



INDIVIDUÁLNY EMISNÝ FAKTOR PRE USKLADŇOVANIE A MANIPULÁCIU MOKREJ SMREKOVEJ PILINY NA VOĽNEJ SKLÁDKE

Ladislav Dzurenda

Abstract

In the contribution is, by technical calculation, defined the emission variable – individual emission factor for storing and manipulating of wet spruce sawdust on a free dump. The shown emission variable represents the amount (weight) of unsettled fraction of spruce sawdust, which is the source of secondary dustiness.

The technical calculation of emission variable consists of the computation of weight of dry substance of unsettled fraction from wet spruce sawdust from 1m^3 of the stored sawdust on a free dump and defining the accuracies of technical calculation. Individual emission factor for storing and manipulating of wet spruce sawdust on a free dump has the value of: $IEF_{TZL-SM} = 0,437\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Key words: *spruce, wet sawdust, granulometric analysis, storing, environment, emission variable.*

1 ÚVOD

V procese pílenia dreva vzniká pilina - trieska, ktorej tvar, rozmery a množstvo je závislé tak od fyzikálno – mechanických vlastností píleného dreva, ako i od tvaru, rozmerov píleného materiálu, ostrosti rezného nástroja a technicko - technologických podmienok realizácie procesu pílenia Prokeš (1978), Goglia (1994), Lisičan (1996), Wasielewski (1999), Rousek - Kopecký (2006).

Pilina je polydisperzná sypká hmota pozostávajúca z hrubých a stredne hrubých frakcií, Hejma a kol.(1981) t.j. sypký materiál s rozmermi zrn nad 0,5 mm, pričom nie je vylúčený ani podiel jemnejších frakcií s menšími rozmermi triesok.

V práci: „Efektívnosť odľučovania mokrej smrekovej piliny v odľučovačoch SEB s článkami T4/630“ Dzurenda (2005) sa uvádza, že smreková pilina vzniknutá v procese pílenia výrezov a príziem na rámových pilách v piliarskych závodoch má nasledovné kvantitatívne zastúpenie jednotlivých frakcií: zrná frakcií s rozmermi nad 1 mm predstavujú hodnotu cca 32 %, zastúpenie zrn stredne hrubých frakcií je 62 % a zrn jemnej frakcie s rozmermi pod 0,250 mm je cca 6 %. Podľa tvaru, zrná hrubých a stredne hrubých frakcií patria do skupiny polydisperzných vláknitých hmôt tyčinkovitého tvaru s výrazným predĺžením v jednom smere. Zrná jemnej frakcie smrekovej piliny v prevažnej väčšine

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia projektu VEGA-SR č. 1/2402/05, ako výsledok práce autora a výraznej pomoci grantovej agentúry VEGA – SR.

patria do skupiny izometrických zrn t.j. častice majú približne rovnaké rozmery vo všetkých troch smeroch.

Jednou z alternatív uloženia mokrej smrekovej piliny vzniknutej v procese pílenia smrekového dreva v piliarskych závodoch je jej uskladnenie na voľných skládkach. Počas uskladňovania a manipulácie piliny (vysýpanie piliny z dopravného prostriedku na skládku, jej uloženie na voľnej skládke, nakladanie piliny zo skládky na dopravný prostriedok) sa môžu najjemnejšie frakcie piliny zvíťiť a po dlhšiu dobu zotrvať v ovzduší. Uvedené tuhé častice patria v zmysle Prílohy č.1, Vyhlášky MŽP SR č. 706/2002 Z. z. do skupiny: Základných znečisťujúcich látok - TZL. Zvířené jemné frakcie smrekovej piliny v ovzduší sú zdrojom sekundárnej prašnosti. Prevádzkovatelia stredných a veľkých zdrojov znečisťovania ovzdušia sú podľa § 19, odst.1, písm.b), zákona č.478/2002 Z.z. povinný zisťovať a preukazovať dodržiavanie emisných limitov. Jedným z možných spôsobov monitorovania hodnôt emisných veličín podľa § 3 ods. 2 písm. a) vyhlášky MŽP SR č. 408/2003 Z.z. je technický výpočet.

Cieľom tohto príspevku je stanovenie emisnej veličiny – individuálneho emisného faktora (IEF_{TZL-SM}) pre manipuláciu a uskladňovanie mokrej smrekovej piliny na voľnej skládke. Individuálny emisný faktor IEF_{TZL-SM} bude stanovený prostredníctvom kvantifikácie hmotnosti sušiny zvířiteľnej frakcie piliny v ovzduší, vzťahnutej na jednotku uskladneného množstva piliny na voľnej skládke t.j. na priestorový meter piliny: IEF_{TZL-SM} [$kg \cdot m^{-3}$].

2 FUNKČNÝ VZŤAH NA VÝPOČET EMISNEJ VELIČINY: IEF_{TZL-SM}

Technický výpočet emisnej veličiny – individuálneho emisného faktora IEF_{TZL-SM} pre uskladňovanie a manipuláciu mokrej smrekovej piliny pozostáva z výpočtu hmotnosti sušiny jemnej, ľahko zvířiteľnej, frakcie piliny v ovzduší, vzťahnutej na jednotku uskladneného množstva piliny na voľnej skládke „ M_{TZL-SM} “ a absolútnej hodnoty neistoty stanovenia hmotnosti frakcie technickým výpočtom „ U_{TZL-SM} “.

$$IEF_{TZL-SM} = M_{TZL-SM} + U_{TZL-SM}$$

$$IEF_{TZL-SM} = \rho_{red-SM} \cdot k_z \cdot f_{a \leq 100} + \rho_{red-SM} \cdot k_z \cdot f_{a \leq 100} \frac{rel U_{TZL-SM}}{100} \left[kg \cdot m^{-3} \right]$$

kde: M_{TZL-SM} – hmotnosť sušiny zvířiteľnej frakcie piliny v ovzduší vzťahnutá na $1m^3$ uskladneného množstva piliny na voľnej skládke [$kg \cdot m^{-3}$].

U_{TZL-SM} – absolútna hodnota neistoty stanovenia hmotnosti zvířiteľnej frakcie technickým výpočtom na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 % [$kg \cdot m^{-3}$].

ρ_{red-SM} – redukovaná hustota smrekového dreva. [$kg \cdot m^{-3}$]

k_z – objemová koncentrácia mokrej smrekovej piliny v $1m^3$ skládky [-]

$f_{a \leq 100}$ – zastúpenie frakcie s rozmermi pod $100 \mu m$ v mokrej smrekovej piline [-]

$rel U_{TZL-SM}$ – hodnota relatívnej rozšírenej neistoty technického výpočtu na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 % [%]

3 TECHNICKÝ VÝPOČET HMOTNOSTI ZVÍRITEĽNEJ FRAKCIE SMREKOVEJ PILINY V 1m³ USKLADŇOVANEJ PILINY.

Na zvrátenie smrekovej piliny v procese manipulácie a uskladovania piliny na voľnej skládke vplýva celý rad faktorov: veľkosť častíc, ich tvar, hmotnosť, fyzikálne vlastnosti vlhkého vzduchu v atmosférické atd. Podľa prác autorov z viacerých pracovísk, ktoré sa zaoberali problematikou vymedzenia intervalu vznosových rýchlostí jednotlivých sortimentov sypkej drevnej hmoty, resp. podmienkami sedimentácie sypkej drevnej hmoty v atmosfére, či separačných zariadeniach (ŠDVÚ Bratislava, VVUD Praha, ZVVZ Milevsko, WTD AR Poznan, DF-VŠLD Zvolen), je možné sypkú drevnú hmotu z aspektu sedimentácie rozdeliť do troch skupín, tabuľka 3.1.

Tabuľka 3.1 Rozdelenie sypkej drevnej hmoty z aspektu sedimentácie v atmosfére, Hejma a kol. (1981).

Skupina	Sedimentácia frakcií sypkej drevnej hmoty v atmosférickom vzduchu
I. $f_{a_i} \leq 5 \mu\text{m}$	Fracie sypkej drevnej hmoty s rozmermi zrn pod 5 μm nesedimentujú v atmosfére takmer vôbec. Vo prostredí vlhkého atmosférického vzduchu sa vznášajú. Ich odstraňovanie zo vzduchu je možné len veľmi účinnou filtráciou.
II. $f_{a_i} = 5 \div 100 \mu\text{m}$	Fracia sypkej drevnej hmoty s rozmermi 5 až 100 μm sedimentujú v atmosfére veľmi pomaly a na širokej ploche okolo miesta vzniku.
III. $f_{a_i} \geq 100 \mu\text{m}$	Fracie sypkej hmoty s rozmermi nad 100 μm , sedimentujú v bezprostrednej blízkosti miesta vzniku.

Na základe uvedených poznatkov možno konštatovať, že pri uskladňovaní a manipulácii smrekovej piliny na voľnej skládke sa môžu jemne frakcie mokrej smrekovej piliny s rozmermi zrn pod 100 μm zvrátiť a dlhšiu dobu zotrvať v ovzduší.

Množstvo piliny uskladňované na voľnej skládke je vyjadrované prostredníctvom sypkej hustoty. Sypná hustota je definovaná ako pomer hmotnosti častíc sypkej hmoty pripadajúce na jednotku objemu vytvoreného voľným sypaním. Sypká hustota je závislá na od vlastností sypkého materiálu (druhu dreveniny, zrnitosti, vlhkosti) a spôsobu sypania, prípadne zhutnenia - striasaním, vibráciami, či stláčaním. Závislosť medzi hustotou mokrého smrekového dreva ρ_{SM} a sypkou hustotou mokrej smrekovej piliny ρ_{S-SM} vytvorenej voľným sypaním je vyjadrovaná vzťahom:

$$\rho_S = \frac{m_{SM}}{V_{SM}} = k_z \cdot \rho_{SM} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde: m_{SM} – hmotnosť mokrej smrekovej piliny [kg]

V_{SM} – objem mokrej smrekovej piliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

k_z – objemová koncentrácia mokrej smrekovej piliny v 1m³ priestoru [-]

ρ_{SM} – hustota mokrého smrekového dreva. [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Pilina vytvorená v procese pílenia mokrého smrekového dreva, uložená na voľnej skládke pilín má vlhkosť vyššiu než je medza hygroskopicity $w_a > 30 \%$. Keďže, emisná veličina sa vzťahuje na sušinu zvrátenej smrekovej piliny, hustotu suchého smrekového dreva je možné uvádzať formou redukovanej hustoty dreva danej dreveniny.

Redukovaná hustota dreva vyjadruje podiel hmotnosti vzorky absolútne suchého dreva k jej objemu v mokrom (napučanom) stave. Priemerná hodnota redukovanej hustoty smrekového dreva je $\rho_{\text{red-SM}} = 338 \text{ kg.m}^{-3}$, tabuľka 3.2

Tabuľka 3.2 Základné štatistické charakteristiky redukovanej hustoty dreva dreviny smrek obyčajný, Požgaj a kol. (1997)

Stredná hodnota	Variačný koeficient	Počet hodnôt
$\rho_{\text{red-SM}} = 338 \text{ kg.m}^{-3}$	$v_x = 11,1 \%$	$n = 336$

Sypnú hustotu sušiny smrekového dreva nachádzajúceho sa v priestore 1 m^3 uskladnenej mokrej smrekovej piliny na voľnej skládke popisuje rovnica:

$$\rho_{\text{So}} = k_z \cdot \rho_{\text{red-SM}} \text{ [kg.m}^{-3} \text{ prn]}]$$

kde: k_z – objemová koncentrácia mokrej smrekovej piliny v 1 m^3 skládky [-]

$\rho_{\text{red-SM}}$ – redukovaná hustota dreva dreviny smrek $[\text{kg.m}^{-3}]$

Hodnoty objemovej koncentrácie piliny k_v , uvádzané v odbornej literatúre sú v tabuľke 3.3.

Tabuľka 3.3 Objemová koncentrácia piliny 1 m^3 skládky.

Autor	Hodnota
Kollmann (1951)	0,31
Longauer-Lupták-Koska (1987)	0,33
Regináč (1990)	0,31
Dzurenda (2002)	0,29
Priemerná hodnota	0,31

Zastúpenie frakcie s rozmermi zrn pod $100 \mu\text{m}$ v mokrej smrekovej piline je možné stanoviť granulometrickým rozborom - sitovaním mokrej smrekovej piliny. Na základe poznatkov nadobudnutých pri granulometrických analýzach piliny, je vhodné granulometrické rozbor vykonať na vzorkách s hmotnosťou $m_{\text{SM}} = 50 \text{ g.}$, po dobu sitovania $\tau = 15 \text{ min}$ na sade sít s veľkosťami medzier v pletive: 2 mm , 1 mm , $0,50 \text{ mm}$, $0,25 \text{ mm}$, $0,1 \text{ mm}$. Hmotnosti frakcií na sítach sú stanovované na laboratórnych váhach s presnosťou váženia $0,001 \text{ g}$. Podiel frakcie mokrej smrekovej piliny s rozmermi pod $100 \mu\text{m}$ uvádza vzťah:

$$f_{a \leq 100} = \frac{m_{a \leq 100}}{m_a} \text{ [-]}$$

kde: $m_{a \leq 100}$ – hmotnosť frakcie mokrej smrekovej piliny s rozmermi pod $100 \mu\text{m}$ [g]

m_a – hmotnosť vzorky mokrej smrekovej piliny pred sitovaním [g]

Zastúpenie frakcie mokrej smrekovej piliny s rozmermi častíc pod $100 \mu\text{m}$, s vlhkosťou $w_a = 65,9 - 69,8 \%$, odobratej z hlavného potrubia vzduchotechnického systému odsávania od rámových a kotúčových píl, je uvedené v tabuľke 3.4:

Tabuľka 3.4 Zastúpenie frakcie s rozmermi častíc pod 100 µm v mokrej smrekovej piline

Smreková piliny	Vzorka č. 1		Vzorka č. 2		Vzorka č. 3	
	m _{a-i} [g.]	f _{a-i} [%]	m _{a-i} [g.]	f _{a-i} [%]	m _{a-i} [g.]	f _{a-i} [%]
Hmotnosť vzorky pred sitovaním	50,014	100	50,011	100	50,009	100
Hmotnosť frakcie s rozmermi častíc pod 100 µm	0,175	0,35	0,192	0,39	0,188	0,38

Hmotnosť sušiny jemnej frakcie smrekovej piliny s rozmermi pod 100 µm nachádzajúcej sa v 1m³ mokrej smrekovej piliny M_{TZL-SM}, uvádza výpočet:

$$M_{TZL-SM} = \rho_{red} * k_z * \frac{f_{a \leq 100-1} + f_{a \leq 100-2} + f_{a \leq 100-3}}{100} = 338 * 0,31 * \frac{0,35 + 0,39 + 0,38}{100} = 0,391 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

- kde: ρ_{red-SM} – redukovaná hustota dreva dreviny smrek [kg.m⁻³]
 k_z – objemová koncentrácia mokrej smrekovej piliny v 1m³ skládky [-]
 $f_{a \leq 100}$ – priemerné zastúpenie frakcie s rozmermi pod 100 µm v mokrej smrekovej piline[-]
 $f_{a \leq 100-i}$ – percentuálne zastúpenie i-tej frakcie s rozmermi pod 100 µm v mokrej smrekovej piline[%]

4 PRESNOSŤ VÝPOČTU STANOVENIA HMOTNOSTI ZVÍRITEĽNEJ FRAKCIE SMREKOVEJ PILINY.

Rozšírená relatívna neistota technického výpočtu $relU_{TZL-SM}$ stanovenia hmotnosti sušiny zvíriteľnej frakcie piliny v ovzduší vztiahnutú na 1 m³ uskladneného množstva piliny na voľnej skládke, na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 %, zohľadňuje:

- nepresnosť stanovenia hodnoty redukovanej hustoty smrekového dreva ρ_{red} ,
- nepresnosť stanovenia objemovej koncentrácie piliny k_v ,
- nepresnosť stanovenia frakcie $X_{F \leq 100}$ v mokrej smrekovej piline,

Rozšírenú relatívnu neistotu výpočtu $relU_{TZL-SM}$ je možné vypočítať zlúčením relatívnej štandardnej neistoty stanovenia redukovanej hustoty dreva $relu_{\rho-red}$, relatívnej štandardnej neistoty stanovenia objemovej koncentrácie $relu_{k_v}$ a relatívnej štandardnej neistoty stanovenia frakcie $X_{F \leq 100}$ mokrej smrekovej piliny $relu_{F \leq 100}$ podľa rovnice, Banki-Vacek-Kučerka (2006):

$$U_{IEF-SM} = 2 * \sqrt{relu_{\rho-red}^2 + relu_{k_v}^2 + relu_{F \leq 100}^2}$$

Relatívna štandardná neistota redukovanej hustoty dreva $relu_{\rho-red}$ je vypočítaná zo štatistických charakteristík stanovenia redukovanej hustoty dreva:

$$relu_{\rho-red} = \frac{v_x}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{11,1}{\sqrt{336}} \cdot 100 = 0,61 \text{ [%]}$$

Relatívna štandardná neistota $_{rel}u_{kv}$ objemovej koncentrácie mokrej smrekovej piliny (sypkej hmoty) zohľadňuje rozptyl hodnôt uvádzaný v odbornej literatúre, tabuľka 5.1. Pretože počet analyzovaných údajov je $n = 4$, vypočítaná hodnota je korigovaná koeficientom počtu analyzovaných údajov $k = 1,7$ (Jenčík 2003):

Tabuľka 4.1 Štandardná neistota objemovej koncentrácie piliny u_{kv}

Autor	X_i	$\Delta X^2 = (X - X_i)^2$
Kollmann (1951)	0,31	0,0000
Longauer-Lupták-Koska (1987)	0,33	0,0004
Regináč (1990)	0,31	0,0000
Dzurenda (2002)	0,29	0,0004
	$X_{kv} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1,24}{4} = 0,31$	$\sum \Delta X^2 = 0,0008$
	$u = \sqrt{\frac{\sum \Delta X^2}{n * (n - 1)}} = \sqrt{\frac{0,0008}{4 * 3}} = 0,0082$	

$$u_{kv} = 1,7 \cdot 0,0082 = 0,0139$$

Relatívna štandardná neistota stanovenia objemovej koncentrácie piliny $_{rel}u_{kv}$:

$$_{rel}u_{kv} = \frac{u_{kv}}{X_{kv}} * 100 = \frac{0,0139}{0,31} * 100 = 4,48 \%$$

Relatívna štandardná neistota $_{rel}u_F$ stanovenia frakcie mokrej smrekovej piliny $X_{F \leq 100}$ je stanovená zo štandardnej neistoty typu A a štandardnej neistoty typu B stanovenia frakcie $X_{F \leq 100}$ sitovou analýzou.

Výpočet štandardnej neistoty typu A - stanovenia frakcie smrekovej piliny $X_{F \leq 100}$ sitovou analýzou, uvádza tabuľka 4.2.

Tabuľka 4.2 Štandardná neistota typu A - stanovenia frakcie smrekovej piliny $X_{F \leq 100}$ sitovou analýzou.

Zastúpenie frakcie $X_{F \leq 80}$	X_i	$\Delta X^2 = (X - X_i)^2$
Vzorka 1	0,175 gr.	0,000001
Vzorka 2	0,192 gr.	0,000049
Vzorka 3	0,188 gr.	0,000009
	$X_F = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{0,555}{3} = 0,185 \text{ gr.}$	$\sum \Delta X^2 = 0,000059$
	$u_{Ak} = \sqrt{\frac{\sum \Delta X^2}{n * (n - 1)}} = \sqrt{\frac{0,000059}{3 * 2}} = 0,0031$	

$$u_A = k * u_{Ak} = 2,3 * 0,0031 = 0,0071 \text{ gr.}$$

Výpočet štandardnej neistoty typu B – stanovenia frakcie smrekovej piliny $X_{F \leq 100}$ sitovou analýzou, zohľadňuje nepresnosť váženia vzorky a frakcie $X_{F \leq 100}$ na váhach s presnosťou 0,001 g

$$u_B = \frac{z_{\max}}{\sqrt{3}} = \frac{0,001}{\sqrt{3}} = 0,0006 \text{ gr}$$

Kombinovaná štandardná neistota stanovenia frakcie smrekovej piliny $X_{F \leq 80}$ sitovou analýzou u_F :

$$u_F = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,0071^2 + 0,0006^2} = 0,0071 \text{ gr.}$$

Relatívna štandardná neistota stanovenia frakcie mokrej smrekovej piliny $X_{F \leq 100}$ sitovou analýzou je ${}_{\text{rel}}u_F$:

$${}_{\text{rel}}u_F = \frac{u_{F \leq 100}}{X_{F \leq 100}} * 100 = \frac{0,0071}{0,185} * 100 = 3,84 \%$$

Rozšírená relatívna neistota technického výpočtu stanovenia hmotnosti sušiny zviriteľnej frakcie smrekovej piliny v ovzduší vzťahnutá na 1 m^3 uskladňovanej piliny na voľnej skládke ${}_{\text{rel}}U_{\text{TZL-SM}}$ je:

$$\begin{aligned} {}_{\text{rel}}U_{\text{IEF-SM}} &= 2 * \sqrt{{}_{\text{rel}}u_{\rho\text{-red}}^2 + {}_{\text{rel}}u_{\text{kv}}^2 + {}_{\text{rel}}u_{F \leq 100}^2} \\ {}_{\text{rel}}U_{\text{IEF-SM}} &= 2 * \sqrt{0,61^2 + 4,48^2 + 3,84^2} = 2 * 5,93 \\ {}_{\text{rel}}U_{\text{IEF-SM}} &= 11,8 \% \end{aligned}$$

5 HODNOTA EMISNEJ VELIČINY $\text{IEF}_{\text{TZL-SM}}$ – PRE USKLADŇOVANIE A MANIPULÁCIU MOKREJ SMREKOVEJ PILINY NA VOĽNEJ SKLÁDKE.

Z vykonaných analýz vyplýva, že hmotnosť sušiny zviriteľnej frakcie smrekovej piliny vytvorenej v procese pílenia smrekového dreva na rámových a kotúčových pilách s rozmermi častíc pod $100 \mu\text{m}$ nachádzajúcej sa v 1 m^3 mokrej smrekovej piliny stanovená technickým výpočtom je $M_{\text{TZL-SM}} = 0,391 \text{ kg.m}_{\text{prn}}^{-3}$. Rozšírená relatívna štandardná neistota technického výpočtu stanovenia hmotnosti sušiny jemnej frakcie technickým výpočtom je ${}_{\text{rel}}U_{\text{SM}} = 11,8 \%$. Reprezentatívna hodnota individuálneho emisného faktora $\text{IEF}_{\text{TZL-SM}}$ pre manipuláciu a uskladnenie mokrej smrekovej piliny na voľnej skládke je

$$\begin{aligned} \text{IEF}_{\text{TZL-SM}} &= M_{\text{TZL-SM}} + M_{\text{TZL-SM}} \cdot \frac{{}_{\text{rel}}U_{\text{TZL-SM}}}{100} \left[\text{kg.m}^{-3} \right] \\ \text{IEF}_{\text{TZL-SM}} &= 0,391 + 0,391 \cdot \frac{11,8}{100} \\ \text{IEF}_{\text{TZL-SM}} &= 0,437 \left[\text{kg.m}^{-3} \right] \end{aligned}$$

LITERATÚRA

- [1] Banski, A. - Vacek, V. - Kučerka, M. 2006: Stanovenie hmotnosti jemnej frakcie v suchej smrekovej piline - technickým výpočtom. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2006. Starý Smokovec, Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene. s. 13-18.
- [2] Hejma, J. et al, 1981: Vzduchotechnika v drevospracovávajícím průmyslu. Praha, SNTL, 398 s.
- [3] Dzurenda, L. 2002: Vzduchotechnická doprava a separácia dezintegrovannej drevnej hmoty. Zvolen, Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene. 143 s.
- [4] Dzurenda, L. 2005: Efektívnosť odlučovania mokrej smrekovej piliny v odlučovačoch typu SEB s článkami T4/630. In: Acta facultatis xylogiae XLVII, s. 13-20.
- [5] Goglia, V. (1994): Strojevi i alati za obradu drva I. Zagreb, GRAFA, 235 s.
- [6] Jenčík, J. a kol. 2003: Technická měření. ČVUT, Praha, 212 s.
- [7] Kolmann, F. 1951: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I band. Berlin-Gottingen-Heidelberg – Munchen. 408 s.
- [8] Lisičan, J. et al. (1996): Teória a technika spracovania dreva. Zvolen, Matcentrum, 626 s.
- [9] Longauer, J. – Lupták, O. – Koska, P. 1987: Spalné teplo a výhrevnosť drevného odpadu. VPA 1987/5. Zvolen, ES VSLD, 61 s.
- [10] Požgaj, A.- Chovanec, D.- Kurjatko, S.- Babiak, M.: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda, 1997,
- [11] Prokeš, S. (1978): Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Praha, SNTL, 583 s.
- [12] Rousek, M.- Kopecký, Z. 2006: High-speed machining and surface quality. In: Manufacturing engineering in time of information society. Gdansk, Zaklad Poligrafii Politechniki Gdanskiej, 335-340.s.
- [13] Regináč, L. a kol. 1990: Náuka o dreve II. ES-VŠLD Zvolen. 424 s.