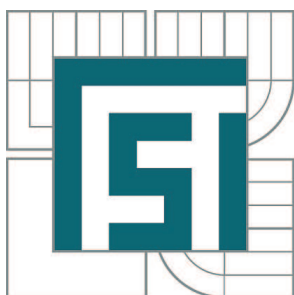


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

METODY SUŠENÍ BIOMASY

METHODS OF BIOMASS DRYING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

RADEK HRABÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Radek Hrabánek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Metody sušení biomasy

v anglickém jazyce:

Methods of biomass drying

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Biomasu jako jeden z obnovitelných zdrojů energie lze využít různým způsobem. Jedním z nejjednodušších je její přímé spalování s využitím získaného tepla pro vytápění, příp. kogeneraci. Protože biomasa zpravidla obsahuje větší množství vody, je vhodné ji před vlastním spálením předsušit, čímž se zvýší efektivita celého procesu.

Cíle bakalářské práce:

Zpracujte přehled a rozbor možných metod sušení biomasy, s ohledem na jejich účinnost, energetickou náročnost, vhodnost vzhledem k parametrům vstupní suroviny atd. Uveďte příklady jednotlivých řešení. Na konkrétním příkladu demonstруйте jeho výhody a nevýhody. Formulujte obecné závěry a doporučení pro charakteristické případy využití.

Seznam odborné literatury:

Noskovič, P.: Biomasa a její energetické využití. MŽP, Praha, 1996.

Pastorek, Z., Kára, J., Jevič, P.: Biomasa: obnovitelný zdroj energie. FCC Public, Praha, 2004.

Murtinger, K.: Energie z biomasy. ERA, Brno, 2006.

Přichystal, L.: Biomasa jako obnovitelný zdroj energie. FCH VUT Brno, 2008.

Internetové, časopisecké a jiné zdroje dle vlastního výběru studenta.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 22.10.2009

L.S.

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářské práce má seznámit čtenáře s metodami sušení biomasy a jejich základní rozdělení. Je zde uvedeno rozřídění biomasy pro energetické účely, jsou zmíněny hlavní charakteristiky a rozdíly mezi briketami a peletami z biomasy. Hlavním tématem však zůstávají metody sušení biomasy a jejich stručný popis a charakteristika.

Klíčová slova

biomasa, metoda sušení, sušička, aktivní sušení

Abstract

This bachelor thesis shall inform readers about basis methods of biomass drying and their basis sorting. There is classification of biomass for energy purposes, then the main characteristics and differences between briquettes and pellets are mentioned. The main theme, however remains the methods of biomass drying and their brief description and characteristics.

Keywords

biomass, method of drying, dryer, active drying

Bibliografická citace

HRABÁNEK, R., *Metody sušení biomasy*, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 30 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Čestné prohlášení

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně, dne 25. května 2010

.....

Radek Hrabánek

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za cenné rady, připomínky a přínosné konzultace v průběhu přípravy celé bakalářské práce.

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Zdroje biomasy a její energetické využití	8
2.1 Rozdělení podle způsobu získávání biomasy.....	8
2.1.1 Biomasa záměrně pěstovaná k energetickým účelům.....	8
2.1.2 Biomasa odpadní	8
2.2 Rozdělení z pohledu energetických přeměn.....	8
2.2.1 Biomasa vhodná pro spalování a zplyňování.....	8
2.2.2 Biomasa vhodná pro anaerobní fermentaci	9
2.3 Energetický potenciál biomasy	9
2.3.1 Dřevo a dřevní odpad	9
2.3.2 Spalitelná obilní a řepková sláma.....	9
2.3.3 Energetické plodiny.....	10
3 Pevné palivo z biomasy.....	15
3.1 Brikety.....	15
3.2 Pelety.....	15
4 Metody sušení biomasy	18
4.1 Proč sušit biomasu [20],[21]	18
4.2 Metody pro snížení obsahu vlhkosti	18
4.2.1 Metody sušení po sklizení [22]	18
4.2.2 Redukce vlhkosti před sklizní [25].....	20
4.2.3 Redukce vlhkosti při těžbě [26]	20
5 Metody aktivního sušení	22
5.1 Metoda kompresního sušení [28].....	22
5.2 Metoda pásového sušení [29], [30]	22
5.3 Metoda rourového sušení [32].....	23
5.4 Metoda bubnového sušení [34]	24
5.5 Metoda šnekového sušení [36], [37]	25
6 Závěr.....	27
7 Použitá literatura	28

1 ÚVOD

V průběhu posledních pár desetiletí došlo u značné části populace naší planety k výraznému nárůstu životního standardu, což má za následek i větší spotřebu energie. V současné době jsou nejvýznamnějším zdrojem energie fosilní paliva (černé a hnědé uhlí, zemní plyn, ropa a její produkty – LTO, TTO, benzín a nafta), avšak to jsou zdroje neobnovitelné a odborníci stále hlasitěji upozorňují na jejich případné vyčerpání. V budoucnu, proto bude kladen velký důraz na využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE). Mezi OZE lze zahrnout využití biomasy, plynů ze skládek, větrnou energii, vodní energii, geotermální energii a sluneční energii.

Největší význam pro ČR má využívání biomasy, ať již biomasy pěstované záměrně či biomasy odpadní, která je svým významem minimálně srovnatelná s prvně jmenovanou. Největším problémem přepravování energií jsou ztráty na trase mezi výrobcem a odběratelem dané energie. Tento problém by se mohl vyřešit výstavbou správně dimenzovaných kogeneračních jednotek pro současnou výrobu elektrické energie a tepelné energie z biomasy. Ideální je tento systém pro obce v zemědělských oblastech, které jsou často vzdáleny od větších osídlení, a tudíž například plynofikace obce může být vcelku velkou investicí, nemluvě o neustálém nárůstu ceny plynu. Naproti tomu při výstavbě kogenerační jednotky je možné požádat Evropskou unii o dotace a zároveň je výroba elektrické energie z obnovitelných zdrojů, která je vrácena do sítě, též finančně zvýhodněna.

Jedním z hlavních problémů při zpracování biomasy je míra její vlhkosti, která snižuje výhřevnost dané plodiny. Je tudíž žádoucí využívat různé metody vedoucí ke snížení vlhkosti biomasy před dalším zpracováním. Snížení vlhkosti je možné docílit buď dodáním energie při současném snížení doby sušení (aktivní sušení), nebo samovolným procesem a správným uskladněním, avšak za cenu delší doby sušení (pasivní sušení). Tyto metody budou dále popsány v této práci.

2 ZDROJE BIOMASY A JEJÍ ENERGETICKÉ VYUŽITÍ

Biomasu můžeme dělit podle různých kritérií. Prvním kritériem může být způsob získávání, další možné rozdělení je z pohledu energetických přeměn biomasy. V této kapitole bude využito poznatků ze zdrojů [1], [2].

2.1 Rozdělení podle způsobu získávání biomasy

2.1.1 Biomasa záměrně pěstovaná k energetickým účelům

Pro výrobu etylalkoholu se pěstují plodiny, jako je například cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina. Pro výrobu surových olejů a metylesterů se zpravidla pěstují olejniny (z nich nejdůležitější je řepka olejná). Významnou skupinou jsou energetické dřeviny určené pro přímé spalování (vrby, topoly, olše, akáty a další stromové a keřovité dřeviny).

2.1.2 Biomasa odpadní

- **Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny:** kukuřičná a obilná sláma, řepková sláma, zbytky z lučních a pastevních areálů, zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů, odpady ze sadů a vinic.
- **Odpady z živočišné výroby:** exkrementy z chovů hospodářských zvířat, zbytky krmiv, odpady mléčnic, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit.
- **Komunální organické odpady z venkovských sídel:** kaly odpadních vod, organický podíl tuhých komunálních odpadů, odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch.
- **Organické odpady z potravinářských a průmyslových výrob:** odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce, odpady z jatek, odpady z mlékáren, odpady z lihovarů a konzerváren, odpady z vinařských provozoven, odpady z dřevařských provozoven (odřezky, hobliny, piliny).
- **Lesní odpady (dendromasa):** dřevní hmota z lesních probírek, kůra, větve, pařezy, kořeny po těžbě dřeva, palivové dřevo, manipulační odřezky, klest.

2.2 Rozdělení z pohledu energetických přeměn

2.2.1 Biomasa vhodná pro spalování a zplyňování

- odpady dřevařského průmyslu (piliny, hobliny, krajiny aj.),
- zemědělské odpady (sláma, odpadní zrno aj.),
- odpady lesního hospodářství (kůra, probírkové dřevo),
- speciálně pěstované energetické dřeviny a rostliny,

Biomasu této skupiny lze nejjednodušeji využít prostým spálením v kotlích vyrábějících teplou vodu či páru. Termodynamicky dokonalejší způsob energetické transformace biomasy představují různé formy zplyňování, pomocí nichž se organické části biomasy přemění v kvalitnější plynné nebo kapalné palivo. Takové palivo lze použít v energetických zařízeních vyrábějících teplo nebo kogeneračně elektřinu a teplo.

2.2.2 Biomasa vhodná pro anaerobní fermentaci

- komunální a průmyslové odpadní vody, zpracovávané v čistírnách odpadních vod,
- komunální a průmyslové tuhé odpady uložené na řízených skládkách,
- slamnatý kravský hnůj, exkrementy z velkochovů vepřů a drůbeže, jateční odpady, odpady potravinářské výroby a speciálně pěstované trávy.

Z biomasy této skupiny lze fermentačními procesy získat bioplyn a ten je pak možno uplatnit ve všech typech energetických zařízení obdobně jako zemní plyn.

2.3 Energetický potenciál biomasy

Nyní uvedeme energetický potenciál hlavních a nejperspektivnějších druhů biomasy, zvláště se zaměříme na skupinu biomasy určenou pro přímé spalování, či zplyňování.

2.3.1 Dřevo a dřevní odpad

Při těžbě dřeva, probírkách a prořezávkách zůstává v lese určitá část biomasy nevyužita (dřevní a stromová hmota). Jedná se zejména o pařezy, kořeny, vršky stromů, větve a části nebo celé stromky z probírek a prořezávek. Dalším zdrojem dřevního odpadu je prvotní a druhotné zpracování dřeva, které je rovněž doprovázeno ztrátami, resp. produkcí odpadů. Z ekologických, technických a ekonomických důvodů není možno veškeré množství vzniklé odpadní dřevní hmoty využít; reálně je využitelných pouze cca. 40 %. Výhled těžebních možností pro rok 2010 se pohybuje 2 736 000 tun dřevní hmoty. Při průměrné výhřevnosti dřeva 12 GJ/tunu je celkový dostupný potenciál energie ve spalitelné dřevní hmotě 32 800 TJ.

2.3.2 Spalitelná obilní a řepková sláma

- **Obilní sláma:**

Obiloviny zaujímají v ČR 51,5 % plochy zemědělské půdy. Největší množství slámy je vyprodukováno v jihomoravském a středočeském regionu. Obilní sláma dosahuje výhřevnosti 14,4 GJ/t. Nevýhodou je, že z celkového množství vyprodukované slámy lze pro nezemědělské účely využít jen zlomek celkového množství, jelikož je využívána v zemědělství jako krmivo, stelivo či je využívána na polích k zaorání. Reálný potenciál se tudíž pohybuje od 7 % (v realistickém scénáři) do 20 % (v optimistickém scénáři) roční produkce slámy. Při realistických předpokladech použitých pro dlouhodobý horizont roku 2010 a využití 7 % vyprodukované slámy je využitelný potenciál obilní slámy 420 000 tun ročně, tj. 6 050 TJ.

- **Řepková sláma:**

Řepka olejná patří z hlediska agroenergetiky k významným plodinám. Oproti obilní slámě, u které se počítá s výhřevností 14,0 -14,4 GJ/t, má řepková sláma vyšší výhřevnost - 15 až 17,5 GJ/t. Výnos řepkové slámy se v ideálním případě pohybuje kolem 4 t/ha. Vzhledem k tomu, že část slámy je zaorávána a řepka je pěstována i v oblastech, kde jsou dosahovány nižší výnosy slámy a vzhledem k různým dalším překážkám, souvisejícím s nutností dopravovat slámu na místo využití, ochotou zemědělců a zemědělských podniků poskytovat část vyprodukované slámy atd., bude využitelný potenciál řepkové slámy 648 000 tun, tj. 9 800 TJ.

Více je o problému pojednáno ve zprávě [1], která posloužila jako zdroj informací uvedených výše.

2.3.3 Energetické plodiny

Potenciálním a přímo klíčovým, ale zatím nevyužívaným zdrojem biomasy pro energetické využití jsou plantáže tzv. pěstovaných energetických plodin, které mohou být pěstovány na zemědělské půdě, uvolněné z využití pro pěstování potravinářských plodin, nebo na tzv. antropogenních půdách jako jsou rekultivované plochy v průmyslových oblastech, rekultivované skládky odpadů, haldy atd. Biomasa z plantáží energetických plodin je určena zejména pro přípravu tuhých biopaliv.

Aby energetické využití biomasy z plantáží bylo ekonomicky efektivní, musí se pěstovat takové rostliny, které produkují velké množství biomasy. Jsou to tzv. rychle rostoucí rostliny, a to buď jednoleté, nebo vytrvalé, tj. energetické dřeviny.

- **Víceleté traviny**

V tropických oblastech se běžně vyskytují víceleté traviny (*Miscanthus*, *Arundo Pennesetum purpureum* a další), hovorově nazývané „deltská“ či „sloní“ tráva. Dorůstají výšky až 7 m a v ideálních tropických podmínkách produkují 66 až 88 t z ha za rok. Výhřevnost absolutně suché biomasy těchto travin dosahuje až $18,5 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Po aklimatizaci v Evropě sice produkce sušiny „sloní trávy“ poklesla na asi 30, max. 40 tun z ha za rok, ale i tak zůstává jednoznačně nejperspektivnější energetickou plodinou.

Sklizeň „sloní trávy“ lze bez větších problémů realizovat technickými prostředky určenými pro sklizeň silážní kukuřice, a protože sklizeň suchých rostlin není časově vázána na žádné konkrétní roční období, může probíhat i v zimě, což dokonce může pozitivním způsobem vyrovnávat celoroční spotřebu pracovních sil a mechanizačních prostředků v zemědělství.



Obr. 2.1 - *Miscanthus* „sloní tráva“ (převzato z [3])

V našich podmínkách ale mají zajímavý biologický potenciál i jiné rostliny. Z jednoletých jsou to rostliny jako čirok cukrový, zrnový, súdánská tráva, Hyso, ale též konopí seté a jiné. Z vytrvalých se jako velmi perspektivní jeví planě rostoucí křídlatka z čeledi Polygonum, protože má zvlášť vysokou energetickou výtěžnost, je vytrvalá a každoročně vytváří velké množství biomasy.



Obr. 2.2 Konopí seté (převzato z [4]) Obr. 2.3 Čirok cukrový (převzato z [5])



Obr. 2.3 Křídlatka nasekaná (převzato z [6]) Obr. 2.4 Křídlatka (převzato z [7])

- **Krmný šťovík**

Velmi perspektivní plodina, která je křížencem špenátu a šťovíku anšanského. Využívá se především k výrobě pelet. Vysévá se na jaře až do poloviny června, pozvolna vzchází, prvním rokem se nesklízí. Druhým rokem rychle vyrůstá do výšky 1,5 až 2 m, koncem května je v plném květu. Po zaschnutí rostliny je v první polovině července možné zahájit sklizeň běžně dostupnou mechanizací. Z 1 ha lze spalováním šťovíku získat až 250 GJ.



Obr. 2.5 Krmný šťovík (převzato z [8])

- **Rychlerostoucí dřeviny (RRD)**

Zakládání plantáží RRD s krátkou obmýtní dobou se jeví jako účelný způsob k využití přebytečné zemědělské půdy. Bude nutné hlouběji propracovat technologii pěstování, ošetřování a zvláště pak vyvinout chybějící mechanizaci, zejména sklizňové stroje.

Pěstování RRD se uplatní zejména v oblastech s mírným podnebím a na půdách s dobrou zásobou vody a živin. V horších klimatických podmínkách není záruka výnosu a může dojít i k poškození mrazem. Nabízí se využití půdy v lokalitách ohrožených imisemi, kde je omezeno pěstování plodin pro potravinářské účely.

V zájmu efektivnosti pěstování RRD na orné půdě je třeba zajistit splnění zejména následujících požadavků:

- extrémně vysoký vzrůst rostlin v mládí,
- výborné obrůstací schopnosti pařezů po obmýtí,
- snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů,
- odolnost proti škůdcům a chorobám,
- uzpůsobený pozemek k mechanizačnímu zpracování,
- mocnost ornice min 30 cm, optimálně 70 cm,
- hodnota pH min 5.5,
- vysoká hladina spodní vody (60 až 120 cm, nesmí klesnout pod 2 m)

Z dřevin, které respektují uvedené podmínky, je nejznámější topol černý a balzámový, popř. další topoly i jejich hybridy. Rovněž vrby přinášejí dobré výsledky.



Obr. 2.6 Topol černý (převzato z [9]) Obr. 2.7 Topol balzámový – plantáž (převzato z [10])



Obr. 2.8 Vrba (převzato z [11])

Z ostatních druhů, které jsou dosti přizpůsobivé, ale také méně výkonné, je možné jmenovat akát, olši, osiku i břízu. Všechny používané druhy a sorty jsou světlomilné, pěstování musí být vedeno s obmýtní dobou. Obecně lze říci, že vytipování nejvýnosnější rostliny bude otázkou konkrétního stanoviště každé oblasti.

Do roku 2010 nelze očekávat založení plantáží energetických plodin na větší rozloze než 200 000 ha. Předpokládaný průměrný výnos biomasy z této plochy nepřesáhne 8 tun z hektaru. Na základě odhadů bylo provedeno ocenění dostupného potenciálu biomasy z plantáží energetických plodin: předpokládaný objem 1 600 000 tun ročně s energetickým obsahem cca 22,5 PJ.

Tab. 2.1 Energetický potenciál plodin [1], [2], [12]

Rostlina	Roční výměra [t]	Výnosnost suché hmoty [t/ha]	Spalné teplo sušiny [GJ/t]	Energetický potenciál [TJ]
dřevo a dřevní odpad	2 736 000		12,00	32 800
obilná sláma	420 000	4,18	14,40	6 050
řepková sláma	648 000	3,34	15,00	9 800
víceleté traviny		40,00	18,50	
čirok cukrový		10,20	17,80	
šťovík krmný		15,50	18,30	
rychlerostoucí dřeviny	1 600 000	8,00	14,00	22 500

3 PEVNÉ PALIVO Z BIOMASY

Následující kapitola byla vypracována za pomoci poznatků ze zdrojů [12], [13]. Jednou z našich nejdůležitějších potřeb je vytápění budov. Bohužel plyn i elektřina stále zdražují, a tak se topení stále více prodražuje. Lidé se proto logicky začínají vracet k tradičnímu dřevu, nebo uhlí. Návrat k uhlí je obecně velmi nežádoucí, protože se tak neúnosně znečišťuje ovzduší. Palivové dřevo taktéž není řešením, protože začíná být pomalu citelné nedostatky této komodity.

Již dlouho se snažíme prosadit používání biomasy k vytápění budov či výrobě elektřiny, ale zatím se to moc nedařilo. Ve velkých provozech tepláren či elektráren se k tomu používá nejčastěji dřevní štěpka, nebo sláma. Pro vytápění menších budov, jako např. rodinných domů je nutné biomasu upravit do vhodné formy, schopné manipulace při přikládání do kamen či krbů.

3.1 Brikety

Brikety mají válcový tvar, jsou dlouhé cca 30 cm a lze je s úspěchem použít obvyklým způsobem, jako při přikládání polen ze dřeva. Výhřevnost je velmi dobrá, prakticky se neliší od běžného dřeva. Vyrábí se lisováním z řezanky přímo sklizené z pole, bez přídavku jiných materiálů. Jedná se tedy o výhradně přírodní materiál. Brikety lze lisovat z krmného šťovíku s příměsí slámy řepky i s jinými druhy slámy (např. obilnými, atd.). Vedle dlouhých briket lze vyrábět na jiném typu lisu též brikety kratších rozměrů, jako brikety zlomkové. Ty se dají přikládat do kamen obdobně jako kusové uhlí. Na rozdíl od uhlí jsou brikety z biomasy mnohem čistší, nezatěžují okolí škodlivými emisemi a mají oproti uhlí velmi nízký obsah popela. Tento popel lze použít jako hnojivo na zahradu nebo na pole.



Obr. 3.1 Palivové brikety (převzato z[14])

3.2 Pelety

Pelety jsou malé válečky o průměru 6 až 14 mm a dlouhé jsou 1 až 4 cm. Jsou ekologicky ušlechtilým palivem vyráběným z biomasy bez příměsí různých pojiv, vhodným pro automatické spalování ve speciálních kotlích. Jedná se o průmyslově lisované granule a to buď na speciálních lisech, nebo se mohou využít i lisu pro výrobu krmných granulí. Spalování

tohoto paliva nahrazuje spalování neekologických fosilních paliv jako je uhlí, zemní plyn, olej a v mnoha případech i elektrina.

Pelety rozdělujeme na:

- **dřevní** – vyrábí se lisováním suché dřevní hmoty – pilin, kůry a dřevní štěpky, a dělí se na:
 - **bílé** – vyrábí se z čisté dřevní hmoty, především z pilin
 - **tmavé** – vyrábí se z pilin smíchaných s kůrou



Obr. 3.2 Pelety bílé (převzato z[15])



Obr. 3.3 Pelety tmavé (převzato z[16])

- **alternativní** – vyrábí se lisováním rostlin nebo jejich částí a dále se dělí na :
 - **agropelety** – Vyrábí se lisováním zemědělských komodit – energetických rostlin, řepkové slámy, obilné slámy, odpadů po čištění obilnin a olejnin, sena apod. Mezi agropelety řadíme i pokrutiny, které vznikají při lisování řepkového a slunečnicového oleje.
 - **ostatní** – Vyrábí se lisováním, jinak obtížně využitelného materiálu (např. drceného starého papíru, uhelného prachu), případně se tyto materiály míchají se zmíněnými zemědělskými komoditami.



Obr. 3.4 Agropelety ze šťovíku (převzato z[17])



Obr. 3.5 Agropelety ze slunečnice (převzato z[18])

Jak již bylo naznačeno pelety mohou být vyráběny na peletovacích linkách. Peletovací linka se skládá ze skladu suroviny, popřípadě sušárny, peletovacího lisu a balícího zařízení. Výkon peletovacích linek se pohybuje v rozmezí od 150 kg do 3000 kg za hodinu.

Alternativní pelety lze spalovat jen ve speciálních kotlích, které jsou k tomu určeny. Není možné je spalovat v kotlích určených pouze pro dřevní pelety. Při spalování alternativních pelet v kotlích na dřevní pelety dochází k zapékání hořáku po pár hodinách provozu.

Porovnání parametrů alternativních a dřevěných pelet

Parametry dřevěných pelet

- Výhřevnost: 17,5 až 19,5 MJ/kg
- Měrná hmotnost: 1,0 až 1,4 t/m³
- Sypná hmotnost: 0,6 až 0,8 t/m³
- Popelnatost: 0,5 až 2,5 %

Parametry alternativních pelet

- Výhřevnost: 15,0 až 18,0 MJ/kg
- Měrná hmotnost: 0,9 až 1,2 t/m³
- Sypná hmotnost: 0,55 až 0,75 t/m³
- Popelnatost: 1,0 až 9,0 %

4 METODY SUŠENÍ BIOMASY

Následující část textu je vypracována na základě poznatků ze zdroje [19]. Výroba pevných biopaliv je ekonomicky a organizačně poměrně náročnou záležitostí. Náročnost produkce lze částečně snížit, mimo jiné, volbou správného technologického postupu sklizně, zpracování, skladování a spotřeby. Sušení se podílí velmi významně na celkové bilanci výroby biopaliv. Sušení je též operace nutná k dosažení jejich dlouhodobé skladovatelnosti. Při návrhu řešení je možné včlenit sušení do různých bodů technologického postupu. Lze konstatovat, že při zpracování surovin na bázi dřeva vychází téměř všechny používané technologie ze dvou základních postupů.

První alternativa využívá postup, při kterém je čerstvá surovina zpracována na desintegračním zařízení, teprve poté sušena a dále zpracována (například lisováním do briquet, či pelet). Při tomto způsobu zpracování je nevýhodou vyšší energetická náročnost sušení a akutní riziko výskytu biodegradabilních procesů v případě pomalého či nedostatečně včasného vysušení na bezpečnou hodnotu. Druhá alternativa využívá vysýchání (většinou samovolného) v posklizňovém období. K desintegraci a dalším technologickým operacím dochází teprve následně. Nevýhodou této alternativy je značná časová a logistická náročnost a fakt, že předsušené suroviny je obvykle nutné dosušet. Z hlediska energetické a ekonomické náročnosti produkce je vhodné posoudit energetickou a časovou bilanci sušení v souvislosti s parametry ostatních souvisejících operací.

4.1 Proč sušit biomasu [20],[21]

Biomasa musí být zbavena prakticky veškeré vlhkosti ať již před skladováním, nebo před samotným spalováním, v každém případě velká vlhkost snižuje celkovou energetickou účinnost. Podobné je to i při zplyňování, které vyžaduje relativně nízkou vlhkost (<10–15 %).

Speciálně při spalování může velká vlhkost způsobit snížení spalovací teploty pod její optimální hodnotu, což může mít za následek nedokonalé spalování paliva, jež vede ke zvýšení emisí dehtu, které mohou kondenzovat v kouřovodu, zejména pokud je dlouhý a zahrnuje změny směru. Také voda může zkondenzovat v kouřovodu, a obojí může vést ke korozi a postupné narůstání materiálu uvnitř kouřovodu vede k možnosti ucpání, případně dokonce vzniku požáru. Většina moderních spalovacích zařízení umí pracovat s palivem o vlhkosti v určitém rozmezí, aby byl zaručen správný výkon a účinnost. Když palivo nevyhovuje tomuto rozmezí vlhkosti, zařízení je schopné se samo vypnout.

4.2 Metody pro snížení obsahu vlhkosti

Biomasa může být sušena až po jejím sklizení. V případě že hlavním účelem pěstování dané plodiny jsou energetické účely, je možné snížit vlhkost různými způsoby ještě před sklizní dané plodiny.

4.2.1 Metody sušení po sklizení [22]

Biomasu můžeme po sklizni sušit jak aktivně, tak i pasivně popřípadě nižší průměrné vlhkosti lze dosáhnout smícháním s výrazně sušším materiálem.

I. **Pasivní sušení** – Je v zásadě nejlevnější metodou, vyžaduje nejméně vybavení a nejméně vkládané energie, avšak je nejpomalejší. Je využitelné pro dosažení vlhkosti v rozmezí 25 – 30%, ačkoliv je-li vyžadována nižší vlhkost je potřeba využít nějakého způsobu aktivního sušení. Pro většinu spalovacích systémů je tato hodnota dostačující, avšak pro některé spalovací, zplyňovací systémy, či pro výrobu pelet není vhodná.

- **Sušení dřeva:** Dřevo typu malé kulatiny a větve by mělo být naskládáno na nosičích (většinou velikosti dvou délek kulatin), aby bylo zajištěno, že se kopa nedostane do styku s podkladem. Mělo by být umístěno na místě vystaveném slunečnímu záření a uřezané konce by měli být vystaveny proudění větru. Kopa by měla být stále, nebo jen přechodně chráněna proti dešti, potažmo překryta voděodolnou nebo polopropustnou příkryvkou, nicméně dobré proudění vzduchu je nejdůležitějším faktorem. Pomůže také částečné či úplné odstranění kůry. Doba sušení je závislá jak na materiálu (tvar a velikost kusů, hustota dřeva a přítomnost kůry), tak na skladovacích podmínkách (způsob skladování a stohování, proudění vzduchu, teplota, vlhkost).



Obr. 4.1 Sušení kulatiny (převzato z [23])

- **Sušení ostatní biomasy:** Platí v zásadě stejné principy z předchozího odstavce. Zajištění dobrého proudění vzduchu ideální je využití přírodní ventilace. Pokusit se zvednout materiál nad zem na konstrukci zaručující dobré proudění vzduchu, vystavit co největší plochu proudění vzduchu případně materiál rozprostřít je-li to nezbytné. Navrhnout a umístit sklad tam, kde je minimalizováno vnikání vody, případně uvolněná voda z biomasy je odvedena do kanalizace, či vhodné nádoby a kde bude vystavena nejvíce slunečnímu záření.



Obr. 4.2 Sušení stohované slámy pod přístřeškem (převzato z [24])

- II. **Aktivní sušení** – Vyžaduje vstup energie z vnějšího zdroje, aby se urychlil proces sušení a snížila se hodnota celkové vlhkosti. Využití této energie znamená dodatečné náklady a navýšení vložené energie. Pro dosažení největší účinnosti je důležitý poměr plochy povrchu sušeného materiálu k jeho objemu, čím větší plocha je vystavena proudění vzduchu, tím dosáhneme lepších výsledků. Dostatečné proudění vzduchu je zajištěno ventilátory, obvykle s ohřevem vzduchu. Pohyb, otáčení a rozprostírání materiálu napomůže zvýšení plochy povrchu a pomůže sušení. K ohřevu vzduchu může být použito nevyužitě teplo z různých procesů, nebo bude využito přímé vytápěcí jednotky. Vhodnou konstrukcí a orientací lze do procesu začlenit velké množství solární energie.
- III. **Mísení** – Pokud máme zdroj velmi suchého materiálu, jako je uměle sušené dřevo, či odřezky z nábytkářského průmyslu, může být vhodné ho smíchat s materiálem o vyšší vlhkosti ke snížení celkové vlhkosti dávky. Ačkoliv toto není přímo sušení, jde o platnou metodu k zajištění potřebného rozmezí vlhkosti paliva pro určité spalovací systémy.

4.2.2 Redukce vlhkosti před sklizní [25]

- I. **Mechanické narušení kůry** – Pokud odstraníme úzký prstenec kůry stromu a narušíme i kambium, což je rostlinné pletivo zajišťující růst stromu, zabráníme tím rozvodu vody z půdy a živinám vzhůru stromem. Toto vede k ztrátě vlhkosti dřeviny a následnému odumření stromu, umožňující jeho následné porážení s nižším obsahem vlhkosti.
- II. **Chemická probírka** – Podávání vhodné chemikálie do malého zářezu na kmeni stromu může vést k jeho uschnutí. Metoda opět vede ke ztrátě vlhkosti před samotnou těžbou

4.2.3 Redukce vlhkosti při těžbě [26]

- I. **Kyselé kácení** – Pokud jsou stromy pokáceny a ponechány na místě, aniž by byly větve, listí, případně jehličí odstraněny, tak proces vypařování pomůže snížit obsah vlhkosti v řádu měsíců.

- II. **Suché a usychající stromy** – Suché a usychající stromy mají nižší obsah vlhkosti nežli stromy zcela živé, a mohou být vhodné jako palivové dříví. Avšak určité množství odumřelého dřeva je pro les výhodné z hlediska svého přínosu pro ekosystém.



Obr. 4.3 Odumřelý lesní porost (převzato z [27])

5 METODY AKTIVNÍHO SUŠENÍ

Jak již bylo řečeno, aktivní sušení vyžaduje dodání energie do procesu sušení biomasy. Důležitý je právě poměr dodané energie k energii získané z vysušené biomasy. Nyní si uvedeme několik technologií aktivního sušení biomasy.

5.1 Metoda kompresního sušení [28]

Jde o mechanickou metodu, která byla patentována ve Spojených státech koncem osmdesátých let. Uvedena je zde pouze jako zajímavost, protože ostatní nyní rozšířené metody využívají proudění ohřátého vzduchu.

Zařízení se skládá z uzavřené tlakové komory s příčně pohyblivou základnou a pístem nebo beranem. Beran je tlačěn na biomasu dostatečnou silou, aby došlo k narušení pletiva, kde je zadržováno nejvíce vlhkosti. Čelo beranu je speciálně tvarováno, aby byla voda odváděna od středu komory ke stěnám, které jsou speciálně drážkovány. Díky tomu je vlhkost efektivně vymáčknuta z biomasy a odtéká drážkami ve stěně komory do sběrné nádoby a není zpět vtahována, po uvolnění tlaku.

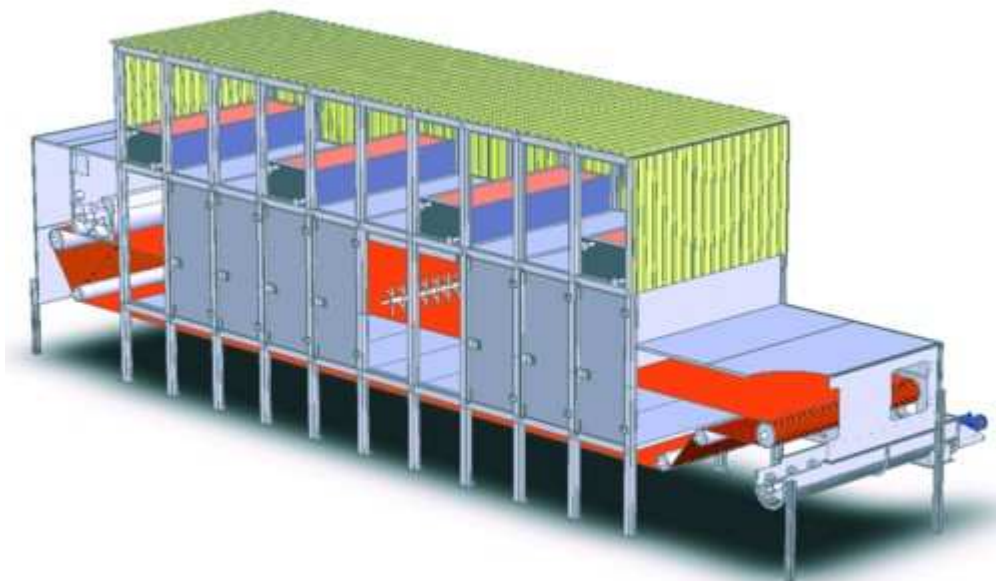
5.2 Metoda pásového sušení [29], [30]

Pásové sušárny, stejně jako sušárny bubnové, rourové a šnekové, jsou určeny především k sušení dřevěných pilin, štěpky, obilí a podobných zemědělských produktů. U všech metod je využíváno ohřátého vzduchu pro snížení vlhkosti biomasy. Jednotlivé metody se budou lišit v zásadě jen způsobem manipulace s materiálem při sušení a parametry vzduchu, jako jsou teplota a tlak.

U pásové sušárny je nejdůležitějším komponentem celého zařízení prodyšný sušící pás na pásovém dopravníku, na kterém se pomocí dávkovacích šnekových dopravníků vytváří sušená vrstva o tloušťce 10 – 15 cm. Sušený materiál musí být zbaven větších kusů dřeva či kovových částí, které by mohly způsobit mechanické poškození pásu. Sušená vrstva se na pásovém dopravníku pomalu pohybuje pomocí elektromotoru až na konec pásového dopravníku.

Sušící pás je prodyšné plastové spirálové síto pohybující se po podpěrných válečcích a po krajních vodících lištách. Pod pásem se za pomoci ventilátorů vytváří podtlak o hodnotě cca 1000 Pa. Vnější vzduch je tedy nasáván a ohříván pomocí radiátorů topné soustavy, umístěných v nadstavbě nad pásem, na teplotu přibližně 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 je odsáván pomocí již zmíněných ventilátorů a znovu ohříván.

Výhodou pásového sušení je nízká teplota a velký objem proudícího vzduchu. Díky tomu nedochází u pilin či dřevní štěpky k spálení či přesušení nebo jinému znehodnocení sušeného materiálu. Jako topné médium se dá použít horká voda nebo pára přes výměník nebo nepřímý ohřev pomocí hořáku na plyn, LTO, propan butan či zemní plyn.



Obr. 5.1 Pásová sušárna (převzato z [31])

5.3 Metoda rourového sušení [32]

Sušeným materiálem mohou být dřevní piliny, dřevní drť, šrotovaná sláma, seno, stonky kukuřice, aj. o zrnitosti cca 5 mm. Minimální vstupní vlhkost materiálu do sušičky by měla být přibližně 15 %. Samotné sušení se provádí horkým vzduchem, který se vytváří v kotlích na pevné palivo. Transportní ventilátor nasává piliny či jinou drcenou biomasu na vstupu sušičky. Sušený materiál je unášen horkým vzduchem a je postupně zbavován vlhkosti. Na výstupu je materiál již optimálně vysušen.

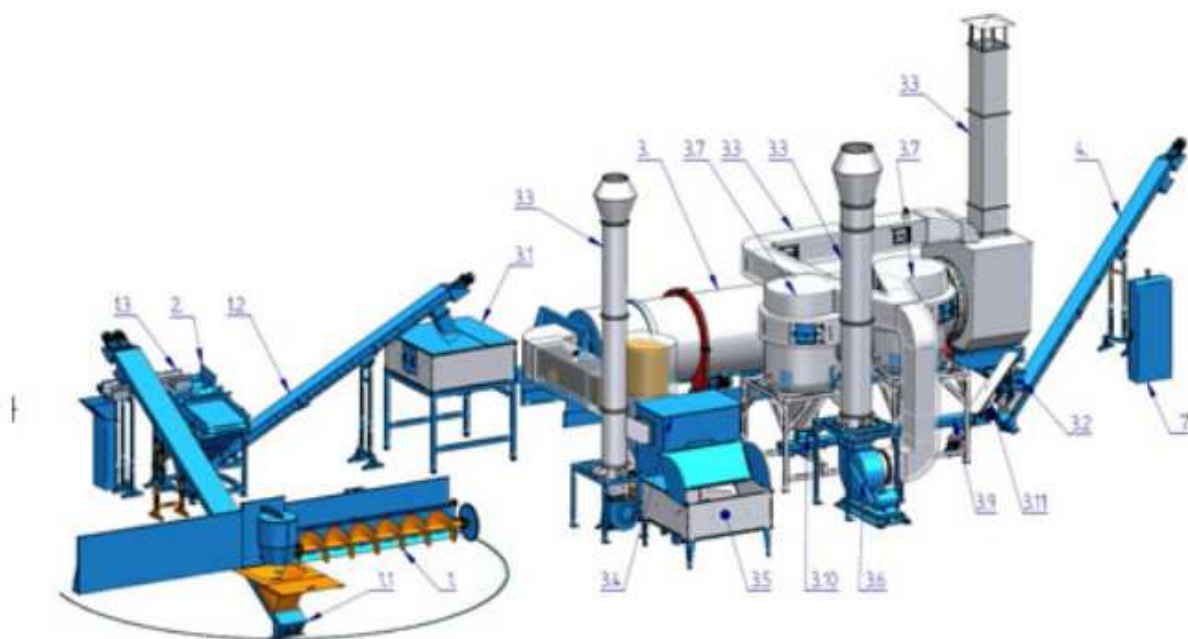


Obr. 5.2 Rourová sušárna (převzato z [33])

5.4 Metoda bubnového sušení [34]

Podobně jako v předchozích metodách se k vysoušení využívá horkého vzduchu, avšak zde je zásadní rozdíl v jeho teplotě. Na rozdíl od pásové sušárny zde se využívá spalin z kotle ochlazeného studeným vzduchem na teplotu 300–500 °C.

Mokrý piliny jsou nejprve vytrženy sítí, které je nad zásobníkem mokré suroviny. Hrubé kusy jsou vytrženy a jdou do kotle k přímému spalování, zbylé piliny jsou šnekovými dopravníky přivedeny až do samotného bubnu sušárny. Dávkování je regulováno řídicím systémem tak, aby se výstupní teplota páry ze sušárny udržovala na konstantní teplotě. Buben sušárny je skloněn pod malým úhlem, z důvodu snazšího postupu sušeného materiálu, a je umístěn mezi kladkami, což umožňuje jeho otáčení kolem osy, které způsobuje přesypání štěpky uvnitř bubnu a zlepšuje tak prostupnost spalin, tudíž zvyšuje účinnost. K správnému rozvodu horkého vzduchu se využívají ventilátory. Řízení vlhkosti sušeného materiálu je nepřímé, výstupní vlhkost materiálu se neměří. Vlhkost se reguluje dávkováním suroviny do sušárny tak, aby se teplota odcházející páry udržovala na stálé hodnotě. Suché piliny jsou ze sušárny vynášeny opět šnekovým dopravníkem.



- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Příhrnovací šnek | 3.3. Vzduchotechnické potrubí |
| 1.1 Šnekový dopravník | 3.4. Kotel |
| 1.2 Šnekový dopravník | 3.5. Zásobník paliva |
| 1.3 Separátor kovu | 3.6. Ventilátor |
| 2. Třídič pilin | 3.7. Cyklónový odlučovač prachu |
| 3. Sušárna BUS | 3.8-11 Šnekový dopravník prachu |
| 3.1. Zásobník vlhkého materiálu | 4. Šnekový dopravník |
| 3.2. Vyhřnovací šnek materiálu | 7. Elektrický rozvaděč |

Obr. 5.3 Schéma bubnové sušárny BUS (převzato z [35])



Obr. 5.4 Buben sušárny BUS (převzato z [35])

5.5 Metoda šnekového sušení [36], [37]

Firmě Tůma CZ a.s. byl v roce 2007 uznán užitný vzor na tuto technologii. Jde o metodu využitelnou k sušení sypkých a kašovitých materiálů, jako např. dřevních pilin, rašeliny, mláta, biomasy, uhelného prachu, kalů apod., které se mohou následně použít pro další účely nebo zpracování, zejména pro peletizaci. Sušička je určena pro materiál o maximální vstupní vlhkosti 50 % a je schopna materiál vysušit až na 20 %. V případě slámy je možné dosáhnout výstupní vlhkosti 8 až 10 %.

Sušička je tvořena sušící komorou, která má tvar jako shora otevřený žlab mající v řezu přibližně tvar písmene „U“. Na boční stěně žlabu jsou umístěny vzduchové směrové difuzory, napojené na rozvod sušícího vzduchu. Biomasa je kontinuálně vysoušena pomocí vhněného horkého vzduchu o teplotě 100 až 150 °C. K sušení je využíváno rovněž dopravníkového šneku, který je opatřen lopatkami. Takto upravený šnekový dopravník zaručí nejen posun biomasy komorou, ale i její čechrání. V praxi jsou umístěny tři žlaby se šneky nad sebou, do horního je dopravována biomasa, která na konci šneku volně propadne do vany se šnekem pod sebou. Z posledního šneku je usušená biomasa dopravována pneumaticky nebo dopravníkem do zásobníku.

Toto technologické provedení je unikátní nejen použitím šnekového dopravníku s lopatkami pro lepší čechrání a vysoušení směsi, ale též využitím vyhřívání sušících komor za současného proudění ohřátého vzduchu o určité teplotě. Topné zařízení má dva nezávislé okruhy s teplosměnnou kapalinou, jejíž teplota nepřesahuje 200 °C. K ohřevu vzduchu i teplosměnné kapaliny slouží jedno topné zařízení, může jít o kotel na tuhá paliva, nebo kotel elektrický či plynový. Topné zařízení má dva nezávislé okruhy s teplotou vody 120 °C. Prvý topný okruh, do kterého je směrováno přibližně 80 % výkonu topného zařízení, je propojen tepelným výměníkem rekuperační jednotky, ve které se mísí použitý sušící vzduch s čerstvým venkovním a přechodem přes tepelný výměník se směs ohřívá na 100 až 120 °C a je následně vhněna znovu do sušících komor. Druhý topný okruh, který odebírá z topného zařízení zhruba 20 % výkonu, je spojen s topnými tělesy, která částečně obklopují dna sušících komor a jsou tvořena soustavou teplovodních výhřevných kanálů. Rekuperace je zde velmi výhodná, jelikož snižuje tepelné ztráty systému a tím pádem i celkovou energetickou náročnost. Každá vana má navíc svou vlastní převodovku, rychlost otáčení šnekového dopravníku je 8–12

ot./min. Rychlost je regulována frekvenčním měničem a v každé vaně může být rychlost rozdílná, tím lze regulovat výstupní vlhkost v závislosti na vstupní.

Toto zařízení využívá ještě další technologické a konstrukční prvky pro zlepšení výkonu a snížení energetické náročnosti, avšak ty zde již nebudou zmíněny. Další informace této technologii naleznete v dokumentu [37], nebo přímo u výrobce Tůma CZ a.s. [38].



Obr. 5.5 Sušička biomasy SBT (foceno 23.9.2009, Pořešín)

6 ZÁVĚR

Práce porovnává metody aktivního sušení biomasy, jejich výhody a případné nevýhody. První část byla zaměřena na rozdělení biomasy a její popsání. V další kapitole jsme se zaměřili na hlavní rozdíly mezi palivovými briketami a peletami z biomasy a jejich hlavní vlastnosti. Ve čtvrté kapitole jsou rozebrány jednotlivé metody sušení biomasy.

Nespornou výhodou rourového sušení biomasy je vcelku jednoduchá technologická koncepce zařízení. Sušený materiál je unášen prouděním horkého vzduchu. Značnou nevýhodou však mohou být vcelku výrazná omezení vstupního materiálu, který musí být sypký a značně malých rozměrů.

Výhoda metody bubnového sušení je v množství materiálu, který je suška schopna vysušit za hodinu. Sušený materiál již nemusí být tak malých rozměrů, jako tomu bylo v předchozím případě. K samotnému sušení dochází v rotačním bubnu, materiál se dobře promísí a je kvalitně vysušen, avšak vzhledem k teplotě sušení, která se pohybuje v rozmezí 300–500 °C, může dojít k přesušení biomasy a může být snížena následná soudržnost pelet. Vysoká teplota sušícího vzduchu má za následek i velké množství energie, kterou musíme dodat, aby se vzduch ohřál.

Pásové sušení je rovněž navrženo pro sušení většího objemu materiálu, avšak na rozdíl od bubnového sušení pracuje se vzduchem o nižší teplotě, řádově kolem 100 °C. Nedochozí tudíž k poškození sušené biomasy. Zároveň je však prostup vzduchu vrstvou sušeného materiálu o něco horší, tudíž vlhkost výstupního materiálu se dostane k hodnotě 20 %. Zatímco při použití bubnové sušičky lze dosáhnout vlhkosti 15 %.

Metoda šnekového sušení je nově vyvinutou metodou spojující výhody předchozích technologií spolu s novými poznatky. Největší výhodou oproti všem ostatním metodám je její univerzálnost: je použitelná nejen pro sypké materiály, nýbrž i pro kašovitě hmoty a kaly. Spojuje míchání sušeného materiálu s navrženým prouděním teplého vzduchu, který je ohříván na teplotu cca 100 °C, a vytápěním základny dopravníku. Velkou výhodou je i využití rekuperace horkého vzduchu, která snižuje energetickou náročnost celého zařízení. Díky lepšímu pohybu materiálu, natřásání lopatkami má lepší účinnost v poměru výkon (snížení vlhkosti) / potřeba tepla.

Sušení biomasy je tedy důležitým procesem pro její další zpracování. Ze všech zmiňovaných technologií sušení se jeví jako nejuniverzálnější právě metoda šnekového sušení, jako jediná totiž dokáže úspěšně vysoušet nejen sypký materiál ale i kašovitě a kaly. Avšak ne každý případný zájemce o sušení biomasy bude vyžadovat, tak velkou škálu sušených materiálů. Volba sušící metody tudíž závisí na ekonomické rozvaze, nalezení minima investic a provozních nákladů.

7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] MOTLÍK, Jan, VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii (1) Zdroje. *Biom.cz* [online]. 2002-02-01 [cit. 2010-04-12]. Dostupné z www: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-1-zdroje>>. ISSN: 1801-2655.
- [2] PASTOREK Zdeněk, KÁRA Jaroslav, JEVÍČ Petr, *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*, FCC PUBLIC 2004, ISBN 80-86534-06-5.
- [3] U3ATWEEDDALE.ORG [online]. [cit. 2010-05-20]. Dostupné z www: <<http://www.u3atweeddale.org/Webpage/MiscanthusPhotosmall.jpg>>.
- [4] AGROWEB.CZ [online]. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z www: <http://www.agroweb.cz/files/image/Rostlinka/1-konopi-jit_750x500.JPG>.
- [5] ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA JIHOČESKÁ UNIVERZITA [online]. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z www: <<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/3/obrazky/108-cirok.jpg>>.
- [6] BIOM.CZ [online]. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z www: <<http://stary.biom.cz/foto/ft/ft0002.jpg>>.
- [7] WIKIMEDIA.ORG [online]. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z www: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Kridlatka3.jpg/258px-Kridlatka3.jpg>>.
- [8] BIOM.CZ [online]. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z www: <http://biom.cz/upload/9dde8a86bc39c815ad93f4e52cbe3ebf/Petrikova_Dvoulety_porost_krmneho_stoviku_spravne.JPG>.
- [9] I-BAZAR.CZ [online]. [cit. 2010-04-13]. Dostupné z www: <<http://www.i-bazar.cz/pictures/pics/topol-cerny-populus-nigra-var-pyramidalis-2258941.jpg>>.
- [10] VUKOZ.CZ [online]. [cit. 2010-04-13]. Dostupné z www: <[http://www.vukoz.cz/__C1256D3B006880D8.nsf/\\$pid/VUKJWF1CD335/\\$FILE/Kysice0302-2207x.JPG](http://www.vukoz.cz/__C1256D3B006880D8.nsf/$pid/VUKJWF1CD335/$FILE/Kysice0302-2207x.JPG)>.
- [11] ASOCR.EU [online]. [cit. 2010-04-13]. Dostupné z www: <<http://www.asocr.eu/stromy/image/vrba.jpg>>.
- [12] UŠŤAK, Sergej: Netradiční energetické rostliny perspektivní pro pěstování v podmínkách mírného klimatického pásma. *Biom.cz* [online]. 2006-06-01 [cit. 2010-05-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-energeticke-rostliny-perspektivni-pro-pestovani-v-podminkach-mirneho-klimatickeho-pasma>>. ISSN: 1801-2655.
- [13] PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Palivo z rostlin - brikety, pelety. *Biom.cz* [online]. 2007-01-04 [cit. 2010-04-13]. Dostupné z www: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/palivo-z-rostlin-brikety-pelety>>. ISSN: 1801-2655.
- [14] VERNER, Vladimír: Alternativní pelety. *Biom.cz* [online]. 2007-12-31 [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/alternativni-pelety>>. ISSN: 1801-2655.

- [15] AGROBRIK [online]. [cit. 2010-04-13]. Dostupné z www: <<http://www.palivove.brikety.info/images/brikety-1.jpg>>.
- [16] BIOMASA-SRO.CZ [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z www: <<http://www.biomasa-sro.cz/images/drevni-pelety-bez-kur-299x225.jpg>>.
- [17] BIOMASA-SRO.CZ [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z www: <<http://www.biomasa-sro.cz/images/drevni-pelety-s-kurou-299x225.jpg>>.
- [18] BIOMASA-SRO.CZ [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z www: <<http://www.biomasa-sro.cz/images/pelety-ze-stoviku-299x225.jpg>>.
- [19] BIOMASA-SRO.CZ [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z www: <<http://www.biomasa-sro.cz/images/pelety-ze-slunecnice-300x225.jpg>>.
- [20] SOUČEK, Jiří, KROULÍK, Milan: Parametry sušení energetických dřevin v experimentální sušárně. *Biom.cz* [online]. 2010-04-19 [cit. 2010-04-20]. Dostupné z www: <<http://biom.cz/czp/odborne-clanky/parametry-suseni-energetickyh-drevin-v-experimentalni-susarne>>. ISSN: 1801-2655.
- [21] BIOMASS ENERGY CENTER. Drying biomass material. [on line]. March 2008, [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17305&_dad=portal&_schema=PORTAL
- [22] BIOMASS ENERGY CENTER. Effect of moisture content in biomass material. [on line]. March 2008, [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www:<http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17656&_dad=portal&_schema=PORTAL>
- [23] BIOMASS ENERGY CENTER. Drying techniques after harvesting. [on line]. March 2008, [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17658&_dad=portal&_schema=PORTAL
- [24] PILADV.WZ [online]. [cit. 2010-04-26]. Dostupné z www: <<http://www.piladv.wz.cz/images/foto.jpg>>.
- [25] POLNOHOSPODARSKABIOMASA.SK [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: <<http://www.polnohospodarskabiomasa.sk/content/8.3.1.1.2/image001.jpg>>.
- [26] BIOMASS ENERGY CENTER. Moisture reduction before harvesting. [on line]. March 2008, [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: <http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17660&_dad=portal&_schema=PORTAL>
- [27] BIOMASS ENERGY CENTER. Harvesting for reduced moisture content. [on line]. March 2008, [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=75,17662&_dad=portal&_schema=PORTAL.

- [28] FORESTECOLOGYNETWORK.ORG [online]. [cit. 2010-04-26]. Dostupné z www: <http://www.forestecologynetwork.org/images/TMW-Late%20Winter%202001/dying_spruce_Barnes_Island.jpg>.
- [29] Haygreen, John G. (Roseville, MN), Method and apparatus for de-watering biomass materials in a compression drying process, [cit. 2010-05-22], Dostupné z www:<<http://www.freepatentsonline.com/4630535.html>>.
- [30] PAWLICA s.r.o., Sušičky na piliny a štěpku [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: <<http://www.pawllica.cz/produkty/susicky-susarny-obili-komodit/pasove-susicky-susarny/susicky-na-piliny-a-drevni-stepku/>>.
- [31] KATRES spol. s.r.o., Pásová sušárna pilin a štěpek [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: <<http://www.katres.cz/produkty/pasove-susarny-pilin-a-stepek/>>.
- [32] PAWLICA.CZ. [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: <<http://www.pawllica.cz/img/Bandtrockner3D.jpg>>.
- [33] BALL Brno, v. o. s., Rourové a bubnové sušičky pilin a drcené biomasy [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: < http://www.ballbrno.cz/html_cz/ceniky-susicky.html>.
- [34] BALLBRNO.CZ [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: <http://www.ballbrno.cz/html_cz/ceniky-susicky.html>.
- [35] BRIKLIS SPOL. S.R.O., Bubnová sušička BUS [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: <http://www.briklis.cz/produkty/na-drevo/susarny-pilin/bus.html>
- [36] BRIKLIS.CZ [online]. [cit. 2010-05-22]. Dostupné z www: <<http://www.briklis.cz/produkty/na-drevo/susarny-pilin/bus.html>>.
- [37] TŮMA CZ. S.R.O., Sušička biomasy SBT [cit. 2010-04-18]. Dostupné z www: <http://www.tumacz.cz/vyrobni-linky/susicka-biomasy-sbt>
- [38] Úřad průmyslového vlastnictví: Osvědčení o zápisu užitého vzoru. *číslo zápisu: 17776*, 2007-08-20 [cit. 2010-05-22].