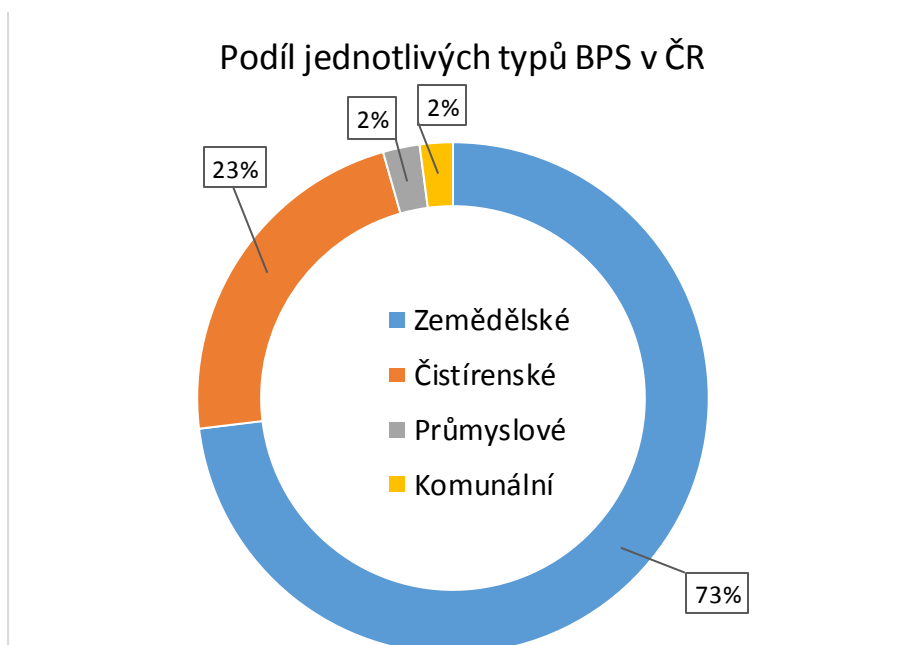
Ostatní BPS - jsou v podstatě z hlediska provozu složitější, protože suroviny přicházející ke zpracování bývají značně různorodé. U komunálních BPS je to zpravidla vybraný komunální bioodpad zejména z údržby zeleně, vyříděných bioodpadů z domácností, restaurací a jídelen. Dalším typem ostatní BPS je tzv. průmyslová (kofermentační) BPS, která zpracovává výhradně, nebo v určitém podílu rizikové vstupy, např. odpady z jatek, kaly ze specifických provozů, masokostní moučku, apod. Takže ve většině případů ostatních BPS musí u vstupů proběhnout separace, homogenizace, případně hygienizace za vysokých teplot. Vyhnívání takto upravených bioodpadů, které přicházejí do BPS, zpravidla produkuje silný zápach. Ten se musí náležitě likvidovat např. odsáváním a biofiltry. Ostatní BPS proto bývají investičně nákladnější. [7]

3.3 Statistické údaje výroby el energie v ČR za rok 2013

(aktuální k 31. 12. 2013) [6] **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

- celková výroba elektřiny: 87 065 GWh
- celková výroba elektřiny z OZE: 10 129 GWh
- podíl OZE na výrobě elektřiny: 11,6 %
- celková výroba elektřiny z bioplynu: 2 243 GWh
- podíl bioplynu na OZE: 22,1 %
- podíl bioplynu na celkové výrobě elektřiny: 2,6 %

Aktuálně je v ČR k 1. 3. 2014 provozováno 431 BPS z toho 315 zemědělských, 97 čistírenských, 10 průmyslových a 9 komunálních. Celkový instalovaný výkon je 363,24 MWe. [4]



Graf 1: Podíl jednotlivých typů BPS v ČR k 1. 3. 2014 [4]

3.4 Vstupní suroviny zemědělské BPS

3.4.1 Kukuřičná siláž

V dnešní době je výroba bioplynu v BPS založena z valné většiny na využívání kukuřice, která se úspěšně šlechtí na rychle rostoucí odrůdy s vysokými výnosy nadzemní biomasy přímo pro účely BPS. Kukuřice má mnoho předností pro využití do BPS, např. vysoký výnos biomasy z jednotky plochy, velmi dobrý výtěžek bioplynu z 1 kg sušiny, propracovanou pěstební



Obrázek 2: Eroze půdy na kukuřičném poli

technologii a výbornou silážovatelnost. Existuje také velký výběr hybridů se specifickou vhodností do konkrétních klimatických podmínek. [5]

Nevýhoda je ale v náročnosti na živiny a značné degradaci půdy. Kukuřice má totiž oproti jiným plodinám nedostatečný vegetační kryt a malou schopnost zadržovat vodu a tak půda, na které je pěstována, trpí značnou vysychavostí a erozí. Jediné vhodné opatření proti vodní erozi je tak ve využívání ploch pod co nejmenší svahovitostí.

Pro nutnost nepřerušovaného dávkování do fermentoru BPS je třeba vhodného skladování kukuřičné biomasy. Toto se provádí silážováním, což je způsob konzervace, kdy se do jam pro to určených naváží hmota a postupně se udusává. Konzervace probíhá působením mléčného kvašení cukrů. Vlastní siláž si zachovává jak obsah živin, tak vitamínů použitého materiálu. Celý proces by měl nejlépe probíhat bez přístupu vzduchu, výsledná hmota je pak lépe energeticky vytěžitelná.

3.4.2 Kejda + hnůj

Zvířecí exkrementy se používají v bioplynových stanicích jako doplňkové suroviny. Příznivě působí na proces fermentace tím, že dodávají potřebný uhlík a dusík v ideálním poměru pro procesy v reaktoru. Součástí exkrementů jsou také různé druhy bakterií příznivě působící na rozklad látek ve fermentoru.

Kejda je obecně částečně zkvašená směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat a zbytků krmiv s určitým podílem technologické vody. Kvalita produkované kejdy

závisí především na:

- druhu zvířat
- krmení, stáří a užitkovém zaměření zvířat
- obsahu vody
- ztrátách při skladování
- způsobu odklizení výkalů

Hnůj se poté od kejdy liší vyšším obsahem slámy (podestýlky).

3.4.3 Travní senáž

Z hlediska množství surovin dodávaných do fermentoru BPS zastává travní senáž menší roli. Zcela ji ale vyloučit není také vhodné z několika důvodů. Se stále rostoucími cenami hnojiv, osiva i pronájmu pozemků se náklady na pěstování kukuřice zvyšují, nelze tak být závislý pouze na jednom druhu vstupní suroviny (nebezpečí škůdců). Jsou důležité také důvody agrotechnické a environmentální především s ohledem na ochranu půdy, půdní úrodnosti a vodních zdrojů. Větší využití travní senáže je výhodné především v horských a podhorských oblastech, kde je vzhledem k vyšší svahovitosti a klimatickým důvodům vhodné nahrazovat ornou půdu trvalými travními porosty.

Termín senáž se zavedl pro siláž s vysokým obsahem sušiny. Přesně daná hranice mezi senáží a siláží není ustanovena, ale obecně platí, že když obsah sušiny přesáhne 50 %, označují se pak takováto fermentovaná krmiva jako senáž. Protože senáž obsahuje méně vody než siláž, dochází zde k poklesu tvorby kyseliny mléčné.

3.4.4 Čirok

Čirok je technická plodina. Původní oblastí jeho pěstování je Etiopie, kde byl jako kulturní plodina využíván už před 5000 lety. Čirok je teplomilná rostlina dobře snášející sucho, nesnáší však pokles teplot pod 10°C. Pro použití v bioplynové stanici se využívá jeho varianta čirok súdánský neboli Súdánská tráva, která má výnos 30 - 35 t.ha⁻¹ a je nenáročná na půdní podmínky.



Obrázek 3: Čirok

3.5 Digestát

Digestát – tuhý zbytek z anaerobní digesce - je hlavním výstupem fermentačního procesu BPS. Jde o stabilizovaný materiál v kapalné podobě. Ve fermentoru přijde biomasa díky bakteriím o velkou část organických látek (bílkoviny, uhlovodíky, atd.), obsah snadno rozložitelného uhlíku je redukován, ale ve zbylém materiálu zůstává žádoucí forma organického uhlíku (prekurzor humusových látek) a většina anorganických látek, lze ho tedy použít jako kvalitní organominerální hnojivo nebo jako surovinu pro výrobu kompostu, popř. jako rekultivační materiál. Z fermentoru vychází digestát ve značně tekuté formě. Kvůli méně nákladnému skladování a pro snazší manipulaci tak může být digestát odvodněním převeden do tuhé formy. Způsob nakládání s digestátem je různý v závislosti na konkrétních podmínkách, ale vždy je zapotřebí jej řešit ještě před realizací projektu BPS. Nejčastěji je digestát skladován v koncovém skladu kruhového tvaru, viz Obrázek 4, na kterém je konkrétně sklad v BPS Černotín, o které se budu dále zmiňovat.

Pokud nemá vlastník pro digestát žádné využití, musí se smluvně dohodnout s jinými odběrateli pro jeho odběr. Mimo vegetační období také platí omezení pro aplikace digestátu na půdu, proto je nutné vyřešit jeho skladování po většinu roku.

Oproti klasickým stájovým hnojivům (surová kejda) má digestát navíc následující přednosti:

- dochází k redukci zápachu při manipulaci a hnojení
- koncentrace patogenů je významně redukována
- je omezena klíčivost semen plevelů

- snižuje se žíravý účinek surové kejdy na plodiny
- obsah žádoucích živin (P, K, N apod.) je zachován
- finanční úspora z hlediska náhrady minerálních hnojiv



Obrázek 4: Koncový sklad digestátu

3.6 Využití tepla

Podle Národního akčního plánu pro obnovitelné zdroje z roku 2010 by v roce 2020 měly být v ČR v provozu bioplynové stanice o celkovém instalovaném výkonu 417 MW_{el} a vyrábět okolo 3000 GWh_{el} ročně, tedy neustálý růst. Celkem je tedy možné očekávat potenciál vyprodukovaného tepla ve výši asi 8500 TJ ročně (za předpokladu převažující výroby v kogeneračních jednotkách). Jakkoli je tato tepelná energie velmi rozptýlená a často obtížně využitelná z důvodů umístění bioplynové stanice, s ohledem na uvedený potenciál se jistě vyplatí uvažovat o celkové strategii jejího využití.

3.6.1 Požadavky na využití tepla

Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu ČR (ERÚ) stanovuje podmínku využití tepla následovně: „U bioplynových stanic kategorie AF 1 uvedených do provozu po 1. lednu 2012 je podmínkou pro poskytnutí podpory výroba a efektivní využití vyrobené tepelné energie minimálně v úrovni 10 % vůči vyrobené elektřině v daném roce, s výjimkou elektřiny pro technologickou vlastní spotřebu elektřiny a tepla.“

[8]

V roce 2013 je každý nový provozovatel BPS motivován využít v maximální možné míře kromě energie elektrické také tepelnou. Tzv. motivačním bonusem za KVET je příspěvek na využití tepla ve výši 50 haléřů na kWh při 100 % využití tepla. Takové hodnoty ale v praxi nelze dosáhnout, reálně se bude u většiny BPS využívat asi 50–60 % tepla, zbytek bude využit pro vlastní technologickou spotřebu BPS. Pokud například BPS spotřebuje ročně průměrně 15 % vyrobeného tepla na vlastní technologickou spotřebu, dostáváme se k hodnotě příspěvku na KVET asi 35–40 haléřů na kWh vyrobené elektřiny – samozřejmě v závislosti na procentuálním využití vyrobeného tepla. Za rok to jsou nemalé částky, které lze využít např. na další investice či rychlejší splacení půjček nebo úvěrů. [20]

Pro rok 2012 byla stanovena podmínka využití alespoň 10 % vyrobeného užitečného tepla mimo vlastní spotřebu pro možnost nárokování vyšší výkupní ceny za elektřinu. Provozovatelé bioplynových stanic, které byly uvedeny do provozu před rokem 2012 a efektivně využívají teplo z kogenerační jednotky, mohou žádat o zelený bonus na teplo ve výši pěti haléřů za kilowatthodinu. O tento příspěvek mohou žádat samozřejmě i provozovatelé těch BPS, které byly uvedeny do provozu v roce 2012 nebo 2013. Pro nově postavené zdroje skončila podpora letos v lednu. Zdali se bude u nás opět zvýhodňovat ekonomická situace bioplynových stanic, rozhodne až tzv. velká novela energetického zákona, která se bude projednávat v druhém pololetí roku 2014.

3.6.1.1 Stanovisko ERU 3/2013

ERU vydal za účelem upřesnění definice užitečného tepla z obnovitelných zdrojů a vymezení přípustných způsobů uplatnění užitečného tepla z OZE nové stanovisko, platící od 1. 1. 2014. Toto stanovisko upravuje vyhlášku ERU č. 347/2012 Sb a jasně definuje jaké je správné využití užitečného tepla. Za užitečné teplo se nepovažuje zejména dodávka tepla:

- pro ohřev substrátu ve fermentoru bioplynové stanice
- pro sušení fermentačního zbytku (digestátu) za účelem výroby organických hnojiv
- pro sušení fermentačního zbytku (digestátu) za účelem výroby paliv
- pro hygienizaci/pasterizaci složek substrátu vstupujícího do fermentoru v případě, že tyto úpravy nejsou vyžadovány platnými právními předpisy

- pro dodatečnou výrobu elektřiny (např. využití ORC jednotky, tepelně hladinový generátor atd.)
- z výroben elektřiny, u kterých jsou pro krytí tepelných potřeb využívány neobnovitelné zdroje (např. fosilní paliva)

Před tímto upřesněním se mnozí provozovatelé BPS domnívali, že při využití tepelné energie k posílení elektrického výkonu dodatečnými zdroji (např. ORC) mohou na takto využitě teplo čerpat dotace. Dostali by tedy zapláceno za vyrobenou elektřinu, teplo a poté znovu za dodatečnou elektřinu. Dotovala se tedy jedna energie dvakrát, s čímž nemohl ERÚ souhlasit. Podobné je to s využitím tepla na sušení digestátu, který je poté využit na energetické účely, tedy prodán třetí straně. Opět dostával vlastník bioplynové stanice zapláceno jak za teplo, tak za vysušený digestát (ve formě pelet).

Na druhou stranu toto rozhodnutí povede k omezení možností využití tepla z BPS. Nové BPS se již mohou zařídit při plánování využití tepla podle nové směrnice, ale časté změny v zákoně škodí obecně podnikatelské činnosti a podle mojí vlastní zkušenosti bylo již v několika BPS investováno do zmíněných technologií, které nyní nejsou podporovány motivačním bonusem. Otázkou tedy je, zda si tyto technologie přes absenci bonusů dokáží jejich provozem vydělat na vrácení investice do nich a mít určitý rentabilní provoz.

Celé znění stanoviska viz Přílohy.

3.6.2 Spotřeba na provoz BPS

Spotřeba tepla na technologické procesy v BPS zahrnuje ohřev substrátu a krytí tepelných ztrát pláštěm fermentoru. Pro výpočet spotřeby tepla na ohřev substrátu je uvažováno množství vstupní hmoty ředěné asi na 10 % obsah sušiny. Tento materiál je ohříván z průměrné teploty substrátu (uskladněného obvykle ve venkovních jímkách) v dané lokalitě na cca 40°C. Spotřeba tepla na vlastní technologii BPS se pohybuje v rozmezí 10-30 % celkové produkce využitelného tepla v kogenerační jednotce.

3.6.3 Dodávka tepla pro CZT

Pro dodávku tepelné energie pro centralizované zásobování teplem je zásadním faktorem dosažitelnost odběrného místa s dostatečnou spotřebou energie a vhodným odběrem. Čím blíže se nachází odběrné místo od zdroje energie (kogenerační jednotky),

tím nižší náklady představuje investice do vybudování teplovodní přípojky. Nejvýhodnější je vždy dodávka energie do centrální kotelny již existujícího systému CZT, odpadají náklady spojené s rozvodnou sítí a přípojkami.

Alternativní možností je namísto teplovodu, resp. horkovodu vybudovat rozvody bioplynu. Kogenerační jednotka bude v tomto případě instalována co nejbližší odběrného místa a bioplyn k ní bude přiveden. Výhoda je v levnější výstavbě plynovodu oproti teplovodu a také v podpoře ze strany státu při zajištění několika podmínek dle cenového rozhodnutí ERU č. 4/2013:

- dodávka bioplynu je uskutečňována pouze potrubním systémem, který slouží pouze pro rozvod vyrobeného bioplynu
- do potrubního systému je připojena pouze bioplynová stanice a kogenerační jednotky, jejichž jediným palivem je vyrobený bioplyn
- subjekt s nárokem na podporu provozuje všechny součásti výroby elektřiny z bioplynu, tj. bioplynovou stanici, potrubní rozvod bioplynu i kogenerační jednotky
- veškerý bioplyn vyrobený v BPS je spotřebován v areálu bioplynové stanice nebo v kogeneračních jednotkách připojených k potrubnímu rozvodu bioplynu

Nevýhodou tohoto způsobu je nutnost instalace dvou kogeneračních jednotek, jedné u odběrného místa a druhé v místě BPS, která zajistí energii potřebnou k pokrytí technologického tepla BPS. Také je nutno vybudovat na obou místech trafostanice pro dodávání elektrické energie do sítě. Toto řešení například využívá město Přeštice, které vybuodovalo tři KGJ na území města a 2,7 km dlouhý plynovod od BPS Strážov. [10]

3.6.4 Využití v zemědělských areálech

Jedná se především o vytápění a přípravu teplé vody v administrativních budovách, halách pro chov zvířat, dílenských provozech, skladech apod.

Další možnosti využití tepla představuje například: odchov kuřat, chov teplomilných ryb, pěstování skleníkových plodin s vyššími nároky na teplotu a dodávka jiným odběratelům v blízkém okolí.

3.6.5 Sušení

Teplu z kogenerační jednotky je možné využít pro přímý ohřev sušícího média či pro jeho predehřev a následný dohřev jiným zdrojem tepla. Toto teplo je totiž relativně nízkopotenciálové (max 90°C), využitelné je tak například ve většině používaných typů sušáren. Vždy je však potřeba volit vhodný režim sušení pro každou komoditu. Ne vždy je tak možné využít veškeré vyprodukované teplo z kogenerační jednotky.

3.6.5.1 Sušení digestátu

Sušení digestátu je jedním ze způsobů využití odpadního tepla. Výstupní materiál má hned několik možností dalšího využití. Ty záleží na jeho výstupním zpracování (pelety, hnojivo, podestýlka). Digestát má po vypuštění do uskladňovací jímky podíl sušiny 6 - 10 %. V separátoru je rozdělen na kapalnou část s podílem sušiny 2 - 4 % (fugát) a pevnou část s obsahem sušiny větším než 25 %. Fugát se bez dalších úprav nechá dále použít jako kapalné hnojivo, zbylý separát je poté naopak vstupním materiálem pro pásovou sušičku separátu. Separát by měl mít na výstupu ze sušičky vlhkost asi 10 - 15 %. Z energetického hlediska by se měl držet podíl sušiny nejlépe na 88 % [8], který je ideální pro stabilizované skladování. V případě jeho využití pro lisování pelet nebo briket je ideální podíl sušiny 85 %. Přímým sušením lze sušit pouze část digestátu, na usušení celého množství není množství tepla dostatečné. Takto usušený separát se nejčastěji dále lisuje na pelety nebo brikety, které jsou předmětem dalšího obchodu.

Separát se může pro výrobu tuhých paliv vhodně kombinovat s dalšími druhy biomasy. Může to být odpad ze zemědělské produkce, dřevní odpad z lesní těžby, nebo dřevní hmota z plantáží rychle rostoucích dřevin, odpady z dřevařských a nábytkářských provozů, seno, sláma, či jiné záměrně pěstované energetické plodiny.

Sušení digestátu určeného pro následné hnojení ale dle oficiálního stanoviska CzBA není efektivní. CzBA nedoporučuje sušení digestátu určeného k přímé aplikaci na zemědělskou půdu a tento způsob jeho zpracování nepovažuje za efektivní využití vyrobené tepelné energie. Při sušení se sice snižuje obsah vody v digestátu a roste tím obsah organické sušiny, čímž se sníží náklady na dopravu a skladování takového materiálu, dochází však i k výraznému snížení obsahu dusíku (až o 95 %), především v amoniakální formě, která je snadno využitelná rostlinami.

3.6.5.2 Sušení zemědělských produktů

Sušení produktů rostlinné výroby závisí na jejich druhu a době sklizně, obvykle probíhá od července do listopadu. V případě zajištění dostatečných skladovacích kapacit je teoreticky možné zajistit i kontinuální celoroční provoz sušárny. Nejčastěji jsou sušeny ječmen, řepka, pšenice, kukuřice, senáž, mláto a další.

V případě, že je k dispozici dostatek tepla z BPS, je možné je využít i k sušení sena, a to bez nutnosti instalovat kondenzátor a tepelné čerpadlo. Středotlaký ventilátor vhání teplo z bioplynové stanice do kanálu pod objektem sušárny. Je potřeba hlídat teplotu vzduchu a dobu sušení, aby nedošlo k poškození sena vysokou teplotou.

Z hlediska návrhu velikosti sušárny je důležité správně stanovit výkon KGJ v jednotlivých měsících provozu. Na základě výkonu kogenerační jednotky a ročního odběrového diagramu tepla (je-li využíváno pro vytápění) je možné dimenzovat potřebný výkon sušárny. Uskladněním zemědělských komodit určených k sušení je možné optimalizovat a prodloužit provoz sušárny a ovlivnit tak i návrh jejího výkonu.

Doba sušení a množství usušených komodit jsou též závislé na počáteční a konečné požadované vlhkosti (resp. obsahu sušiny). Někteří dodavatelé uvádí požadavek na maximální vstupní vlhkost sypkých surovin okolo 50 %. Výstupní vlhkost bývá požadována mezi 10 - 25 % dle druhu sušené komodity a požadavků odběratele.

3.6.5.3 Sušení pilin a dřevní štěpky

Výhodou sušení štěpky oproti sezónním zemědělským komoditám je možnost celoročního sušení. Požadavek na nízký obsah vlhkosti na výstupu ze sušárny (7 - 20 %) ale zvyšuje energetickou náročnost sušení vztaženou na jednotku objemu. Jedná se často o energeticky náročnější proces než v případě zemědělských komodit.

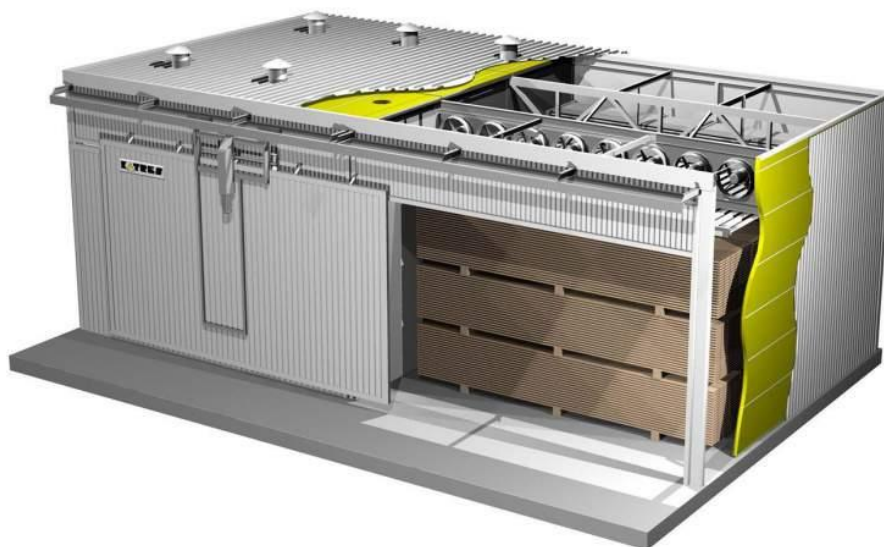
Vysušené zemědělské komodity, piliny a dřevní štěpku je dále možné využít k výrobě pelet. Technologie peletování z rostlinné biomasy je v podstatě shodná s technologií využívanou u výroby dřevních pelet. Některé rostliny mají vhodnou vlhkost do 15 % již při sklizni a není nutné je dále dosušet, u většiny ale toto neplatí. Peletování je vhodnou doplňkovou činností sušení zemědělských komodit, pilin a dřevní štěpky.

3.6.5.4 Sušení dřeva

Umělé sušení dřeva se liší od přirozeného sušení tím, že do složeného dřeva v sušárně se nuceně přivádí teplý vzduch ventilátorem a teplota sušícího vzduchu má teplotu vyšší než je běžná teplota venkovního vzduchu při sušení přirozeném. Při umělém sušení se běžně používá teplota sušícího vzduchu do 100°C.

Sušení kusového dřeva je logisticky a provozně náročnější než sušení plodin zemědělské výroby. Na rozdíl od sypkých materiálů nelze použít kontinuální provoz sušení. Nejčastěji používaným typem sušáren v aplikacích na BPS jsou sušárny komorové, v nichž probíhá sušení v opakovaných cyklech. Tento proces tak neumožňuje rovnoměrný kontinuální odběr tepla z bioplynové stanice.

Důležitým faktorem při návrhu velikosti a množství sušáren řeziva je provedení předchozího průzkumu dostupnosti dostatečného množství řeziva k sušení. Je proto nutné optimalizovat velikost a počet sušících jednotek tak, aby bylo možné využít většinu odpadního tepla z KGJ.



Obrázek 5: Zařízení pro sušení dřeva [11]

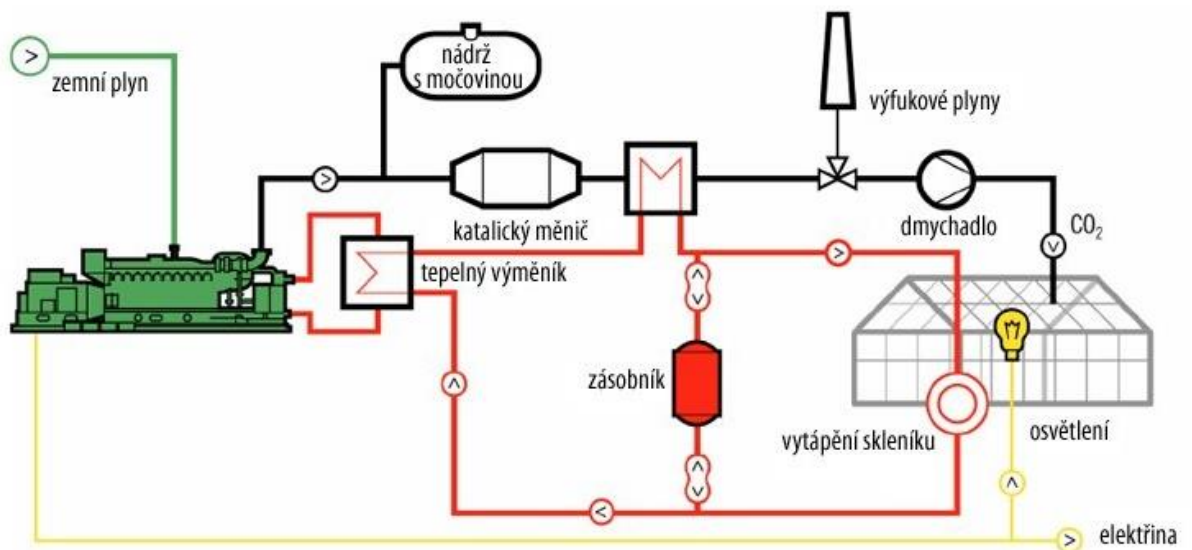
3.6.6 Vytápění skleníků a využití CO₂

Pro vytápění skleníků s využitím tepla z KGJ se nabízejí dva způsoby. Prvním je instalace teplovzdušných jednotek s výměníkem voda - vzduch. Výhodou tohoto typu distribuce je rovnoměrné rozložení teploty v celém objemu a použitelnost ve všech druzích skleníků. Druhým způsobem je instalace teplovodního otopného systému (stropní, stěnové, podlahové, radiátorové). Použitelnost tohoto systém závisí na

konkrétních podmínkách. Výhodou je nižší spotřeba elektrické energie oproti teplovzdušnému systému.

Zajímavou aplikací, prozatím využívanou zejména v Holandsku, kde ji vyvíjí firma General Electric, je využití emisí CO_2 vznikajících při spalování plynu v KGJ. Rostliny jej využívají jako zdroj uhlíku. Výfukové plyny se po vzniku v KGJ čistí v katalytickém konvertoru (katalyzátoru), a poté se dmychadlem ženou do skleníků.

Zvýšená koncentrace CO_2 ovlivňuje výnos, rychlost vývoje, vodní provoz, růst a vývoj, a interakci rostlin s parazity. Působení CO_2 je široké a může být umocněno dalšími faktory, například teplotou a dostupností živin a vody. Ideální koncentrace CO_2 pro maximalizaci efektivity fotosyntézy se liší podle druhu pěstované rostliny, pohybuje se přibližně v rozmezí 800 - 1200 ppm, přičemž v normální atmosféře je koncentrace CO_2 okolo 340 ppm. [13]



Obrázek 6: Schéma vytápění skleníku a využití CO_2 k podpoře fotosyntézy [12]

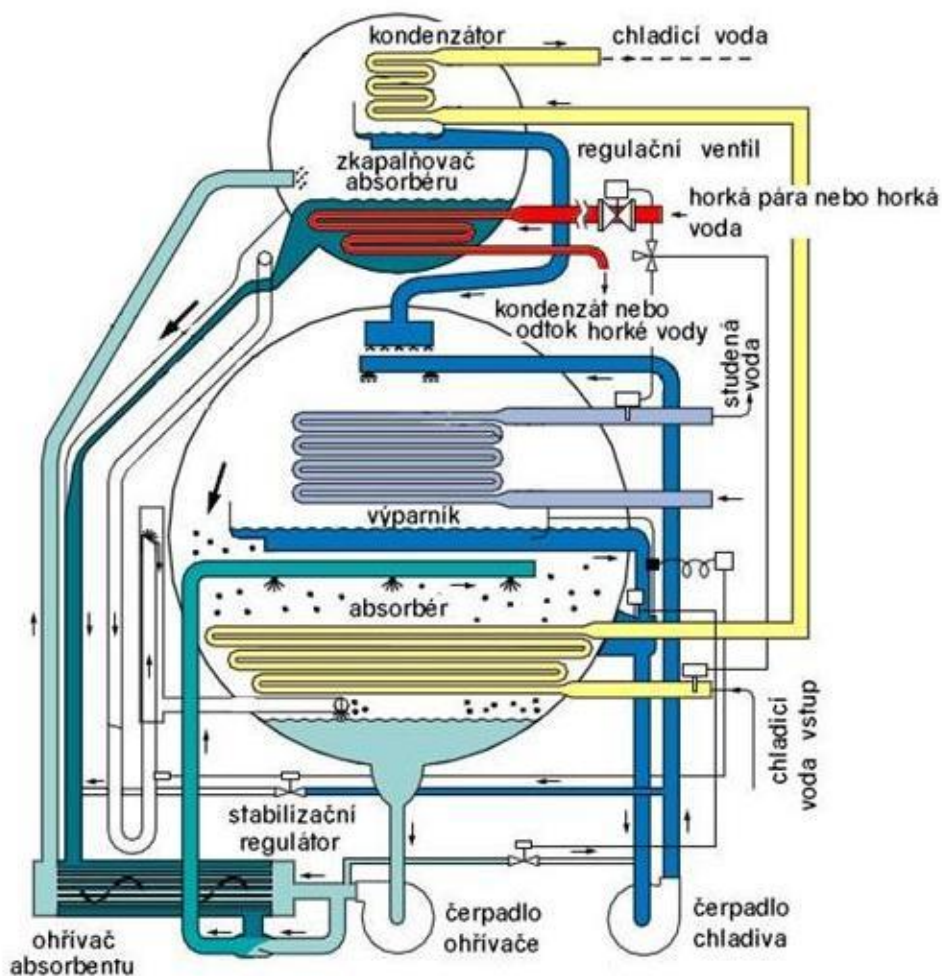
3.6.7 Absorpční chlazení

Při kombinované výrobě tepla, elektřiny a chladu v BPS je zdrojem pro výrobu chladu teplo z kogenerace. Na rozdíl od obvyklého použití kompresorového chlazení, které potřebuje pro svůj provoz elektřinu, je pro provoz absorpčního chlazení zapotřebí pouze tepelná energie a elektřina pro provoz oběhového čerpadla. Existují také systémy pracujících na samotížném principu, kdy médium přivedením tepla samovolně cirkuluje v oběhu. Tyto systémy se ale vyznačují nízkých chladicím výkonem a nejsou proto

vhodné pro náročnější aplikace.

Absorpční chlazení pracuje na stejném principu jako kompresorové chlazení. Rozdíl je pouze ve stlačování par chladiva. Plyné chladivo nestlačuje kompresor. Nejprve ho pohlcuje pomocná kapalina v absorbéru. Poté se z ní chladivo vypuzuje ve výparníku a to pomocí dodaného tepla.

Výhodou absorpčního chlazení je nízká potřeba údržby (pouze oběhové čerpadlo okruhu pracovní látky), malá spotřeba elektřiny a použití ekologického chladiva v porovnání s kompresorovým chlazením. Absorpční chlazení lze využít pro chlazení, případně klimatizaci v budovách, obchodních centrech, nemocnicích, chladírnách ovoce a zeleniny, pro chlazení mléka, skladů potravin a v průmyslových provozech.



Obrázek 7: Princip absorpčního chlazení [14]

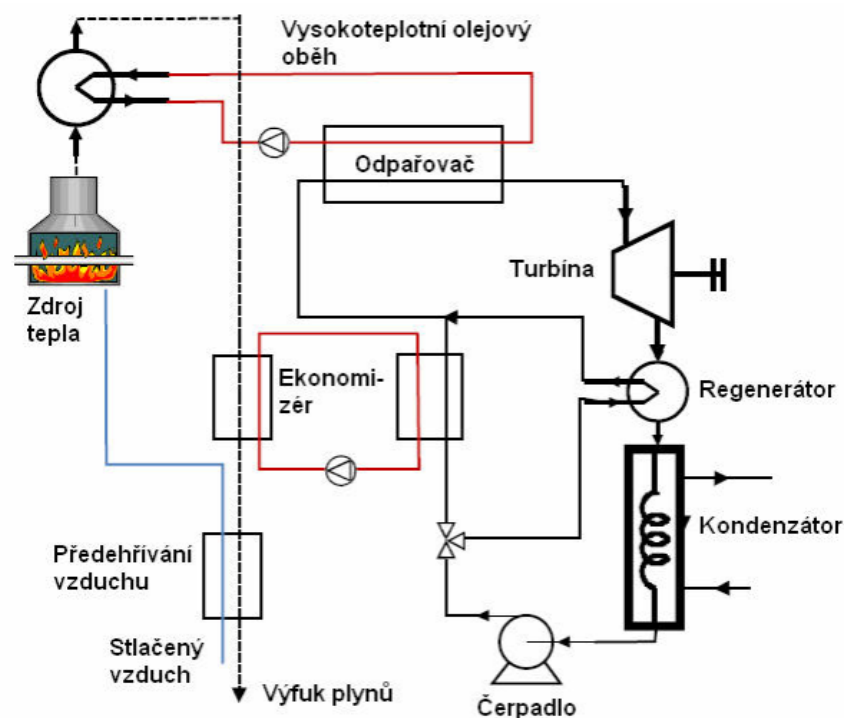
3.6.8 Generátor s ORC turbínou

Organický Rankinův cyklus (ORC) je modifikací elektrárenského Rankine - Clausiova cyklu, od kterého se liší typem pracovního média. Namísto vodní páry pohánějící turbínu se zde používá organická kapalina s nižší teplotou vypařování při stejných pracovních tlacích.

Minimální parametry vstupního média jsou dle výrobce ORC jednotky a druhu média v rozmezí 88 - 135°C. Výkon ORC jednotek využitelných pro tyto účely se pohybuje v rozmezí asi 10 –200 kWe.

Pracovní látka v kapalném stavu se na počátku cyklu nachází v nádrži, odkud je čerpána do ekonomizéru (přehřev) a poté do odpařovače, kde se z pracovní kapaliny vyvíjí pára. Ta proudí přes separátor (cyklonový odlučovač), kde se oddělují kapičky kapaliny z páry, do turbíny, kde probíhá expanze. V turbíně dochází k přeměně přivedené energie ve formě páry na energii mechanickou, která se následně mění na energii elektrickou na generátoru připojeném k turbíně. Expandovaná (nízkotlaká) pára je vedena přes regenerátor do kondenzátoru, kde veškerý parní objem zkondenzuje a dojde tak k přeměně plynného skupenství na skupenství kapalné. Pracovní látka je z kondenzátoru čerpána zpět do nádrže, tím je cyklus uzavřen a může se znovu opakovat

ORC zařízení předpokládá připojení na spalinový výměník KGJ a jeho roční využití může být za ideálních podmínek rovno ročnímu využití KGJ, tedy až 8500 hodin.



Obrázek 8: Princip ORC [9]

4 Bioplynová stanice u Černotína

4.1 Popis BPS u Černotína

Bioplynovou stanicí u Černotína nechala vystavět Dnešická zemědělská a.s. na místě již dlouhodobě stojící býkárny, s plánem využití produktů tohoto velkochovu jako zdroj části vstupních surovin. Také bylo již v projektu vzato v úvahu využití vyprodukovaného tepla pro vyhřívání objektů v areálu Dnešické zemědělské, a také pro vysoušení komodit v pásové sušárně.



Obrázek 9: BPS Černotín

4.2 Parametry BPS Černotín

- Elektrický výkon: 800 kW_{el}
- Tepelný výkon: 682 kW_{te}
- Datum uvedení do provozu: 29. 1. 2013
- Produkce bioplynu: 343 m³/hod
- Množství vstupních surovin: 66,6 t/den
- Množství výstupních surovin: 54,4 t/den

4.2.1 Popis BPS Černotín

Hlavním objektem je nadzemní kruhový fermentor s uspořádáním kruh v kruhu - fermentor F1 a F2. Vnější fermentor F1 má průměr 36 m, vnitřní F2 20 m, společná výška je 6 m (0,5 m je pod úrovní terénu). Celkový užitný objem je 5598 m³. Na vrchu fermentoru je umístěn plynojem na zadržování nadbytečného plynu. Koncový sklad je také kruhového tvaru o průměru 38 m, výšce 8 m a užitém objemu 8619 m³. Mezi

fermentorem a koncovým skladem je umístěno čerpací centrum, tzv. meziobjekt. Několik metrů vedle stojí budova kogenerace s obslužným centrem. Dávkočací pevných substrátů - zařízení pro příjem je napojeno na fermentor a dobře přístupné pro obslužnou techniku. Flóra je v požární bezpečnostní vzdálenosti min. 10 m od objektů. Přímo u BPS se potom nachází silážní žlaby, ve kterých jsou uskladněny vstupní suroviny.



Obrázek 10: Fermentor s dávkovacím zařízením v BPS Černotín

4.2.2 Vstupní suroviny

BPS Černotín je v provozu od začátku roku 2013. Za tu dobu lze z rozboru vstupních surovin vidět, že nejdůležitější vstupní surovinou je hovězí hnůj z přilehlé býkárny a kukuřičná a travní siláž z polí a luk patřící Dnešické zemědělské. V červnu a červenci (v době sklizně) se navíc přidávalo denně 7 tun čiroku. V BPS Černotín se používá k ředění substrátu ve fermentoru technologie recyklace digestátu. Na ředění se využívají šťávy z jímky a právě digestát, ten má totiž i po průchodu fermentorem stále určitý obsah využitelné organické sušiny. Vše je ve vhodném poměru mícháno v přečerpávací jednotce

Doba, za kterou suroviny projdou fermentorem, je přibližně 90 dní (60 dní vnější fermentor, 30 dní vnitřní).

Tabulka 1: Kalkulace vstupních surovin BPS Černotín [19]

Vstupní suroviny	Množství (t/rok)	Množství (t/den)	Podíl množství (%)
Hovězí hnůj	9000	24,7	37
Kukuřičná siláž	5800	15,9	24
Travní siláž	5000	13,7	21
Recyklovaný digestát	3000	8,2	12
Močůvka	1500	4,1	6
Celkem	24 300	66,6	100

Tabulka 2: Kalkulace vstupních surovin BPS Černotín - pokračování [19]

Vstupní suroviny	Podíl sušiny (%)	Množství sušiny (t/den)	Podíl org. složky v sušině (%)	Množství org. sušiny (t/den)
Hovězí hnůj	22	5,4	83	4,5
Kukuřičná siláž	34	5,4	90	4,86
Travní siláž	34	4,7	90	4,19
Recyklovaný digestát	3	0,2	50	0,12
Močůvka	0	0	50	0
Celkem	23,6	15,7	87	13,68

4.2.3 Nakládání s výstupy

V této bioplynové stanici je denně vyprodukováno průměrně 54,4 tun digestátu, z toho 8,2 tuny je znovu použito do vstupní směsi do fermentoru. Zbýlých zhruba 46 tun digestátu denně je přidáváno do koncového skladu. Kapacita koncového skladu stačí na 120 dní nepřetržitého dodávání digestátu. Většina digestátu je poté využívána ke hnojení polí patřících Dnešické zemědělské. V původním záměru bylo využívat pásovou sušárnu spolu se separátorem na vysoušení části digestátu a jeho použití jako podestýlky do přilehlé býkárny. Po vlastních testech se zjistilo, že na potřeby podestýlky stačí využít pouze separátor a následně vzniklý separát míchat se slámou.

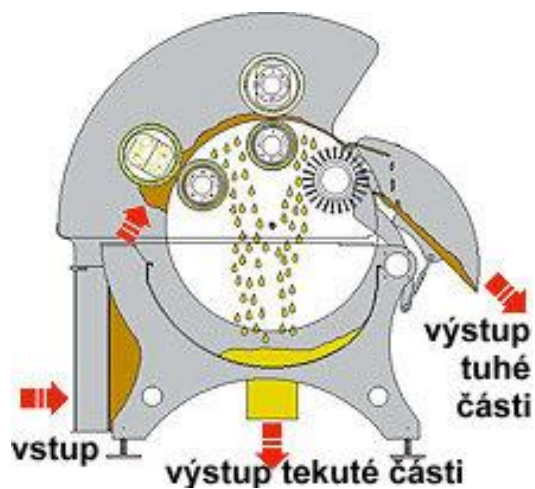
4.2.4 Využití vyprodukovaného tepla

BPS Černotín má tepelný výkon 682 kW, za rok se tedy vyprodukuje při předpokládané době využití 8300 h/rok 5,661 GWh tepelné energie. Toto teplo (zhruba 10 – 15 %) je částečně spotřebováno pro ohřev fermentoru, v tom se musí udržovat substrát na stabilní teplotě okolo 45°C. Teplo se dále v areálu býkárny Dnešické zemědělské využívá na vytápění objektu dojírny, mléčnice, čekárny a sociálního objektu. Také se využívá pro ohřev TUV pro sociální objekt a mléčnici. Aby bylo teplo užitečně využito v dostatečném množství, Dnešická zemědělská si nechala v areálu býkárny vystavět sušící linku od firmy Stella. Tato linka má příkon 500 kW a původně bylo zamýšleno jí využívat na sušení digestátu, obilnin, zrní apod. Po uvedení nového výkladového stanoviska „ERU 3/2013 - *Upřesnění definice užitečného tepla z obnovitelných zdrojů a vymezení přípustných způsobů uplatnění užitečného tepla z OZE*“ již není sušení digestátu podporováno zeleným bonusem. Viz. Kapitola 3.6.1.1. Sušárna se tak momentálně využívá pouze na sušení obilí, zrní, slámy apod.

5 Zpracování digestátu

5.1 Separátor

Digestát je nutné před samotným sušením separovat pomocí separátoru. Dojde tím k oddělení pevné a tekuté složky. Míra této separace závisí na výkonu a nastavení samotného separátoru. Do separátoru je přiváděn digestát potrubím z fermentoru a po separaci padá volně otvorem v podlaze na plochu nebo přistavený vůz. Zbytková tekutina s minimálním obsahem sušiny – fugát – je poté odváděna potrubím do koncového skladu digestátu.



Obrázek 11: Princip separace v separátoru digestátu [29]



Obrázek 12: Separátor v BPS Černošín

5.2 Pásová sušárna

Pásové (kontinuální) sušárny lze univerzálně využít k sušení a dosoušení mnoha různých zemědělských produktů a substrátů. V Pásových sušárnách lze sušit např. tyto materiály:

- Zrniny
- Separát z BPS
- Kukuřici
- Dřevní štěpku
- Piliny
- Nařezanou slámu
- Vojtěšku a další

V podnicích, které nemají dostatek zemědělské půdy, na kterou lze digestát aplikovat jako kvalitní hnojivo, lze digestát využít po jeho separaci (odvodnění) také např. k podestýlání hospodářských zvířat nebo jej lze po usušení peletovat a vyrobit tak ekologické palivo.

Sušárny suší substráty pomocí vháněného teplého vzduchu, který je ohříván vodou z okruhu chlazení KGJ bioplynové stanice.

5.2.1 Popis částí sušárny

Nejdůležitější součástí je prodyšný sušící pás na pásovém dopravníku, na kterém se vytváří pomocí dvojice dávkovacích šnekových dopravníků sušící vrstva o tloušťce 10 - 15 cm. Sušený materiál musí být zbaven rozměrnějších kusů či kovových částí, které by mohly způsobit mechanické poškození pásu. Sušená vrstva se na pásovém dopravníku pomalu pohybuje pomocí elektromotoru s převodovkou na hnacím válci na konec pásového dopravníku.

Sušící pás je prodyšné spirálové plastové síto vyrobené z polyesterových vláken a pohybující se po podpěrných válečcích a po krajních vodících lištách. Pod pásem je vyrobena těsnicí nerezová vana, ve které se vytváří pomocí jednoho či dvou ventilátorů podtlak o hodnotě cca 1 kPa. Vnější vzduch je tedy nasáván a ohříván pomocí radiátorů topné soustavy, umístěných v nadstavbě nad pásem, na teplotu cca 50 – 70°C podle teploty a množství sušeného materiálu. Teplý vzduch prochází sušeným materiálem, který

se ohřívá a začne se z něj odpařovat voda. Vlhký vzduch pod pásem je odsáván z vany ventilátorem (či ventilátory) do okolí. Těsnící vana je opatřena kontrolními dvířky pro kontrolu dílů a jejich případnou opravu.

Otvory sušícího pásu jsou během provozu zanášeny drobnými částicemi zpracovávaného materiálu, který je odstraňován nejprve suchou cestou pomocí mechanického rotačního kartáče a občasně dočištěván pomocí proudu tlakové vody.

Suchý materiál je na konci pásového dopravníku přesouván převážně do šnekového dopravníku a odtud do vnějšího zásobníku.

Plně automatizovaný řídicí systém reguluje otáčky pásového dopravníku včetně otáček ventilátoru pomocí frekvenčních měničů. Požadovaná výstupní vlhkost je měřena kontinuálně měřičem vlhkosti materiálu, čemuž je podřízena rychlost posuvu pásového dopravníku a dávkování materiálu. Řídicí systém snímá data pro kontrolu sušící teploty, měření množství tepla a spotřeby elektrické energie.



Obrázek 13: Pásová sušárna Stella 500 kW v BPS Černotín

5.2.2 Podmínky pro sušení

Digestát, vzniklý ve fermentoru při anaerobní digestaci, se musí nejprve upravit: Tekutý digestát s podílem 6 – 10 % sušiny je nutné odseparovat na síťových nebo bubnových separátorech. Po odseparování tuhé části vznikne separát, který obsahuje přibližně 25 % sušiny a fugát. Fugát má obsah sušiny 2 – 4 % a lze jej aplikovat jako tekuté hnojivo, nebo skladovat.

Pro zpracování úsušků se obvykle požaduje konečná vlhkost v rozmezí 10 – 15 %. Z energetického hlediska je výhodné držet se co nejlíže podílu sušiny 88 %, aby se materiál zbytečně nepřesoušel a byl stabilizován na skladování. V případě využití separátu pro lisování pelet nebo briket je ideální podíl sušiny 85 %. Při této hodnotě však již dosti záleží i na podmínkách uskladnění a vzrůstá nebezpečí rychlejšího rozkladu nebo množení plísní.[15]

5.3 Peletizační linka

Pelety jsou slisovaná hmota do tvaru válečků o různých velikostech, v průměru od 6 do 25 mm a délce až do 50 mm. Granulátor peletizační linky vytváří z upravených substrátů za pomoci vysokého tlaku a teploty pelety. Během tohoto procesu není zapotřebí dalších příměsí (pojiv). Díky technologii lisování obsahují pelety minimální podíl vody a hoří velmi dlouho. Zároveň během spalování nevzniká téměř žádný kouř. Množství popela, který zůstane, se dá navíc využít jako přírodní hnojivo, v případě spalování pelet ze separátu vzniká větší množství popela, než je obvyklé např. u pelet z dřevní štěpky, viz Kapitola 6.2.1. Využití popela pro účely hnojení se tedy vyloženě nabízí. Pelety se vyrábí zejména proto, že jsou skladné a snadno se s nimi manipuluje, na rozdíl od čistě usušeného separátu.

Pelety se lisují v peletizačních linkách, v nich lze zpracovat sušený separát společně s další odpadní rostlinnou hmotou. Peletovat lze také cíleně pěstované plodiny pro energetické využití. Zpracováním organické hmoty, která by jinak mohla být těžko využitelná a obchodovatelná, a prodejem vzniklého paliva, lze dosáhnout stabilního zisku s krátkou dobou návratnosti investice. Poptávka po biopalivu je díky podpoře jeho využívání na českém trhu stále větší a tento trend lze očekávat i v budoucnosti.

Pokud již u BPS stojí peletizační linka, peletovat lze mimo sušený separát i různé materiály jako je sláma obilovin a olejnin, seno, vojtěška, odpady z čištění zrnin a olejnin, znehodnocené zrniny, piliny, odpadní papír apod. Či lze využít lepší spalitelnost jedné komodity a smíchat jí před peletizací s jinou komoditou s horšími vlastnostmi. Docílí se tak využití větší míry odpadů a dosáhne se průměrně lepších vlastností pelet.

Pelety mohou být spalovány v domácnostech i průmyslu, nebo společně s tradičními pevnými palivy. Spalují se ve speciálních automatických kotlích nebo kamnech na pelety. Při vytápění se dosahuje podobného komfortu – bezobslužnosti – jako při použití elektrokotle nebo plynového kotle. [17]**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Mezi hlavní výhody pro výrobce paliva patří:

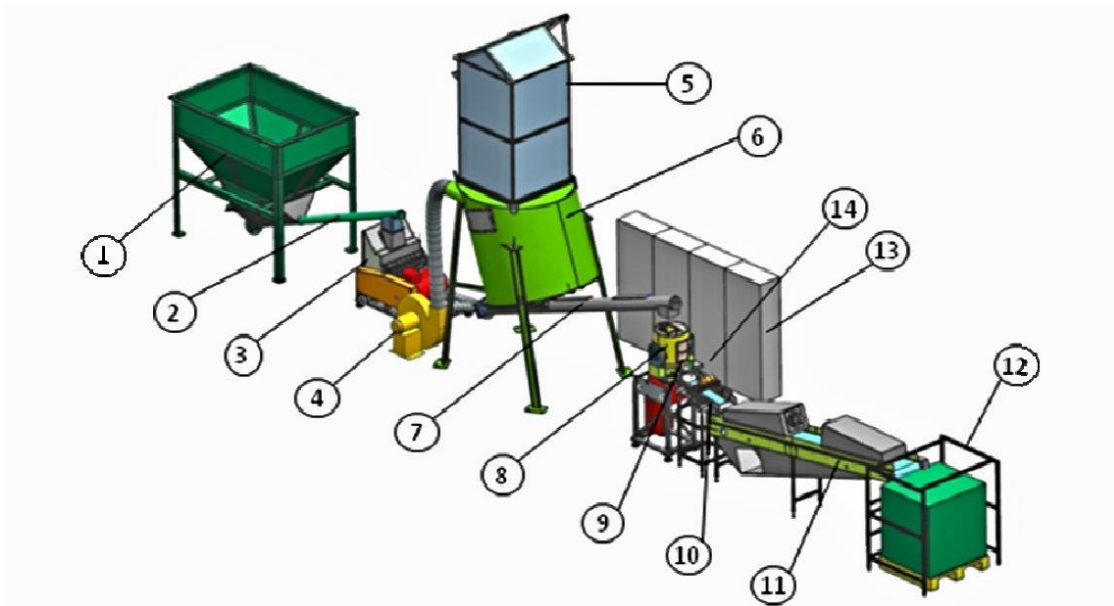
- Možnost zpracování různých druhů surovin samostatně nebo jejich libovolné kombinace
- Energetická nenáročnost výroby
- Zemědělec je zároveň výrobcem i prodejcem výrobku

5.3.1 Popis peletizační linky

Zařízení je určeno k lisování pelet z organického materiálu včetně rozřezání na drobné frakce. Vstupní surovina je rozmělněna v drtiči či na rozdrůžovacím stole (dle typu linky). Základem zařízení je granulátor, který je plněn surovinou z rozdrůžovacího stolu přes dávkovač pomocí pásových dopravníků. V granulátoru vznikají za vysokého tlaku a teploty granule (pelety), které vystupují do chladiče a dále jsou expedovány pomocí dopravníků do koncového skladu (příp. je přímo baleno). Zařízení jsou dodávána v různých výkonových řadách dle možností a požadavků investora.

Obvyklé vybavení peletizační linky, viz Obrázek 14:

- Vstupní násypka s dopravníkem (1),(2)
- Drtič (3)
- Ventilátor vzduchové dopravy (4)
- Mezizásobník - silo s filtrací prachu (5),(6)
- Dávkovací zařízení – šnekový dopravník do lisu (7)
- Granulační lis (8)
- Odsavač par a prachu (9)
- Čistící vibrační dopravník (10)
- Chladicí dopravník (11)
- Balení (12)
- Řídící pult a el. rozvaděč (13),(14)



Obrázek 14: Peletizační linka [16]

Dávkovací dopravník, který je řízen frekvenčním měničem, dopravuje rozdrčený materiál do lisu. Lis je vybaven odtahem vlhkého vzduchu a prachu a vzduchovým chlazením matrice. V případě, že je vlhkost vstupního materiálu nižší než 9 %, může obsluha provést dovlhčení rozdrčeného materiálu před jeho vstupem do lisu. Intenzitu vlhčení nastavuje obsluha manuálně na vlhkost 12 – 14 % - podle vlhkosti vstupního materiálu a kvality pelet. Vlhčení může být vodou nebo přesměrováním odtahu páry z granulačního lisu zpět do vzduchové dopravy. Vylisované pelety vypadávají z lisu na čistící vibrační dopravník a na chladicí dopravník, kde jsou vychlazeny na teplotu okolí. Odrol z obou dopravníků je odsáván zpět do mezizásobníku sila a opět použit pro lisování.

5.4 Vlastní návrh sušící a peletizační linky – případová studie

5.4.1 Dimenzování pásové sušárny

Aby bylo sušení a peletizace co nejeftivnější, je potřeba sušárnu navrhnout tak, aby její vytížení bylo v rozmezí 80 - 90 %. Znamená to, že sušička poběží téměř souběžně s KGJ, berme cca 8000 h/rok.

BPS Černotín vyprodukuje za rok cca 5,66 GWh tepelné energie. Z toho přibližně 10 – 15 % případně na vlastní spotřebu, zbyde tak přibližně 5 GWh/rok tepelné energie. Pro stávající vytápění objektů je potřeba dle studie spotřeby tepla v BPS Černotín 0,94 GWh/rok. Pro potřeby pásové sušárny proto zbývá 4,16 GWh/rok vyprodukované tepelné energie.

Odpadní teplo z BPS Černotín je tedy ideální pro využití typové sušárny s tep. výkonem 500 kW. Takováto pásová sušárna se již v objektu BPS Černotín nachází, návrh ale zpracuji ilustrativně znovu a na sušárnu od jiného výrobce. Rozhodl jsem se, že návrh budu zpracovávat pro sušárnu od firmy Farmtec a.s.. Tato společnost je v Česku jedna z největších nabízejících komplexní služby v oblasti investic do zemědělství - především v živočišné výrobě a v obnovitelných zdrojích energie. Tuto firmu jsem navštívil v jejím sídle v Jistebnici u Tábora. Technologie sušení realizují formou komplexní dodávky, tzn. od výpočtů dimenzování přes projekci, stavební úpravy, dodávku technologie, zajištění financování po servis.

Sušící linka 500 kW při deklarovaném vytížení a požadavku na snížení vlhkosti separátu ze 73,49 % (viz. Kap 6.2.1) na 15 % pro výrobu pelet zvládne vyprodukovat cca 1247 tun suchého separátu za rok. Pro sušení uvažujeme použití pásové sušárny s měrnou spotřebou tepla 4 MJ/kg odpařené vody. Teplotní spád je pro výpočty brán 90 / 70°C, v praxi poté sice dochází ke ztrátám při vedení tepla, ale podle informací od Farmtecu se pro výpočty používá původní teoretický spád. Celková tepelná účinnost takovéto pásové sušárny se pohybuje mezi 80 a 85 %. Pro výpočty celkového spotřebovaného tepla jsem zvolil 83 % účinnost. Více vypočtených parametrů sušárny viz Tabulka 3. Jednotlivé výpočty viz Kap. 7.2 7.2 Spotřeba energie a náklady.

Tabulka 3: Technické parametry pásové sušárny dimenzované pro BPS Černotín

Technické parametry pro pásovou sušárnu Farmtec 500 kW	
Množství mokrého materiálu na vstupu	500 kg/hod
Množství materiálu na výstupu	147 kg/hod
Celkové množství separátu k sušení	4000 t/rok
Celkové množství separátu po vysušení	1247 t/rok
Vstupní vlhkost separátu	73,49 %
Výstupní vlhkost separátu	15 %
Zdroj tepla	Voda o tepl. spádu 90 / 70°C
Spotřeba tepla na vysušení 1 kg separátu	0,77 kWh
Tepelný příkon	500 kW
Celková energie potřebná na vysušení separátu	3,07 GWh/rok
Vlastní spotřeba el. energie	28 kW
Spotřebovaná elektrická energie za rok	232 512 kWh/rok
Účinnost sušárny	83 %
Využitě teplo sušárnou (bez vl. spotřeby BPS)	74 %

5.4.2 Dimenzování peletizační linky

Peletizační linka by měla běžet podle poptávky a možností, dokáže totiž zpracovat za hodinu více materiálu, než dokáže sušárna poskytnout. Ideální provoz by proto znamenal provoz na 2 směny 252 dní v roce (přibližně pracovní roční fond) a 14 hodin denně. Z produkce zemědělského družstva vzniká také velké množství odpadu (plevy, slupky, poškozené zrno apod.). Při produkci pelet je vhodné je přimíchávat k separátu pro lepší pojivost výsledné směsi. Dle výpočtů je potřeba zpracovat zhruba 360 kg separátu i s odpadem ze zem. produkce za hodinu. V nabídce od firmy Farmtec je pro to vhodná linka od Kovo Novák MGL 400.

Tato peletizační linka může být vzhledem k povaze vstupního materiálu ochuzena o obvyklou první část linky - drtičku, separát je již totiž předem rozmělněn jak před vstupem do samotného fermentačního procesu, tak následně v separátoru. Ušetří se tím prostor i počáteční investice. Linka tedy bude začínat rovnou šnekovým dopravníkem do lisu. Poté již bude obsahovat obvyklé části: Granulační lis, odsavač par a prachu, čistící vibrační dopravník a chladicí dopravník. Balení poté bude realizováno pásovým

dopravníkem především do standardizovaných BigBagů (1000 kg), či malých pytlů (25 kg) pro případný osobní odběr. U rodinných domů, které by přešly na vytápění peletami z fosilních paliv, není vždy možné vysypávání pelet přímo do zásobníku. Při využití ve velkých zdrojích mohou být pelety distribuovány nákladními automobily pod plachtou nebo cisternou. Velmi vhodné je využití auta se zásobníkem, kde pomocí tlakového vzduchu jsou pelety foukány přímo do skladu koncového uživatele.

Tabulka 4: Technické parametry peletizační linky dimenzované pro BPS Černotín

Technické parametry peletizační linky MGL 400	
Množství materiálu ze sušárny	1 247 t/rok
Množství materiálu z odpadů ze zem. produkce	100 t/rok
Celkové množství materiálu	1 347 t/rok
Potřebná průchodnost linky	382 kg/hod
Průchodnost navržené peletizační linky	až 600 kg/hod
Vlastní spotřeba el. energie	19 kW
Spotřebovaná elektrická energie za rok	67 032 kWh/rok

5.4.3 Umístění sušárny a peletizační linky

Rozměry pásové sušárny 500 kW od firmy Farmtec jsou šířka x délka x výška: 4,7x12,8x2 m. Pásové sušárny se většinou nemusí umísťovat pod přístřešek, v případě výstavby spolu s peletizační linkou by to ale bylo vhodné z důvodu lepší návaznosti obou linek. Peletizační linka již musí být umístěna pod přístřešek zcela určitě. Její rozměry v případě MGL 400 jsou šířka x délka x výška: 1x5x2,2 m.

Pro celou sestavu (sušící + peletizační linka + místo kolem k manipulaci) je potřeba zhruba $(16 \times 12) \text{ m} = 192 \text{ m}^2$. V areálu Dnešické zemědělské u Černotína je vhodný prostor hned vedle bioplynové stanice, přístřešek by se ale musel přistavět za dodatečné náklady. Cena montované haly se základním zateplením s potřebnou rozlohou se pohybuje okolo 700 000 Kč.

6 Analýza vzorků digestátu

6.1 Teorie

6.1.1 Obsah vody

Obsah vody neboli vlhkost materiálu je z hlediska jeho spalování jedna z nejdůležitějších vlastností. Výhřevnost je totiž nepřímo závislá na vlhkosti paliva.

Vlhkost ovlivňuje tedy zejména: výhřevnost, schopnost hoření, sypkou hmotnost, riziko samovznícení, růst hub a uvolňování spór (zdravotní riziko).

Z hlediska uložení vlhkosti v biomase ji můžeme rozdělit na:

- **Vodu chemicky vázanou** – je součástí chemických sloučenin. Nelze ji z biomasy odstranit sušením, ale pouze spálením, proto je v biomase zastoupena i při nulové absolutní vlhkosti. Zjišťuje se při chemických analýzách paliva a její celkové množství představuje 1–2 % sušiny. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností nemá žádný význam.
- **Vodu vázanou (hygroskopickou)** – nachází se v buněčných stěnách a je vázána vodíkovými můstky na hydroxilové skupiny OH amorfní části celulózy a hemicelulózy. Voda vázaná se v palivu vyskytuje při vlhkostech 0 – 30 %. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností má největší a zásadní význam.
- **Vodu volnou (kapilární)** – vyplňuje v palivu lumény buněk a mezibuněčné prostory. Při charakteristice fyzikálních a mechanických vlastností má podstatně menší význam než voda vázaná. [18]

Problém měření vlhkosti biomasy spočívá v tom, že obsah vlhkosti je velice různý a navíc se vlivem okolního prostředí (vzdušná vlhkost, teplota, tlak) v čase mění.

6.1.1.1 Základní rozdělení principů měření vlhkosti materiálu

Principy měření vlhkosti lze rozdělit podle několika kritérií:

- Stanovení vlhkosti oddělením vody od pevné fáze - jedná se o metody přímé – váhovou (gravimetrickou) a destilační
- Stanovení vlhkosti na základě specifických vlastností vody - odezva některých chemických reakcí (metoda K. Fischera, metoda karbidu vápníku); pohltivost elektromagnetického záření vysokých frekvencí:
 - spektrometrická metoda (NIR)
 - metoda nukleární magnetické rezonance (NMR)

- metoda pohlcování gama a rentgenového záření
- měření útlumu mikrovlnné energie
- Měření jiných veličin v souvislosti s obsahem vody - metody zaměřené na změnu elektrických vlastností materiálu (odporové, kapacitní, indukční) metody zaměřené na změnu tepelných vlastností materiálu (změna součinitele tepelné vodivosti)

6.1.1.2 Gravimetrická metoda

Tato metoda je referenční metodou (celosvětově uznávaný standard) při posuzování přesnosti ostatních metod. Pro jednorázové určení vlhkosti digestátu je tou nejpřesnější metodou.

Gravimetrická metoda vychází z definičního vzorce vlhkosti podle rovnice (1).

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_0} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

, kde w ...vlhkost vzorku

m_w ...hmotnost vzorku před sušením

m_0 ...hmotnost vzorku po sušení

Pracovní postup při gravimetrické metodě spočívá ve zjištění hmotnosti vlhkého materiálu m_w a absolutně suchého materiálu m_0 po jeho vysušení při teplotě $105 \pm 2^\circ\text{C}$. Sušení se kontroluje opakovaným vážením. Materiál se za vysušený považuje tehdy, když mezi následujícími dvěma váženými v intervalu dvou hodin se hmotnost nezmění o více než 0,02 g, resp. 1 %. [22]

Výhodou gravimetrické metody je její vysoká přesnost. K nevýhodám patří náročnost na čas (záleží na obsahu vlhkosti a konkrétním postupu – až hodiny), pracnost přípravy, destrukční povaha metody a nemožnost kontinuálního měření vlhkosti.

Na principu gravimetrické metody pracuje celá řada přístrojů zejména halogenové a infračervené sušící váhy. Charakterizuje je především rychlost a rovnoměrnost ohřevu i přesnost vážené vsázky zkoumaného materiálu. U halogenových přístrojů proniká záření dovnitř vzorku, kde se transformuje v tepelnou energii a k ohřevu materiálu dochází zevnitř ven, zatímco u klasické sušárny je vzorek ohříván proudem horkého vzduchu zvenku dovnitř. Proto je doba vysušení mnohem kratší než u klasické sušárny. I tak jedno měření trvá v závislosti na palivu 20 až 70 minut. [18]



Obrázek 15: Halogenová sušící váha [18]

6.1.2 Spalné teplo

Spalné teplo je množství tepla, uvolněné úplným spálením vzorku v kyslíku za předepsaných podmínek. Produkty spalování se skládají z plynných látek (kyslík, dusík, oxid uhličitý, oxid siřičitý), kapalných látek (voda v kapalném stavu nasycená oxidem uhličitým za reakčních podmínek v tlakové nádobě) a nespalitelných pevných látek (popel). Stanovení se provádí při referenční teplotě 25°C. Spalné teplo se udává jako hodnota specifické energie spalování v joulech na jednotku hmotnosti tuhého biopaliva [J/kg]. Stanovení se provádí v kalorimetru, kde se vzorek paliva elektricky zapálí a spaluje stlačeným kyslíkem. Z nárůstu teploty soustavy se vypočítá spalné teplo a ze spalného tepla potom výhřevnost, přičemž je nutno znát obsah vody a vodíku v měřeném vzorku. Výhřevnost se ze spalného tepla vypočítá odečtením výparného tepla vody. [23]

6.1.3 Výhřevnost

Je to hodnota spalného tepla snižená o skupenské výparné teplo vody, které vzniká při hoření každého paliva a je odváděno spolu se spalinami. Celková voda reakčních zplodin zůstává ve formě vodní páry při referenční teplotě 25°C. Udává se jako hodnota specifické energie spalování v joulech na jednotku hmotnosti biopaliva [J/kg] uvolněné jeho spálením v kyslíku. Zařízení, ve kterém se stanovení provádí, se nazývá kalorimetr s tlakovou nádobou. [23] Pomocí výhřevnosti je možné porovnat energetický potenciál

digestátu s jinými zdroji energie.

6.1.4 Obsah popela

Automatický provoz kotlů a kamen na pelety je možný i díky nízkému obsahu popela v palivu. Popel ze spalování biomasy je bohatý na obsah alkalických kovů, křemík, železo, síru a fosfor. Naše legislativa prozatím problém nakládání s popelem přímo neřeší, a tak je popel mnohdy zbytečně vyvážen na skládky komunálního odpadu.

Popel proto není vhodné brát jako odpad, ale je důležité zpětné vpravení do půdy. K posouzení obsahu rizikových prvků v popelu je možné vzít za současného stavu legislativy v úvahu vyhlášky týkající se požadavků na minerální hnojiva, požadavků na aplikaci kalů nezemědělskou půdu nebo požadavek na kvalitu surovin pro kompostování.

Princip měření spočívá ve zvážení vzorku, poté se postupně ohřívá vzorek v peci na 250°C na kterých se zůstane 60 minut, aby došlo před zapálením k uvolnění těkavých látek. Poté se teplota pece zvyšuje na (550±10)°C. Na této teplotě se setrvává nejméně 120 minut. Miska s popelem se po zchlazení na laboratorní teplotu vyjme z pece a zváží. Obsah popela je poté vyjádřen jako hmotnostní zlomek v %.

Samotný obsah popela ovlivňuje při spalování zejména:

- výhřevnost,
- emise,
- ukládání popílků,
- design spalovacího zařízení.

6.2 Praktické testy

Vzorky ke zjištění uvedených fyzikálních vlastností digestátu jsem odebral v BPS Černotín dne 26. 2. 2014.

Digestát v tekuté formě bylo možno odebrat z kohoutu v technickém sklepě, kde se nachází i přečerpávací jednotka. Digestát jsem tak odebral ve formě, ve které poté vstupuje buď do koncového skladu, nebo je veden potrubím k separátoru. Reprezentuje tedy vstupní vlastnosti následného procesu sušení. Vzorek obsahuje takto hned po výstupu množství dusíku v amoniakální formě, tudíž poměrně zapáchá.



Obrázek 16: Vlevo vzorek nevysušeného digestátu, vpravo vzorek separátu

Druhý odebraný vzorek byl již ve formě částečně vysušeného digestátu ze separátoru. Tento separát jsem odebral hned na výstupu ze separátoru, tudíž reprezentuje vstupní vlhkost do následné pásové sušičky.

6.2.1 Rozbor vzorku digestátu

Analýza energetických parametrů byla provedena v Teplárně Strakonice, a.s.. Vzorek separátu byl podroben rozboru, přičemž bylo zjišťováno jeho složení z hlediska energetické aplikace. Proto byl zjišťován obsah vody, prchavé a neprchavé hořlaviny a

popelé. Dále byla provedena analýza obsahu některých prvků. Energetické parametry dále doplňují hodnoty spalného tepla a výhřevnosti.

U vzorku nevysušeného digestátu byla zjišťována pouze vlhkost. Tento vzorek měl při 105°C vlhkost 89,71 %.

Tabulka 5: Rozbor vzorku separátu

	Vzorek	Jednotka
Voda hrubá	70,18	%
Voda analytická	11,7	%
Voda zbylá	11,1	%
Voda v původním vzorku	73,49	%
Popel analytický	14,83	%
Popel v bezvodém vzorku	16,8	%
Popel v původním vzorku	4,45	%
Hořlavina	22,06	%
Vodík v hořlavině	5,5	%
Vodík v původním vzorku	1,213	%
Spalné teplo analytické	15,865	MJ/kg
Spalné teplo hořlaviny	21,594	MJ/kg
Spalné teplo bezvodého vzorku	17,967	MJ/kg
Spalné teplo původního vzorku	4,764	MJ/kg
Výhřevnost původního vzorku	2,705	MJ/kg
Síra analytická	0,369	%
Síra v původním vzorku	0,111	%
Síra v bezvodém vzorku	0,369	%

- Voda byla stanovena dvoustupňovou metodou dle normy ČSN 44 1377 Tuhá paliva - Stanovení obsahu vody a dle normy ČSN EN 14774 - 1 (čl. 6.3 a 8.2) Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu vody - Metoda sušení v sušárně - Část 1: Celková voda - Referenční metoda.
- Popel byl stanoven dle normy ČSN EN 14775 (838210) Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu popela.
- Stanovení spalného tepla a výpočet výhřevnosti byly provedeny dle normy ČSN EN 14918 Tuhá biopaliva - Stanovení spalného tepla a výhřevnosti.
- Přepočtení stanovených analytických parametrů na stavy paliva hořlavina, bezvodý vzorek a původní vzorek byl proveden dle ČSN 44 1310.

Zanalyzovaný vzorek separátu má stále předpokládanou vysokou vlhkost 73,5 % a tudíž velmi nízkou výhřevnost. Obsah síry je poměrně vysoký v porovnání se dřevem (0,1 %), ale je stále nižší, než má hnědé uhlí (0,5 – 2 %). Po vysušení vzorku a jeho

spálením v kalorimetru se zjistilo jeho spalné teplo, které se přibližně rovná spalnému teplu hnědého uhlí. Obsah popela se rovněž blíží hnědému uhlí. Separát z bioplynové stanice tedy parametry postačuje pro běžné topení v kotlích jak už domácích, tak elektrárenských/teplárenských, i když se nejedná o příliš ekologické palivo.

6.2.2 Rozbor topných pelet

Pelety ze separátu v době psaní této práce nejsou pro bioplynové stanice žádanou výrobní komoditou, zejména z důvodu omezení podpory od státu. Přes značnou snahu se mi bohužel nepodařilo sehnat skutečné pelety ze separátu pro jejich chemickou a energetickou analýzu. Výsledné chemické složení se ale neliší od mého vzorku nevysušeného separátu. Forma pelet se používá jen pro snazší manipulaci. Celkový obsah látek mi ale v teplárně ve Strakonicih vzhledem k vybavení nedokázali změřit. Pro ukázkou složení jsem tedy použil zdroj [24] s analyzovanými vzorky pelet ze separátu, směsi separátu s dřevem a pelet z čistého dřeva pro srovnání. Viz Tabulka 6.



Obrázek 17: Pelety z digestátu Ekover F [30]

Tabulka 6: Rozbor topných pelet (použita data z [24])

	Separát	Separát + dřevo	Dřevo	Jednotka
Obsah vody	9,16	7,46	7,23	% hm.
Prchavá hořlavina	58,46	62,16	78,83	% hm.
Neprchavá hořlavina	14,92	18,66	13,57	% hm.
Popel	17,46	11,72	0,37	% hm.
C	41,79	42,33	47,12	% hm.
H	6,65	6,4	6,62	% hm.
N	1,57	1,2	0,11	% hm.
S	0,2	0,11	0,007	% hm.
O	22,9	30,6	38,62	% hm.
Cl	0,26	0,28	0,019	% hm.
Spalné teplo	16,74	17,57	18,91	MJ/kg
Výhřevnost	15,1	16,02	17,32	MJ/kg

Z chemické analýzy pelet lze vyčíst, že vysoký obsah popela je opět charakteristikou vlastností tohoto materiálu. Obsah síry je v peletách ze samotného separátu značně vyšší oproti peletám ze dřevní štěpky a ve směsi z obou materiálů je tady dán přibližným průměrem obou těchto hodnot. Oproti hnědému uhlí jsou ale tyto hodnoty mnohem nižší. Obsah chloru, dusíku je mírně zvýšený vzhledem k povaze původního materiálu. Většina dusíku ale unikne v amoniakální formě již při sušení.

Tabulka 7: Význam základních vlastností paliv obecně

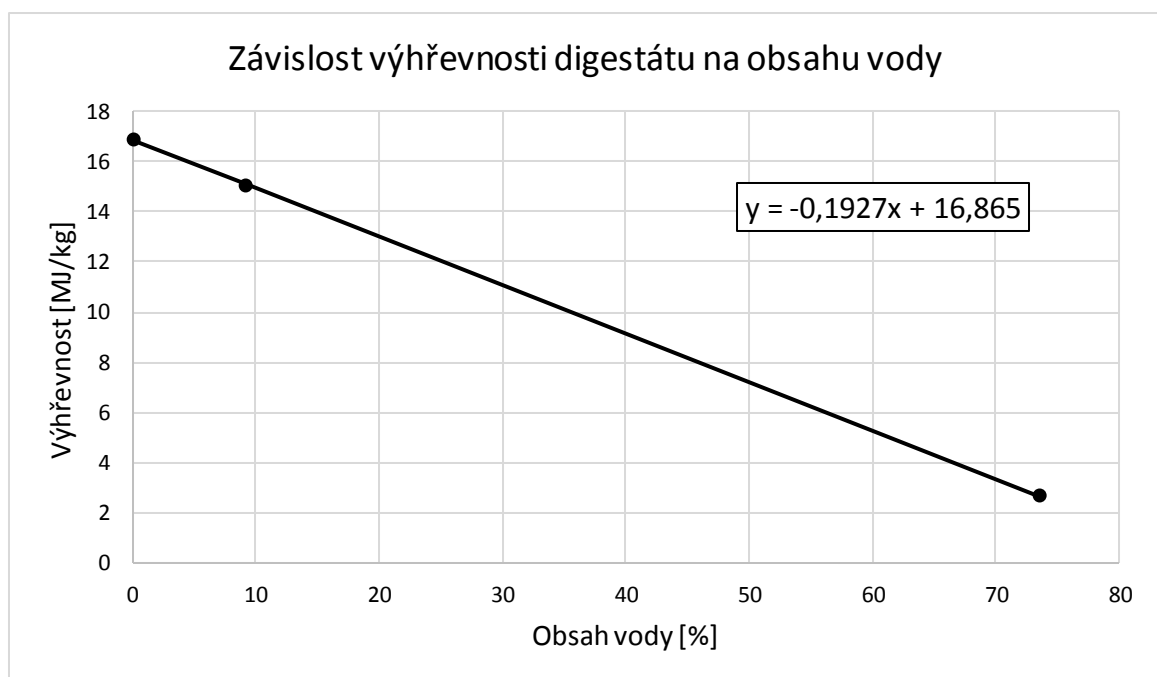
Vlastnost	Význam
Obsah vody	Balastní látka
Obsah popela	
Prchavá hořlavina	Pro vznícení a průběh spalování
C	Pro průběh spalování
H	
O	
N	Ovlivňují škodliviny vypouštěné do ovzduší
S	
Cl	
Výhřevnost	Množství chemicky vázané energie

Pro přehlednost energetických složek obsažených v peletách ze separátu jsem sestavil ještě názorné schéma. Viz Graf 2.



Graf 2: Podíly jednotlivých složek pelet ze separátu (použita data z Tabulka 6)

Z naměřených hodnot nevysušeného separátu, vysušených pelet dle [24] a spojnice trendu do teoretické nulové vlhkosti jsem sestavil graf závislosti výhřevnosti digestátu na obsahu vody, ze kterého je jasně vidět, že se zvyšující se vlhkostí velmi intenzivně klesá výhřevnost paliva.



Graf 3: Závislost výhřevnosti digestátu na obsahu vody

7 Ekonomická stránka výstavby sušící a peletizační linky

7.1 Potřeba tepla na sušení

Ukazatele:

w_1 [%] ... poč. podíl vlhkosti materiálu před zpracováním v sušičce

w_2 [%] ... konečný podíl vlhkosti materiálu po zpracování v sušičce

w_0 [%] ... podíl vlhkosti odsušený v sušárně

s_1 a s_2 [%] ... podíl sušiny = doplněk podílu vlhkosti do 100 %

o_1 [-] ...měrný odsušek vztažený na jedn. množství vlhkého materiálu, $o_1 = \frac{w_0}{w_1}$

o_2 [-] ...měrný odsušek vztažený na jedn. množství usušeného materiálu, $o_2 = \frac{w_0}{w_2}$

Měrný odsušek o_1 říká, kolik kilogramů vlhkosti (vody) je třeba odsušit z 1 kg vlhkého materiálu, zatímco o_2 udává, kolik kilogramů vlhkosti (vody) je třeba odsušit, aby se získal 1 kg úsušku. V obou případech se předpokládá počáteční a konečná sušina s_1 a s_2 . Pomocí těchto veličin mohou snadno analyzovat vliv počáteční i konečné vlhkosti (sušiny) na potřebné množství odsušené vody bez ohledu na konkrétní výkonnost sušárny.

Výpočty:

Dosazením ze dvou základních rovnic bilance sušárny se snadno odvodí maximálně zjednodušené vztahy pro měrný odsušek:

$$o_1 = 1 - \frac{s_1}{s_2} [-]$$

$$o_2 = \frac{s_2}{s_1} - 1 [-]$$

Vstupní sušina z analýzy vzorku separátu a konečná požadovaná sušina:

$$s_1 = 26,51 \% (w_1 = 73,49 \%)$$

$$s_2 = 85 \% (w_2 = 15 \%)$$

Pak bude:

$$o_1 = 1 - \frac{s_1}{s_2} = 1 - \frac{26,51}{85} = 0,69 \text{ kg vody z 1 kg vlhkého materiálu}$$

$$o_2 = \frac{s_2}{s_1} - 1 = \frac{85}{26,51} - 1 = 2,2 \text{ kg odpařené vody k získání 1 kg úsušku}$$

Pro sušení uvažujeme použití pásové sušárny s měrnou spotřebou tepla na 1 kg odpařené vody 4 MJ/kg. Spotřeba tepla pak bude na 1 kg vlhkého materiálu:

$$0,69 \times 4 \text{ MJ/kg} = 2,76 \text{ MJ/kg} = 0,77 \text{ kWh/kg}$$

$$\text{na 1 kg suchého materiálu: } 2,2 \times 4 \text{ MJ/kg} = 8,83 \text{ MJ/kg} = 2,45 \text{ kWh/kg}$$

7.2 Spotřeba energie a náklady

Z výstupu z BPS Černotín je potřeba k sušení za hodinu 500kg separátu s koncentrací sušiny $s_1 = 26,51 \%$, což je za rok 4000 t vlhké hmoty pro sušení na cílovou sušinu $s_2 = 85 \%$. Po vysušení to znamená za rok 1247 t suchého materiálu o vlhkosti 15 % (tj. 1060 t zcela suchého materiálu).

7.2.1 Potřeba energie:

Za předpokladu, že bude pro sušení využita pásová sušárna s měrnou spotřebou tepla 4 MJ/kg odpařené vody bude potřeba tepla:

$$\text{Celková spotřeba energie pro mokrý materiál 4000 t: } 4\,000\,000 \text{ kg} \times 2,76 \text{ MJ/kg} \\ = 11\,040\,000 \text{ MJ} = 11\,040 \text{ GJ/rok} = 3,07 \text{ GWh}$$

Pro sušení substrátu lze tak využít přibližně 74 % tepla, které je při výrobě bioplynu k dispozici. Navíc i se započítáním tepla pro vyhřívání objektů v areálu se dostáváme k 92 % využití tepla z kogenerace. Vzhledem k účinnosti procesů přenosu tepla a k tepelně-technickým vlastnostem substrátu je dobré mít rezervu, ale i tak je bilance pro sušení separátu příznivá.

7.3 Ekonomika sušení digestátu a následné peletizace

Pořizovací cena sušárny vč. separátoru je 4 200 000 Kč, cena peletizační linky je potom 1 350 000 Kč, dalších cca 200 000 Kč bude stát teplovod od KGJ k hale s linkou. Samotná hala vyjde na 700 000 Kč. Celkové náklady na kompletní sestavu jsou 6 450 000 Kč. S takovou linkou ale souvisí i další dvě pracovní místa pro udržení potřebného provozu. Budeme uvažovat, že tato místa budou investora stát cca 20 000 Kč/osoba/měsíc za mzdu a pojištění, tedy 40 000 Kč na dvě místa za měsíc, celková suma bude 480 000 Kč/rok.

Cena za tunu pelet z biomasy se aktuálně pohybuje kolem 3 000 Kč bez DPH a samozřejmě bude záležet i na odbytu pelet. Cenu je ale potřeba snížit vzhledem k nižší

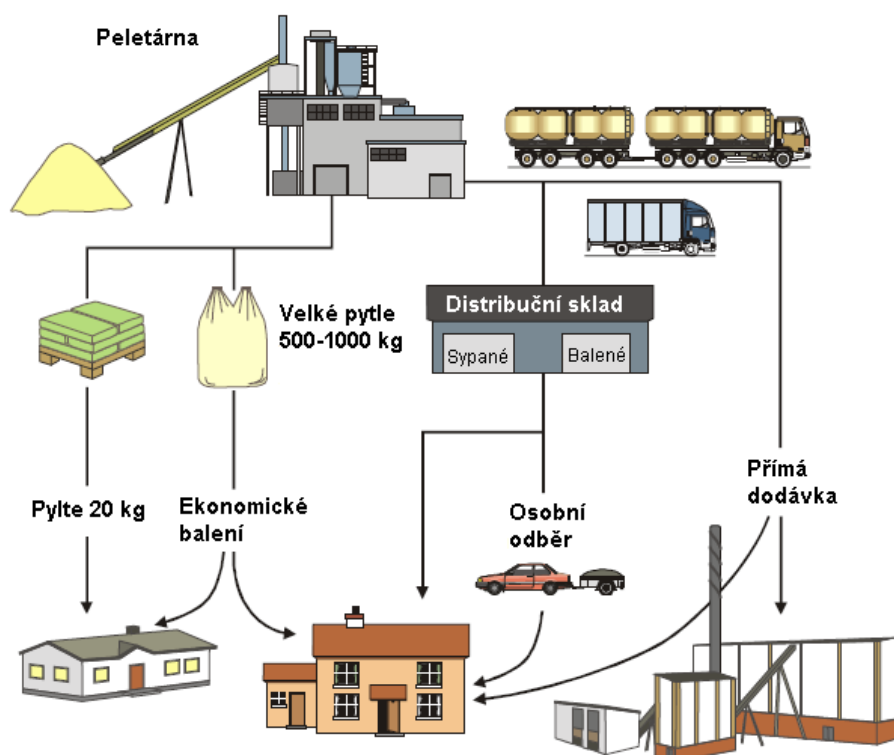
ekologičnosti oproti jiným peletám z biomasy. Výsledná prodejní cena pelet tedy bude 2500 Kč/t pelet bez DPH. Tato studie počítá s prodejem všech 1 347 tun vyrobených pelet za každý rok provozu. Sušárna a peletizační linka mají vlastní spotřebu elektrické energie $232\,512 + 67\,032 = 299\,544 \text{ kWh}_{el}$ za rok. Cena této energie je však poměrně nízká (0,95 Kč/kWh), protože se jedná o energii vyrobenou z vlastního zdroje.

Dále musíme uvažovat, že údržba linky bude stát cca 50 000 Kč ročně a v neposlední řadě bude potřeba dalších nákladů (na naftu, stroje, reklamu apod.) při výrobě pelet, tyto jsou tabulkovým průměrem stanoveny na 130 000 Kč/rok. Navíc musíme připočítat i cenu za separát, ta se při použití digestátu jako hnojivo pohybuje okolo 55 Kč za 1 tunu [27]. Náklady na zbylých 100 tun materiálu pro výrobu pelet jsou v podstatě nulové, protože se jedná o odpadní materiál ze zemědělské produkce (plevy, slupky, poškozené zrno apod.).

- Teoretický hrubý roční výnos z prodeje pelet za rok = $1\,347 \cdot 2\,500 = 3\,367\,500 \text{ Kč/rok}$
- Cena za suroviny pro výrobu pelet = $1\,247 \cdot 55 = 68\,585 \text{ Kč/rok}$
- Vlastní spotřeba elektrické energie celé linky = $299\,544 \cdot 0,95 = 284\,577 \text{ Kč/rok}$
- Roční náklady na provoz linky = $50\,000 + 130\,000 + 480\,000 + 68\,585 + 284\,577 = 1\,013\,162 \text{ Kč/rok}$
- Teoretický čistý výnos linky (zdaněný) = $(3\,367\,500 - 1\,013\,162) \cdot 0,79 = 1\,859\,927 \text{ Kč/rok}$

7.4 Náklady na dopravu

K objektivnímu posouzení je nutné započít také energii spotřebovanou na dopravu (distribuci) pelet k zákazníkovi. To je velice individuální, častými odběrateli jsou drobní zákazníci z bezprostředního okolí. Velcí výrobci pelet jako například Biomac rozváží pomocí specializovaných cisteren a poté pelety foukají do určených skladovacích prostor u zákazníků. Toto řešení ale nepřípadá v úvahu u malých výrobců. Pelety by tedy v případě BPS Černotín byly přepravovány běžným nákladním automobilem buď v 25 kg pytlích na peletách, nebo pro větší odběratele ve vacích BigBag. Nákladní auto má maximální přepravní vzdálenosti 50 km a spotřebu nafty 40 l/100 km. Pokud by se tedy rozvážely pelety do okolí v okruhu 10 km, spotřeba nafty se ročně může pohybovat okolo 50 000 Kč.

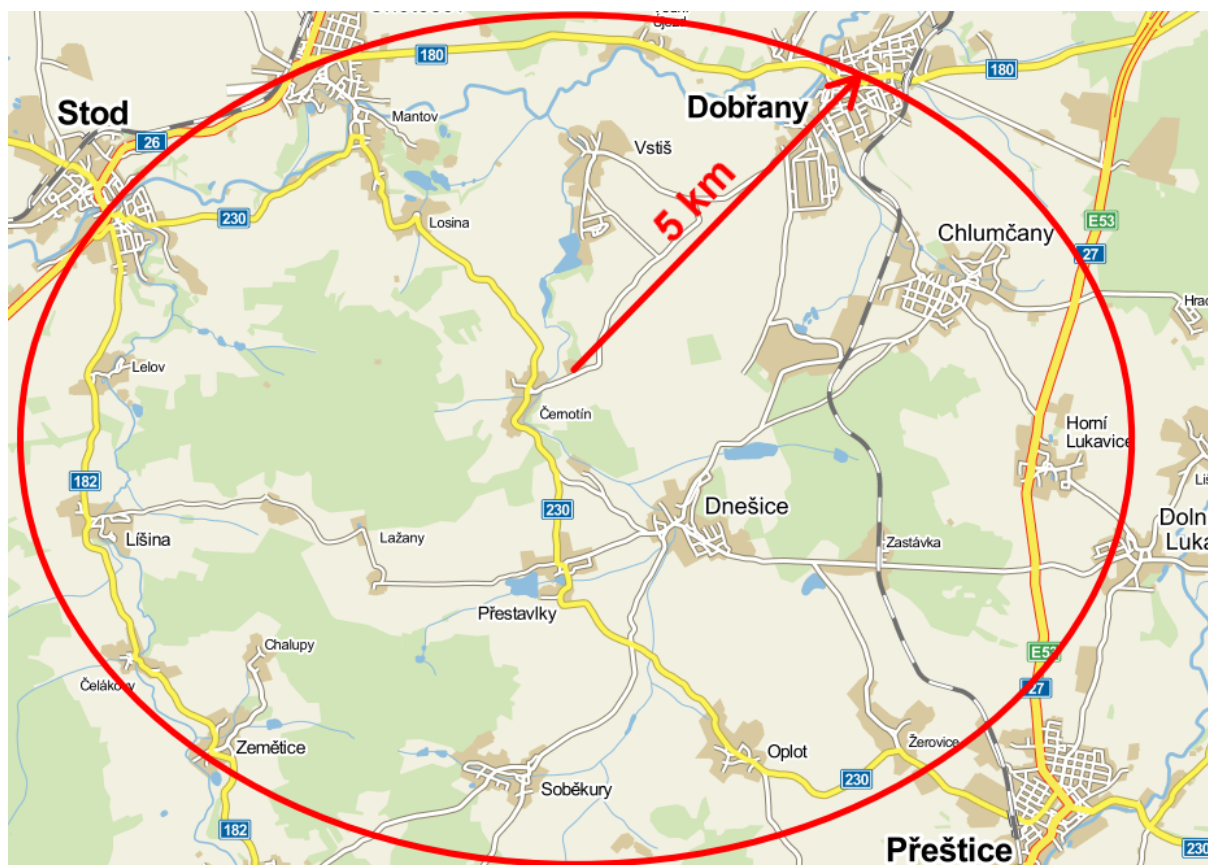


Obrázek 18: Schématické znázornění možností distribuce pelet [28]

Pokud by se veškeré vyprodukované pelety distribuovali soukromníkům, dle Kap. 7.5 při spotřebě pelet na jeden rodinný dům 3 171 kg/rok by teoreticky vystačila produkce pro 424 domácností. Prakticky tedy okolo 400 domácností, při průměrně 4 lidech v domácnosti to dělá 1600 lidí. To je již velikostně jedno menší město, případně několik vesnic v okolí.

V okolí BPS Černotín je několik vesnic či měst vhodných pro dodávku pelet. Například nejbližší samotný Černotín nebo Dnešice s počtem obyvatel dohromady 750. Z větších sídel se nabízí Dobřany (6000 obyvatel) spojené silnicí s BPS Černotín přímou trasou, dále Stod, Chotěšov, Přeštice (dohromady přes 13 000 obyvatel). Odběratelů by se tedy dalo najít dle mého názoru dostatek.

Další možností je pak distribuce pelet do elektráren/tepláren. V okolí BPS Černice se nachází pouze teplárna v Plzni ve vzdálenosti 25 km.



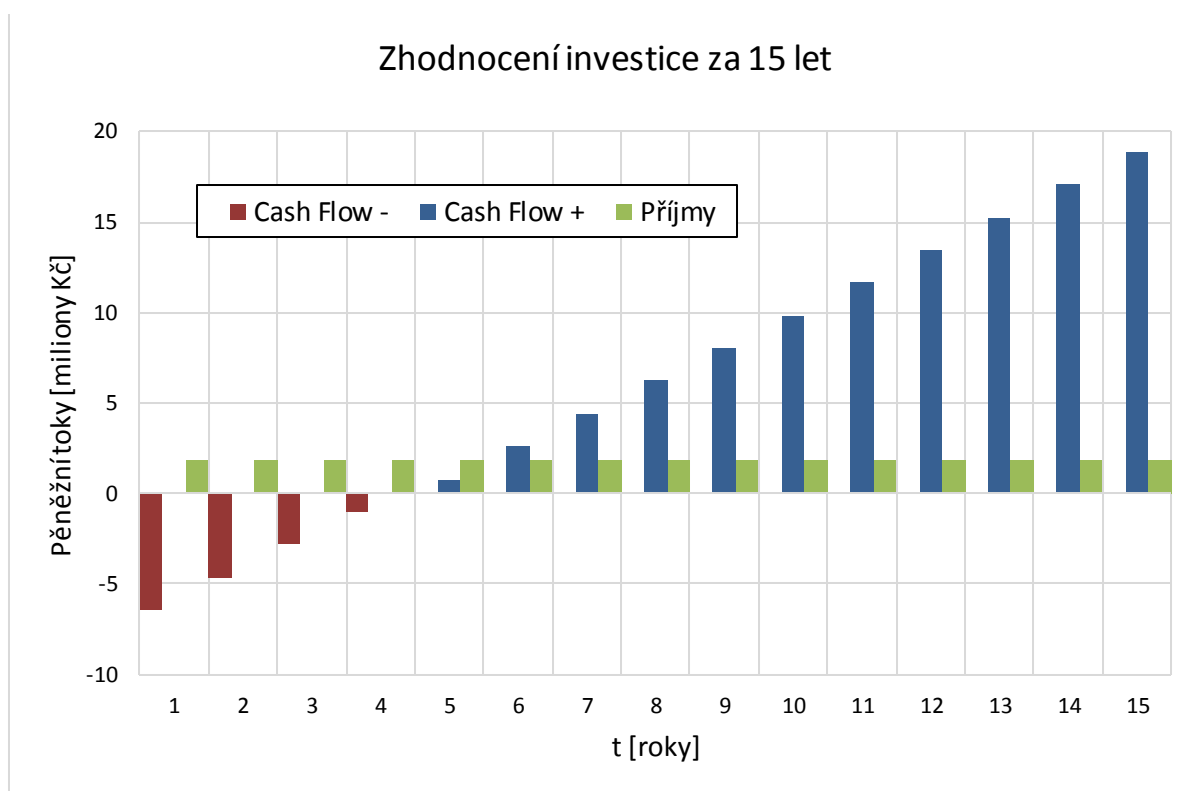
Obrázek 19: Okolí BPS Černotín vhodné pro rozvoz pelet

7.5 Náklady pro odběratele

Dle Tzb-info je potřeba energie na vytápění a teplou vodu pro průměrný rodinný dům 13 214 kWh/rok, což dělá při výhřevnosti pelet $15 \text{ MJ/kg} = 4,16 \text{ kWh/kg}$ potřebu 3171 kg pelet ročně. Při ceně 2,5 Kč/kg se tedy dostáváme k ročním nákladům na vytápění téměř 8000 Kč bez DPH (9680 Kč s DPH), což je cena nižší než při vytápění pomocí hnědého uhlí. Investice do nového kotle schopného spalovat i pelety ze separátu (je potřeba vyšší teplota spalování než u běžných pelet ze dřeva) je ale velká. Takovéto kotle vyrábí například firma Petrojet s.r.o., která kotel z výkonem 15 – 30 kW nabízí za 90 000 Kč bez DPH. Při vysoké teplotě hoření až 1200°C jsou ale značně sníženy emise, pachová stopa a agresivních sloučeniny. Systém spalování si poradí se spékavostí pelet ze separátu. Konstrukce válcové rotační spalovací komory případně spékance odvaluje do prostoru popelníku a nezatěžuje obsluhu kotle jejich ručním odstraňováním.

7.6 Vyhodnocení projektu sušení separátu s následnou peletizací

Celková investice do pořízení pásové sušárny, peletizační linky a přístřešku vychází na 6 450 000 Kč. Pokud budeme uvažovat s návratností celkové investice pouze z výnosu z prodeje pelet, pak bude prostá doba návratnosti kolem 4,5 roku (viz. Graf 4). Přičemž životnost projektu je minimálně 15 let. Investici tak lze při těchto podmínkách doporučit. Pokud ale bude BPS Černotín využívat separát i k podestýlce a nebude vyrábět a prodávat pelety nebo bude sušárnu v sezóně využívat s dosoušením obilnin, pak se bude investice vracet jiným způsobem a může se v závislosti ke stylu užívání prodloužit. Dalším faktorem, který může návratnost ovlivnit je i změna ceny pelet nebo jejich špatný odbyt. Pro místní obyvatele však může tato varianta nabídnout i dvě nová pracovní místa.



Graf 4: Zhodnocení investice do sušárny a peletizační linky v BPS Černotín

8 Závěr – zhodnocení případové studie

Cílem této diplomové práce bylo zjistit realizovatelnost projektu výstavby a provozu pásové sušárny a peletizační linky v bioplynové stanici u Černotína. Tato bioplynová stanice má relativně vysoký elektrický a hlavně tepelný výkon důležitý pro uskutečnění tohoto projektu. Smyslem bylo zefektivnit celkovou produkci v bioplynových stanicích větším využitím tepla, kterým je často v bioplynových stanicích plýtváno, zejména nemožností nebo obavou z investice do některé technologie využívající teplo z kogenerace.

Chtěl jsem tedy popsat základní principy jedné cesty, kterou se BPS mohou dát – sušením a peletizací odpadního produktu – digestátu, kterého každý den vyjde z procesu fermentace obrovské množství. U BPS které mají problém s jeho využitím na hnojení je toto dle výsledku studie a dle mého názoru vhodná cesta. Od začátku roku 2014 platí ale nová směrnice, zamezující podporu na využití tepla pro sušení digestátu, důležité tedy je, aby BPS neztratila právo na vyšší zelený bonus ze KVET a využívala min. 10% tepla definovaným užitečným způsobem, což konkrétně u BPS Černotín platí.

Sušení separátu s následnou peletizací sice nemá nejhorší ukazatele a sušárna se nechá využít i pro jiné účely. Pro slušnou dobu návratnosti (do pěti let) je ale potřeba využívat veškerý potenciál sušárny k sušení separátu a následné výrobě pelet. Navíc při sušení se ze separátu uvolňuje dusík v amoniakální formě způsobující mírný zápach. Zjistil jsem, že separát a pelety z něj vyrobené po proměření jejich chemických a energetických vlastností nespĺňují požadavky dané normou na označení ekologicky šetrný výrobek. Pelety mají ale stále lepší vlastnosti než hnědé uhlí, pro obyvatele aktuálně topící uhlím tedy znamenají dobrou cestu a doporučil bych investici do kotle na pelety zejména z důvodu minimální obsluhy a nízké ceny vytápění.

9 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] NOVOTNÝ, Petr: *Historie a perspektivy OZE - bioplyn*. Tzb-info.cz [online]. 4. 5. 2009 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/5610-historie-a-perspektivy-oze-bioplyn>
- [2] *Bioplyn*. Česká bioplynová asociace [online]. 2013 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/bioplyn/>
- [3] DOHÁNYOS, Michal: *Anaerobní reaktor není černou skříňkou - teoretické základy anaerobní fermentace*. Biom.cz [online]. 2008-11-17 [cit. 2013-10-15]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>. ISSN: 1801-2655.
- [4] *Mapa bioplynových stanic*. In: Česká bioplynová asociace [online]. 2014 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/mapa-bioplynovych-stanic/>
- [5] FUKSA, Pavel, HAKL, Josef: *Využití pícních plodin pro výrobu bioplynu*. Biom.cz [online]. 2009-11-25 [cit. 2013-11-27]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrobu-bioplynu>. ISSN: 1801-2655.
- [6] *Statistiky výroby bioplynu*. In: Česká bioplynová asociace [online]. 2014 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://www.czba.cz/statistiky-vyroby-bioplynu.html>
- [7] MŽP: *Metodický pokyn Ministerstva životního prostředí - sekce ochrany klimatu a ovzduší a sekce technické ochrany ŽP*. Praha 10, 2007.
- [8] ŠAFARÍK, Miroslav: *Bioplynové stanice – podmínky a možnosti využití tepla*. Biom.cz [online]. 2012-03-13 [cit. 2013-12-15]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyno-ve-stanice-podminky-a-moznosti-vyuziti-tepla>. ISSN: 1801-2655
- [9] *Systémy ORC: Organický Rankinův cyklus*. Tenergy team s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2014-01-24]. Dostupné z: <http://www.tenergyteam.cz/systemy-orc>
- [10] *Bioplynová stanice Přeštice*. CHP Goes Green [online]. 2012 [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: [http://www.chp-goes-green.info/czech-republic/prague/chp-prikлады/BP2](http://www.chp-goes-green.info/czech-republic/prague/chp-prikklady/BP2)
- [11] *Zařízení pro sušení dřeva*. AllBiz [online]. 2013 [cit. 2014-01-26]. Dostupné z: <http://www.pl.all.biz/cs/zarizeni-pro-suseni-dreva-bgg1075048#59433>
- [12] *Motory umožňují vyšší produkci květin. Trípól* [online]. Roč. 2009, č. 4, str. 9, 9. 1. 2009 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://3pol.cz/737-motory-umoznuji-vyssi-produkci-kvetin>
- [13] T. J Blom; W. A. Straver; F. J. Ingratta; Shalin Khosla - OMAF; Wayne Brown – OMAF. *Carbon Dioxide In Greenhouses*. Factsheet [online]. 12/02 [cit. 2014-01-30]. ISSN 1198-712X. Dostupné z: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-077.htm>
- [14] *Chlad ze slunce*. POWER Engineering s.r.o. [online]. 2009 [cit. 2014-01-30]. Dostupné z: <http://www.pwr.cz/rodinne-domy/vytapeni/chlad-ze-slunce/>

- [15] PAWLICA, Petr: *Sušení odpadním teplem z bioplynové stanice*. Biom.cz [online]. 2010-05-24 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/suseniodpadnim-teplem-z-biopllyno-ve-stanice>>. ISSN: 1801-2655.
- [16] *Peletizační linka ProPelety 500/1000 Wood*. ProPelety s.r.o. [online]. 2011 [cit. 2014-02-21]. Dostupné z:<http://www.propelety.cz/index.php?str=dodavky1&p=linky&typ=wood>
- [17] *Pelety*. Klastř Česká peleta [online]. 2013 [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/pelety-brikety-drevo/pelety/>
- [18] BALÁŠ, Marek, MOSKALÍK, Jiří: *Měření vlhkosti paliv. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“*, VUT v Brně, 2009, [cit. 2014-02-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mereni-vlhkosti-paliv>>. ISBN 978-80-214-4027-2
- [19] DNEŠICKÁ ZEMĚDĚLSKÁ A.S. *Bilanční výpočet BPS Černotín*. Dnešice 259, 334 43 Dnešice, 2013.
- [20] KOUTNÝ, Roman: *Využití tepla z bioplynové stanice*. In: Agroweb [online]. 18. 5. 2013 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: http://www.rostlinolekar.cz/Vyuziti-tepla-z-biopllyno-ve-stanice__s1755x64328.html
- [21] KÁRA, Jaroslav, KOUTNÝ, Roman: *Využití fermentačních zbytků anaerobní digesce jako paliva*. Biom.cz [online]. 2009-12-30 [cit. 2014-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-fermentacnich-zbytku-anaerobni-digesce-jako-paliva>>. ISSN: 1801-2655.
- [22] ČSN EN 14774. *Tuhá biopaliva – Stanovení obsahu vody – Metoda sušení v sušárně*. Praha, Český normalizační institut, 2010.
- [23] ČSN EN 14918. *Tuhá biopaliva – Stanovení spalného tepla a výhřevnosti*. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [24] JEVIČ, Petr, HUTLA, Petr: *Peletovaná alternativní paliva ze spalitelných zbytků a biomasy*. Praha, Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. Dostupné z: http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/S2_14.pdf
- [25] Přehled cen peletek. *Tzb-info.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: www.tzb-info.cz/prehled-cen-peletek
- [26] Výše výkupních cen a zelených bonusů. *Tzb-info.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z:<http://www.tzb-info.cz/vyse-vykupnich-cen-a-zelenych-bonusu>
- [27] PETRÁKOVÁ, V, KOTOVICOVÁ, J: *Možnosti využití digestátu z bioplynové stanice ve Žďáře nad Sázavou*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno, 2012. Dostupné z: http://mnet.mendelu.cz/mendelnet2012/articles/34_petrakova_729.pdf.
- [28] ALAKANGAS, Eija; PAJU, Paavo. *Wood pellets in Finland : technology, economy and market*. In OPET Report 5. Jyväskylä: VTT Processes, 2002. Dostupné z: http://www.ateap.cz/new/Pelety_Finsko.pdf.
- [29] Separators Doda. *Doda.com* [online]. 2014 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z:http://www.doda.com/separatore_doda.htm

- [30] JANSÁ, Oldřich. *Porovnání vlastností alternativních pelet*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

9.1 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: SCHÉMA ANAEROBNÍ FERMENTACE [3].....	14
OBRÁZEK 2: EROZE PŮDY NA KUKUŘIČNÉM POLI.....	18
OBRÁZEK 3: ČIROK.....	20
OBRÁZEK 4: KONCOVÝ SKLAD DIGESTÁTU.....	21
OBRÁZEK 5: ZAŘÍZENÍ PRO SUŠENÍ DŘEVA [11].....	27
OBRÁZEK 6: SCHÉMA VYTÁPĚNÍ SKLENÍKU A VYUŽITÍ CO ₂ K PODPOŘE FOTOSYNTÉZY [12].....	28
OBRÁZEK 7: PRINCIP ABSORPČNÍHO CHLAZENÍ [14].....	29
OBRÁZEK 8: PRINCIP ORC [9].....	30
OBRÁZEK 9: BPS ČERNOTÍN.....	31
OBRÁZEK 10: FERMENTOR S DÁVKOVACÍM ZAŘÍZENÍM V BPS ČERNOTÍN.....	32
OBRÁZEK 11: PRINCIP SEPARACE V SEPARÁTORU DIGESTÁTU [29].....	35
OBRÁZEK 12: SEPARÁTOR V BPS ČERNOTÍN.....	35
OBRÁZEK 13: PÁSOVÁ SUŠÁRNA STELLA 500 kW V BPS ČERNOTÍN.....	37
OBRÁZEK 14: PELETIZAČNÍ LINKA [16].....	40
OBRÁZEK 15: HALOGENOVÁ SUŠÍČÍ VÁHA [19].....	46
OBRÁZEK 16: VLEVO VZOREK NEVYSUŠENÉHO DIGESTÁTU, VPRAVO VZOREK SEPARÁTU.....	48
OBRÁZEK 17: PELETY Z DIGESTÁTU EKOVER F [30].....	50
OBRÁZEK 18: SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ MOŽNOSTÍ DISTRIBUCE PELET [28].....	56
OBRÁZEK 19: OKOLÍ BPS ČERNOTÍN VHODNÉ PRO ROZVOZ PELET.....	57
OBRÁZEK 20: ANALYZÁTOR VLHKOSTI.....	6
OBRÁZEK 21: ANALYTICKÉ VÁHY.....	6
OBRÁZEK 22: KALORIMETR.....	6
OBRÁZEK 23: ANALYZÁTOR SÍRY.....	6

9.2 Seznam tabulek

TABULKA 1: KALKULACE VSTUPNÍCH SUROVIN BPS ČERNOTÍN [19].....	33
TABULKA 2: KALKULACE VSTUPNÍCH SUROVIN BPS ČERNOTÍN - POKRAČOVÁNÍ [19].....	33
TABULKA 3: TECHNICKÉ PARAMETRY PÁSOVÉ SUŠÁRNY DIMENZOVANÉ PRO BPS ČERNOTÍN.....	42
TABULKA 4: TECHNICKÉ PARAMETRY PELETIZAČNÍ LINKY DIMENZOVANÉ PRO BPS ČERNOTÍN.....	43
TABULKA 5: ROZBOR VZORKU SEPARÁTU.....	49
TABULKA 6: ROZBOR TOPNÝCH PELET (POUŽITA DATA Z [24]).....	51
TABULKA 7: VÝZNAM ZÁKLADNÍCH VLASTNOSTÍ PALIV OBECNĚ.....	51

9.3 Seznam grafů

GRAF 1: PODÍL JEDNOTLIVÝCH TYPŮ BPS V ČR K 1. 3. 2014 [4].....	17
GRAF 2: PODÍLY JEDNOTLIVÝCH SLOŽEK PELET ZE SEPARÁTU (POUŽITA DATA Z TABULKA 6).....	52
GRAF 3: ZÁVISLOST VÝHŘEVNOSTI DIGESTÁTU NA OBSAHU VODY.....	52
GRAF 4: ZHODNOCENÍ INVESTICE DO SUŠÁRNY A PELETIZAČNÍ LINKY V BPS ČERNOTÍN.....	58

10 Přílohy

10.1 Výkladové stanovisko Energetického regulačního úřadu

vydané za účelem upřesnění definice užitečného tepla z obnovitelných zdrojů a vymezení přípustných způsobů uplatnění užitečného tepla z obnovitelných zdrojů energie

Pořadové číslo: 3/2013

Vydáno dne: 23. prosince 2013

Právní předpis:

Vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 347/2012 Sb., ze dne 12. října 2012, kterou se stanoví technicko - ekonomické parametry obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny a doba životnosti výroben elektřiny z podporovaných zdrojů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen vyhláška č. 347/2012 Sb.).

Ustanovení právního předpisu:

§ 2 písm. e) vyhlášky č. 347/2012 Sb.

Související ustanovení právních předpisů:

§ 17 odst. 6 písm. d) zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon č. 458/2000 Sb.),

§ 2 písm. h) zákona č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon č. 165/2012 Sb.),

§ 2 odst. 5 písm. b) vyhlášky č. 453/2012 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a o elektřině z druhotných zdrojů (dále jen vyhláška č. 453/2012 Sb.),

bod č. 1.8.3. a bod č. 3 cenového rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 4/2012 ze dne 26. listopadu 2012, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie (dále jen cenové rozhodnutí).

Další právní předpisy:

zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon č. 505/1990 Sb.),

vyhláška č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov (dále jen vyhláška č. 78/2013 Sb.),

vyhláška č. 194/2007 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům, ve znění pozdějších předpisů (dále jen vyhláška č. 194/2007 Sb.).

1. Účel výkladového stanoviska

(1.1) Energetický regulační úřad jako správní orgán s působností výkonu regulace v energetických odvětvích a výkonu dozoru nad dodržováním povinností stanovených zákonem č. 458/2000 Sb. vydává podle ustanovení § 17e odst. 1 písm. d) zákona č. 458/2000 Sb. výkladové stanovisko k ustanovení § 2 písm. e) vyhlášky č. 347/2012 Sb.

(1.2) Vyhláška č. 347/2012 Sb. v § 2 písm. e) definuje užitečné teplo z obnovitelných zdrojů (dále jen užitečné teplo) následujícím způsobem: „*užitečným teplem*

z obnovitelných zdrojů je teplo vyrobené v procesu kombinované výroby elektřiny a tepla, sloužící pro dodávky do soustavy zásobování tepelnou energií nebo k dalšímu využití pro technologické účely mimo vlastní technologickou spotřebu tepla výrobní elektřiny z obnovitelných zdrojů nebo využité k další přeměně na elektrickou energii nebo mechanickou energii.“

(1.3) Energetický regulační úřad v posledních měsících zaznamenal nejednoznačný přístup při interpretaci pojmu užitečné teplo. Ze strany výrobců došlo v několika případech ke snaze uplatňovat teplo způsobem postrádajícím ekonomicky odůvodnitelnou poptávku po teple podle bodu (2.1) tohoto stanoviska, která je jedním z rozhodujících faktorů pro uplatňování tepla jako užitečného tepla. Snahy o využití tepla bez ekonomicky odůvodnitelné poptávky slouží pouze pro účelové splnění podmínky bodu č. 1.8.3. cenového rozhodnutí, popřípadě k získání vyšší podpory na elektřinu z kombinované výroby elektřiny a tepla, která je dle postupu stanovení množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla ve vyhlášce č. 453/2012 Sb. spojena právě s vyšší skutečně uplatněného užitečného tepla.

(1.4) Účelem výkladového stanoviska je vymezení způsobů využití tepla, které jsou z pohledu Energetického regulačního úřadu považovány za uplatnění užitečného tepla dle definice uvedené v ustanovení § 2 písm. e) vyhlášky č. 347/2012 Sb.

(1.5) Energetický regulační úřad výkladovým stanoviskem informuje o přístupu, který bude zohledňovat ve své rozhodovací činnosti podle ustanovení § 17 odst. 7 písm. d) zákona č. 458/2000 Sb., bude-li se předmět sporu týkat aplikace ustanovení bodu č. 1.8.3. a ustanovení bodu č. 3 cenového rozhodnutí.

2. Přípustné způsoby využívání tepla pocházejícího z kombinované výroby elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů energie, které je považováno za užitečné teplo

(2.1) Obecným předpokladem pro uznání tepla za užitečné teplo je jeho smysluplné využití v podmínkách České republiky, které je charakterizováno především ekonomicky odůvodnitelnou poptávkou po teple a chlazení. Ekonomicky odůvodnitelnou poptávkou je v souladu s Evropskou směrnicí 2004/8/ES a směrnicí 2012/27/EU myšlena poptávka, která nepřekračuje potřeby tepla nebo chlazení a která by byla za tržních podmínek jinak uspokojována jinými procesy výroby energie než kombinovanou výrobou elektřiny a tepla. Množství uplatněného užitečného tepla nesmí překročit požadavky na potřebu tepla nebo chlazení, která je v České republice pro daný druh potřeby tepla nebo chlazení obvyklá, případně normativně, či jinak stanovená.

(2.2) Dalším obecným předpokladem pro uznání tepla za užitečné teplo je skutečnost, že se nejedná o technologickou vlastní spotřebu tepla z obnovitelných zdrojů, která je definována v ustanovení § 2 písm. d) vyhlášky č. 347/2012 Sb. jako: „*spotřeba tepla ve výrobním zařízení i v pomocných provozech, které s výrobou elektřiny přímo souvisejí, včetně výroby, přeměn nebo úprav paliva a ztrát v rozvodech tepla výrobní elektřiny.*“

(2.3) Za užitečné teplo může být považována dodávka tepla jinému subjektu pouze v případě, že výrobce tepla je schopen nezpochybnitelně a prokazatelně doložit, že jím

dodané teplo je subjektem odebírajícím teplo spotřebováno ve smyslu tohoto výkladového stanoviska. Odpovědnost za prokázání množství užitečného tepla nese vždy výrobce tepla, který toto teplo vykazuje a nárokuje podporu elektřiny podle zákona č. 165/2012 Sb., přičemž má možnost (například smluvně) přenést povinnost postupovat v souladu s tímto výkladovým stanoviskem na následujícího odběratele tepla.

(2.4) Z důvodů uvedených v bodě (1.3) Energetický regulační úřad dále specifikuje vybrané přípustné způsoby uplatnění užitečného tepla. Za užitečné teplo se považuje zejména teplo uplatněné za účelem:

a) Vytápění budov a příprava teplé vody (TV)

Užitečným teplem se rozumí dodávka tepla konečnému spotřebiteli nebo odběrateli tepelné energie použitá pro vytápění budov nebo k přípravě teplé vody (TV), kde spotřeba tepla nepřekračuje z hlediska celoročního tepelného komfortu potřebu tepla, která by byla za tržních podmínek uspokojena nákupem tepla z jiného zdroje. Měrné ukazatele pro množství tepla potřebného pro vytápění budov a pro přípravu teplé vody jsou uvedeny ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. a vyhlášce č. 194/2007 Sb.

b) Dodávka tepla do soustavy zásobování tepelnou energií

Za užitečné teplo lze považovat dodávku tepla do soustavy zásobování tepelnou energií při dodržení podmínek pro držitele licence na výrobu tepelné energie a případně licence na rozvod tepelné energie dle ustanovení zákona č. 458/2000 Sb. Za užitečné teplo lze považovat teplo, které je stanovené měřením v místě dodávky do soustavy zásobování teplem. Umístění měřícího zařízení vychází z ustanovení § 78 zákona č. 458/2000 Sb. a zákona č. 505/1990 Sb.

c) Sušení

Sušením se rozumí proces, jehož cílem je vyšší ekonomické zhodnocení vstupních produktů nebo materiálů. Dodané teplo slouží ke snížení obsahu vody v sušeném produktu nebo materiálu a k tomuto procesu dochází v prostorách k tomu určených a příslušnými orgány schválených. Za užitečné teplo je považováno zejména teplo, které je využito při těchto procesech:

I. Sušení dřeva v surovém stavu pro následné materiálové využití - sušením dřeva v surovém stavu pro materiálové využití se rozumí úprava dřeva snížením jeho vlhkosti, jejíž hodnota vyhovuje obvyklým standardům pro jeho další využití (například v nábytkářském průmyslu nebo stavebnictví).

II. Sušení agrárních komodit - sušení obilovin, olejnin, trav, léčivých rostlin, koření, sena atd., které je prováděno především za účelem zvýšení jejich ekonomického zhodnocení a dále za účelem zlepšení skladovatelnosti těchto zemědělských produktů, kdy je potřeba docílit požadovaného obsahu vody v produktu.

III. Sušení dřeva použitého pro výrobu paliva – sušení dřeva ze surového stavu do stavu s nižším obsahem vody a vyšší výhřevností, avšak pouze v případě, že takto upravené dřevo není prokazatelně dále používáno jako palivo k výrobě elektřiny, tepla nebo elektřiny a tepla, na které je nárokována podpora elektřiny nebo provozní podpora tepla dle ustanovení zákona č. 165/2012 Sb.

Množství tepla účelně využitého pro sušení je dáno hranicí obvyklého množství vody, které je nutné z daného materiálu sušením odstranit, a mezní účinností sušení. Účinnost sušení je vyjádřena množstvím tepla potřebného pro odpaření 1 tuny odpařené vody.

d) Vytápění objektů pro chov hospodářských zvířat

Za užitečné teplo je považováno teplo dodané pro vytápění objektů sloužících k chovu vybraných druhů hospodářských zvířat, které z hlediska tepelného komfortu chovaných zvířat vytápění objektů vyžadují. K vytápění objektů pro chov hospodářských zvířat dochází v prostorách k tomu určených a příslušnými orgány schválených. Maximální množství dodaného tepla, které může být považováno za užitečné teplo, je závislé na počtu a hmotnosti chovaných zvířat a obvyklé potřebě tepla v různých stádiích životního cyklu chovaných zvířat.

e) Dodávka tepla pro akvakultury

Za užitečné teplo je považováno teplo dodané k zajištění tepelných podmínek pro intenzivní chov vodní fauny nebo flory v zařízeních k tomu určených a příslušnými úřady schválených. Intenzivním chovem vodní fauny nebo flory, neboli akvakulturou, se rozumí obhospodařování vodních ploch s cílem dosažení dlouhodobě stálých výnosů vodní fauny a flory (např. ryb, humrů, raků, krabů, krevet, mušlí, řas a jiných vodních organismů) za předpokladu, že produkce těchto intenzivních chovů je určena především k následnému prodeji.

f) Pěstování rostlin ve sklenících

Za užitečné teplo je považováno teplo sloužící pro podnikatelskou činnost spojenou s pěstováním a šlechtěním rostlin v prostorách k tomu určených a příslušnými orgány schválených. V tomto případě se za ekonomicky odůvodnitelnou poptávku po teple rozumí spotřeba tepla pro zajištění vhodných podmínek pro pěstování těchto rostlin, jejichž produkce je určena především k následnému prodeji.

g) Hygienizace/pasterizace složek substrátu vstupujícího do fermentoru

Za užitečné teplo je považováno teplo použité pro hygienizaci/pasterizaci pouze těch složek substrátu vstupujících do fermentoru, u kterých to je vyžadováno platnými právními předpisy.

h) Chlazení

Za užitečné teplo je považována tepelná energie dodaná pro výrobu chladu, pokud je chlad následně využíván pro klimatizování budov, chlazení prostor pro skladování potravin, chlazení potravin, chlazení stájových objektů pro chov vybraných hospodářských zvířat.

(2.5) Za užitečné teplo se nepovažuje zejména dodávka tepla:

- a) pro ohřev substrátu ve fermentoru bioplynové stanice,
- b) pro sušení fermentačního zbytku (digestátu) za účelem výroby organických hnojiv,
- c) pro sušení fermentačního zbytku (digestátu) za účelem výroby paliv,
- d) pro hygienizaci/pasterizaci složek substrátu vstupujícího do fermentoru v případě, že tyto úpravy nejsou vyžadovány platnými právními předpisy,
- e) pro dodatečnou výrobu elektřiny (např. využití ORC jednotky, tepelně hladinový generátor atd.),

f) z výroben elektřiny, u kterých jsou pro krytí tepelných potřeb využívány neobnovitelné zdroje (např. fosilní paliva).

(2.6) Výrobce je povinen vždy prokázat, že užitečné teplo splňuje obecné předpoklady uvedené v bodech (2.1), (2.2) a (2.3) a vždy nese odpovědnost za stanovení jeho množství. U stávajících spotřeb tepla lze pro prokázání ekonomicky odůvodnitelné poptávky využít doklady o spotřebě tepla v posledních letech. Ke stanovení množství užitečného tepla lze využít metody přímé (vytápění budov) nebo nepřímé (sušení). Přímá metoda spočívá ve využití měřidel v souladu s příslušnými ustanoveními zákona č. 505/1990 Sb. (měřidlo – kalorimetr). Nepřímá metoda stanovení vychází z fyzikálních veličin, jejichž prostřednictvím lze množství užitečného tepla určit. Tyto fyzikální veličiny musí být věrohodně zjištěné a doložené (vstupní a výstupní hodnoty objemů, hmotností a vlhkostí materiálů a produktů). Jako hodnověrné podklady pro určení množství užitečného tepla nepřímou metodou mohou být použity rovněž účetní doklady (dodací listy, objednávky, vydané a přijaté faktury, příjmové a výdajové doklady).

Je-li výrobce elektřiny držitelem licence na výrobu elektřiny a současně držitelem licence na výrobu tepelné energie, případně i držitelem licence na rozvod tepelné energie, vztahují se na něho povinnosti vyplývající ze zákona č. 458/2000 Sb. a zákona č. 505/1990 Sb.

(2.7) Způsoby využití tepla, které nezbytně splňují obecné předpoklady pro uznání tepla za užitečné teplo uvedené v bodech (2.1), (2.2) a (2.3) a které nejsou vyjmenovány v bodě (2.4), bude Energetický regulační úřad posuzovat individuálně.

(2.8) V případě výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů, jejichž projekty na využití tepla byly uvedeny do provozu před vydáním tohoto výkladového stanoviska, bude Energetický regulační úřad postupovat individuálně, přičemž se vždy předpokládá splnění obecných předpokladů uvedených v bodech (2.1), (2.2) a (2.3) tohoto výkladového stanoviska a splnění všech souvisejících právních předpisů.

3. Závěr

(3.1) Energetický regulační úřad doporučuje povinným subjektům postupovat v souladu s tímto výkladovým stanoviskem.

(3.2) Energetický regulační úřad postupuje podle tohoto výkladového stanoviska ode dne jeho vyhlášení.

10.2 Přístroje

Analyzátor vlhkosti:

- Model: Ohaus MB-25
- Halogenové ohřívání
- Měřicí rozsah max 110 g
- Odečitelnost: 0,005 g



Obrázek 20: Analyzátor vlhkosti

Analytické váhy:

- Model: Mettler Toledo XP 204
- Váživost 220 g
- Odečitelnost: 0,1 mg



Obrázek 21: Analytické váhy

Kalorimetr

Model: LECO AC 350



Obrázek 22: Kalorimetr

Analyzátor síry

Model: LECO SC-144DR



Obrázek 23: Analyzátor síry