



## STANOVENIE HMOTNOSTI JEMNEJ FRAKCIE V SUCHEJ SMREKOVEJ PILINE - TECHNICKÝM VÝPOČTOM

Adrián Banski - Vladimír Vacek - Martin Kučerka

### Abstract

Report is presenting model for calculation of weight of fine fraction in dry spruce saw dust with dimensions of grains under  $125 \mu\text{m}$  finding in  $1 \text{ m}^3$  of distribution area of stored dry spruce saw dust - by technical calculation. Representative weight value of fine fraction has value:  $m_{f \leq 125} = 1,308 \pm 0,337 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$

**Key words:** *Granulometric analysis, spruce, sawdust, emission variable, technical account, fraction*

### 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, ostroti rezného nástroja a technicko - technologických podmienok realizácie procesu pílenia Prokeš (1978), Goglia (1994), Lisičan (1996), Rousek (2005), Rousek, Kopecký (2006).

V odbornej literatúre je pilina charakterizovaná ako polydisperzná sypká hmota pozostávajúca z hrubých a stredne hrubých frakcií Hejma a kol. (1981), t.j. sypký materiál s rozmermi zrn nad  $0,5 \text{ mm}$ , pričom nie je vylúčený ani podiel jemnejších frakcií s menšími rozmermi triesok.

Podľa triediacich ukazovateľov sypkých hmôt uvádzaných v STN 26 0070 „Klasifikácia a označenie sypkých hmôt dopravovaných na dopravných zariadeniach“ je pilina klasifikovaná ako B-45UX t.j. sypká hmota jemnej zrnitosti ( $0,5 \div 3,5 \text{ mm}$ ), hygroskopická, málo sypká a abrazívna hmota s tendenciou zhlukovania.

V príspevku je prezentovaný model pre výpočet hmotnosti jemnej frakcie v suchej smrekovej piline s rozmermi zrn pod  $125 \mu\text{m}$  nachádzajúcej sa v  $1 \text{ m}^3$  skladového priestoru uskladnenej suchej smrekovej piliny.

### FUNKČNÝ VZŤAH PRE VÝPOČET HMOTNOSTI JEMNEJ FRAKCIE V SUCHEJ SMREKOVEJ PILINE

Technický výpočet hmotnosti jemnej frakcie v suchej smrekovej piline s rozmermi zrn pod  $125 \mu\text{m}$  vzťahnutej na  $1 \text{ m}^3$  skladového priestoru  $m_{f \leq 125-SM}$  pozostáva z výpočtu hmotnosti jemnej frakcie smrekovej piliny  $\bar{X}$  a absolútnej hodnoty neistoty stanovenia

hmotnosti frakcie technickým výpočtom U na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 %:

$$m_{f_{\leq 125-SM}} = \bar{X} \pm U$$

$$\bar{X} = \rho_s \cdot k_z \cdot f_{a_{\leq 125}}$$

$$U = \frac{U_{rel}}{100} \cdot \bar{X}$$

$$m_{f_{\leq 125-SM}} = \rho_s \cdot k_z \cdot f_{a_{\leq 125}} \pm \frac{U_{rel}}{100} \cdot \bar{X} \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

kde:

$\bar{X}$  – vypočítaná hmotnosť jemnej frakcie suchej smrekovej piliny s rozmermi pod 125  $\mu\text{m}$  vzťahnutá na 1  $\text{m}^3$  skladového priestoru [ $\text{kg.m}_{\text{prn}}^{-3}$ ]

U – rozšírená absolútna neistota stanovenia hmotnosti frakcie technickým výpočtom na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 % [ $\text{kg.m}_{\text{prn}}^{-3}$ ]

$\rho_s$  – hustota smrekového dreva [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

$k_z$  – objemová koncentrácia piliny v 1 $\text{m}^3$  piliny [-]

$f_{a_{\leq 125}}$  – zastúpenie frakcie s rozmermi pod 125  $\mu\text{m}$  v smrekovej piline [-]

$U_{rel}$  – rozšírená relatívna neistota stanovenia hmotnosti frakcie technickým výpočtom na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 % [%]

### STANOVENIE HODNOTY HMOTNOSTI JEMNEJ FRAKCIE V 1 $\text{m}^3$ USKLADNENEJ SMREKOVEJ PILINY

Množstvo piliny nachádzajúce sa v priestore 1  $\text{m}^3$  je vyjadrované prostredníctvom sypnej hustoty. Sypná hustota je definovaná ako pomer hmotnosti častíc sypkej hmoty pripadajúce na jednotku objemu vytvoreného voľným sypaním. Sypná hustota je závislá na od vlastností sypkého materiálu (druhu dreveniny, zrnitosti, vlhkosti, spôsobu sypania, prípadne zhustenia - striasanim, vibráciami, či stláčaním). Závislosť medzi hustotou suchého smrekového dreva  $\rho_{SM}$  a sypnou hustotou suchej smrekovej piliny  $\rho_{s-SM}$  vytvorenej voľným sypaním je vyjadrovaná vzťahom:

$$\rho_s = \frac{m_{SM}}{V_{SM}} = \rho_{SM} \cdot k_z \text{ [kg.m}_{\text{prn}}^{-3}\text{]}$$

kde:

$m_{SM}$  – hmotnosť suchej smrekovej piliny [kg]

$V_{SM}$  – objem suchej smrekovej piliny [ $\text{m}^3$ ]

$\rho_{SM}$  – hustota suchého smrekového dreva [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

$k_z$  – objemová koncentrácia zrn piliny nachádzajúcich sa v priestore 1 $\text{m}^3$  uloženej piliny [-]

Hustota dreva je definovaná podielom hmotnosti vzorky dreva danej dreveniny pri určitej vlhkosti a objemu danej vzorky pri tej istej vlhkosti. Priemernú hodnotu hustoty dreva dreveniny smreka obyčajného  $\rho_{SM}$  uvádza tabuľka 1 [8].

Tabuľka 1 Základné štatistické charakteristiky hustoty dreva dreveniny smrek obyčajný

Stredná hodnota	Variačný koeficient	Počet hodnôt
$\bar{x} = 392 \text{ kg.m}^{-3}$	$v_x = 12,3 \%$	$n = 338$

Hodnoty objemovej koncentrácie piliny k, uvádzané v odbornej literatúre sú v tabuľke 2.

Tabuľka 2 Objemová koncentrácia zrn v 1 m<sup>3</sup> suchej smrekovej piliny

Autor	Hodnota
Kollmann (1951)	0,31
Setnička (1981)	0,37
Regináč (1990)	0,31
Longauer – Sujová (2002)	0,28
Dzurenda (2002)	0,29
Priemerná hodnota	0,31

Zastúpenie jemnej frakcie t.j zrn s rozmermi pod 125 µm v suchej smrekovej piline je možné stanoviť granulometrickým rozborom - sitovaním suchej smrekovej piliny. Na základe poznatkov nadobudnutých pri granulometrických analýzach piliny, je vhodné granulometrické rozbor vykonať na vzorkách s hmotnosťou cca 50 g, po dobu sitovania τ = 15 min. na sade sít s veľkosťami medzier v pletive: 2 mm, 1 mm, 0,50 mm, 0,25 mm, 0,125 mm. Hmotnosti frakcií na sítach sú stanovované na laboratórnych váhach s presnosťou váženia 0,001 g.

Podiel frakcie zrn suchej smrekovej piliny s rozmermi pod 125 µm kvantifikuje vzťah:

$$f_{a \leq 125} = \frac{m_{a \leq 125}}{\sum m_{ai}} [-]$$

kde:

$m_{a \leq 125}$  – hmotnosť frakcie suchej smrekovej piliny s rozmermi pod 125 µm [g]

$\sum m_{ai}$  – suma hmotností jednotlivých frakcií mokrej smrekovej piliny [g]

Výsledky granulometrickej analýzy suchej smrekovej piliny sú uvedené v tabuľke 3.

Tabuľka č. 3 Granulometrická analýza zrnitosti vzoriek suchej smrekovej piliny

Rozmer oka sita [mm]	Zastúpenie frakcie v suchej smrekovej piline					
	Vzorka č. 1		Vzorka č. 2		Vzorka č. 3	
	$m_{a-i}$ [gr.]	$f_{a-i}$ [%]	$m_{a-i}$ [gr.]	$f_{a-i}$ [%]	$m_{a-i}$ [gr.]	$f_{a-i}$ [%]
2,000	7,137	13,76	5,709	11,45	6,087	12,20
1,000	20,479	39,49	18,072	36,24	17,687	35,44
0,500	14,343	27,66	15,983	32,05	16,138	32,34
0,250	7,185	13,86	7,624	15,29	7,866	15,76
0,125	2,186	4,22	1,883	3,78	1,620	3,25
≤ 0,125	0,527	1,02	0,592	1,19	0,508	1,02

Hmotnosť jemnej frakcie s rozmermi pod 125 µm nachádzajúcej sa v 1m<sup>3</sup> suchej smrekovej piliny  $\bar{X}$ , uvádza výpočet:

$$\bar{X} = \rho_{SM} \cdot k_z \cdot \frac{f_{a \leq 125-1} + f_{a \leq 125-2} + f_{a \leq 125-3}}{100} \left[ \text{kg} \cdot \text{m}_{\text{prn}}^{-3} \right]$$

$$\bar{X} = 392,031 \cdot \frac{1,02 + 1,19 + 1,02}{100} = 1,308 \left[ \text{kg} \cdot \text{m}_{\text{prn}}^{-3} \right]$$

## VÝPOČET NEISTOTY STANOVENIA HMOTNOSTI FRAKcie

Rozšírenú relatívnu neistotu stanovenia prachovej frakcie  $X_{F \leq 125}$  suchej smrekovej piliny na hranici konvenčnej štatistickej spoľahlivosti 95 % zohľadňujúcu: nepresnosť stanovenia hodnoty hustoty smrekového dreva  $\rho_{SM}$ , nepresnosť stanovenia sitovej analýzy  $k_S$  nepresnosť stanovenia frakcie  $X_{F \leq 125}$  suchej smrekovej piliny je možné vypočítať zlúčením relatívnej štandardnej neistoty stanovenia hustoty dreva  $rel u_{SM}$ , relatívnej štandardnej neistoty stanovenia objemovej koncentrácie  $rel u_{kv}$  a relatívnej štandardnej neistoty stanovenia frakcie  $X_{F \leq 125}$  suchej smrekovej piliny  $rel u_{F \leq 125}$  podľa rovnice:

$$rel U_{SM} = 2\sqrt{rel u_{SM}^2 + rel u_{kv}^2 + rel u_F^2}$$

Relatívna celková štandardná neistota stanovenia hustoty dreva  $rel u_{SM}$  je stanovená zo štatistických charakteristík stanovenia hustoty dreva dreveniny smrek obyčajný :

$$rel u_{SM} = \frac{v_x}{\sqrt{n}} \cdot 100 = \frac{0,123}{\sqrt{338}} \cdot 100 = 0,67 \text{ [%]}$$

Relatívna štandardná neistota  $rel u_{kv}$  stanovenia objemovej koncentrácie suchej smrekovej piliny zohľadňuje rozptyl hodnôt uvádzaný v odbornej literatúre, tabuľka 4. Pretože analyzovaných údajov je  $n = 5$  vypočítaná hodnota je korigovaná koeficientom počtu analyzovaných údajov  $k = 1,4$  (Jenčík 2003):

$$u_{A-kv} = k \cdot u_A = 1,4 \cdot u_A$$

Tabuľka 4

Autor	$X_i$	$\Delta X^2 = (X - X_i)^2$
Kollmann (1951)	0,31	0,0000
Setnička (1981)	0,37	0,0036
Regináč (1990)	0,31	0,0000
Longauer – Sujová (2002)	0,28	0,0009
Dzurenda (2002)	0,29	0,0004
	$X_{kv} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1,56}{5} = 0,31$	$\sum \Delta X^2 = 0,0049$
	$u_A = \sqrt{\frac{\sum \Delta X^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{0,0049}{5 \cdot 4}} = 0,0156$	

$$u_{A-kv} = 1,4 \cdot 0,0156 = 0,0218$$

Relatívna štandardná neistota stanovenia objemovej koncentrácie sypkej drevnej hmoty  $rel u_{kv}$ :

$$rel u_{kv} = \frac{u_{kv}}{kv} \cdot 100 = \frac{0,0218}{0,31} \cdot 100 = 7,03 \text{ %}$$

Relatívna štandardná neistota  $_{\text{rel}}u_F$  stanovenia frakcie mokrej smrekovej piliny  $X_{F \leq 125}$  je stanovená zo štandardnej neistoty typu A a štandardnej neistoty typu B stanovenia frakcie  $X_{F \leq 125}$  síťovou analýzou.

Výpočet štandardnej neistoty typu A - stanovenia frakcie smrekovej piliny  $X_{F \leq 125}$  síťovou analýzou, uvádza tabuľka 5.

Tabuľka 5 Stanovené frakcie smrekovej piliny  $X_{F \leq 125}$  síťovou analýzou

Zastúpenie frakcie $X_{F \leq 125}$	$X_i$	$\Delta X^2 = (X - X_i)^2$
Vzorka 1	0,527 gr	0,000225
Vzorka 2	0,592 gr	0,002500
Vzorka 3	0,508 gr	0,001156
	$X_F = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{1,627}{3} = 0,542 \text{ gr.}$	$\sum \Delta X^2 = 0,003881$
	$u_{Ak} = \sqrt{\frac{\sum \Delta X^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{0,003881}{3 \cdot 2}} = 0,0254$	

$$u_A = k \cdot u_{Ak} = 2,3 \cdot 0,0254 = 0,0584 \text{ g}$$

Výpočet štandardnej neistoty typu B – stanovenia frakcie smrekovej piliny  $X_{F \leq 125}$  síťovou analýzou, zohľadňuje nepresnosť váženia vzorky a frakcie  $X_{F \leq 125}$  s presnosťou 0,001 g

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

Kombinovaná štandardná neistota stanovenia frakcie smrekovej piliny  $X_{F \leq 125}$  síťovou analýzou  $u_F$ :

$$u_F = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{0,0584^2 + 0,0006^2} = 0,0584 \text{ g}$$

Relatívna štandardná neistota stanovenia frakcie suchej smrekovej piliny  $X_{F \leq 125}$  síťovou analýzou je  $_{\text{rel}}u_F$ :

$$_{\text{rel}}u_F = \frac{u_F}{X_F} \cdot 100 = \frac{0,0584}{0,542} \cdot 100 = 10,77 \%$$

Rozšírená neistota technického výpočtu stanovenia hmotnosti jemnej frakcie s rozmermi pod 125  $\mu\text{m}$  v suchej smrekovej piline  $U_{SM}$  je:

$$_{\text{rel}}U_{SM} = 2 \sqrt{_{\text{rel}}u_{p\text{-red}}^2 + _{\text{rel}}u_S^2 + _{\text{rel}}u_F^2}$$

$$_{\text{rel}}U_{SM} = 2 \sqrt{0,67^2 + 7,03^2 + 10,77^2} = 2,12,88$$

$$_{\text{rel}}U_{SM} = 25,75 \%$$

## ZÁVER – REPREZENTATÍVNA HODNOTA HMOTNOSTI JEMNEJ FRAKcie V 1m<sup>3</sup> SUCHEJ SMREKOVEJ PILINY

Z vykonaných analýz vyplýva, že hmotnosť jemnej frakcie suchej smrekovej piliny s rozmermi zrn pod 125 µm pripadajúca na 1 m<sup>3</sup> suchej smrekovej piliny stanovená technickým výpočtom je  $\bar{X} = 1,308 \text{ kg.m}^{-3}$ . Rozšírená relatívna štandardná neistota technického výpočtu stanovenia hmotnosti jemnej frakcie technickým výpočtom je  ${}_{\text{rel}}U_{\text{SM}} = 25,75 \%$ . Reprezentatívna hodnota hmotnosti jemnej frakcie suchej smrekovej piliny s rozmermi zrn pod 125 µm v 1 m<sup>3</sup> suchej smrekovej piliny je:

$$m_{f \leq 125} = \bar{X} + \frac{U_{\text{SM}}}{100} \bar{X} \left[ \text{kg.m}^{-3}_{\text{prm}} \right]$$

$$m_{f \leq 125} = 1,308 \pm \frac{25,75}{100} 1,308$$

$$m_{f \leq 125} = 1,308 \pm 0,337 \left[ \text{kg.m}^{-3}_{\text{prm}} \right]$$

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

## LITERATÚRA

- [1] Dzurenda, L. , 2002: Vzduchotechnická doprava a separácia dezintegrovanej drevnej hmoty. Zvolen, Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene. 143 s.
- [2] Goglia, V., 1994: Strojevi i alati za obradu drva I. Zagreb, GRAFA, 235 s.
- [3] Hejma, J. et al., 1981: Vzduchotechnika v dřevospracovávajícím průmyslu. Praha, SNTL, 398 s.
- [4] Jenčík, J. a kol., 2003: Technická měření. ČVUT, Praha, 212 s.
- [5] Kolmann, F., 1951: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. I band. Berlin-Gottingen-Heidelberg – Munchen. 408 s.
- [6] Lisičan, J. et al., 1996: Teória a technika spracovania dreva. Zvolen, Matcentrum, 626 s.
- [7] Longauer, J. – Sujová, E., 2002: Vybrané vlastnosti tuhých častí, Vedecké štúdie, 9/2000/A, TU vo Zvolene, 2001, ISBN 80-228-1022-3, 66s.
- [8] Požgaj, A.- Chovanec, D.- Kurjatko, S.- Babiak, M., 1997: Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava, Príroda, 1997
- [9] Prokeš, S., 1978: Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. Praha, SNTL, 583 s.
- [10] Regináč, L a kol., 1990: Náuka o dreve II. ES-VŠLD Zvolen. 424 s.
- [11] 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.
- [12] Rousek, M. at al., 2005: Výzkum a vývoj progresivních strojů a zařízení k obrábění dřeva. Výskumná správa FT-TA/062. Brno. 85 s.
- [13] Setnička, F., 1981: Tepelná technika pre dřevárskych inžinierov. ALFA, Bratislava. 432 s.