



ZRNITOSŤ A SYPNÁ HMOTNOSŤ ENERGETICKEJ ŠTIEPKY Z DENDROMASY PLANTÁŽNICKY PESTOVANÝCH DREVÍN *ROBINIA PSEUDOACACIA* A *POPULUS ALBA* NA REKULTIVOVANÝCH PLOCHÁCH PO BANSKEJ ŤAŽBE

Lubomír Pňakovič

Abstract

In this contribution, there are presented the results of analyses of energetic characteristics of woodchips made by the chipper of Danish production - type LINDDANA TP 160 PTO. The woodchips were made from the 58-year old tree mass of the species Robinia pseudoacacia and the 43-year old tree mass of Populus alba, grown on re-cultivated areas after mining, the observed conditions are the following: relative humidity in harvesting time, granularity and bulk density of woodchips.

From the realized analyses there can be stated that the relative moisture of woodchips for energy production during the harvest of the wood species Robinia pseudoacacia is $W^r = 36,60 \pm 2,31$ % and the wood species of Populus alba is $W^r = 52,77 \pm 2,93$ %. The woodchips for energy production made of Robinia pseudoacacia consist mainly of elements with the size $5 \div 35$ mm, the percentage of bigger granularity ($35 \div 50$ mm) is 4,2 % and the granularity above 50 mm represents 2,5 %. The rate of elements with lower granularity, i. e. under 5 mm, is 6,2 %. Woodchips made of Populus alba consist mainly of elements with granularity of $5 \div 35$ mm. Bigger granularity ($35 \div 50$ mm) represents 7,7 % of the total and the rate of smaller elements (granularity size fewer than 5 mm) is 11,5 %. The woodchips with this granularity and of both species comply with the established criteria of Slovak norm STN 40 0058:2004 on coarse-grained woodchips for energy production.

Bulk density of woodchips made of wood species Robinia pseudoacacia with moisture in harvesting time is $\rho_{prms} = 353,28 \pm 6,18$ kg.m⁻³ and for wood species Populus alba with moisture in harvesting time is $\rho_{prms} = 341,92 \pm 6,20$ kg.m⁻³.

Key words: woodchips for energy, wood species: Robinia pseudoacacia, Populus alba, relative moisture, granularity, bulk density

ÚVOD

Energetická štiepka z listnatých drevín, podľa STN 48 0058 Listnaté štiepky a piliny je sypká drewná hmota vyrábaná sekaním dreva listnatých drevín naprieč vlákien v sekaciách agregátoch – sekačkách. Surovinou na výrobu energetickej štiepky v lesnom hospodárstve je tenké drevo z prerezávok, drevo z energetickej porastov, ťažbové a manipulačné zvyšky. Výskyt chýb dreva je dovolený v rozsahu VI. triedy akosti, obsah listia nie je

obmedzený. Prípustný obsah kôry je do hodnoty 30 %. Základné rozmery lesnej štiepky sú: dĺžka 5 – 50 mm (v smere vlákien), šírka 5 – 30 mm a hrúbka 5 – 15 mm. Častice väčších rozmerov sú prípustné do 3 % a menších rozmerov do 10 % hmotnosti štiepok v prirodzenom stave vlhkosti. Energetické štiepky z listnatých drevín sa vyrábajú v dvoch triedach zrnitosti: jemnozrnné energetické štiepky a hrubozrnné energetické štiepky.

V danom príspevku sú prezentované výsledky experimentálnych prác stanovujúcich energetické vlastnosti energetickej štiepky drevín *Robinia pseudoacacia* a *Populus alba* vyrobenej z vrcholovej časti stromov, akými sú: relatívna vlhkosť štiepky v čase zberu, granulometrická skladba (zrnitosť) štiepky a sypná hmotnosť štiepky.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Vzorky energetickej štiepky boli odobrané v zime 2014 z dendromasy porastov drevín: *Robinia pseudoacacia* a *Populus alba* pestovaných na rekultivovaných plochách po banskej ťažbe v Českej republike. Agátová energetická štiepka bola vyrobená z koruny a vrcholovej časti stromov z 58-ročného porastu, nachádzajúcich sa v lokalite Varvažov a topoľová energetická štiepka bola vyrobená z vrcholovej časti a konárov stromov 43-ročného porastu, nachádzajúcich sa v lokalite Košťany I. Energetická štiepka bola vyrobená mobilnou sekačkou továrenskej značky Linddana TP 160 PTO obr. 1. Technické parametre mobilnej sekačky uvádza tab. 1.



Obr. 1 Sekačka Linddana TP 160 PTO

Tab. 1 Technické údaje sekačky Linddana TP 160 PTO

Technické údaje	
Varianta pohonu	traktor
Max. priemer vetiev [mm]	160
Vstupný otvor [mm]	160 x 220
Princíp sekania	disk
Počet nožov	2
Veľkosť štiepky [mm]	4 až 10
Kapacita m ³ .hod ⁻¹	5 až 12
Výkon [kW]	22 až 59
PTO počet otáčok [ot.min ⁻¹]	540
Hmotnosť [kg]	555

Stanovenie relatívnej vlhkosti energetickej štiepky sa vykonalo podľa STN EN 14774 – 2 Tuhé biopalivá - Stanovenie obsahu vlhkosti. Hodnoty relatívnych vlhkostí vzoriek sa vypočítali podľa rovnice:

$$W^r = \frac{m_w - m_0}{m_w} \quad (1)$$

kde: W^r – relatívna vlhkosť paliva [%]
 m_w – hmotnosť vzorky pred sušením [g]
 m_0 – hmotnosť vzorky po vysušení na konštantnú hmotnosť [g]

Granulometrický rozbor energetickej štiepky, pri vlhkosti W^r v čase zberu, sa vykonal sitovaním t.j. preosievaním vzoriek energetickej štiepky na sade sít s veľkosťami medzier v pleťve: 50 mm, 35 mm, 10 mm, 5 mm a dno po dobu $\tau = 5$ min. na automatickom vibračnom sitovacom stroji AS 200 firmy RETSCH, obr. 2. Hmotnosti frakcií na sítach sa stanovili na laboratórnych váhach RADWAG WPS 510/c/2 s presnosťou váženia 0,001 g.



Obr. 2 Sitovací stroj RETSCH AS 200

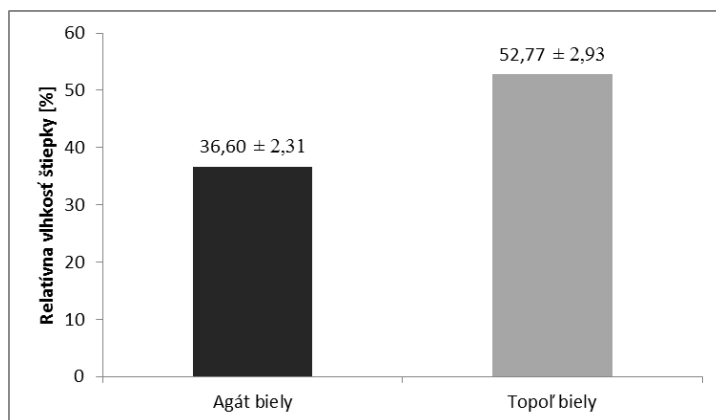
Stanovenie sypnej hmotnosti štiepky sa vykonalo podľa platnej normy STN EN 15103 Tuhé biopalivá – Stanovenie sypnej hmotnosti. Metodický postup stanovenia sypnej hmotnosti je nasledovný: Čistú a suchú nádobu s objemom 50 dm^3 odvážeme s presnosťou na 10 g na váhach RADWAG WPT 30 H3. Nádobu zaplníme sypaním štiepky z výšky 200 mm nad horným okrajom, až kým sa nevytvorí kónus s maximálnou možnou výškou. Nádobu následne 3 krát vystavíme vertikálnemu pádu z výšky 150 mm, čím sa časť vzorky odstráni a časť utrasie. Nádobu sa po okraj doplní štiepkou a prebytočný materiál odstránime hranolom, s ktorým zarovnáme štiepku priamočiarym vratným pohybom na hornom okraji nádoby. Naplnenú nádobu s utrasenou štiepkou odvážeme a celý postup opakujeme ešte najmenej dvakrát. Sypnú hmotnosť vzorky stanovíme podľa vzorca (2):

$$\rho_{pms} = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \quad (2)$$

kde: ρ_{pms} – sypná hmotnosť štiepky [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
 m_2 – hmotnosť nádoby naplnenej štiepkou [kg]
 m_1 – hmotnosť prázdnej nádoby [kg]
 V – objem nádoby [m^3]

VÝSLEDKY

Hodnoty relatívnej vlhkosti, analyzovaných vzoriek energetickej štiepky jednotlivých drevín, vyrobenej v čase zberu sú zobrazené na obr. 3.



Obr. 3 Relatívna vlhkosť štiepky analyzovaných drevín *Robinia pseudoacacia* a *Populus alba*

Podiely jednotlivých frakcií sitových analýz energetickej štiepky drevín vyrobených na sekačke Linddana TP 160 PTO pri vlhkosti $W^t = 36,60 \pm 2,31 \%$ a $W^t = 52,77 \pm 2,93 \%$ sú v tab. 2 a 3.

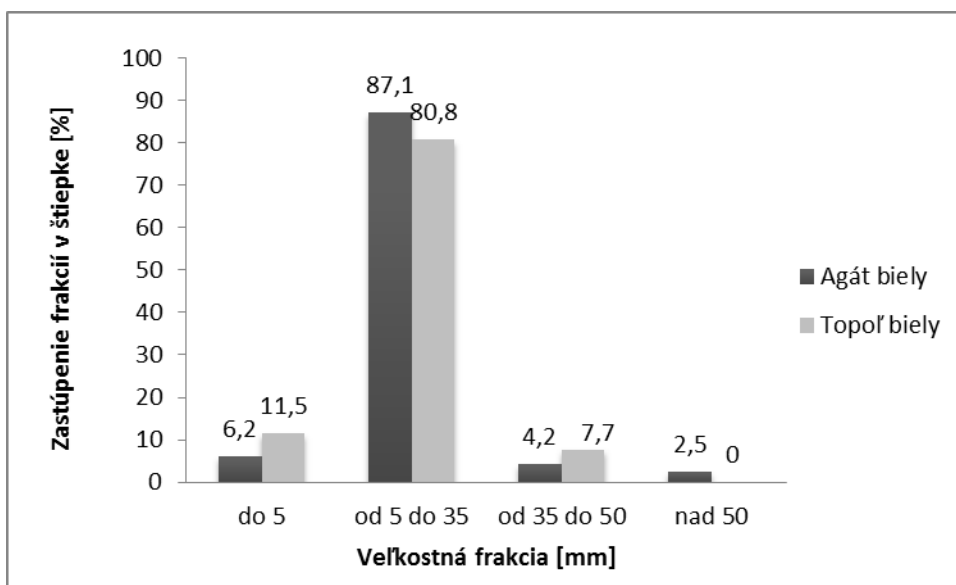
Tab. 2 Granulometrické zloženie energetickej štiepky dreveniny *Robinia pseudoacacia*

Rozmery oka sita	Vzorka č. 1	Vzorka č. 2	Vzorka č. 3	Priemer
[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]
50	3,2	1,5	2,7	2,5
35	5,9	3,7	3,0	4,2
10	68,6	52,7	44,9	55,4
5	17,4	37,7	40,2	31,8
< 5	4,9	4,5	9,2	6,2
Spolu	100	100	100	100

Tab. 3 Granulometrické zloženie energetickej štiepky dreveniny *Populus alba*

Rozmery oka sita	Vzorka č. 1	Vzorka č. 2	Vzorka č. 3	Priemer
[mm]	[%]	[%]	[%]	[%]
50	0	0	0	0
35	8,1	8,5	6,5	7,7
10	63,1	34,0	29,0	42,1
5	22,0	45,6	48,7	38,7
Dno	6,8	11,9	15,8	11,5
Spolu	100	100	100	100

Porovnanie granulometrického zloženia energetickej štiepky analyzovaných drevín je na obr. 4.



Obr. 4 Granulometrické zloženia energetickej štiepky drevín *Robinia pseudoacacia* a *Populus alba*

Priemerná hodnota sypnej hmotnosti, ako aj sypné hmotnosti jednotlivých vzoriek energetickej štiepky analyzovaných drevín, pri vlhkosti v čase zberu sú uvedené v tab. 4 a 5.

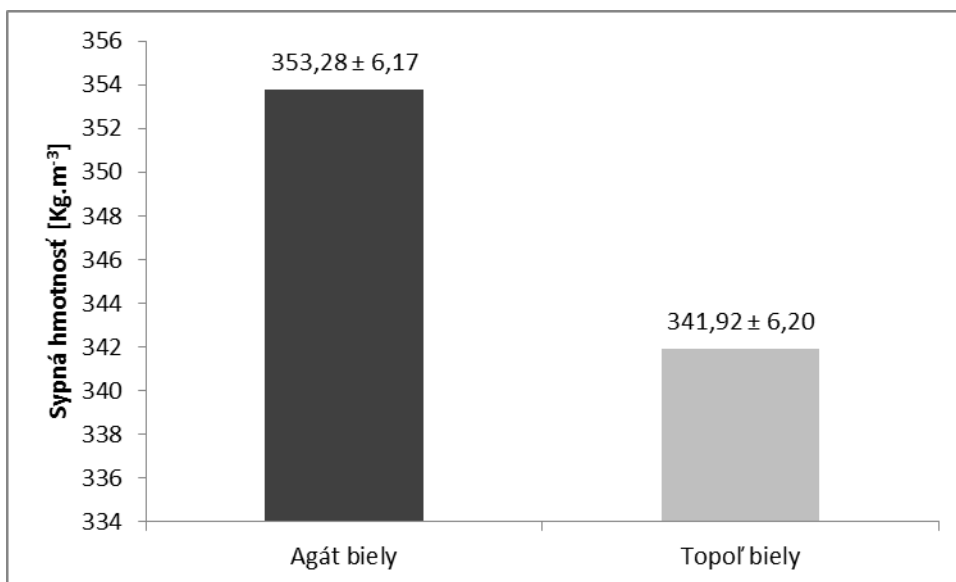
Tab. 4 Sypná hmotnosť energetickej štiepky dreviny *Robinia pseudoacacia* pri $w^f = 36,60 \pm 2,31$ %

<i>Robinia pseudoacacia</i>	Vzorka 1	Vzorka 2	Vzorka 3	Vzorka 4	Vzorka 5	Priemer
Sypná hmotnosť [kg.m ⁻³]	337,28	361,28	360,48	350,88	356,48	353,28 ± 6,17

Tab. 5 Sypná hmotnosť energetickej štiepky dreviny *Populus alba* pri $w^f = 52,77 \pm 2,93$ %

<i>Populus alba</i>	Vzorka 1	Vzorka 2	Vzorka 3	Vzorka 4	Vzorka 5	Priemer
Sypná hmotnosť [kg.m ⁻³]	350,08	335,68	350,08	346,08	327,68	341,92 ± 6,20

Na obr. 5 je na porovnanie uvedená priemerná sypná hmotnosť energetickej štiepky analyzovaných drevín, pri vlhkosti v čase zberu.



Obr. 5 Sypné hmotnosti energetickej štiepky drevn *Robinia pseudoacacia* a *Populus alba*

DISKUSIA

Z laboratórných meraní relatívnej vlhkosti analyzovanej energetickej štiepky drevniny *Robinia pseudoacacia* plynie, že relatívna vlhkosť štiepky je $W^r = 36,60 \pm 2,31$ % a relatívna vlhkosť štiepky drevniny *Populus alba* je $W^r = 52,77 \pm 2,93$ %. Uvedená hodnota je adekvátna dendromase porastu a danému ročnému obdobiu. Z energetickeho hľadiska však je nutné konštatovať, že vysoký obsah vody v biopalive znižuje jeho výhrevnosť a zvyšuje spotrebu biopaliva na výrobu jednotky tepla. Preto je potrebné hľadať a využívať všetky možnosti na znižovanie vlhkosti – palivovej dendromasy. Jednou z alternatív čiastočného odstránenia vody v drevnej hmote je tzv. transpiračné vysychanie. Princíp tejto metódy spočíva v tom, že sa stromy po vyrúbaní ponechajú vo vetvách až do úplného opadania ihličia (lístia), a až potom sa posekajú. Prostredníctvom ponechaného asimilačného aparátu strom vytranspiruje vlhkosť na menej než 30 %, Simanov (1995), firma BIOBALER uvádza pokles vlhkosti z 50 – 55 % na 18 – 20 % už za 8 týždňov, v závislosti od klimatických podmienok.

Výsledky sitovej analýzy energetickej štiepky drevniny *Robinia pseudoacacia* vyrobenej na sekačke Linddana TP 160 PTO ukazujú, že štiepka je z hlavnej časti tvorená frakciami s rozmermi 5 ÷ 35 mm, podiel hrubšej frakcie s rozmermi 35 ÷ 50 je 4,2 % a frakcie nad 50 mm predstavuje hodnotu 2,5 %. Podiel jemných frakcií s rozmermi pod 5 mm činí 6,2 %. Energetická štiepka danej granulometrickej skladby, obsahujúca triesky s max. dĺžkou do 70 mm je homogénna sypká hmota, spĺňajúca stanovené kritéria STN 40 0058 hrubozrnnej energetickej štiepky.

Sitová analýza energetickej štiepky drevniny *Populus alba* vyrobenej na tej istej sekačke ukazuje, že štiepka pozostáva prevažne z frakcií s rozmermi 5 ÷ 35 mm, podiel hrubšej frakcie s rozmermi nad 35 mm predstavuje 7,7 % a podiel jemných frakcií s rozmermi pod 5 mm činí 11,5 %. Energetická štiepka danej granulometrickej skladby, obsahujúca triesky

s max. dĺžkou do 50 mm je homogénna sypká hmota, spĺňajúca stanovené kritéria STN 40 0058 hrubozrnej energetickej štiepky.

Sypná hmotnosť energetickej štiepky dreveny *Robinia pseudoacacia* stanovená na základe STN EN 15103 s vlhkosťou $W^f = 36,60 \pm 2,31$ % v čase zberu, dosiahla hodnotu $\rho_{prms} = 353,28 \pm 6,18$ kg.m⁻³ a sypná hmotnosť energetickej štiepky dreveny *Populus alba* stanovená na základe STN EN 15103 s vlhkosťou $W^f = 52,77 \pm 2,93$ % v čase zberu dosiahla hodnotu $\rho_{prms} = 341,92 \pm 6,20$ kg.m⁻³. Tento rozdiel je spôsobený odlišnou hustotou dreveny, ako aj relatívnou vlhkosťou v čase zberu a podielom kôry v energetickej štiepke.

ZÁVER

Na základe vykonaných sitových analýz je možné konštatovať, že energetická štiepka dreveny *Robinia pseudoacacia* je tvorená najmä frakciami s rozmermi 5 ÷ 35 mm, podiel hrubšej frakcie s rozmermi 35 ÷ 50 je 4,2 % a frakcie nad 50 mm predstavuje hodnotu 2,5 %. Podiel jemnej frakcie je do 6,2 %. Sitová analýza energetickej štiepky dreveny *Populus alba* ukazuje, že pozostáva prevažne z frakcií s rozmermi 5 ÷ 35 mm, podiel hrubšej frakcie s rozmermi 35 ÷ 50 mm je do 7,7 % a podiel jemnej frakcie do 11,5 %. Štiepky danej zrnitosti oboch dreven spĺňajú stanovené kritéria STN 40 0058: Sortimenty dreva – Listnaté štiepky a piliny, kladené na hrubozrnnú energetickú štiepku.

Sypná hmotnosť energetickej štiepky dreveny *Robinia pseudoacacia* pri vlhkosti $W^f = 36,60 \pm 2,31$ % v čase zberu dosiahla hodnotu $\rho_{prms} = 353,28 \pm 6,18$ kg.m⁻³ a dreveny *Populus alba* pri vlhkosti $W^f = 52,77 \pm 2,93$ % v čase zberu dosiahla hodnotu $\rho_{prms} = 341,92 \pm 6,20$ kg.m⁻³.

LITERATÚRA

1. Barontini, M., et al. [2014] Storage dynamics and fuel quality of poplar chips. In Biomass and Bioenergy, vol. 62, pp. 17-25
2. Demko, J. 1996. *Komplexné využitie produktov lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1996. 159 s. ISBN 80-228-0480-0
3. Horbaj, P. – Imriš, I. – Klenovčanová, A. [2001]. Dendromasa a fytomasa – využitie v energetike. In Acta Mechanica Slovaca 5 (3), Košice: Strojnícka fakulta Technickej univerzity v Košiciach, 2001. s. 229 – 232. ISSN 1335-2393
4. DZURENDA, L. [2007]: Sypká drevná hmota, vzduchotechnická doprava a odlučovanie. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 182 s. ISBN 987-80-228-1765-3
5. Dzurenda, L. – Gogliá, V. – Ridzik, L. [2012]: Zrnitosť a sypná hustota energetickej štiepky dendromasy porastu plantážnicky pestovanej dreveny *Salix viminalis* klon Inger. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, s. 79 – 86, ISBN 987-80-228-2385-2
6. JANDAČKA, J. – MALCHO, M. – MIKULÍK, M. [2007]: Biomasa ako zdroj energie. Žilina, Vydavateľstvo GEORG Žilina, 241 s.
7. MALAŤÁK, J. – VACULÍK, P. [2008]: Biomasa pro výrobu energie. Praha: Vydavateľ CZU v Praze, 206 s.
8. SIMANOV, V. [1995]: Energetické využívání dříví. Olomouc: Terapolis, 98 s.

9. SUCHOMEL, J. – GEJDOŠ, M.[2007]: Analysis of wood resources and price comparison in Slovakia and selected countries. In: Wood working techniques, Zalesina, Croatia, pp. 143-152.
10. Trenčiansky, M. – Lieskovský, M. – Oravec, J. [2007]: Energetické zhodnotenie biomasy. Zvolen : Národné lesnícke centrum. 147 s.
11. VARGA, L. – BARTKO, M. [2010]: Selekcia topoľov pre energetické porasty. In: Integrovaná logistika pri produkcii a využití biomasy. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. s. 209-213. ISBN 978-80-228-2148-3
12. STN 48 0058: 2004 Sortimenty dreva – Listnaté štiepky a piliny.
13. STN EN 15103: 2010 Tuhé biopalivá – Stanovenie sypnej hmotnosti.
14. STN EN 14774 – 2 Tuhé biopalivá - Stanovenie obsahu vlhkosti.