

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA**

**V PRAZE**

**FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ**

**KATEDRA LESNÍ TĚŽBY**



**Sušení dřeva topolu *Populus maximowiczii* x  
*P. nigra* 'Max 1-5' s využitím evapotranspirace**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Zpracoval: Bc. Tomáš Švejkar

Vedoucí práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tomáš Švejkar

Lesní inženýrství

Název práce

**Sušení dřeva topolu *Populus maximowiczii* x *P. nigra* 'Max 1-5' s využitím evapotranspirace**

Název anglicky

**Wood seasoning of poplar *Populus maximowiczii* x *P. nigra* 'Max 1-5' using evapo-transpiration**

---

### Cíle práce

Zhodnocení poklesu obsahu vody ve dřevě topolu *Populus maximowiczii* x *P. nigra* 'Max 1-5' vlivem evapotranspirace. Ověření této metody experimentem.

### Metodika

Zpracování rešeršní části na základě studia odborné literatury. Provedení experimentu – sušení kmenů a větví topolu *Populus maximowiczii* x *P. nigra* 'Max 1-5', pokácených těsně před začátkem vegetační sezóny, vlivem evapotranspirace.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

topol, rychle rostoucí dřeviny, sušení dřeva, evapotranspirace

---

**Doporučené zdroje informací**

KLVAČ, R. et al. Evapo-transpiration as an accelerating tool for seasoning – A case study. The 5th Forest Engineering Conference, Gerardmer. 2014, 23-26th of September 2014.

NORD-LARSEN, T. et al. Drying of firewood – the effect of harvesting time, tree species and shelter of stacked wood. Biomass and Bioenergy. 2014, Volume 35, Issue 7, Pages 2993–2998.

Sdružení pro biomasu [online]. c2015, [cit. 2015-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz>>.

Web of knowledge [online]. c2015, [cit. 2015-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FLD

**Vedoucí práce**

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra lesní těžby

---

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2015

**doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2016

---

## **PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma sušení dřeva topolu *Populus maximowiczii* x *P. nigra* 'Max 1- 5' s využitím evapotranspirace vypracoval samostatně pod vedením pana Ing. Václava Štíchy Ph.D. a použil jen literaturu, kterou uvádím v seznamu použité literatury.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111 / 1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne:

Podpis autora:

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Václavu Štíchovi, Ph.D. za pomoc při řešení této práce. Dále bych rád poděkoval panu Doc. Ing. Danielu Zahradníkovi, Ph.D. za pomoc se statistikou, která se v této práci vykytuje. Mé dík patří i panu Ing. Jiřímu Ševčíkovi za poskytnutí vzorků pro výzkum v mé práci.

## ABSTRACT

Tato práce se zabývá možnostmi využití evapotranspirace pro účely efektivního sušení dřeva. Důležitým předpokladem je skutečnost, že dřeviny s dobrou výmladkovou schopností se olistí i po skácení a jsou fyziologicky aktivní, dokud mají ve dřevě dostatek vody. Fyziologická činnost listů poté urychluje sušení dřeva. V rešeršní části se práce zabývá seznámením s problematikou sušení, biomasou, možnostmi jejího využití a dalšími definicemi spojenými s touto prací. Hlavním výstupem této práce je zhodnocení poklesu obsahu vody ve dřevě topolu *Populus maximowiczii* x *Populus nigra* 'Max 1-5' s využitím evapotranspirace. V diskusi jsou porovnány data s jinou dostupnou literaturou a v závěru vše shrnuto.

**Klíčová slova:** topol, rychle rostoucí dřeviny, sušení dřeva, evapotranspirace

## ABSTRACT

This thesis deals with the possibility of using evapotranspiration for efficient drying of wood. An important prerequisite is that the trees with good coppice pleated capability even after they are felled and physiologically active until they have enough water in the wood. The physiological activity sheets then accelerates the drying of wood. In search of work deals with familiarization with the problems of drying biomass possibilities of its use, and other definitions associated with this work. The main output of this work is to evaluate the decrease in water content in the wood poplar *Populus maximowiczii* x *Populus nigra* 'Max 1-5', chopped down just before the start of the growing season, due to evapotranspiration. In discussing data are compared with other available literature and summarized at the end of everything.

**Keywords:** poplar, short rotation coppice, wood drying, evapotranspiration

## OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
1.1. CÍL PRÁCE .....	11
<b>2. PLANTÁŽE RRD .....</b>	<b>12</b>
<b>3. TOPOL .....</b>	<b>14</b>
3.1. TOPOL ČERNÝ ( <i>POPULUS NIGRA</i> ) .....	14
3.2. TOPOL MAXIMOVIČŮV ( <i>POPULUS MAXIMOWICZII</i> ) .....	15
3.3. JAPONSKÝ TOPOL .....	15
<b>4. OBSAH VLHKOSTI, SUŠINY A VÝHŘEVNOST .....</b>	<b>17</b>
<b>5. BIOMASA .....</b>	<b>21</b>
5.1. ROZDĚLENÍ BIOMASY .....	22
5.1.1. ZEMĚDĚLSKÁ BIOMASA .....	22
5.1.2. LESNÍ BIOMASA .....	23
5.1.3. ZBYTKOVÁ BIOMASA .....	23
<b>6. SUŠENÍ BIOMASY .....</b>	<b>24</b>
6.1. METODY SUŠENÍ PO SKLIZNI .....	27
6.1.1. PASIVNÍ SUŠENÍ .....	27
6.1.2. AKTIVNÍ SUŠENÍ .....	28
6.2. REDUKCE VLHKOSTI PŘED SKLIZNÍ .....	28
<b>7. PALIVO Z BIOMASY .....</b>	<b>29</b>
7.1. TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY KUSOVÉHO DŘEVA .....	29
7.2. VYTÁPĚNÍ KUSOVÝM DŘEVEM .....	30
7.3. TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY DŘEVNÍ ŠTĚPKY .....	30
7.4. KATEGORIZACE DŘEVNÍ ŠTĚPKY ( <i>Stupavský; Holý, 2010</i> ) .....	31
7.4.1. DĚLENÍ PODLE PŮVODU MATERIÁLU .....	31
7.4.2. DĚLENÍ PODLE ZPRACOVÁNÍ A KVALITY .....	32
7.5. VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ ŠTĚPKOU .....	32

7.6.	TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY BRIKET .....	32
7.7.	VYTÁPĚNÍ BRIKETAMI .....	33
7.8.	TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY PELET .....	34
7.9.	VYTÁPĚNÍ PELETAMI .....	34
<b>8.</b>	<b>TRANSPORT .....</b>	<b>35</b>
<b>9.</b>	<b>SKLADOVÁNÍ BIOMASY .....</b>	<b>37</b>
<b>10.</b>	<b>ZPŮSOB PLACENÍ .....</b>	<b>39</b>
<b>11.</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>40</b>
11.1.	POPIS ZKOUMANÉ LOKALITY .....	40
11.2.	MĚŘENÍ NA LOKALITĚ .....	40
<b>12.</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>42</b>
<b>13.</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>46</b>
<b>14.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>48</b>
<b>15.</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>50</b>
<b>16.</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>55</b>



## **SEZNAM TABULEK OBRÁZKŮ A GRAFŮ:**

### **Tabulky:**

- Tab. č. 1 – Rozdělení plantáží rychle rostoucích dřevin na základě výměry porostu
- Tab. č. 2 – Typické ztráty tepla při spalování biomasy
- Tab. č. 3 – Vliv sušení na energetický výkon
- Tab. č. 4 – Měrný skladovací prostor
- Tab. č. 5 – Průměrná data o vzorcích
- Tab. č. 6 – Rozdíly mezi jedinci s pupeny a bez pupenů
- Tab. č. 7 – Kmeny bez pupenů (jednotlivá vážení)
- Tab. č. 8 – Kmeny s pupeny (jednotlivá vážení)
- Tab. č. 9 – Větve bez pupenů (jednotlivá vážení)
- Tab. č. 10 – Větve s pupeny (jednotlivá vážení)

### **Obrázky:**

- Obr. č. 1 – Plantáž japonských topolů
- Obr. č. 2 – Detail kmene japonského topolů
- Obr. č. 3 – Evapotranspirace
- Obr. č. 4 – Dřevěné brikety balené ve folii
- Obr. č. 5 – Briketovací lis HLK 50
- Obr. č. 6 – Pohled do návěsu typu Walking floor
- Obr. č. 7 – Pohled na lokalitu (zdroj vzorků)
- Obr. č. 8 – Sušení topolových kmenů
- Obr. č. 9 – Ponechané pupeny na kmenech
- Obr. č. 10 – Počátek rašení pupenů
- Obr. č. 11 – Větve před otrháním pupenů a uložením na místo sušení

### **Grafy:**

- Graf. č. 1 – Závislost výhřevnosti na obsahu vody
- Graf č. 2 – Zisk v závislosti na vlhkosti
- Graf č. 3 – Závislost dřeva na relativní vlhkosti vzduchu
- Graf č. 4 – Vliv sušení na energetický výkon
- Graf č. 5 – Průměrná teplota na stanovišti
- Graf č. 6 – Množství srážek na stanovišti
- Graf č. 7 – Rozdíly v relativních vlhkostech
- Grafy č. 8, 9, 10, 11 – Hmotnosti jednotlivých vážení

## 1. ÚVOD

V dnešní době je ve světě zaznamenán velký nárůst spotřeby přírodních zdrojů energie, kterými je i dendromasa. To je velkou částí zapříčiněno nárůstem životního standardu u značné části populace. Proto se v posledních desítkách let hledají a preferují zdroje obnovitelné. Mezi nejvýznamnější zdroje energie patří fosilní paliva, což jsou zdroje neobnovitelné. K vyčerpání některých z nich by mohlo dojít v průběhu několika desítek let. To vede společnost k otázce, jakým způsobem by se dala energie získávat z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Mezi OZE lze řadit biomasu, větrnou energii, sluneční energii, vodní energii, geotermální energii aj. Jedna z mnoha definic o biomase říká, že se jedná o veškerou hmotu organického původu a to jak živočišnou, tak rostlinnou. V souvislosti s energetikou se jedná zejména o dřevní odpad, slámu a jiné zemědělské zbytky.

Z odvětví biomasy může být jednou z cest cílené pěstování rychle rostoucích dřevin. Stát se snaží preferovat využívání obnovitelných zdrojů na úkor spalování uhlí. Závazná smlouva EU o energetice vyžaduje zvýšení podílu obnovitelných zdrojů do roku 2020 na 20 % a z toho 10 % se týká biomasy (Ficner, Kusák, 2007).

*Populus maximowiczii* × *P. nigra* 'Max 1-5' často nazývaný jako japonský topol se v České republice stal v posledních letech moderním způsobem, jak v krátkém období dosáhnout vysokého výnosu. V České republice se pěstování japonských topolů prosadilo zejména díky dotačním fondům a popularizaci tohoto odvětví. Největší oblibou se stalo pěstování klonů, kterých je na trhu nepřeborné množství. I přes to se u nás pěstuje hlavně klon J-105, který v našich podmínkách dosahuje nejlepších výsledků. Toto odvětví nabízí řešení problému s nevyužitými zemědělskými plochami či ladem ležícími lukami. Zároveň je schopno produkovat vysoké množství biomasy. Ta bývá nejčastěji zpracovávána na štěpku a dále používána na výrobu energie a vytápění. Cena se v současné době pohybuje v rozmezí od 1400 – 1800 Kč/t. Rychle rostoucí dřeviny jsou obnovitelným zdrojem energie, který nezatěžuje životní prostředí. Udává se, že uvolněné emise CO<sub>2</sub> jsou rovny přijatému oxidu za dobu růstu.

Porosty RRD plní kromě produkční funkce i funkce meliorační (zabraňují odnosu půdy), izolační (protihlukové zábrany), biologické (úkryt a ochrana zvířat) aj. Nakonec také přispívají k rozmanitosti krajiny a rozčlenění zemědělských pozemků.

Velký problém při zpracování biomasy je míra vlhkosti v dendromase, která výrazně snižuje výhřevnost. Z tohoto důvodu je přínosné využívat nejrůznější metody vedoucí ke snížení vlhkosti biomasy. Snížení vlhkosti je možné docílit dvěma způsoby. Prvním je aktivní sušení, které spočívá v dodání energie při současném snížení doby sušení. To se však v energetickém průmyslu nepoužívá z důvodu vysokých nákladů. Druhým způsobem je samovolný proces (pasivní sušení), které je podmíněné správným uskladněním avšak za cenu delší doby sušení.

V dnešní době existuje mnoho míst, kde se RRD pěstují. Kvůli šlechtění a genetickým úpravám se však nesmějí vysazovat do pozemků určených k plnění funkcí lesa. Toto omezení je přesně definováno v legislativě České republiky.

## **1.1. CÍL PRÁCE**

Cílem této diplomové práce je shromáždit informace o sušení japonského topolu. Vážit a zaznamenávat úbytek hmotnosti jednotlivých vzorků a následně vyhodnotit vliv evapotranspirace na sušení dřeva topolu *Populus maximowiczii* x *Populus nigra* 'Max 1-5'. Rešeršní část se zabývá popisem základních vlastností topolu, seznámením s biomasou, sušením biomasy a důležitými pojmy, které jsou s touto prací spojeny. V poslední části rešerše jsou popsány způsoby využití biomasy a její transport. Druhá část práce se zaměřuje na vlastní výzkum s daty naměřenými v průběhu několika měsíců a popis získávání dat. Také jsou zde výsledky porovnány s výsledky jiných autorů a vše shrnuto.

## 2. PLANTÁŽE RRD

Pojem plantáž se rozumí intenzivní obhospodařování zemědělské půdy, nebo travní plochy, která je využívána k pěstování daného sortimentu biomasy, nejčastěji rychle rostoucích dřevin (RRD). Plantáže RRD nabývají na významu jak u nás, tak i ve světě.

Kravka a kol. (2012) se zmiňuje o tom, že trend pěstování RRD ve světě se zvyšuje nejen kvůli produkci biomasy pro energetiku, papírenský průmysl, ale i z hlediska ochrany biodiverzity a přírodních zdrojů. Na základě dat Mezinárodní komise pro topoly byly vyčísleny rozlohy plantáží RRD ve světě. Čína 6 000, Francie 254, Írán 150, Turecko 145, Itálie 120, Maďarsko 110, Španělsko 103, Srbsko 54, Indie 40, Belgie 40, Bulharsko 26, Británie 20, Argentina 20, Chorvatsko 18, Švédsko 16, Chile 8 (data jsou uvedena v tisících ha). V ČR je současná rozloha plantáží rychle rostoucích dřevin řádově kolem 750 ha.

Trend v celkové rozloze plantáží RRD je v ČR rostoucí. To je přisuzováno zvyšování cen za energie, včetně palivového dříví. V tabulce č. 1 je uvedeno rozdělení plantáží RRD v ČR dle výměry plantáže. V této statistice jsou uvedeny zejména topolové porosty (Raszka, 2011).

Tab. č. 1 – Rozdělení plantáží rychle rostoucích dřevin na základě výměry porostu

Kategorie	Plocha (ha)	Podíl (%)	Počet plantáží	Podíl (%)
do 1 ha	97,54	12,84	213	53,3
1 - 3 ha	199,18	26,22	113	28,3
3 - 5 ha	154,86	20,38	41	10,3
5 - 10 ha	153,24	20,17	22	5,5
nad 10 ha	154,9	20,39	11	2,75
suma	759,72	100	400	100

Převzato z: Raszka, 2011

Základní předpoklady pro úspěšné pěstování rychle rostoucích dřevin na orné půdě vymežil Kohout a kol. (2010) takto:

- extrémně vysoký vzrůst rostlin v mládí,
- výborné obrůstající schopnosti pařezů po obmýtí,
- snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů,
- odolnost proti škůdcům a chorobám,
- uzpůsobený pozemek k mechanizačnímu zpracování,
- mocnost ornice min. 30 cm, optimální 70 cm,
- hodnota pH min. 5,5,
- vysoká hladina podzemní vody (60 až 120 cm, nesmí klesnout pod 2 m).

Nikl a kol. (2009) uvádí, že většina topolů i vrb vykazuje jen podprůměrné výnosy na extrémně chudých vysýchavých půdách a na rašeliništích. Topoly a vrby jsou převážně světlo milné druhy, a proto je zapotřebí zvolit pro plantáž vhodnou lokalitu s minimálním zastíněním. Důležitým faktorem je i nadmořská výška. Pro rentabilní produkci je výšková hranice výmladkových plantáží přibližně 500 m.n.m.

Hlavními důvody pro zavádění RRD v hospodářsky vyspělých zemích jsou:

- využití zemědělské půdy pro nepotravinářskou produkci (snížení přebytků potravin) a zajištění mimoprodukčních funkcí zemědělství
- rozvoj zemědělských oblastí (nová pracovní místa, posílení místní ekonomiky, investice do nových technologií)
- snížení znečištění ovzduší náhradou fosilních paliv (snížení pokut za emise, splnění mezinárodních dohod)
- strategické snížení závislosti na dovozu fosilních paliv a zlepšení obchodní bilance státu

Bylo také ověřeno, že výmladkové plantáže mohou působit pozitivně na okolní krajinu a životní prostředí člověka a to např. zvyšováním biodiverzity krajiny, stabilizací hydrologického režimu (Weger).

### 3. TOPOL

Topoly spadají pod čeleď vrbovité (*Salicaceae*) a spolu s vrbami tvoří dřeviny známé jako rychle rostoucí. Rod topol má spoustu druhů a kultivarů, což je způsobeno zejména díky jeho dobré schopnosti se křížit. Dřevo je světlé, lehké a dobře štípatelné. V nábytkářském průmyslu se využívá hlavně na výrobu překližek, dých, a nebo jako obalový materiál. Z pupenů se v minulosti lisoval olej a listy se využívaly jako potrava pro dobytek. Kůra byla využívána na výrobu třísla v koželužnictví a barviv v textilním průmyslu. V dnešní době se dřevo využívá hlavně pro řezbářskou činnost a v energetickém průmyslu (Celjak a kol., 2007).

V dřívějších dobách byly vrby a topoly pěstovány na méně úrodných půdách, březích řek nebo v zamokřených oblastech, kde se jim oproti jiným dřevinám dařilo a sloužily jako zdroj palivového dřeva. Osvědčily se také jako větrolamy pro zlepšování výnosu zemědělských plodin (Heilmann, 1999). V evropských státech, zvláště ve Švédsku byly preferovány v moderním lesnictví jehličnaté dřeviny, což mělo za následek odstraňování listnatých dřevin z lesů. Topoly byly označeny za tzv. „plevelné dřeviny“ a byly odstraňovány z lesa jako protipožární ochrana. Tento postoj byl částečně změněn novým zákonem o biodiverzitě (Karačič, 2005).

#### 3.1. TOPOL ČERNÝ (*POPULUS NIGRA*)

Jedná se o světlomilnou dřevinu, která ani v mládí nesnáší zastínění. Strom je charakterizován velkou rozkladitou korunou a mohutným kmenem. Potřebuje půdy přiměřeně vlhké s pohyblivou vodou. Ta však nemusí být přímo u stromu, jelikož jeho kořenový systém je rozsáhlý. Jednak sahá hluboko pro podzemní vodu a pak také kořeny svou šířkou sahají daleko přes obvod koruny. V době vegetace vydrží ve vodě až 50 dní. Má velice dobrou výmladnost a to jak na kmeni, tak na pařezu. Typická stanoviště jsou písčité a štěrkovité. Je však velice přizpůsobivý. Na rozdíl od jiných druhů odolává invazi jmelí bílého. Jako většina druhů a klonů odolává dobře znečištěnému ovzduší. Letorosty jsou lysé, pupeny zašpičatělé a lepkavé. Listy jsou střídavě postavené, dlouhé okolo 10 cm, dlouze řapíkaté a po obvodu pilovité. Topol černý je dvoudomí a plodí v některých případech už po 10ti letech. Klíčivost je zpočátku vysoká, ale rychle klesá. Za příznivých podmínek dojde k vyklíčení již během

12ti hodin. Areál rozšíření je velký. Sahá do teplých částí Evropy, Asie a Severní Afriky, těžištěm rozšíření je oblast Středomoří. Vertikální rozšíření je ve velké části areálu omezeno na nejnižší polohy. Vyskytuje se převážně v lužních lesích a podél větších toků. Jen vzácně vystupuje do vyšších poloh (Úradníček a kol., 2001).

### **3.2. TOPOL MAXIMOVIČŮV (*POPULUS MAXIMOWICZII*)**

Areál tohoto topolu se rozkládá od 35° po 62° severní šířky, asi 3000 km od jihu k severu. První klon tohoto topolu byl do České Republiky přivezen v roce 1960. V ideálních podmínkách dorůstá až do 30ti metrové výšky. V našich podmínkách se jako vyhovující ukázaly svahové hlíny, které jsou dobře zásobeny vodou. Pokud se kořeny dostanou k podzemní vodě, je schopen snášet i chudé písčité půdy. Jako nevhodné se však ukázaly luhy. Do lesních porostů a pro rekultivaci ho nelze doporučit. Poměrně dobře však roste v mrazových kotlinách (Motl, 1989). Hlavním přínosem tohoto druhu je zkřížení s topolem černým za vzniku Japonského topolu.

### **3.3. JAPONSKÝ TOPOL**

Japonský topol pěstители označovaný jako Japan se začal pěstovat v Evropě v 70. letech. Je to kříženec topolu černého a topolu maximovičova (*Populus nigra* × *Populus maximowiczii*), který byl vyšlechtěn v Japonsku pro papírenský průmysl. V dnešní době můžeme nalézt na trhu mnoho klonů. V mnohých člancích se můžeme dočíst, že se u nás pěstují nejčastěji dva klony označované jako J – 105 a J – 104. Analýzy DNA z více jak 40ti vzorků odebraných na českých plantážích však ukázaly, že se u nás pěstuje výhradně klon J – 105. Délka obmýtí lze u Japanů v průběhu života plantáže měnit. To se může stát výhodou například při špatném odbytu v daný rok (Weger, 2011). Japany bývají nejčastěji sklízены po 3 – 6ti letech dle účelu využití dendromasy. Plantáž má trvanlivost 20 – 25 let. Za tuto dobu je plantáž tedy sklizena 4 až 5 krát. Kratší obmýtí není doporučováno z důvodu snížení výnosu za celkovou dobu plantáže. Pro sklizeň se ukázalo jako nejvhodnější zimní období. V pletivech je minimální obsah vody z celého roku a půdy je únosnější pro mechanizaci (Weger; Havlíčková, 2002).

Jako u ostatních topolů je pro Japan důležitá přítomnost vody v půdě. Na vytvoření 1 kg sušiny vytranspiruje 500 l vody. Nedělají mu problém ani několika týdenní záplavy, které naopak prospívají přínosem živin do půdy. Další faktor, který ovlivňuje růst je půdní reakce. Ta by měla být neutrální až slabě kyselá (Celjak, 2010). Energie, která je uvolňována spalováním bývá srovnávána s hnědým uhlím. Nelze ji však srovnávat s našimi původními dřevinami jako je smrk ztepilý nebo buk lesní, ale Japan tyto nedostatky kompenzuje rychlejším růstem. Podle výsledků Šinory (2008) u šestiletého porostu dosahují Japany ročního přírůstu v průměru 21,2 t sušiny na hektar. V době obmýetí může takový jedinec měřit kolem šesti metrů s průměrem kmene 15 cm.

Z výsledků, které jsou doposud k dispozici lze konstatovat, že plantáže výmladkových dřevin jsou vzhledem k dotačním programům dobrou alternativou pro české zemědělce (Weger, 2011).

Obr. č. 1 – Plantáž japonských topolů



Zdroj: <http://www.japonskytopol-rk.cz/>

Obr. č. 2 – Detail kmene japonského topolu



Zdroj: <http://www.japonskytopol-rk.cz/>



#### 4. OBSAH VLHKOSTI, SUŠINY A VÝHŘEVNOST

Vodu obsahují všechny části živého stromu. Je to jedna ze základních součástí v procesu fotosyntézy, která vede k tvorbě nových buněk. Často tato složka tvoří více jak 50 % celkové hmotnosti stromu. Obsah vlhkosti ve dřevě je vyjádřen v procentech jako podíl hmotnosti vody přítomné ve dřevě a hmotnosti suchého dřeva (absolutní vlhkost), nebo podílem hmotnosti vody ke hmotnosti mokrého dřeva (relativní vlhkost). Vlhkost absolutní může dosahovat i hodnot větších než 100 %, jelikož hmotnost vody ve dřevě může být větší, než je hmotnost suchého dřeva. U čerstvého dřeva se vlhkost může pohybovat v rozmezí od 30% do 250%. Běl má obvykle vyšší vlhkost než jádrové dřevo a vlhkost se značně mění i v průběhu roku. Většina této vody musí být odstraněna, abychom ze dřeva při spalování získaly uspokojivý výkon (Bousquet, 2000).

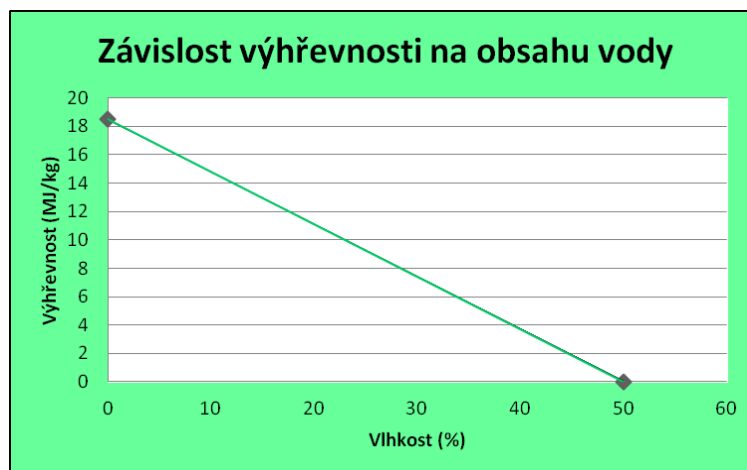
Tab. č. 2 – Typické ztráty tepla při spalování biomasy

Podoba dřevní biomasy	Obsah vlhkosti (% ve vlhkém stavu)	Celková hmotnost biomasy (kg)	Hmotnost obsažené vody (kg)	Teplo potřebné k vypaření vlhkosti (MJ)	Teplo k vypaření vody z vodíku spalováním (MJ)	Výhřevnost biomasy o objemu 2000 cm <sup>3</sup> (MJ)	Výhřevnost na kg vlhkého dřeva (MJ/kg)
Čerstvě sklizené dřevo	60	2,5	1,5	3,73	1,39	14,78	5,9
Dřevo sušené 1-2 týdny po sklizni	50	2	1	2,57	1,39	15,94	8
Pilařský odpad	40	1,67	0,67	1,72	1,39	16,79	10
Dřevo ze stavenišť	30	1,43	0,43	1,1	1,39	17,41	12,2
Na vzduchu sušená biomasa	20	1,25	0,25	0,64	1,39	17,87	14,3
Zbytky z dřevozpracujícího průmyslu	10	1,11	0,11	0,28	1,39	18,23	16,4
Dřevo sušené v sušárně	0	1	0	0	1,39	15,51	18,5

Převzato z: [//www.iea.org/publications/freepublications/publication/biomass.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/biomass.pdf)

Výhřevnost materiálu udává, kolik využitelné energie se uvolní úplným spálením jednotkového množství paliva. Podle jiné definice je výhřevnost obsah tepla v palivu snížený o tepelné ztráty na odpařování vlhkosti z paliva a vody, která vznikne vlivem spalování vodíku obsaženého v palivu. Obvykle se měří obsah energie na jednotku hmotnosti nebo objemu. U tuhých paliv se tedy udávají jako MJ/kg. V tabulce č. 2 můžeme vidět typické ztráty tepla v závislosti na vlhkosti. Výhřevnost může být vyjádřena ve dvou formách. První je horní výhřevnost, někdy nazývaná jako hrubá. Tato výhřevnost vyjadřuje celkový obsah energie uvolněné spálením materiálu na vzduchu, včetně latentního tepla obsaženého ve vodní páře. Proto představuje zpětně maximální množství potenciální energie z daného zdroje biomasy. Z praktického hlediska latentní teplo obsažené ve vodní páře není účinné, a proto se využívá dolní neboli čistá výhřevnost. Ta zahrnuje uvolněnou energii z paliva při spalování v adiabatických podmínkách za předpokladu, že se výsledný produkt spalování ochladí na teplotu, jakou měl před spálením, ale vodní pára obsažená ve spalinách je v plynném stavu na rozdíl od horní výhřevnosti, kde je voda ve spalinách ve stavu kapalném (McKendry, 2001).

Graf. č. 1 – Závislost výhřevnosti na obsahu vody



Převzato z: Utěšil, 2009

Tepelné ztráty odpovídají obsahu vlhkosti v palivu, která přímým způsobem ovlivňuje celkovou účinnost. Tyto ztráty se mohou lišit a pohybují se v rozmezí od 2 %, kdy je palivo vysušeno na vzduchu na 10% – 15% vlhkost, až do 50 % ztrát, kdy je využíváno palivo s obsahem vlhkosti větší než 50 %. Z tohoto důvodu je sušení paliva

nezbytné. Na ztrátě tepelné účinnosti má svůj podíl také nespálené palivo, které přechází do popela. Jedná se o půl procentní ztráty a dále pak povrchová tepelná ztráta, která se pohybuje v rozsahu 3 – 5 % a kolísá v závislosti na konstrukci, ploše a ostatním vnějším povrchu. Krom počáteční vlhkosti v surové biomase obsahuje biomasa také určitý podíl vodíkových atomů, které se v průběhu spalování chemicky přeměňují na vodu. Teplo potřebné ke zvýšení teploty a vypaření této vody není v systému dostupné, což má obdobný efekt jako obsah vlhkosti na snížení celkové tepelné účinnosti (IEA Bioenergy, 2007).

Energetické vlastnosti paliva jsou ovlivňovány obsahem vody, která se může vyskytovat v různém rozsahu. Proto je měření obsahu vody rozhodující při určování nákupní a reálné hodnoty. Jednodušší a rychlejší metodou jak stanovit obsah vlhkost je pomocí elektronických přístrojů jako např. vodivostní sondy. Ty pracují na principu měření některé elektrické veličiny dřeva, jako je např. odpor. Druhá metoda je sice zdoluhavá, ale je mnohem přesnější. Základem této metody je zvážení vzorků v syrovém stavu. Poté se vzorky vysuší v peci při teplotě 103+2 °C, dokud nedosáhnou konstantní vlhkosti. Vysušený materiál z pece se znovu zváží a výsledky se využijí pro výpočet obsahu vlhkosti (Koloničný a kol., 2009).

Graf č. 2 – Zisk v závislosti na vlhkosti

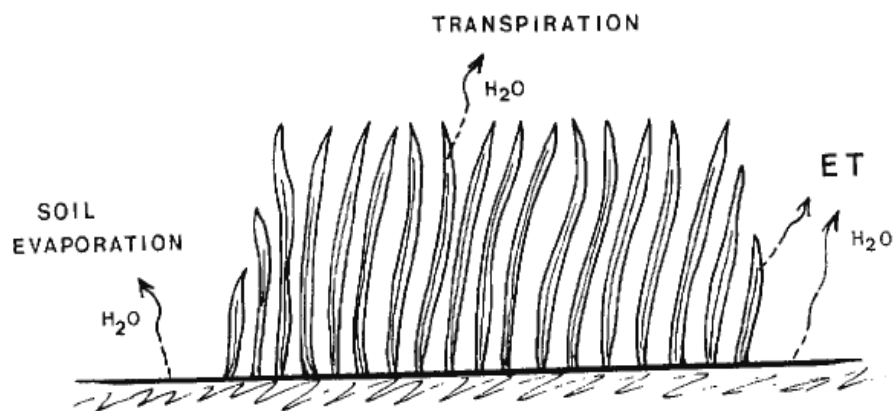


Převzato z: Chudoba, 2007

Na grafu č. 2 vidíme míru zisku v závislosti na hmotnostní vlhkosti. V tomto případě byla prodejní cena (kapitál) 9 400 000 Kč/rok a zisk 569 842 Kč/rok. Míra zisku se tedy spočítala jako poměr mezi ziskem a prodejní cenou  $\times 100$ .

Okolní atmosférické podmínky jako je teplota, vlhkost a proudění vzduchu hrají společně se strukturou pletiva biomasy hlavní roli v přirozeném procesu uvolňování vlhkosti z biomasy. Výdej vody z rostliny se děje v zásadě dvěma způsoby a to vypařováním a transpirací. Ponechání listů na větvích nebo stromech po skácení umožňuje rychlejší transpiraci a tím i urychlení snížení obsahu vlhkosti v kmenech (Kára a kol., 2005). Jackson a kol., 2010 udávají jako nejlepší období pro sušení suchá léta na jihu. Transpirační sušení nastane, když jsou po pokácení na stromech ponechány listy. Toto sušení může být úspěšně použito u většiny druhů.

Obr. č. 3 – Evapotranspirace



Převzato z: Brown, 2014

Evapotranspirace je ztráta vody pomocí kombinovaných procesů. „Evapo“ pro povrchové odpařování a „transpirace“ pro odpařování pomocí průduchů rostlin. Rozdíl mezi těmito dvěma způsoby spočívá v cestě vody do atmosféry. Při transpiraci musí voda vstoupit přes kořeny do rostliny a poté se skrze průduchy může odpařovat. Evaporace je mnohem jednodušší proces odpařování, jelikož se voda do atmosféry dostává přímo z povrchu prostým odpařováním (Brown, 2014).

Při kalkulaci celkových nákladů na dopravu, skladování a přeměnu biomasy je zapotřebí brát v úvahu věci jako je výhřevnost, vlhkost, ztráty sušiny při skladování a objemová hmotnost biomasy (Koloničný a kol., 2009).

## 5. BIOMASA

Biomasa byla definována v mnoha publikacích. Nejjednodušší definicí je, že se jedná o veškerou hmotu organického původu. Vědecky uznávané definice však říkají, že se jedná o substanci biologického původu, která zahrnuje fytomasu (bylinná biomasa) pěstovanou v půdě a ve vodě, dendromasu (dřevní biomasa), živočišnou biomasu, produkci organického původu a organické odpady. Je to tedy veškerá živá příroda kolem nás. Pokud chceme mluvit o energetickém využití biomasy, máme na mysli zejména dřevní hmotu a jiné energetické rostliny vhodné pro spalování. Mohou to být byliny, stromy či keře (Celjak, 2008).

Biomasa je vnímána obecně jako veškerá hmota organického původu, která „naroste na poli nebo v lese“, nicméně dle vědecky uznávaných definic se jedná o veškerou hmotu biologického původu. To znamená, že biomasa má široké odvětví druhů zahrnujících dendromasu (dřevní biomasu), fytomasu (bylinná biomasa) a biomasu živočišného původu.

Jedním z důvodů, proč se o biomasu zajímá mnoho lidí, je její nevyčerpatelnost jako zdroje energie. V budoucnu se očekává nahrazení velké části neobnovitelných zdrojů právě biomasou. V dnešní době známe mnoho nedostatků, které neumožňují rychlé rozšiřování využití biomasy v energetickém průmyslu. Mezi tyto nedostatky patří např. problémy s dodávkami, nízká účinnost, neukončený vývoj některých zařízení, cena a skladovací prostory. Podíl uplatnění biomasy na celkové spotřebě je doposud velice malý. Z hlediska ochrany životního prostředí je biomasa velice příznivá v porovnání s jinými zdroji energie. Je považována za CO<sub>2</sub> neutrální, jelikož při fotosyntéze spotřebuje přibližně stejné množství této látky, jaké vzniká při spalování. Využitím biomasy pro výrobu tepla a elektřiny se vytvářejí další příznivé faktory, které snižují dovoz ušlechtilých paliv, využívají devastované půdy a přebytky zemědělské půdy, vytvářejí nová pracovní místa a v neposlední řadě přispívají ke zlepšení ekologie a ekonomie regionu (Ochodek a kol.)

Plodiny, které lze využívat pro energii jsou uvedeny v Příloze k nařízení vlády č. 80/2007 Sb. Rostlinná biomasa má pozitivní vliv na globální ekosystém. Základní proces probíhající v přírodě je fotosyntéza. Fotosyntéza zajišťuje vazbu vody, sluneční

energie a CO<sub>2</sub> při vzniku složitějších organických látek. Uhlík je ukládán v rostlinné biomase a po spálení se dostává zpět do atmosféry, odkud může být znova využit. Velikou výhodou je obnovitelnost biomasy. V dnešní době není tak silný tlak na zakládání energetických lesů, protože máme ještě dostatek fosilních paliv (Celjak, 2008).

## **5.1. ROZDĚLENÍ BIOMASY**

Kohout a kol. (2010) dělí biomasu do tří skupin podle využitelnosti a pěstování na zemědělskou, lesní a zbytkovou. Murtinger (2007) dělí biomasu na suchou a mokrou dle obsahu vlhkosti. Suchá biomasa nepřekračuje vlhkost 40 % a je ji možné po vysušení spalovat. Vlhká biomasa má vlhkost větší než 40 % a bývá nejčastěji využívána k výrobě biopaliv.

### **5.1.1. ZEMĚDĚLSKÁ BIOMASA**

Je stanovena vyhláškou č. 482/2005 Sb. ve skupině 1, 2 a můžeme ji rozdělit na:

- cíleně pěstovanou biomasu
- biomasu obilovin, olejnin a přadných rostlin
- trvalé travní porosty
- rychle rostoucí dřeviny pěstované na orné půdě
- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny

Stále častěji se začíná projevovat výskyt prudkých přívalemých dešťů, bouřek a vichřic. Následkem toho mohou být povodně, které se vyskytují i na místech dříve zcela nečekaných, často na místech malých potoků. Tyto povodně jsou následkem „bleskových“ bouřek doprovázených vydatným deštěm. Tento prudký déšť zapříčiní drastické splavení ornice. Nejhorší dopady se projevují na pozemcích, kde se nevyskytoval zapojený vegetační kryt. Ornice v kombinaci s vodou se promění v bahno a zasahuje komunikace, ale i vnitřky budov. Další nezanedbatelné škody vznikají na polích odplavením nejcennější složky půdy.

Pro zadržení vody v krajině je zapotřebí začít přímo na polích. Pro snížení vodní eroze je důležitým faktorem volba vegetačního krytu, a to zejména v kopcovitém terénu. Nevhodné jsou plodiny jednoleté, kde je zapotřebí často hluboká orba.

Pěstování takových plodin se promítlo i do novely „Zemědělského zákona“, kde jsou určeny svažitosti terénu, kde lze tyto plodiny pěstovat. Pro omezení eroze ve svažitých terénech mají největší význam plodiny, které vytvářejí brzy z jara plně zapojený, hustý porost. V České republice se k omezení eroze na svazích volí nejčastěji zatravnění. Problémem však je jak tuto trávu využít s ohledem na úbytek skotu. Naproti tomu v ČR chybí produkce „energetických „ plodin. Ty mohou zásadním způsobem zlepšit stabilitu svahů a snížit erozi (Petříková, 2009).

Přínosem zemědělské biomasy je tedy zadržování vody v krajině a efektivní využívání přebytků ze zemědělské výroby. Je také výhodná v místech s nevyužitou technikou a v oblastech s vysokou nezaměstnaností.

### **5.1.2. LESNÍ BIOMASA**

Je stanovena vyhláškou č. 482/2005 Sb. ve skupině 3. Lze ji rozdělit na:

- palivové dřevo
- zbytky z hospodaření v lesích

Jako palivo může být využita dendromasa z dřevařského průmyslu a z lesnické činnosti jako jsou např. probírky, prořezávky nebo odřezky z pilnic. Lesy v ČR jsou historicky využívány zejména jako hospodářské. Hlavním principem je trvale udržitelné hospodaření, ochrana životního prostředí a ochrana přírody.

### **5.1.3. ZBYTKOVÁ BIOMASA**

Zbytkovou biomasu ustanovuje vyhláška č. 482/2005 Sb. ve skupinách 4 a 5. Tvoří ji vedlejší produkty a zbytky z:

- papírenského průmyslu
- potravinářského průmyslu
- průmyslu zpracování dřeva
- živočišného průmyslu
- ostatního průmyslu
- biologicky rozložitelný odpad
- lihovarnické výpary

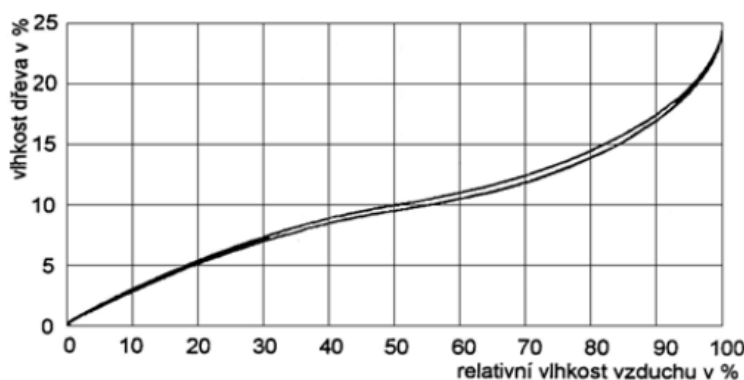
Tato biomasa se dá využít jako palivo. Z největší části je tvořena dřevní hmotou z těžby dřeva, probírek atd.

## 6. SUŠENÍ BIOMASY

Abychom pochopili proces sušení, musíme vědět, že voda se ve dřevě vyskytuje ve třech formách, a to jako voda volná, vázaná a chemická. Při vysychání vody volné nedochází ke změně rozměrů. Jedinou věc, kterou výrazně ovlivňuje, je hmotnost. Dřevo začíná měnit rozměry až při sorpci nebo desorpci vody vázané. Tato voda je vázána vodíkovými můstky na hydroxilové skupiny  $\text{OH}^-$  amorfni části celulózy a hemicelulózy. Pokud se vlhkost ve dřevě snižuje, rozměry se zmenšují. Naopak při nabírání vlhkosti dřevo bobtná a rozměry se zvětšují. V každém směru mění dřevo své rozměry v jiném poměru. Pokud seřadíme směry tangenciální, radiální a axiální je tento poměr 20 : 10 : 1. To je dáno vlastností, které říkáme anizotropie. Stav, kdy jsou buněčné stěny nasyceny vodou a mezibuněčné prostory jsou bez vody, se nazývá mez hygroskopicity, neboli mez nasycení vláken. Tato hodnota kolísá dle druhu dřeviny od 23 % do 35 %. Čerstvě poražený strom má vlhkost cca 100 % +/- 20 % v závislosti na druhu dřeviny a ročním období. Může však dosahovat hodnot až 200 %. Dále je ve dřevě obsažena chemicky vázaná voda, kterou nelze odstranit sušením. Jedinou možností, jak ji dostat ze dřeva, je spálení. Celkové množství této vody představuje 1 – 2 % sušiny dřeva.

Dřevo jako hygroskopický materiál má schopnost vodu z okolního prostředí přijímat nebo odevzdávat. Mezi další schopnosti dřeva patří to, že dokáže měnit svou vlhkost podle relativní vlhkosti vzduchu (Zárybnická, 2011). Pro ukázkou dubové dřevo má rovnovážný diagram mezi relativní vlhkostí vzduchu a vlhkostí dřeva při teplot 20 °C, jak můžeme vidět na následujícím grafu. Ostatní druhy dřeva mají podobný vztah.

Graf č. 3 – Závislost dřeva na relativní vlhkosti vzduchu



Převzato z: Mikšátko

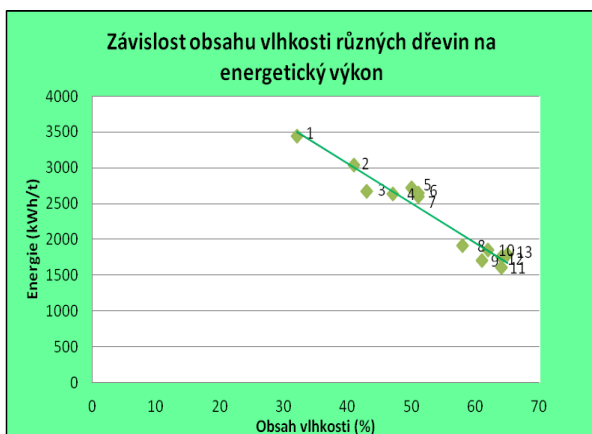


Sušení může mít negativní vliv na mechanickou pevnost dřeva. Účinky zvýšené teploty při sušení může vést až k degradaci dřeva. Podle Shahverdi a kol. (2012), sušení ovlivňuje vlastnosti dřeva třemi způsoby.

- Přímí účinek ztráty vlhkosti
- Přímí účinek teploty
- Výskyt vnitřních pnutí a deformací.

Vysoušení biomasy je zásadní součástí výrobního procesu. Při spalování biomasy s vysokým obsahem vody dochází k odpařování vodních par, které ochlazují kotlové zařízení a tím výrazně zhoršují podmínky pro funkční spalování. Zkondenzovaná pára reaguje se složkami uhlíku a dehtuje, což má velice negativní vliv na efektivní tepelnou výměnu. Také snižuje tepelný výkon kotle a může ochladit kotlové těleso až na mez, kdy se zcela zastaví proces hoření. Proto je účelné zbavit biomasu před spalováním obsahu vody na přijatelnou mez (Utěšil, 2009).

Graf č. 4 – Vliv sušení na energetický výkon



Tab. č. 3 – Vliv sušení na energetický výkon

Pořadí	Druh	Vlhkost (%)	Energie (kWh/t)
1	JS	32	3448
2	JVK	41	3044
3	BR	43	2668
4	DB	47	2635
5	MD	50	2722
6	DG	51	2596
7	MD(hybrid)	51	2653
8	JM	58	1915
9	SM(sitka)	61	1705
10	JD	62	1855
11	TP	64	1610
12	Cipřišek	64	1755
13	SM(ztepilý)	65	1787

Převzato z: Wood as Fuel, Biomass Energy Centre

Graf ukazuje rozdílné výhřevnosti různých druhů dřevin při pokácení. Můžeme vidět, že změny ve výhřevnosti mezi druhy jsou způsobeny množstvím vody, která se přirozeně ve dřevinách vyskytuje při pokácení. Čerstvé pokácené topolové dřevo má asi poloviční výhřevnost než jasan. Pokud jsou však obě dřeviny vysušeny na stejný obsah vlhkosti, mají velmi podobnou výhřevnost při stejné váze.

Sušení je také prostředek jak dosáhnout dlouhodobé skladovatelnosti. Ve Finsku a ostatních severských zemích lze sušit dřevo po sklizni venku, kde dosáhne vlhkosti 40 %. Po delší době se vlhkost sníží a ustálí na hodnotě okolo 25 %, což je hodnota, kdy je zabráněno napadení dřeva plísněmi a hmyzem (Prokkola a kol, 2014). Při zpracování surovin na bázi dřeva vychází většina používaných technologií ze dvou základních postupů. Při první z nich je nejdříve čerstvá surovina zpracována na dezintegrovanou surovinu a poté sušena a dále zpracována. Nevýhodou tohoto postupu je vyšší energetická náročnost sušení a veliké riziko výskytu biodegradabilních procesů v případě pomalého či nedostatečného vysušení na bezpečnou hodnotu. Druhá alternativa využívá většinou samovolného vysychání v posklizňovém období. K desintegraci a dalším technologickým postupům dochází až po vyschnutí na požadovanou hodnotu. Jako nevýhoda se ukázala časová a logistická náročnost a fakt, že tyto suroviny je zapotřebí dosušet. Z hlediska ekonomické a energetické náročnosti je zapotřebí posoudit energetickou a časovou bilanci sušení v závislosti na parametrech ostatních souvisejících operacích (Hrabánek, 2010).

Ve Virginii bylo prokázáno, že po čtyřech měsících sušení v terénu se vlhkost pohybovala okolo 29 %. Čistá energetická hodnota se zvýšila až na 50 % (Jackson a kol., 2010). Stokes (1987) stanovil základ pro sušení dřevin na jihu USA. Bylo konstatováno, že vlhkost borovice se stabilizuje asi po 50ti dnech, tvrdé dřevo s menší hustotou po 30ti dnech a tvrdé dřevo s vyšší hustotou po 40ti dnech. Po uplynutí této doby byl obsah vlhkosti u borovice 37 %, 33 % pro nižší hustotu a 32 % pro hustotu vyšší. Toto zpracování je velice důležité z hlediska nákladů na dopravu a účinnosti při spalování. Za předpokladu, že celková nosnost zůstane stejná, zde bude více dřeva a méně vody. Tím se sníží náklady na dopravu na jednotku dřeva a zvýší se výhřevnost. Jiná studie se zabývala drcením dřevní hmoty a tím i možností urychlení vysychání. Studie zjistila, že drcení je dobrý prostředek na urychlení vysychání avšak jen za předpokladu, že nebude přítomen déšť (Sirois a kol., 1991). Při sušení štěpky z březového dřeva se prokázalo, že obsah vlhkosti je v horní, střední i spodní vrstvě přibližně stejný. Při porovnání dřevní štěpky a dřevních svazků se ukázala výrazně vyšší ztráta výhřevnosti a sušiny u dřevní štěpky. Také změna obsah uhlíku je u dřevní štěpky o něco vyšší než ve svazcích (Afzal a kol., 2009). Nadměrné srážky

a nízké teploty brání také účinnosti transpirace a tím i rychlosti vysychání. Pokud budeme chtít využít transpiraci na podzim a v zimě v oblastech mírného pásu, může se stát, že bude tato výhoda transpiračního vysychání ztracena. (Jackson a kol., 2010).

V rámci jednotlivých kmenů se v hromadě stává vlhkost kmenů po letní měsíce homogenní. V hromadě kmenů je sušení jednotné s výjimkou kmenů na vrcholu, který tvoří pouze malou část stohu. Krýt hromady není nutné. Dobré výsledky ukázaly, že sušení ve velkých hromadách je nízkonákladová metoda sušení. Snižování nákladů může být dosaženo tím, že se sníží výrobní náklady, náklady na dopravu a náklad na přeměnu energie. Náklady na dopravu činí 10 – 20 % z celkových nákladů v závislosti na časovém rozpětí sklizní a přeměně energie. V případě, že časové rozpětí je menší než půl roku, je kombinace štěpkování a konvekčního sušení levnější. Pokud se toto časové rozpětí pohybuje od půl do jednoho roku, je výhodnější provést sklizeň kmenů v kombinaci s přirozeným sušením. Výhodou kmenů je možnost jejich dlouhodobějšího skladování (Gigler a kol., 2000). Souček a kol. 2008 navrhli a sledovali průběh sušení v sušárně, kdy docílili dobrého vysušení v krátké době, nicméně za cenu značné energetické náročnosti (Souček a kol. 2008). Ekonomické hledisko dosoušení řešil například Sladký, který zjistil, že umělé dosoušení a další ekonomické náklady znamenají bez dotací dočasnou neschopnost paliva z topolů konkurovat hnědému uhlí (Sladký, 2004).

## **6.1. METODY SUŠENÍ PO SKLIZNI**

V dnešní době známe mnoho způsobů, jak dřevo vysušit. Mezi speciální postupy patří například využívání chemikálií, solární energie, vysokofrekvenčních generátorů atd. Nejčastějšími metodami je však pasivní sušení pomocí vzduchu a sušení v sušárnách (aktivní sušení) (Bousquet, 2000).

### **6.1.1. PASIVNÍ SUŠENÍ**

Jedná se o nejlevnější metodu, která vyžaduje minimální vybavení a vloženou energii. To vše však za cenu času, který je v tomto případě několikrát vyšší. Tato metoda je využitelná pokud nám stačí dosáhnout vlhkosti v rozmezí 25 – 30 %. Pro další snížení musí být použita některá z aktivních metod sušení. Pro velkou část spalovacích systémů je tato hodnota plně dostačující. Pokud však chceme tuto

biomasu využívat například pro výrobu pelet, není tato vlhkost vhodná. Malá kulatina a větve by měli být naskládány na podvalech, aby nedocházelo ke kontaktu s podkladem. Celá kopa by měla být umístěna na osluněném místě, kde je dostatek proudícího vzduchu. Před deštěm bychom měli kopy chránit voděodolnou polopropustnou příkrývkou, nicméně nejdůležitějším faktorem je dobré proudění vzduchu, jak píše Hrabánek ve své bakalářské práci. Na stránce [www.topolyjc.cz](http://www.topolyjc.cz) se však uvádí, že na rychlost a efektivnost nemá vliv fakt, jestli je hromada pod střechou nebo nikoliv. Vlhkost z dešťových srážek vysychá rychle. Doba sušení je závislá na materiálu, ale i na podmínkách, ve kterých se hromada skladuje.

### **6.1.2. AKTIVNÍ SUŠENÍ**

Toto odvětví je specifické tím, že vyžaduje vstup energie z vnějšího zdroje pro urychlení procesu sušení a snížení celkové vlhkosti. Využívání této energie je spojeno s dodatečnými náklady a navýšením vložené energie. Čím větší plocha je vystavena proudění vzduchu, tím lepších výsledků dosáhneme. Proudění vzduchu bývá zajištěno ventilátory často s přidaným ohřevem vzduchu. K ohřevu může být použito nevyužitě teplo z různých procesů, nebo přímá vytápěcí jednotka.

### **6.2. REDUKCE VLHKOSTI PŘED SKLIZNÍ**

Pro snížení vlhkosti před sklizní můžeme využít mechanické narušení kůry. To se provádí odstraněním úzkého prstence kůry, kterým narušíme i kambium. Následkem toho je zabránění rozvodu vody a živin z půdy. Následná ztráta vlhkosti vede k odumření stromu, což umožňuje jeho skácení s nižším obsahem vlhkosti ve dřevě. Další možností je chemická probírka. Chemická probírka spočívá v podávání vhodné chemikálie do malého zářezu na kmene stromu, což může vést k jeho uschnutí (Hrabánek, 2010).

## 7. PALIVO Z BIOMASY

Velice důležitou potřebou pro lidstvo je vytápění budov. Zvyšováním cen plynu a elektřiny se topení stále více prodražuje. Lidé se tedy v mnoha případech vracejí k tradičnímu vytápění dřevem nebo uhlím. Vytápění uhlím je však nežádoucí z důvodu znečišťování ovzduší ve vysoké míře. Dlouhou dobu se snažíme prosadit používání biomasy pro vytápění budov a výrobu elektřiny. To se ovšem nedaří v takové míře, v jaké bychom chtěli. Ve velkých elektrárnách a teplárnách je nejčastěji z biomasy využívána dřevní štěpka nebo sláma. Pro vytápění menších celků jako jsou rodinné domy, je nutné biomasu upravit na vhodnou formu, která je přijatelná pro manipulaci (Usták, 2006; Petříková, 2007)

### 7.1. TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY KUSOVÉHO DŘEVA

Tato část byla vypracována na základě článku Ing. Jana Tůmy, " Proč topit dřevem a jak se při jeho přípravě nenadřít?" Kusové dřevo je nejčastější formou biomasy využívané pro vytápění rodinných domů. Jak je z názvu patrné, je zapotřebí dřevo nařezat a naštípat na kusy o velikosti takové, aby se pohodlně vešly do konkrétního typu kotle či konkrétních kamen.

Pro řezání dřeva lze využít:

- ruční pily;
- motorové pily;
- kolébkové pily.

Ruční pily používáme v případě, že dřeva nepotřebujeme velké množství, nebo si chceme udržet svou fyzickou kondici. Příprava dřeva ruční pilou zabere spoustu času. Z tohoto důvodu je vhodnější využití motorové pily na krácení klád. K dobrým pomocníkům patří také klešťové pily vhodné pro krácení větví.

Pro štípání dřeva lze využít:

- sekery;
- štípačky.

Sekera patří mezi tradiční nástroj pro přípravu štípaného dříví. V dnešní době je nepřeborné množství výrobců avšak k jednomu z nejlepších patří jednoznačně značka

Fiskars. Štípačky se dělí na horizontální a vertikální. Vertikální bývají silnější a slouží k štípání větších kusů. Pracovním nástrojem štípačky je pohyblivý klín.

## **7.2. VYTÁPĚNÍ KUSOVÝM DŘEVEM**

Vytápění kusovým dřevem je doporučováno pro výkon od 5 do 16 kW v kombinaci s jiným ušlechtilým zdrojem. Topné oleje a elektrická energie sem na první pohled nepatří, ale pro výkony které jsou zde popsány, jde o poměrně nízkou investici do těchto topidel. Pokud je hlavním zdrojem vytápění dřevo, pohybuje se celková cena za topnou sezónu od 15 000 do 25 000 Kč pro rodinný dům. Při kombinaci paliv získáme také vyšší komfort. Doplnkové palivo zajistí temperování bytu v době dovolené apod.

Pro výkon nad 15 kW není dřevo doporučováno. Je to hlavně kvůli náročnosti obsluhy těchto kotlů. Na 1 kW výkonu je zapotřebí cca 0,25 kg dřeva. Při tepelné ztrátě 25 kW je spotřeba dřeva okolo 6 kg za hodinu. Při plném výkonu je tak denní spotřeba 75 kg dřeva, které je třeba nanosit (Verner, 2007).

## **7.3. TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY DŘEVNÍ ŠTĚPKY**

Dřevní (lesní) štěpka je strojně nakrácená a nadrcená dřevní hmota na částice o velikosti od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby, průmyslového zpracování dřeva nebo z rychle rostoucích dřevin. Jedná se o levné biopalivo určené pro vytápění větších budov. Dle kvality ji dělíme na zelenou, hnědou a bílou. Štěpku lze využívat ve vyšší výkonové škále kotlů a kamen. Obsah vody z pilařských odpadů je kolem 45 %, z truhlářské výroby kolem 15 %. Výhřevnost se tedy pohybuje od 9 do 16 MJ/ kg.

Ochodek a kol. (2007) rozděluje štěpkovače podle sekacího mechanismu na:

- diskové štěpkovače – Tento druh je nejrozšířenější, nejvýkonnější a vyznačuje se i kvalitou štepky. Nože jsou umístěny na rotujícím disku.
- bubnové štěpkovače – Nože jsou umístěny po obvodu rotujícího válce a štěpkovač funguje na principu hoblovačky. Je vhodný pro menší suroviny.
- šroubové štěpkovače – Využívají se pouze pro malé štěpkovače.

Důležitým kritériem štěpkovačů je jejich konstrukce a maximální přípustná tloušťka zpracovatelné hmoty. Předpokládaný výkon se pohybuje od 3 m<sup>3</sup>/hod s maximálním průměrem 6 cm až po 6 m<sup>3</sup> a tloušťce 15 cm. Výkon je ovlivněn rychlostí podávání stromů do štěpkovače (Kravka a kol., 2012).

Pro skladování je zapotřebí díky její nízké objemové hmotnosti prostornější sklad nebo velkoobjemové silo. V případě instalace kotle na dřevní štěpku do rodinného domu je zapotřebí počítat s prostorem pro min. 50 m<sup>3</sup> štěpky. Ve skladech je nutné zajistit provětrávání. Palivová štěpka má vyšší obsah vody a je náchylná na plesnivění a zapaření. V uzavřených místnostech by mohlo dojít i k samovznícení. Příkládání štěpky je nejčastěji řešeno šnekovým dopravníkem popř. pomocnými hrably (Stupavský, 2010).

#### **7.4. KATEGORIZACE DŘEVNÍ ŠTĚPKY (Stupavský; Holý, 2010)**

Dřevní štěpku lze třídit podle mnoha kritérií. Například můžeme štěpku dělit podle vlhkosti, výhřevnosti, velikosti částic, zdroje dřevní hmoty atd.

##### **7.4.1. DĚLENÍ PODLE PŮVODU MATERIÁLU**

- **Lesní štěpka ze zbytků lesní těžby** – jedná se o ponechané zbytky na zemi po těžbě a o nadbytek produkce, která se nevyužije. V některých zemích nejsou tyto zbytky vůbec využívány. Obsah vody ve štěpce po těžbě činí více než 55 % a celková hmotnost kubického metru dosahuje až 300 kg. Po vysušení hmotnost i vlhkost výrazně klesne.
- **Dřevní štěpka ze zbytků z průmyslového zpracování dřeva** – jedná se zejména o odpad z průmyslového zpracování (pilařská výroba). Obsah vody bývá okolo 45 %. U truhlářské výroby je vlhkost štěpky značně nižší, okolo 15 %. Výhřevnost se pohybuje v rozmezí 9 – 16 MJ/kg.
- **Dřevní štěpka z cíleně pěstovaných dřevin** – jde hlavně o pěstování různých druhů topolů a vrb na zemědělské půdě. Tímto způsobem je v ČR obhospodařováno asi 1500 ha půdy.

#### 7.4.2. DĚLENÍ PODLE ZPRACOVÁNÍ A KVALITY

- **Zelená štěpka** – Štěpka vyráběná ze zbytků po lesní těžbě. Vyrábí se z částí větví, listů a jehličí. Nejčastěji zpracovávána v syrovém stavu. Její vlhkost je vysoká.
- **Hnědá štěpka** – štěpka vyráběná z kmenů nebo jejich částí, odřezků, pařezů apod. Dřevní hmota není před zpracováním odkorněna, tudíž štěpka obsahuje kromě dřeva i části kůry. Pařezy a kořeny tvoří více jak 1/5 suché biomasy stromu. Dnešní technologie jsou schopny tyto části těžít a zpracovávat pro účely kvalitní štěpky.
- **Bílá štěpka** – štěpka vyráběná pouze z dřevních částí. Nenalezneme zde tedy žádné zbytky asimilačních orgánů ani zbytky kůry. Z tohoto důvodu je vhodná na výrobu dřevotřískových desek. Je možné ji využít pro energetické účely, ale je to velice nevýhodné.

#### 7.5. VYTÁPĚNÍ DŘEVNÍ ŠTĚPKOU

Verner (2007) doporučuje vytápění dřevní štěpkou pro automatické průmyslové kotle o výkonu od 90 do 10 000 kW. Jde sice o vysokou investici do kotlového tělesa, ale vzhledem k nízkým nákladům na palivo se investice brzy vrátí. Spalování štěpky pro kotle do 90 kW není doporučeno a to z důvodu dopravních cest, které jsou energeticky náročné a tím i provozně drahé. Jako příklad uvádí Verner kotel o výkonu 20 kW, kde se náklady na elektrickou energii spojenou s dávkováním paliva do kotle mohou rovnat nákladům na palivo.

#### 7.6. TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY BRIKET

Brikety jsou vyráběny lisováním dřevní drtě, nebo jiných rostlinných částí bez přidání lepidel nebo jiných pojiv. Nejčastějšími tvary jsou hranoly, válečky nebo šestistěny o průměru 40 až 100 mm a délky 300 mm. Podle zvoleného materiálu můžeme na trhu najít brikety ze dřeva, kůry, slámy, energetických plodin a také kombinace těchto možností. Briketováním vzniká nový typ paliva s výhřevností v rozmezí 12 až 18 MJ/ kg. Distribuce se provádí v pytlích o hmotnosti nejčastěji 10 kg nebo po paletách ve fóliích s hmotností 1000 kg. Objemová hmotnost se pohybuje okolo 1000 až 2000 kg/m<sup>3</sup>(Stupavský; Holý, 2010).



Obr. č. 4 – Dřevěné brikety balené ve folii



Převzato z: Stupavský; Holý, 2010

Obr. č. 5 – Briketovací lis HLK 50



Převzato z: Mazancová, 2009

Z mechanických vlastností jde u briket o objemovou hmotnost a mechanickou pevnost. Tyto parametry jsou závislé hlavně na použitém materiálu, jeho struktuře a obsahu vody plisovacím tlaku. Standardem, ze kterého se dá vyházet, je rakouská norma ONORM M 7135. Tato norma vyžaduje hustotu topných briket větší než 1 kg/dm<sup>3</sup>. Mechanickou pevnost briket charakterizujeme silou, která je potřebná k její destrukci (Mazancová, 2009).

### 7.7. VYTÁPĚNÍ BRIKETAMI

Z pohledu spotřebitele je třeba rozlišovat, k jakému účelu budou brikety využívány. Pro rychlé vytápění víkendové chaty lze doporučit brikety z měkkého dřeva s otvorem uvnitř, který umožňuje rychlejší zátop. Naopak pro stabilnější vytápění se vyplatí využít plné brikety nebo tzv. RUF brikety, které při použití tvrdého dřeva či kůry jako vstupní suroviny dávají pomalý a rovnoměrný žár s výdrží až 6 hodin žhnutí. Brikety je možné spalovat ve všech druzích kotlů, krbech i kachlových kamnech. Jsou ekologickou náhradou za uhlí, která tolik nekouří. Vzhledem ke své povaze jsou brikety z biomasy zcela čistý a obnovitelný zdroj energie. Díky své trvale nízké vlhkosti se jejich výhoda projeví nejvíce při použití ve zplyňovacích kotlích. Při dokonalém hoření vzniká jen malé množství CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O a jen nepatrné množství škodlivin. Také vznikne malé množství popela (asi 1 %), což představuje asi 10 kg popela na 1 tunu briket. Takto vzniklý popel obsahuje velké množství živin a důležitých stopových prvků, proto je vhodný např. na přihnojování zahrad (Stupavský; Holý, 2010).

## **7.8. TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY PELET**

Pelety jsou drobné granule tvarované na lisech. Z laického pohledu můžeme dřevní peletu popsat jako slisovaný váleček čistých pilin bez kůry. Žádné jiné příměsi by neměl obsahovat. To z důvodu, že slisované piliny drží pohromadě díky tlaku a teple. Také pomáhá lignin, který funguje na principu přírodního lepidla. S jinou příměsí by pelety samovolně nedržely. Nejčastější průměr je 0,8 – 1 cm a délka od 1 do 3 cm (Petříková, 2007).

Kvalitní dřevní peleta by měla být světlá a na první pohled jednobarevná. Neměla by se drolit, to by ukazovalo na nekvalitní výrobek. Pokud však chceme zajistit opravdu kvalitní pelety bez rizika, musíme hledat certifikát. U dřevních pelet se jedná o označení ENplus. Toto označení je rozšířeno po celém světě včetně České republiky. S ENplus dostává zákazník stále stejnou kvalitu, kterou hlídají přísné normy. V České republice se pod ENplus vyrábí cca 70 % všech dřevních pelet. U nekvalitních pelet musíme počítat se špatným spalováním. Obsahují totiž velké množství popela, kůry a průmyslových lepidel (Stupavský, 2013).

## **7.9. VYTÁPĚNÍ PELETAMI**

Pro vytápění peletami byly vyrobeny speciální kotle s dávkovači pro automatické přikládání. Jedná se o pohodlné vytápění blížící se vytápění plynem. Lze tyto kotle využívat i bez dávkovačů, ale ztrácíme výhodu pohodlí (Petříková, 2007).

Před koupí automatického kotle je vhodné zkontrolovat daný výrobek z pohledu legislativy (zákon o ochraně ovzduší). Technologické stupně kotlů na tuhá paliva rozdělují emisní třídy stanovené ČSN 303- 5. Každý kotel na tuhá paliva uvedený na trh musí být zařazen do emisní třídy. V legislativě narazíme na 5 emisních tříd, z nichž 1. emisní třída vykazuje nejhorší parametry a 5. emisní třída je naopak technologický vrchol. Od 1. 1. 2014 byl ukončen prodej kotlů emisní třídy 1. a 2. A do 1. 9. 2022 by se tyto kotle neměly využívat. Prodej kotlů s emisní třídou 3. by měl být ukončen k 1. 1. 2018. Čtvrtá a pátá emisní třída je bez omezení (Stupavský, 2013).

## 8. TRANSPORT

Velká část biomasy má tendenci mít relativně malou hustotu energie na jednotku objemu ( $\text{GJ}/\text{m}^3$ ) nebo hmotnosti ( $\text{MJ}/\text{kg}$ ) ve srovnání s fosilními palivy. Zdroj biomasy bývá často rozptýlen na velkých plochách, což vede k vysokým nákladům na sběr. Náklady na dálkovou nákladní dopravu mohou být minimalizovány v případě, že biomasa pochází např. z pily, kde je koncentrována na jednom místě.

Pro příklad se dá uvést náklad dřevní štěpky vyrobené z čerstvě sklizených stromů z plantáže na kamion. V době sklizně mají stromy minimálně 50 % vody, takže v případě, že nákladka vážila 20 tun, tak 10 tun je sušina a 10 tun voda obsažená v biomase. Pro spalování náklad obsahuje okolo 15 GJ dostupné energie. Když nenaložíme nákladku o stejném objemu, ale z materiálu vysušeném na vzduchu (cca 20 % obsahu vlhkosti), pak bude hmotnost nákladu 12,5 tuny, z toho 10 tun sušiny a 2,5 tuny vody. Energický obsah nákladu tedy stoupne na 175 GJ a nákladka se stává lehčí pro dopravu. Pokud by měl kamion maximální užitečné zatížení 20 tun, tak původní velikost zatížení by byla omezena váhou, nikoliv objemem (IEA Bioenergy, 2007).

Salman Zafar (2003) uvádí 4 faktory ovlivňující dopravu:

- Maximální rychlost dodávek biomasy
- Forma a objemová hmotnost biomasy
- Vlečná vzdálenost pro dopravu biomasy do zpracovatelského závodu
- Dopravní infrastruktura mezi bodem odeslání biomasy a zpracovatelským závodem

Doprava se zabývá primárně nakládáním, vykládáním a přepravou biomasy z místa původu biomasy na hlavní zpracovatelský závod nebo do biorafinerie. Mimo klasické dopravy kamionové a železniční jsou zde ještě další možnosti. Mezi ně patří nákladní čluny a potrubní doprava. Na výběr zařízení má veliký vliv fyzikální forma a kvalita biomasy. Nejlevnější formou je kamionová doprava, která je i dobře vyvinutá. S přibývajícím vzdáleností však její cena stoupá v poměru k železniční dopravě. Doprava potrubím je nejméně známá technologie. V budoucnu se však může stát nejlevnějším a nejbezpečnějším způsobem dopravy (Salman Zafar, 2003).

Nakládání a skládání je časově náročné a proto je zde možnost řešení pomocí kontejnerových přepravních systémů, které minimalizují čas nakládání a skládání tím, že odstraňují manipulaci s každým jednotlivým kusem a nahrazují jí manipulaci s nákladem jako celkem. Doba naložení kontejneru na nosič nepřesahuje 2 minuty. Tím se časové využití vozidla pro vlastní přepravní výkon značně zvyšuje. Naložení či složení kontejneru je možné na jakékoliv zpevněné ploše a to díky zařízení neseném na vozidle. Kontejnerový přepravní systém sebou přináší i další výhody jako snížení objemových ztrát, zvýšení kvality, využití kontejnerů jako mezioperační zásobníky atd. (Kára J., Adamovský R.). Pro zásobování tepelných elektráren jsou často využívány nákladní auta s návěsy typu walking floor. Jsou to návěsy s pohyblivou podlahou. U těchto vozidel je jednoduchá vykládka vozidel paliva, protože palivo je z přívěsu vytlačováno.

Před tím, než budeme biomasu přepravovat, bychom měli zvážit, která varianta pro nás bude nejlepší. Musíme brát v úvahu všechny faktory a nezapomenout na náklady spojené s nakládáním a vykládáním materiálu. Železnice většinou nebývá přímo v místě těžby biomasy, a proto při jejím využití je zde jako mezičlánek i kamionová doprava, čímž stoupají náklady na nakládání a vykládání.

Obr. č. 6 – Pohled do návěsu typu Walking floor



Převzato z: <http://www.cosca.org/walking-floor-trailer/>

## 9. SKLADOVÁNÍ BIOMASY

Skladovat biomasu je nezbytné kvůli její sezónní produkci a celoroční spotřebě. Vzhledem k relativně nízké energetické hustotě, kterou biomasa poskytuje, je skladování cenově náročné. U suché biomasy jako je štěpka, je vysoké riziko samovznícení teplem vznikající při bakteriálních procesech. Nejběžnějším způsobem, jak zabránit vzniku tepla, je pravidelný pohyb materiálu (Jandačka a kol., 2007).

Vlastností, kterou se biomasa odlišuje od ostatních druhů obnovitelných zdrojů energie, je možnost akumulace energie. Akumulaci obnovitelných zdrojů je možné využít pouze u přehradních vodních elektráren a biomasy. Vlastnosti, které komplikují skladování, jsou zejména:

- Proměnlivá a velká vlhkost
- Nízká energetická hustota
- Rozložitelnost houbami a plísněmi

Tyto vlastnosti často způsobují problémy při skladování. S nízkou energetickou hustotou souvisí problémy s kapacitou skladovacího prostoru. Napadení houbami a plísněmi způsobuje znehodnocení paliva a velké množství spor ve vzduchu může způsobit problémy lidem pohybujícím se ve skladu (Pastorek a kol., 2004).

V rámci řešení problematiky využití biomasy jako zdroj energie byl v laboratorních podmínkách stanoven vývoj obsahu mikroorganismů v dřevní štěpce v závislosti na obsahu vody a teplotě skladování. Výzkum byl realizován při třech různých vlhkostech a teplotách. Z výsledků je zcela patrné, že obsah vody v dřevní štěpce ovlivňuje zásadním způsobem kvalitu materiálu a výskyt rizikových faktorů působících na okolí včetně hygienických rizik. Nejvyšší koncentrace plísní byla naměřena při nejvyšším obsahu vody (65 %). Hodnoty se blížily 108 KTJ/g (kolonií tvořících jednotky na gram sušiny). Při vysokém podílu vody ve štěpce se nejvíce projevil vliv teploty prostředí na vývoj počtu plísní. Nejvyšší koncentrace byla zaznamenána u nejvyšší teploty (50 °C). Z těchto výsledků plyne, že skladování štěpky s vysokým obsahem vody po delší dobu je nevhodné. S výjimkou skladování v mrazu je obsah počtu plísní v porovnání se suchou štěpkou více než stonásobný. Pro skladování do 20ti dnů není nutné materiál sušit na extrémně nízké hodnoty. Při skladování po delší časový horizont se z hygienických rizik jeví jako žádoucí

skladovat materiál s co nejnižším obsahem vody bez ohledu na teplotu skladování (Vlhkost a kvalita uskladněné štěpky, 2015)

Abychom předešli těmto problémům, musíme dodržovat několik pravidel. Biomasa pro skladování musí být vysušena na vlhkost okolo 15 - 20 %. Skladovací prostory by měli být dobře provětrávané a to buď přirozeně, nebo nuceným prouděním vzduchu. U některých druhů biomasy lze provětrávání zajistit prohrabováním materiálu.

Tab. č. 4 – Měrný skladovací prostor

kůra (W 50 %)	0,390 m <sup>3</sup> . GJ <sup>-1</sup>
dřevní brikety (W 10 %)	0,047 m <sup>3</sup> . GJ <sup>-1</sup>
hnědé uhlí	0,062 m <sup>3</sup> . GJ <sup>-1</sup>

Tabulka č. 4 uvádí skladovací prostory, které jsou potřebné pro uskladnění jednotky energie v biomase. Jak je patrné, hodnoty jsou velice rozdílné (Pastorek a kol., 2004).

Méně hodnotná paliva nebo paliva hůře spalovatelná (štěpka, piliny) jsou ve většině případů spalovány ve větších spotřebičích. Pro pokrytí výkonu to znamená i velké skladovací prostory. Takové zdroje se instalují blízko center obcí, tudíž velké skladovací prostory nepřicházejí v úvahu. U těchto zdrojů jsou tedy skladovací prostory dimenzovány na přibližně 3 až 7 dní provozu.

Velikost skladovacích prostorů závisí na :

- Umístění zdroje
- Prostorových možnostech
- Dostupných financích na investici
- Možnostech zásobování palivem

Pelety jsou skladovány ve zcela odlišných prostorách. Jejich cena je vysoká, a proto musí být skladovány ve vhodných podmínkách. Pelety jsou využívány v kotlích s malým výkonem, tudíž mohou být dimenzovány na celé otopné období. Jsou 2 možné způsoby skladování. Pomocí speciální skladovací místnosti se zešikmenou podlahou nebo ve vacích. Do skladovacích prostorů se pelety nasypou pomocí otvoru, nebo jsou tam nafoukány pneumaticky. U vaků je systém doplňování jiný. Vaky se vymění kus

za kus. „BIG- BAG“ vak váží 1000 až 1200 kg a přepravován bývá nejčastěji na peletě. Jeden vak však na celou sezonu nestačí a proto musí být v průběhu vyměněn. Při skladování oběma způsoby je zapotřebí zajistit suché prostředí, aby nedošlo ke znehodnocení (Ochodek a kol., 2007).

Mnoho literatury popisuje, jak správně skladovat biomasu v různých formách. Málo se však dočteme o skladování kusového dřeva i přes to, že při této metodě dochází nejmenší ztrátě sušiny a to okolo 2 % za rok (Golser a kol, 2005). Jedním z důvodů je lepší proudění vzduchu mezi výřezy oproti hromadám se štěpkou. V Evropě jsou dva způsoby skladování výřezů pro energetické využití a vycházejí z různých metod soustředování dříví. V severních zemích se délka sortimentů pohybuje v rozmezí 2 - 6 m (Erber a kol., 2014), v jižních zemích 1 – 2 m (Manzone, 2015). Výhodou menších výřezů je možnost skladování v paletách a stohování pod přístřeškem. Větší výřezy jsou skladovány v klasických hráních. Při uskladnění na nezpevněných plochách hrozí zabuřnění, které podpoří podmínky pro plísně, houby a následnou degradaci výřezů.

## **10. ZPŮSOB PLACENÍ**

Je velice důležité, aby byl zajištěn spravedlivý způsob platby a výrobce získal přiměřený výnos za dodávku kvalitní biomasy, jelikož obsah každé dodávky se může lišit. Faktory, které se mohou lišit, jsou zejména výhřevnost, obsah sušiny, obsah půdních kontaminantů a cizích subjektů jako jsou například kameny atd. Z těchto důvodů nepostačuje pouhé zvážení kamionu při příjezdu s biomasou a poté zvážení prázdného kamionu. Často se liší obsah vlhkosti a je nepřijatelné platit za vodu ve dřevě. Jednou z možností spravedlivého stanovení ceny za dodávku je vzorkování přímo z kamionu. Provede se analýza, určí se obsah vlhkosti a další parametry v závislosti na způsobu budoucího využití biomasy. Na základě této analýzy se stanoví cena konkrétní dodávky společně s pokutou za vysokou vlhkost, kontaminaci cizími předměty atd. nebo se dodávka odmítne. Podmínky dodávky biomasy je zapotřebí smluvně dohodnout mezi dodavatelem biomasy a vlastníkem energetického podniku (Kára a kol., 2003).

## **11. METODIKA**

### **11.1. POPIS ZKOUMANÉ LOKALITY**

Lokalita se nachází u vlakového nádraží ve Vráži u Písku v Jihočeském kraji. Souřadnice lokality jsou 49° 39' 39" s. š., 14° 11' 71" v. d. Rozloha plantáže činí 0,6 hektaru. Na této ploše jsou vysázeny tříleté kořenáče japonských topolů. Nadmořská výška lokality je 435 m n. m. a průměrný roční úhrn srážek je 565 mm. Bonitovaná půdně ekologická jednotka (BPEJ) je zde 74702, což poukazuje na půdy s průměrnou produkční schopností a středním stupněm ochrany.

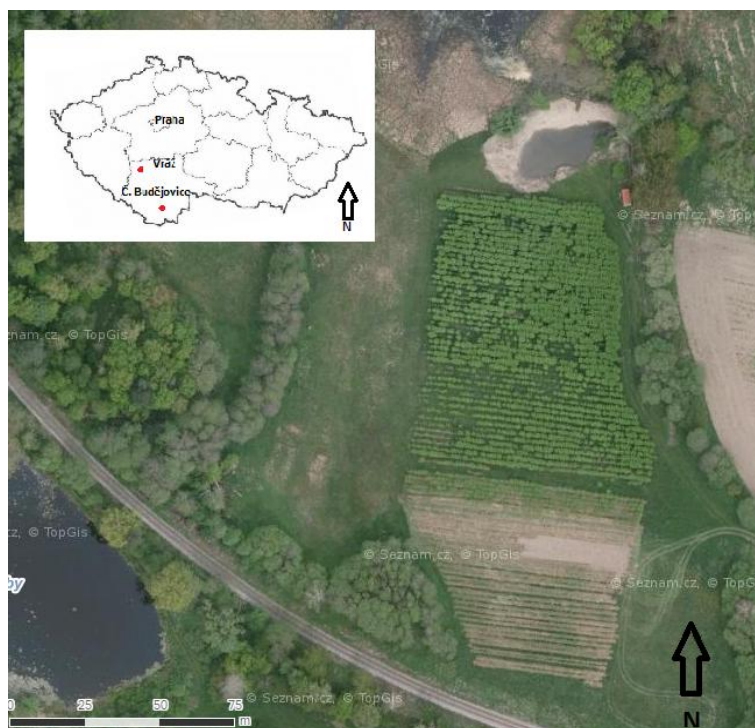
### **11.2. MĚŘENÍ NA LOKALITĚ**

Terénní práce ve Vráži byly provedeny dne 22. 3. 2015. Tento datum byl zvolen s ohledem na počasí, aby byly pupeny schopny narašit. Na plantáži byli vyhledáni jedinci, kteří byli později vyřezáni a využity pro výzkum. Jednalo se o 40 topolů, které rostly na jihovýchodním rohu plantáže. Tyto topoly byly na jaře vysázeny do volné půdy, na podzim vyorány a zakráčeny. Poté se teprve vysazovaly na plantáž, kde rostou třetím rokem. V průběhu růstu nebyly ošetřovány. Na některých jedincích je patrné mírné poškození srnčí zvěří. Hustota výsadby je 8000 ks/h a jsou sázeny v obdélníkovém sponu. Pro kácení byla použita akumulátorová pila a na odvětvení zahradnické nůžky. Kácení bylo prováděno těsně nad zemí a větve se odstříhávaly co nejbližší od kmene. K větvím se přidával i vrchol topolu do tloušťky 1,5 cm. Větve byly hned po ostříhání svázané a popsány bílým popisovačem. Kmen a svazek dostal vždy stejné číslo, aby nedošlo k záměně. Následně byly vzorky uloženy do kryté dodávky, aby při přesunu nedošlo ke znehodnocení a převezeny na lokalitu v Českých Budějovicích. Přesná lokalizace místa je 48° 98' 15" s. š., 14° 47' 71" v. d. Zde se z deseti jedinců odebraly vzorky na zjištění počáteční vlhkosti. To se provedlo v laboratoři FLD gravimetrickou metodou. Jako první krok se jednotlivé vzorky zvážily na váze s přesností na 1 g a hodnoty se zaznamenaly. V druhé fázi se vzorky vysušily při teplotě 103 °C (+2 °C). Po vysušení se opět zvážily a pomocí vzorce se vypočítala počáteční vlhkost. Dalším úkolem bylo odstranění pupenů u poloviny jedinců. Jelikož má Japonský topol dost přisedlé pupeny, tak nezbylo nic jiného než pupeny otrhat



ručně. To v budoucnu simulovalo nenarašené jedince. Vše bylo poté uloženo na dřevěné podvaly (viz obr. č. 8 v příloze) o výšce 15 cm a pravidelně po pěti dnech váženo. Ke konci se interval vážení prodloužil na 10 dnů. Místo uložení bylo 380 m n. m. Sklon se vyskytoval maximálně do 1 % a povrch byl dostatečně únosný bez vyšších travin a bylin. Kmeny a větve byly na hromadách, aby co nejlépe simulovaly sušení v podmínkách pěstitelů. Tyto hromady byly rozděleny podle toho, zda měly či neměly pupeny. Jelikož byla plocha pro sušení v okolí domů, tak nebyly hromady osluněny po celý den. Přímé sluneční záření se tedy vyskytovalo od poledních hodin až do cca tří hodin před západem slunce. Pro vážení byla využita digitální závěsná váha s přesností na 10 g. Před prvním vážením byla váha zkontrolována, jestli váží přesně. Na evidenci počasí byl využit přístroj Davis Vantage Pro 2 umístěný 1,5 km od místa vážení. Tento přístroj eviduje srážky, teplotu, vlhkost vzduchu, směr a rychlost větru a také vlhkost a tlak. Všechny tyto údaje ukládá a díky tomu lze potřebné informace odečítat později z vytvořených grafů.

Obr. č. 7 – Pohled na lokalitu (zdroj vzorků)



Zdroj: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

## 12. VÝSLEDKY

Prvním výpočtem, který se odvíjí od počátečních hmotností vzorků, byla jejich relativní vlhkost. Pro výpočet byl použit vzorec :

$$W_{rel} = \frac{m_w - m_0}{m_w} \cdot 100$$

Kde  $m_w$  je počáteční hmotnost vzorků a  $m_0$  je hmotnost absolutně suchého vzorku. Průměrná počáteční vlhkost z měřených vzorků byla 60,8 %.

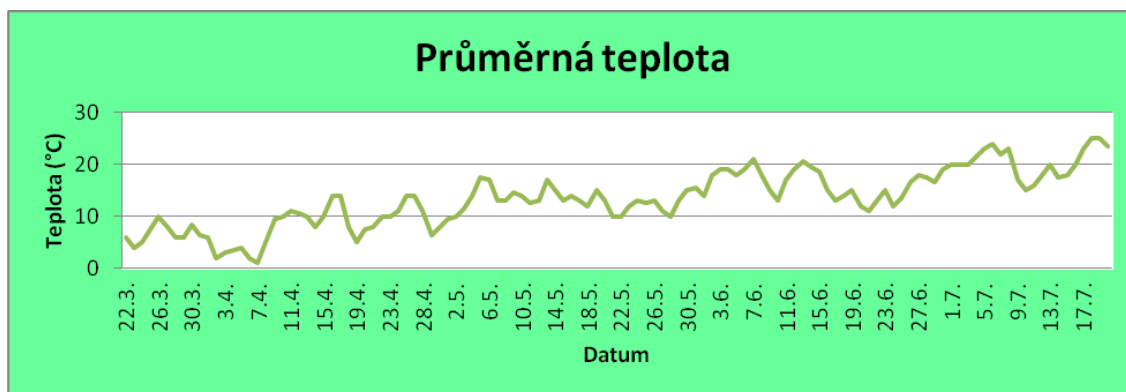
Dalším výpočtem bylo zjištěno, o kolik procent se snížila hmotnost vzorků od počátečního měření až po koncové měření v přirozených podmínkách a dále pak koncová vlhkost vzorků vypočítána jako (koncová hmotnost – sušina) / koncová hmotnost × 100.

Tab. č. 5 – Průměrná data o vzorcích

	m počáteční (kg)	m koncová (kg)	Snížení m (%)	Koncová vlhkost - vztaženo k poč. vlhkosti (%)
bez pupenů kmen	24,71	12,57	49,13	22,94
s pupeny kmen	25,05	11,64	53,53	15,64
bez pupenů větve	18,97	8,95	52,82	16,19
s pupeny větve	19,91	9,01	54,75	13,38

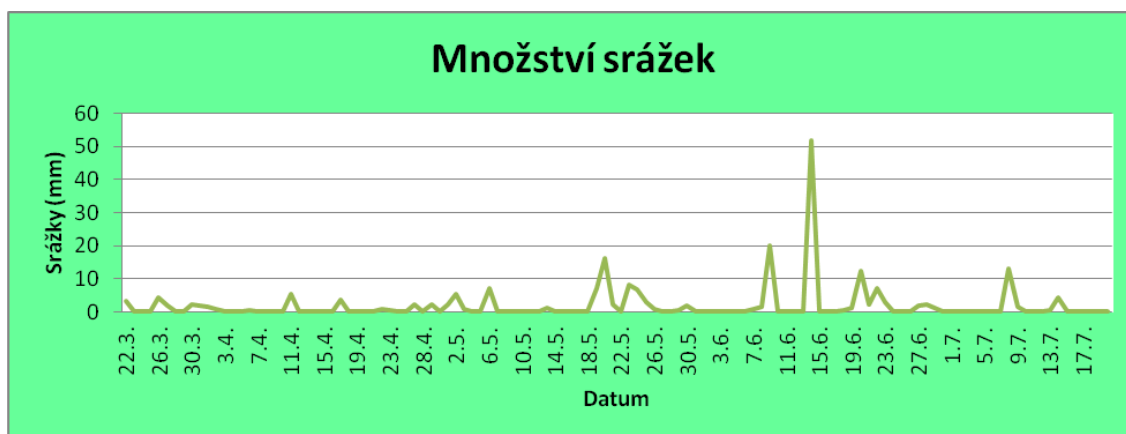
Po čtyřech měsících se snížila hmotnost průměrně o 52,56 %. Nejvyšší snížení bylo zaznamenáno u větvi s pupeny. Průměrná koncová vlhkost vztažená k počáteční vlhkosti byla 17 %. Nejnižší vlhkosti dosáhly větve s pupeny (13,4 %). Pro přirozené sušení je tato hodnota relativně nízká. Důvodem může být vážení vzorků v době oslunění, kdy ztrácí díky horku více vlhkosti. Největších rozdílů mezi jednotlivým měřením dosáhly vzorky po 14-ti dnech po pokácení. Naopak nejnižší rozdíly byly zaznamenány v období po dešti. U vzorků větví musíme brát také v úvahu, že mohly mít jinou počáteční vlhkost než kmeny, ze kterých se vlhkost počítala.

Graf č. 5 – Průměrná teplota na stanovišti



Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících vysychání dřeva je teplota. Na grafu vidíme rostoucí trend teplot v průběhu necelých čtyř měsíců. Dny se srážkami korelují se snížením teploty.

Graf č. 6 – Množství srážek na stanovišti



Pokud sledujeme graf srážek a hodnoty naměřené při vážení je patrné, že srážky mají výrazný vliv na hmotnost vzorků, tudíž i na vlhkost. V krátkém časovém intervalu se však hodnoty vracejí do normálu, z čehož plyne, že jde hlavně o povrchovou vodu, která se nedostává při krátkodobém dešti do celého vzorku.

Vzhledem k rozdílným hmotnostem jednotlivých vzorků se veškeré výpočty vztahují k relativním hmotnostem vztaženým k počátečnímu stavu, tj.

$$M_i = \frac{m_i}{m_0},$$

kde  $m_i$  je absolutní hmotnost v  $i$ -tý den měření a  $m_0$  je absolutní hmotnost na počátku měření.

Rozdíly mezi variantami s pupeny a bez pupenů byly poté porovnány pomocí Welchova testu. Jde o modifikovaný Studentův t-test, přesněji se jedná o dvouvýběrový t-test pro neshodné rozptyly, který zachovává předpoklad normálního rozdělení. Testová statistika je následující:

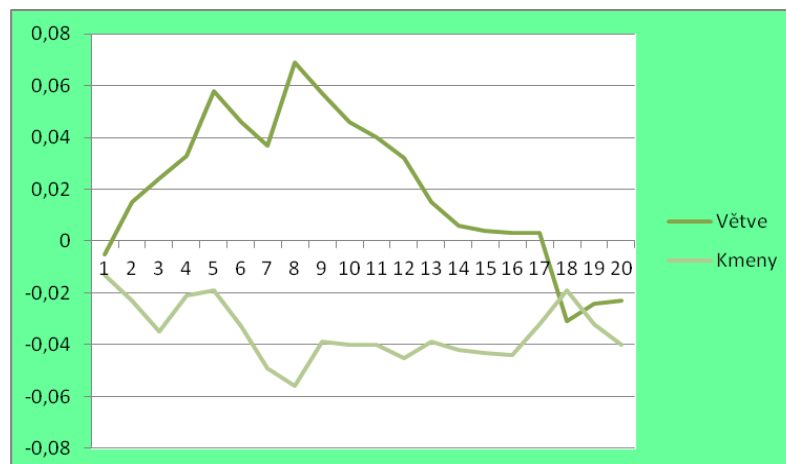
$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}}$$

kde  $\bar{x}_1$  je průměr prvního souboru,  $s_1^2$  je rozptylem a  $N_1$  je velikost souboru. Stupně volnosti jsou pak odvozeny pomocí Welch-Satterhwaiteho rovnice:

$$v \approx \frac{\left(\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}\right)^2}{\frac{s_1^4}{N_1^2 v_1} + \frac{s_2^4}{N_2^2 v_2}}$$

Kde  $v_1 = N_1 - 1$  je počet stupňů volnosti pro první odhad rozptylu a  $v_2 = N_2 - 1$  pro druhý odhad rozptylu. V tabulce č. 6 jsou zvlášť pro větve a kmeny uvedeny vždy v prvním sloupečku rozdíly mezi relativní hmotností vzorků s pupeny a bez pupenů. V druhém sloupečku je vždy dosažená hladina významnosti. Tyto rozdíly jsou pro přehlednost a lepší možnost porovnání vloženy i do grafu č. 7. Pokud by nás zajímalo porovnání jen v jeden konkrétní okamžik, byla by kritériem pro posouzení hladiny významnosti tradiční hodnota 0,05, pokud bychom hodnotili výsledky porovnání úhrnně pro celé období, bylo by zapotřebí aplikovat ještě Bonferroniho korekci a kritériem by byla hodnota 0,0024 (statisticky významné rozdíly v tomto případě jsou v tabulce č. 6 vyznačeny zeleně).

Graf č. 7 – Rozdíly v relativních vlhkostech



Tab. č. 6 – Rozdíly mezi jedinci s pupeny a bez pupenů

Měření č.	Větve			Kmen	
	rozdíl	p-value		rozdíl	p-value
1	-0.005	0.4412		-0.013	0.2804
2	0.015	0.1136		-0.023	0.0405
3	0.024	0.0625		-0.035	0.0047
4	0.033	0.0141		-0.021	0.1370
5	0.058	0.0002		-0.019	0.2101
6	0.046	0.0016		-0.033	0.0225
7	0.037	0.0168		-0.049	0.0012
8	0.069	0.0005		-0.056	0.0002
9	0.057	0.0024		-0.039	0.0052
10	0.046	0.0100		-0.040	0.0031
11	0.040	0.0069		-0.040	0.0051
12	0.032	0.0139		-0.045	0.0014
13	0.015	0.1749		-0.039	0.0042
14	0.006	0.5438		-0.042	0.0016
15	0.004	0.6307		-0.043	0.0011
16	0.003	0.6960		-0.044	0.0023
17	0.003	0.7515		-0.032	0.0231
18	-0.031	0.0109		-0.019	0.1509
19	-0.024	0.0058		-0.032	0.0258
20	-0.023	0.0188		-0.040	0.0020

V první polovině zkoumaného období se nachází úsek, v němž vzorky větví s pupeny mají vyšší relativní hmotnost než vzorky bez pupenů (významné hodnoty jsou vyznačeny zeleně). Postupem doby však dochází ke změně a ke konci období je relativní hmotnost vzorků s pupeny menší (při pohledu na jednotlivé případy významně).

U kmenů mají vzorky s pupeny v průběhu celého období hmotnost nižší, z velké části statisticky významně.

### 13. DISKUZE

Z počátečního vážení vzorků, vysušení a opětovného zvážení byla získána data pro výpočet počáteční vlhkosti. Po zprůměrování všech vzorků vyšla počáteční relativní vlhkost 60,8 %. Při měření v tuto roční dobu Weger a Bubeník (2014) naměřili podobnou hodnotu (59,4 %). Udávají však, že tato hodnota byla na duben o cca 6 – 8 % vyšší, což bylo zřejmě důsledkem teplého průběhu zimy. I Mitchell (1995) udává rozmezí vlhkosti při sklizni mezi 50 – 60 %. Na stejné plantáži stanovil Vlček (2013) v únoru vlhkost čerstvě pokácených stromů 55 %. Po cca 4 měsících sušení v přirozených podmínkách klesla relativní vlhkost průměrně na 17 %. Vzorky s pupeny klesly na první pohled výrazněji, než vzorky bez pupenů. To bylo z části zapříčiněno opadem uschlých listů, což se projevilo větším snížením hmotnosti. Manzone (2015) došel k závěru, že pro jižní země Evropy se suchým klimatem postačí 60 dnů sušení vyskládaného dříví, aby vlhkost klesla pod 20 %. Celjak (2008) vytvořili tabulku výhřevnosti dřevní hmoty pro klon J-104 v závislosti na obsahu vody. Předpokládáme-li, že námi zkoumaný klon J-105 bude mít obdobné vlastnosti, můžeme konstatovat zvýšení výhřevnosti cca o 9,5 MJ/kg. Gigler a kol. (2000) uvádí hlavní faktory, které ovlivňují sušení v přirozených podmínkách. Patří k nim hlavně relativní vlhkost vzduchu a teplota okolního prostředí. Na stránce [www.topolyjc.cz](http://www.topolyjc.cz) je v článku „Japonský topol – uskladnění a využití“ zdůrazněna zajímavost, že na rychlost a efektivnost vysušení nemá vliv fakt, zda je hromada pod střechem nebo na volném prostranství. To je zapříčiněno rychlým vysycháním vlhkosti z dešťových srážek. Toto tvrzení potvrzuje i Gigler a kol. (2000), který z výzkumu na vrbě zjistil, že v období dešťů se sice zvýší průměrný obsah vlhkosti, ale v krátké době po dešti se vrací hodnoty na stav před deštěm. Dešťové srážky přerušily proces sušení především po dobu několika hodin nebo dnů, ale vnitřní vlhkost zůstala skoro nedotčena. Gigler a kol. (2000) tento fakt odůvodňuje tím, že tenká kůra omezila zpětné navlhčování. Na grafech 9 – 12 v příloze můžeme vidět klesající trend hmotností všech vzorků po celou dobu měření. I při silném dešti nedošlo k výraznému nárůstu hodnot, jak je patrné na grafech.

V tabulce č. 6 jsou v první polovině zkoumaného období výrazně patrná místa, kde vzorky větví s pupeny mají vyšší relativní hmotnost než vzorky bez pupenů. V tento

okamžik vzorky s pupeny měly stále tendenci táhnout vodu pro následné vyvinutí listů a fotosyntézu. Po plném narašení listů však dochází k větší transpirační ploše a vzorky vysychají po dobu olistění rychleji. Transpirace probíhá pomocí průduchů, ochlazuje rostlinu a je součástí výměny plynů v rostlině. Snižuje také vodní potenciál buněk v listu a umožňuje osmotické nasávání vody z okolních buněk (Šír, M. a kol.). Rašení začalo probíhat druhý týden v dubnu (cca 2 týdny po pokácení) a úplné opadání listů skončilo první týden v červnu. Na vzorcích s pupeny a bez pupenů jsou výrazné rozdíly ve vysychání po dobu olistění. Prokázalo se tedy, že transpirace má vliv na vysychání dřeva japonského topolu *Populus maximowiczii* x *Populus nigra* Max 1-5'. Pokud bychom v tomto případě sušili biomasu pouze 2 měsíce, vyplatilo by se využít pupeny (listy) pro vytranspirování určité části vlhkosti ze dřeva. Při delším sušení se však hodnoty vyrovnávají a po delší době by vliv transpirace nebyl tolik patrný.

## 14. ZÁVĚR

Práce shrnuje informace o topolu *Populus maximowiczii* x *P. nigra* 'Max 1-5'. Přesněji je zaměřena na sušení a způsoby využití biomasy. Sušení se provádí hlavně kvůli zvýšení výhřevnosti. Pro energetické potřeby se využívá nejčastěji pasivní sušení, které je finančně nejméně náročné. Zastřešení není nutné, protože krátkodobé deště nemají výrazný vliv na vysychání. Sušení v přirozených podmínkách je tedy vhodná metoda, pokud máme dostatek času na vysušení. Sušení je také prostředek, jak dosáhnout dlouhodobé skladovatelnosti. Po čtyřech měsících se v podmínkách ČR v období od března do června snížila vlhkost vzorků na hodnotu 17 %. Tato vlhkost je pro energetické využití dostačující.

O dendromasu z RRD bude v budoucnu zájem, jelikož jsou z mnoha důvodů stále méně využívány naše zdroje fosilních paliv. Biomasa je perspektivní a obnovitelný zdroj, který v posledních letech nabývá na využitelnosti. Energie z biomasy je finančně přijatelná a šetrnější k životnímu prostředí. Spalování pelet nebo jiné formy biomasy je ekologické. Zvážíme-li však zpracování a transport biomasy, která předchází samostatnému spalování, je těžké určit ekologičnost této formy energie. Cena fosilních paliv roste, a to má za následek zakládání stále nových plantáží jak pro velkoodběratele, tak i pro vlastní potřebu. Biomasy lze vidět všude kolem nás, aniž bychom si uvědomovali, jakou energii v sobě ukrývá. Už od pradávna hrála významnou roli a to zejména ve formě spalování dřeva. Biomasa má veliký potenciál a proto se v budoucnu počítá s tím, že se stane ještě důležitějším zdrojem nejen tepelné energie. Biomasy lze zpracovávat mnoha způsoby a využívat jak ve formě pevné, tak i kapalné a plynné. Úprava biomasy je v mnoha případech finančně velice náročná a pouze díky dotacím jsou projekty pro investory finančně výhodné. Problém však nastane v době, kdy se průmysl s biomasou rozroste do takové míry, že dotace nebudou stačit a cena paliva půjde nahoru.

Plantáže RRD kromě své energetické funkce působí pozitivně i na krajinu. Při provozu plantáže se naskytují nové pracovní možnosti, což má pozitivní vliv hlavně v oblastech s vysokou nezaměstnaností. Porosty RRD také slouží jako biokoridory, úkryt pro živočichy atd. Plantáže snižují množství prachu v ovzduší, hlučnost a omezují jak



vodní, tak větrnou erozi. V období květu poskytují pastvu pro včely a v neposlední řadě mají i estetickou funkci.

U energetických porostů jsou zásadní produkční a energetické parametry. Pro produkční parametry je hlavní výška a tloušťka kmene. Ta z velké části udává objem. Pak jsou zde ještě větve a kořeny, které také nejsou z hlediska celkové biomasy zanedbatelné. Mezi hlavní faktory ovlivňující energetickou kvalitu biomasy patří obsah vody a výhřevnost dřevní hmoty. Abychom získaly co nejvyšší výhřevnost, je zapotřebí před spálením biomasy vysušit. To může být provedeno několika způsoby. Tato práce se zabývá pasivním sušením a zjišťuje vliv transpirace na vysychání biomasy z japonského topolu. Rozdíly jsou patrné hlavně v období olistění. Při dlouhodobějším sušení se však hodnoty vyrovnávají.

Energie získaná z biomasy má rozhodně svou budoucnost. Plantáže RRD mají jako jeden ze zdrojů biomasy předpoklad částečně či zcela nahradit spotřebu fosilních paliv. Nakonec můžeme konstatovat, že dobře pěstovaná biomasa je velmi dobrým zdrojem energie pro budoucnost. V následujících letech bude určitě nabírat na důležitosti. Otázkou však je, jak biomasu využívat ekonomicky a zároveň ekologicky.

## 15. POUŽITÁ LITERATURA

BOSQUET, D.: Lumber Drying: An Overview of Current Processes [online]. University of Vermont, 2000 [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: <https://www.uvm.edu/extension/environment/lumberdrying.pdf>

BROWN, P.: Basic of evaporation and evapotranspiration [online]. Arizona. University of Arizona, 2014, [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1194.pdf>

BUBENÍK, J., WEGER, J.: Provedení odhadu výnosu plantáže RRD nedestruktivní metodou. Biom.cz [online]. 2014-04-28 [cit. 2016-03-17]. Dostupné z [www:](http://www.biom.cz) <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/provedeni-odhadu-vynosu-plantaze-rrd-nedestruktivni-metodou>>. ISSN: 1801-2655.

CELJAK, I.: Pěstování topolů pro energetické účely – 3. Biom.cz [online]. 2010-09-06 [cit. 2016-03-17]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-3>>. ISSN: 1801-2655.

CELJAK, I., BOHÁČ, J., KOHOUT, P.: Rádce pro začínající pěstitele plantáží rychle rostoucích dřevin. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. 54 s. ISBN 978-80-7394-011-9

CELJAK, I., BOHÁČ, J., KOHOUT, P.: Význam cíleně pěstovaných rychle rostoucích topolových porostů v krajině. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2008. 46 s. ISBN 978-80-7394-140-6

FICNER, F., KUSÁK, M.: Energetický balíček Evropské komise jako počátek nové energetické politiky EU, 2007. Parlamentní institut

GOSLER, M., PICHLER, W., HADER, F.: Energieholzrocknung, Holzforschung, Austria, 2005. (138 pp.).

HRABÁNEK, R.: Metody sušení biomasy. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Jaroš., M.

CHUDOBA, T.: Energetika sušení biomasy. Biom.cz [online]. 2007-01-05 [cit. 2015-10-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energetika-suseni-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

IEA Bioenergy: GOOD PRACTICE GUIDELINES, International energy Agency, 2007, [www.iea.org](http://www.iea.org)

IGLER, J.K., WANLOON, W.K.P., VANDEBERG, J.V., SONNEVALD, C., MEERDING, G.: Natural wind drying of willow stems. Biomass and bioenergy [online]. Institut of Agricultural and Environmental Engineering, 2000 [cit. 2015-10-16]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953400000295>

JANDAČKA J., MALCHO M., MIKULÍK M.: Biomasa jako zdroj energie, Žilina, 2007, 241 s., ISBN 978-80-969161-3-9

JACKSON, B., SCHROEDER, R., ASHTON, S.: Drying Woody Biomass, [online]. 2010-03-12 [cit. 2015-8-10]. Dostupné z: <http://articles.extension.org/pages/26564/drying-woody-biomass>

KÁRA J., HUTLA, P., STRAŠIL, Z.: Technologický systémy pro využití biopaliv z energetických plodin. Z-2427, VÚZT Praha, 2003.

KÁRA, J., ADAMOVSÝ, R.: Logistika energetické biomasy . [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: <http://stary.biom.cz/sborniky/99kara/10.html>

KOHOUT, P., CELJAK, I., BOHÁČ, J., PAVELCOVÁ, L.: Rychle rostoucí dřeviny v energetice (topoly a vrby). České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2010. 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2.

KOLONIČNÝ, J., OCHODEK, T., BOGOCZOVÁ, V.: Příklady správné praxe při vytápění biomasou- „Podpora lokálního vytápění biomasou“. Ostrava. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum, [online]. 2009, dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/doc/priklady.pdf>

KRAVKA, M. a kol.: Plantáže dřevin pro biomasu, vánoční stromky a zalesňování zemědělských půd: metody vhodné pro malé a střední provozy. 1. vyd. Praha: Grada, 2012. 102 s. ISBN 978-80-247-3925-0

MANZONE, M.: Energy and moisture losses during poplar and black locust logwood storage. Fuel Processing Technology [online]. 2015, 138: 194-201 [cit. 2016-01-26]. DOI: 10.1016/j.fuproc.2015.05.026.

MAZANCOVÁ, J.: Vlastnosti paliv z RRD v závislosti na jejich zpracování. Biom.cz [online]. 2009-12-09 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vlastnosti-paliv-z-rrd-v-zavislosti-na-jejich-zpracovani>>. ISSN: 1801-2655.

MITCHELL CP. New cultural treatments and yield optimisation. Biomass Bioenerg 1995  
MIKŠÁTKO, J., poruchy dřevěných podlah. www.parketatelier.cz [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: <http://www.parketatelier.cz/poruchy-drevenych-podlah-47>

AFZAL, M. T., BEDANE, A. H., SOKHANSANJ, S., MAHMOOD W.: Storage of comminuted and uncomminuted forest biomass and its effect on fuel quality. Bioresources.com. University of New Brunswick, Canada, [online]. 2009,55-69 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z: [https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes\\_05/BioRes\\_05\\_1\\_0055\\_Afzal\\_BS\\_Storage\\_Comminuted\\_Biomass\\_Effect\\_Fuel\\_Qual\\_677.pdf](https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_05/BioRes_05_1_0055_Afzal_BS_Storage_Comminuted_Biomass_Effect_Fuel_Qual_677.pdf)

MURTINGER, K.: Možnosti využití biomasy. Biom.cz [online]. 2007-05-02 [cit. 2015-11-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

NIKL, M. a kol. Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely. Brandýs nad Labem: Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, 2009.

OCHODEK, T., KOLONIČNÝ, J., BRANC, M.: Metodická příručka ke studiu- Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy. 1. vydání. Ostrava. Vysoká škola báňská- Technická univerzita Ostrava, 2007. 30 s., ISBN 978-80-248-1426-1

OCHODEK, T., KOLONIČNÍ, J., JANÁSEK, P.: Metodická příručka ke studiu - „Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy“. Ostrava. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum

PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa, obnovitelný zdroj energie, Praha: FCC PUBLIC s.r.o., 2004. 288s. ISBN 80-86534-06-5

PETŘÍKOVÁ, V.: Energetické plodiny, povodně a eroze. Biom.cz [online]. 2009-09-09 [cit. 2016-03-05]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-plodiny-povodne-a-eroze>>. ISSN: 1801-2655.

PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Palivo z rostlin - brikety, pelety. Biom.cz [online]. 2007-01-04 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/palivo-z-rostlin-brikety-pelety>>. ISSN: 1801-2655.

PROKKOLA, H., KUOKKANEN, M., KUKKANEN, T., LASSI, U.: Chemical Study of Wood Chip Drying: Biodegradation of Organic Pollutants in Condensate Waters from the Drying Process. 2014, Bioreources 9(3) 3761- 3778, dostupné z: [https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes\\_09/BioRes\\_09\\_3\\_3761\\_Prokkola\\_KKL\\_Chem\\_Study\\_Wood\\_Chips\\_Drying\\_5225.pdf](https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_09/BioRes_09_3_3761_Prokkola_KKL_Chem_Study_Wood_Chips_Drying_5225.pdf)

RASZKA, D.: Vybraná ekonomická hlediska pěstování rychle rostoucích dřevin a jejich využití. Praha, 2011. Diplomová práce VŠE Praha, 127 s.

Sirois DL, Rawlings CL, Stokes BJ. 1991. Evaluation of moisture reduction in small diameter trees after crushing. Bioresource Technology. 37: 53-80.

ŠÍR, M., LICHNER, L., Tesař, M.: Transpirace rostlin a autoregulace hydrologického cyklu . Ústav pro hydrodynamiku AVČR, Pod Paňankou 30/5, 166 12 Praha 6, [cit. 2016-03-22]. Dostupné z : [https://www.researchgate.net/profile/Miloslav\\_Sir/publication/259872885\\_Transpirace\\_rostlin\\_a\\_autoregulace\\_hydrologickho\\_cyklu/links/00b7d52e564fca18bc000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Miloslav_Sir/publication/259872885_Transpirace_rostlin_a_autoregulace_hydrologickho_cyklu/links/00b7d52e564fca18bc000000.pdf)

SLADKÝ, V.: Pěstování, sklizeň, zpracování, sušení a skladování energetických topolů, orientační studie. 2004 VÚZT, Praha-Ruzyně.

SOUČEK, J., KROULÍK, M.: Parametry sušení energetických dřevin v experimentální sušárně. Biom.cz [online]. 2010-04-19 [cit. 2015-9-05]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/parametry-suseni-energetickych-drevin-v-experimentalni-susarne>>. ISSN: 1801-2655.

Stokes BJ, Watson WF, Miller DE. 1987. Transpirational drying of energywood. ASAE Paper 87-1530. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 14 p.

STUPAVSKÝ, V.: Trh s peletami a automatickými kotli na biomasu. Biom.cz [online]. 2013-11-04 [cit. 2015-10-24]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/trh-s-peletami-a-automatickymi-kotli-na-biomasu>>. ISSN: 1801-2655.

STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T.: Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-10-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>>. ISSN: 1801-2655.

STUPAVSKÝ, V., HOLÝ, T.: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655.

ŠINKORA, M.: Topoly a vrby pro energetiku. Biom.cz [online]. 2008-02-25 [cit. 2015-10-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/topoly-a-vrby-pro-energetiku>>. ISSN: 1801-2655

TŮMA, J.: Proč topit dřevem a jak se při jeho přípravě nenadřít?. [online]. 2012 [cit. 2015-11-12]. Dostupné z: <http://www.toolscomp.cz/poradna/proc-topit-drevem-a-jak-se-pri-jeho-priprave-nenad/>

UŠŤÁK, S.: Netradiční energetické rostliny perspektivní pro pěstování v podmínkách mírného klimatického pásma. Biom.cz [online]. 2006-06-01 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-energeticke-rostliny-perspektivni-pro-pestovani-v-podminkach-mirneho-klimatickeho-pasma>>. ISSN: 1801-2655.

ÚRADNÍČEK, L., MADĚRA, P., KOLIBÁČOVÁ, S., KOBLÍŽEK, S., ŠEFL, J.: Dřeviny České republiky. Matice lesnická, spol. s.r.o., Písek, 2001. 333 s., ISBN 80-86271-09-9

Wood as Fuel , Technical Supplement for Fuel Suppliers, Biomass energy centre, 2010, [online]. [cit. 2015-07-09]. Dostupné z: [http://www.forestry.gov.uk/pdf/FC-BEC-InfoSheet-Wood-as-Fuel-TechSupp.pdf/\\$FILE/FC-BEC-InfoSheet-Wood-as-Fuel-TechSupp.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FC-BEC-InfoSheet-Wood-as-Fuel-TechSupp.pdf/$FILE/FC-BEC-InfoSheet-Wood-as-Fuel-TechSupp.pdf)

Utěšil, T.: Suška na biomasu. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2

VERNER, V.: Jak zvolit vhodné palivo pro vaše vytápění. Biom.cz [online]. 2007-12-17 [cit. 2015-10-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/jak-zvolit-vhodne-palivo-pro-vase-vytapeni>>. ISSN: 1801-2655.

VLČEK, D.: Zhodnocení růstových parametrů a stanovení výtvarnice japonského topolu (*Populus nigra* X *Populus maximowiczii*) na plantáži ve Vrážích u Písku. Praha, 2013. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.

WEGER, J.: Pěstování rychle rostoucích dřevin r. r. d. ve velmi krátkém obmýtí na zemědělské půdě pro produkci biomasy na energetické a průmyslové využití. [www.beckov.cz](http://www.beckov.cz). [cit. 2015-8-12]. Dostupné z <http://www.beckov.cz/wp-content/uploads/jan-wagner-pestovani-rrd.pdf>

WEGER, J.: Výmladkové plantáže topolů a vrby. Biom.cz [online]. 2011-01-05 [cit. 2015-09-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vymladkove-plantaze-topolu-a-vrb>>. ISSN: 1801-2655.

WEGER, J., HAVLÍČKOVÁ, K.: Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. Biom.cz [online]. 2002-01-18 [cit. 2015-10-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>>. ISSN: 1801-2655.

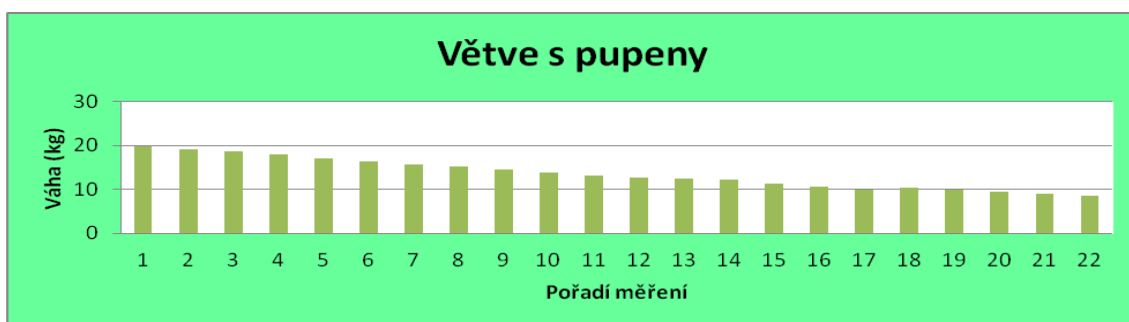
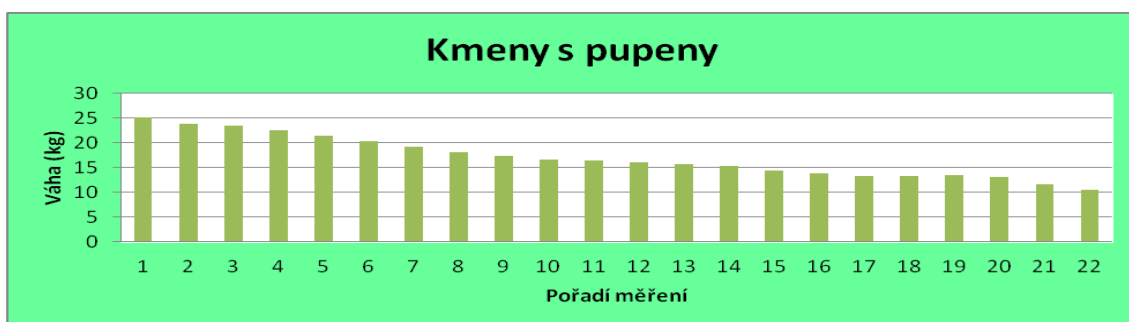
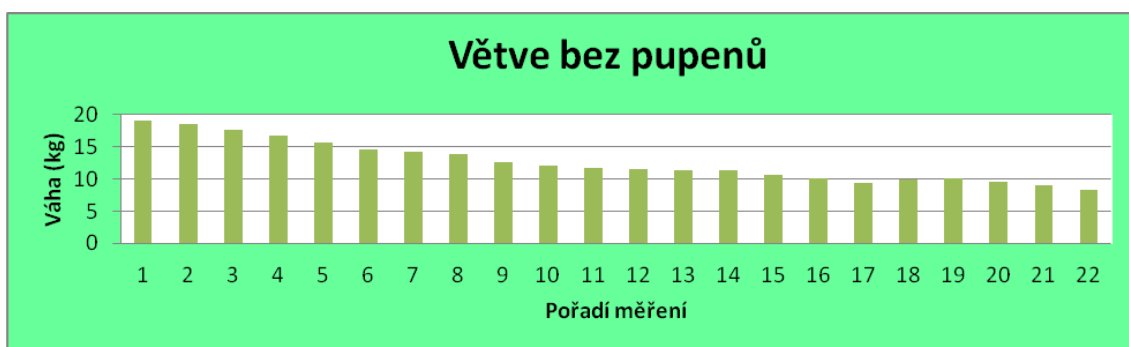
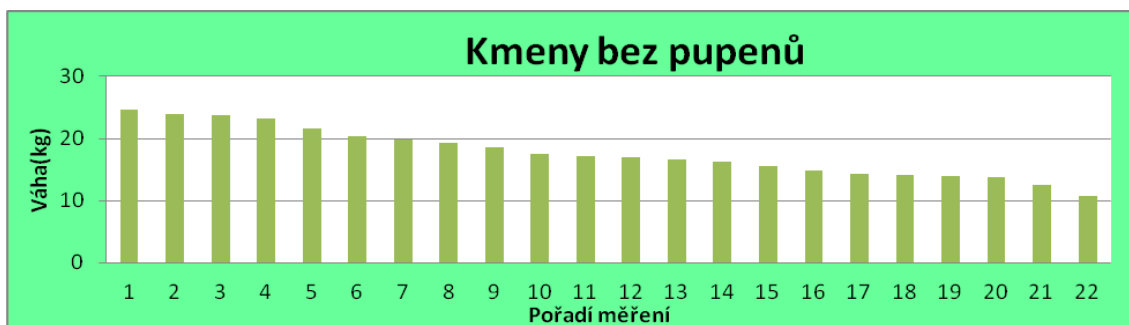
Autor neznámí: Vlhkost a kvalita uskladněné štěpky. [cit. 2016-01-22] dostupné z: <http://www.silvarium.cz/zpravy-z-oboru-lesnictvi-a-drevarstvi/vlhkost-a-kvalita-uskladnene-stepky-zemedelec>

ZAFAR, S.: How is biomass transporterd. [online]. 2013, [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.bioenergyconsult.com/biomass-transportation/>

ZÁRYBNICKÁ, M.: Návrh sušky na biomasu. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Baláš, M. [//www.iea.org/publications/freepublications/publication/biomass.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/biomass.pdf)

## 16. PŘÍLOHY

Grafy. č. 8,9,10,11 – Hmotnosti jednotlivých vážení



Tab. č. 7 – Kmeny bez pupenů (jednotlivá vážení)

	22.3.	27.3.	1.4.	6.4.	11.4.	16.4.	21.4.	26.4.	1.5.	6.5.	11.5.	16.5.	21.5.	26.5.	31.5.	5.6.	10.6.	15.6.	20.6.	30.6.	10.7.
1	0,87	0,87	0,86	0,85	0,75	0,71	0,69	0,67	0,62	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,52	0,48	0,45	0,44	0,44	0,43	0,37
2	1,21	1,16	1,16	1,13	1,06	0,99	0,96	0,94	0,90	0,85	0,85	0,84	0,82	0,79	0,76	0,73	0,70	0,70	0,69	0,68	0,56
3	1,19	1,22	1,21	1,17	1,09	1,00	0,97	0,95	0,92	0,87	0,86	0,84	0,84	0,83	0,80	0,78	0,75	0,74	0,74	0,73	0,65
4	1,20	1,14	1,14	1,12	1,01	0,97	0,94	0,92	0,89	0,85	0,84	0,82	0,82	0,80	0,75	0,72	0,71	0,70	0,70	0,71	0,64
5	1,65	1,61	1,62	1,59	1,50	1,40	1,39	1,37	1,33	1,25	1,23	1,19	1,17	1,15	1,09	1,05	1,03	1,01	1,00	1,01	0,93
6	1,48	1,39	1,4	1,38	1,27	1,24	1,19	1,14	1,10	1,05	1,02	0,99	0,98	0,96	0,91	0,88	0,85	0,84	0,85	0,84	0,73
7	1,98	1,95	1,94	1,89	1,80	1,68	1,63	1,57	1,53	1,44	1,41	1,39	1,37	1,32	1,26	1,22	1,18	1,16	1,15	1,14	1,05
8	1,18	1,15	1,13	1,08	1,05	1,00	0,96	0,91	0,89	0,85	0,84	0,81	0,79	0,76	0,72	0,70	0,67	0,67	0,66	0,67	0,60
9	0,71	0,64	0,65	0,65	0,58	0,55	0,53	0,52	0,51	0,48	0,46	0,44	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	0,37	0,39	0,38	0,36
10	1,92	1,81	1,79	1,72	1,65	1,57	1,53	1,49	1,44	1,36	1,33	1,31	1,30	1,27	1,21	1,17	1,14	1,12	1,11	1,10	0,99
11	1,42	1,42	1,41	1,36	1,27	1,22	1,18	1,14	1,10	1,03	1,01	1,00	1,00	0,98	0,93	0,88	0,87	0,87	0,86	0,84	0,79
12	1,74	1,74	1,72	1,65	1,54	1,48	1,42	1,37	1,31	1,20	1,21	1,23	1,21	1,17	1,14	1,12	1,07	1,07	1,06	1,01	0,93
13	1,15	1,06	1,05	1,03	0,99	0,93	0,90	0,88	0,84	0,80	0,80	0,83	0,79	0,71	0,67	0,64	0,64	0,63	0,62	0,62	0,55
14	0,92	0,91	0,92	0,90	0,79	0,75	0,74	0,73	0,69	0,58	0,60	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,54	0,51	0,50	0,47	0,41
15	0,61	0,53	0,53	0,51	0,48	0,45	0,43	0,41	0,40	0,38	0,38	0,37	0,38	0,38	0,36	0,34	0,33	0,33	0,35	0,34	0,33
16	0,69	0,64	0,62	0,58	0,53	0,50	0,48	0,46	0,44	0,42	0,41	0,40	0,40	0,39	0,38	0,37	0,35	0,34	0,35	0,35	0,35
17	0,45	0,42	0,43	0,41	0,36	0,32	0,32	0,31	0,34	0,33	0,31	0,28	0,28	0,28	0,26	0,25	0,23	0,23	0,22	0,23	0,24
18	1,58	1,54	1,52	1,50	1,42	1,31	1,29	1,27	1,27	1,20	1,16	1,12	1,08	1,02	0,99	0,93	0,88	0,81	0,75	0,70	0,72
19	1,68	1,64	1,65	1,63	1,54	1,44	1,42	1,39	1,31	1,27	1,24	1,23	1,21	1,18	1,15	1,13	1,08	1,07	1,04	1,00	0,92
20	1,08	1,06	1,03	0,99	0,95	0,92	0,89	0,81	0,78	0,74	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,57	0,52	0,53	0,51	0,48	0,45
	24,71	23,90	23,78	23,14	21,63	20,43	19,86	19,25	18,61	17,54	17,25	16,95	16,70	16,20	15,49	14,92	14,36	14,14	13,99	13,73	12,57

Tab. č. 8 – Kmeny s pupeny (jednotlivá vážení)

	22.3.	27.3.	1.4.	6.4.	11.4.	16.4.	21.4.	26.4.	1.5.	6.5.	11.5.	16.5.	21.5.	26.5.	31.5.	5.6.	10.6.	15.6.	20.6.	30.6.	10.7.
1	1,90	1,86	1,82	1,78	1,72	1,58	1,49	1,40	1,34	1,27	1,25	1,23	1,20	1,17	1,11	1,08	1,05	1,04	1,05	1,03	0,85
2	1,68	1,62	1,6	1,55	1,50	1,45	1,35	1,26	1,20	1,16	1,14	1,13	1,08	1,05	0,99	0,94	0,94	0,94	0,95	0,92	0,83
3	2,09	2,01	1,99	1,95	1,86	1,77	1,70	1,63	1,49	1,42	1,40	1,38	1,35	1,30	1,21	1,17	1,15	1,14	1,15	1,12	1,03
4	0,93	0,87	0,86	0,83	0,77	0,74	0,69	0,64	0,65	0,63	0,61	0,58	0,58	0,57	0,54	0,53	0,52	0,53	0,52	0,50	0,45
5	1,28	1,26	1,23	1,16	1,10	1,06	1,03	0,99	0,91	0,89	0,88	0,87	0,87	0,87	0,82	0,77	0,71	0,70	0,72	0,69	0,60
6	1,99	1,95	1,91	1,86	1,78	1,69	1,62	1,55	1,46	1,38	1,34	1,29	1,26	1,23	1,17	1,13	1,03	1,02	1,06	1,03	0,86
7	0,95	0,88	0,85	0,82	0,78	0,72	0,69	0,66	0,61	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,52	0,50	0,46	0,46	0,48	0,46	0,41
8	1,18	1,15	1,14	1,08	1,02	1,00	0,94	0,88	0,87	0,83	0,81	0,79	0,76	0,74	0,71	0,69	0,67	0,68	0,67	0,66	0,60
9	0,97	0,91	0,89	0,84	0,78	0,70	0,67	0,64	0,63	0,60	0,59	0,57	0,56	0,54	0,51	0,50	0,48	0,50	0,49	0,47	0,41
10	2,37	2,22	2,19	2,11	2,02	1,93	1,80	1,58	1,63	1,54	1,52	1,49	1,42	1,35	1,30	1,26	1,21	1,20	1,20	1,17	1,05
11	1,79	1,76	1,72	1,64	1,53	1,45	1,38	1,31	1,26	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,09	1,02	1,00	1,01	1,00	0,95	0,84
12	0,90	0,84	0,84	0,81	0,77	0,74	0,71	0,69	0,70	0,66	0,64	0,62	0,61	0,60	0,58	0,56	0,54	0,55	0,57	0,54	0,48
13	1,33	1,24	1,23	1,19	1,14	1,07	1,03	0,99	0,94	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83	0,78	0,75	0,73	0,73	0,75	0,73	0,65
14	1,10	1,07	1,05	1,01	0,98	0,92	0,85	0,79	0,77	0,74	0,73	0,70	0,70	0,71	0,65	0,60	0,57	0,57	0,60	0,56	0,51
15	0,68	0,70	0,68	0,62	0,59	0,55	0,53	0,50	0,45	0,45	0,45	0,44	0,42	0,39	0,37	0,35	0,34	0,35	0,37	0,34	0,33
16	0,89	0,83	0,82	0,80	0,73	0,68	0,66	0,63	0,59	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,51	0,49	0,47	0,47	0,46	0,46	0,41
17	0,54	0,48	0,48	0,46	0,41	0,39	0,38	0,36	0,35	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,30	0,28	0,25	0,27	0,28	0,25	0,24
18	0,86	0,77	0,74	0,71	0,65	0,61	0,58	0,55	0,50	0,47	0,45	0,44	0,42	0,43	0,42	0,40	0,38	0,38	0,41	0,39	0,37
19	0,61	0,55	0,56	0,54	0,49	0,47	0,46	0,43	0,42	0,41	0,39	0,40	0,40	0,40	0,38	0,35	0,32	0,33	0,32	0,30	0,29
20	1,01	0,93	0,91	0,86	0,80	0,73	0,70	0,68	0,65	0,63	0,63	0,6	0,58	0,56	0,53	0,52	0,50	0,48	0,49	0,48	0,43
	25,05	23,90	23,51	22,62	21,42	20,25	19,26	18,16	17,42	16,71	16,40	16,04	15,65	15,28	14,49	13,89	13,32	13,35	13,54	13,05	11,64

Tab. č. 9 – Větve bez pupenů (jednotlivá vážení)

	22.3.	27.3.	1.4.	6.4.	11.4.	16.4.	21.4.	26.4.	1.5.	6.5.	11.5.	16.5.	21.5.	26.5.	31.5.	5.6.	10.6.	15.6.	20.6.	30.6.	10.7.
1	0,72	0,71	0,7	0,67	0,63	0,61	0,58	0,56	0,54	0,52	0,5	0,49	0,49	0,48	0,46	0,43	0,39	0,4	0,42	0,4	0,39
2	0,78	0,76	0,72	0,67	0,64	0,6	0,59	0,58	0,53	0,51	0,51	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,41	0,43	0,46	0,43	0,41
3	1,01	0,99	0,95	0,87	0,82	0,75	0,74	0,72	0,44	0,43	0,42	0,6	0,6	0,59	0,55	0,51	0,49	0,53	0,58	0,52	0,48
4	1,54	1,51	1,44	1,38	1,31	1,22	1,2	1,15	1,07	1,04	1,03	1	0,97	0,94	0,88	0,83	0,76	0,78	0,79	0,75	0,7
5	1,02	0,97	0,92	0,86	0,8	0,72	0,71	0,66	0,63	0,61	0,57	0,57	0,56	0,56	0,53	0,5	0,52	0,53	0,51	0,51	0,48
6	0,76	0,74	0,7	0,65	0,62	0,58	0,56	0,54	0,49	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43	0,39	0,38	0,36	0,39	0,38	0,36	0,34
7	1,51	1,5	1,42	1,33	1,27	1,14	1,11	1,08	1,02	0,98	0,95	0,89	0,89	0,89	0,83	0,79	0,75	0,78	0,77	0,74	0,71
8	0,78	0,75	0,71	0,67	0,62	0,58	0,59	0,6	0,51	0,5	0,5	0,48	0,46	0,45	0,41	0,37	0,34	0,36	0,37	0,35	0,34
9	0,64	0,63	0,6	0,55	0,51	0,46	0,45	0,43	0,41	0,41	0,38	0,34	0,35	0,36	0,34	0,32	0,29	0,31	0,33	0,31	0,31
10	1,7	1,64	1,6	1,53	1,49	1,37	1,35	1,33	1,26	1,18	1,16	1,1	1,07	1	0,97	0,94	0,91	0,98	0,99	0,9	0,73
11	0,9	0,88	0,83	0,77	0,71	0,66	0,65	0,64	0,57	0,55	0,53	0,5	0,5	0,5	0,46	0,44	0,41	0,43	0,43	0,45	0,43
12	1,25	1,23	1,19	1,12	1,03	0,97	0,95	0,94	0,87	0,84	0,81	0,77	0,76	0,75	0,71	0,67	0,64	0,64	0,64	0,63	0,59
13	0,74	0,74	0,7	0,65	0,61	0,53	0,51	0,48	0,48	0,46	0,43	0,41	0,41	0,41	0,38	0,36	0,34	0,35	0,36	0,36	0,34
14	0,45	0,42	0,39	0,35	0,33	0,32	0,3	0,27	0,27	0,25	0,25	0,24	0,25	0,26	0,24	0,22	0,21	0,23	0,24	0,21	0,21
15	0,5	0,49	0,48	0,44	0,41	0,39	0,37	0,36	0,33	0,32	0,31	0,3	0,3	0,32	0,29	0,27	0,26	0,28	0,29		



Obr. č. 8 – Sušení topolových kmenů



Obr. č. 9 – Ponechané pupeny na kmenech



Obr. č. 10 – Počátek rašení pupenů



Obr. č. 11 – Větvě před otrháním pupenů a uložením na místo sušení

