

GRANULOMETRICKÁ ANALÝZA PRACHOVÝCH ČASTÍČ VYBRANÝCH DRUHOV DREVA TVORIACICH SA V PRACOVNOM PROSTREDÍ DREVÁRSKÝCH PREVÁDZOK

PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SELECTED WOOD DUST SPECIES PARTICLES GENERATED IN THE
WOOD WORKING ENVIRONMENT

Alena Očkajová¹, Iveta Marková²

¹doc. Ing. Alena Očkajová, PhD., Katedra techniky a technológií, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, Banská Bystrica, alena.ockajova@umb.sk

²prof. RNDr. Iveta Marková, PhD., Katedra životného prostredia, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Tajovského 40, Banská Bystrica, iveta.markova@umb.sk

Abstrakt: Na základe spôsobu obrábania dreva vzniká drevný prach ako vedľajší produkt. Príspevok sa zaoberá granulometrickou analýzou vybraných vzoriek drevného prachu Dub zimný (*Quercus petraea* Liebl.) a z listnatých roztrúseno-pórovitých drevín bol vybratý Buk obyčajný (*Fagus sylvatica* L.) a Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* L.) a zmes odobratá priamo z drevárskej výroby z priestorov vibračnej brúsky SCM SANDYA 300RCS) za účelom selektovania percentuálnych podielov jednotlivých frakcií (0.032; 0.063; 0.08; 0.125; 0.250; 0.5; 1; 2 mm) vzoriek drevného prachu. Vzorky drevných prachov boli vyrobené s použitím ručnej vibračnej brúsky BOSCH pss 200 AaC a sitovanie na automatickom vibračnom sitovacom stroji Retsch AS 200 control. Najpočetnejšie percentuálne podiely prachových častíc (v rozpätí 50 až 79%), u všetkých vzoriek drevného prachu, boli frakcie 32 µm a < 32 µm (dno). Najpočetnejší percentuálny podiel vytvára predpoklady rizika nadýchania sa respirabilných zložiek obsiahnutých vo frakcii > 32 µm a potenciál tvorby pracho-vzdušnej výbušnej zmesi. Komparáciou výsledkov granulometrickej skladby frakcií drevných brúsnych prachov z typicky spracúvaných drevín v nábytkárskom priemysle (buk, dub, smrek, jedľa, jelša) sa signifikantne potvrdila veľkosť častíc.

Kľúčové slová: drevný prach, sitovanie drevného prachu, vibračná brúska, granulometrická analýza

Abstract: Wood dust is generated as a byproduct based on the method of machining. The paper deals with granulometric analysis of selected samples of wood dust sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) and from deciduous multiple-pore wood there was chosen European beech (*Fagus sylvatica* L.) and alder (*Alnus glutinosa* L.) and the mixture taken directly from timber production of vibrator grinders SCM SANDYA 300RCS) for the purpose of selecting the percentages of the various fractions (0.032; 0.063; 0.08; 0.125; 0.250; 0.5; 1; 2 mm) of samples of wood dust. Wood dust samples were made using a hand orbital sander BOSCH PSS 200AaC and sizing on the automatic mesh vibratory sieve shaker Retsch AS 200 control. The most frequent percentages of dust particles (between 50-79%) in all samples of wood dust there were fractions of 32 µm and less than 32 µm (bottom). The most abundant percentage creates conditions of the risk of inhaling and respirable components contained in the fraction over 32 µm and the potential of formation of a dust-air explosive mixture. Comparison of results granulometric fractions contribution of wood sanding dust typically processed wood in the furniture industry (beech, oak, spruce, fir, alder) was significantly confirmed of the particle size.

Keywords: wood dust, orbital sander, granulometric analysis

Úvod

Drevospracujúci priemysel patrí medzi odvetvia, kde vzniká prach ako neželaný odpad (Krentowski, 2015) (Top, Adanur, & Öz, 2016). Pri mechanickom opracovaní dreva (pílení, hobľovaní, frézovaní a brúsení) sa vytvára veľké množstvo prachu a triesok, ktoré z hľadiska hodnotenia rizika predstavuje potencionálne nebezpečenstvo vzniku požiaru a poškodenia zdravia zamestnancov). Drevný prach, ktorý sa vytvára pri opracovaní dreva, najmä pri brúsení, je horľavý a môže so vzduchom vytvárať výbušnú zmes ((Rohr et al. 2015, Zelený, 2013, Drimal, 2016). Na základe veľkosti častíc drevného prachu je možné predpokladať akou formou v prevádzke sa drevný prach vyskytuje. Frakcie s väčšou veľkosťou majú tendenciu sa usádzať (Tureková a kol., 2007, Tureková, 2008). Početnosť mikrofrakcií (pod 100 μm) evokuje vznik rozvírenej formy prachu. Takéto častice sú typické najmä pri brúsení dreva, ktoré je najpodstatnejšou technologickou operáciou každého výrobku z dreva pred jeho konečnou povrchovou úpravou. Súčasťou najmä nábytkárskych prevádzok sú rôzne typy širokopásových, úzko-pásových, špeciálnych brúsok ako aj ručných brúsok (pásových, diskových, vibračných) s rôznym spôsobom odsávania (Očkajová et al. 2014). Moderné zariadenia už majú zabudovaný odsávací systém, ktorého cieľom je maximálne odstrániť drevný prach z prevádzky, no nie všetky prevádzky majú najmodernejšiu techniku, čoho dôsledkom je výskyt prachových častíc v pracovnom priestore. Obdobne je to aj pri používaní ručných elektrických brúsok, ktorých súčasťou je zabudovaný systém odsávania ale jeho výkon nie je tak efektívny ako centrálné odsávanie. Množstvo vznikajúceho prachu, veľkosť a tvar jednotlivých prachových častíc je závislý od zrnitosti brúsiaceho prostriedku, prítlaku brúsiaceho prostriedku na brúsený materiál, rýchlosti brúsenia, samotného brúseného materiálu, smeru brúsenia a pod .

Drevný prach je aj súčasťou biomasy, v súčasnosti používaného alternatívneho paliva ako obnoviteľného zdroja energie. V dôsledku existencie podielu drevného prachu vo variabilných časticových formách. Odborníci (Rogozinsky et al. 2015, Rohr et al. 2015) posudzujú možné obavy spojené s používaním palív z biomasy pri ich spaľovaní z hľadiska bezpečnosti a ochrany zdravia ako aj rizika vzniku výbuchu.

Pre posúdenie chovania sa prachu z rôznych hľadísk, ako napríklad jeho schopnosti odlúčenia v rôznych druhoch odlučovačov, jeho zdravotného pôsobenia, schopnosti usadzovania, schopnosti explózie a i., je potrebné predovšetkým poznať jeho granulometrické zloženie, t.j. početnosť alebo hmotnostnú početnosť častíc v určitom rozsahu ich veľkostí (Mračková, Krišťák, Kučerka, Gaff, & Gajtanska, 2016). Vo výrobnom procese vznikajú takmer výlučne prachy polydisperzné, obsahujúce častice rôznych veľkostí (Alena Očkajová & Banski, 2013). Granulometrickou analýzou sa zisťuje stupeň rozdrvenia základného materiálu, ktorý je jednou z charakteristických schopností prachu vytvárať disperznú sústavu (Mračková et al., 2016). Častice, ktoré prejdú sitom danej veľkosti oka a zachytia sa na nasledujúcom site s menšími veľkosťami oka sú zaradené do frakcie s veľkostným intervalom daným oboma veľkosťami ôk. Sitovaním je vytváraný súbor častíc do jednotlivých veľkostných intervalov, odkiaľ sa potom príslušným postupom odvodí kumulatívna krivka zrnitosti (Dzurenda & Orłowski, 2011). Podľa veľkosti prachových častíc sa člení na hrubý a jemný (polietavý), ktorého veľkosť častíc je do 30 μm . Časť polietavého prachu do veľkosti častíc 5 μm sa nazýva prachom respirabilným (Tureková, 2008). Práve od veľkosti prachových častíc závisí ich prienik do dýchacích ciest. Prachové častice s rozmermi > 100 μm v prostredí rýchlo sedimentujú a neprenikajú do organizmu (Tureková, 2008). Menšie častice s rozmermi < 5 μm , tzv. respirabilná frakcia, majú tendenciu zotrvať v ovzduší a v prípade ich vdýchnutia prenikajú aj do pľúc (Tureková, 2007, Aghová, 1993, Demers & Weinrich 2005).

Cieľom príspevku je analýza a komparácia granulometrickej skladby frakcií drevných brúsnych prachov z typicky spracúvaných drevín v nábytkárskom priemysle (buk, dub, smrek,

jedľa, jelša) pripravených pomocou ručnej pásovej brúsky (firmy Bosch) a prachová zmes (buk, dub, smrek), odobratá v nábytkárskej prevádzke, so zameraním sa na mikrofrakcie (častice s priemerom $\leq 100 \mu\text{m}$) a posúdenie vplyvu dreviny a veľkosti častíc [particle size $< 100\mu\text{m}$]. Brúsenie bolo vybrané ako technologická operácia obrábania dreva, ktorá predpokladá zvýšený nárok na separačné zariadenie a požiaru bezpečnosť.

Materiál a metódy

Príprava vzoriek drevného prachu

Pre prípravu drevných prachov boli pripravené po 3 dosky o rozmeroch (300x50x50 mm) pre každú drevinu, ktoré boli vysušené na vlhkosť cca 8÷10 %. Päť vzoriek dreva bolo vybraných s ohľadom na ich najčastejšie priemyselné spracovanie v nábytkárskych prevádzkach a zároveň predstavujú aj zastúpenie ihličnatých, listnatých kruhovito-pórovitých a listnatých roztrúseno-pórovitých drevín. Z ihličnatých drevín bol vybraný Smrek obyčajný (*Picea excelsa*) a Jedľa biela (*Abies alba*), z listnatých kruhovito-pórovitých drevín bol vybraný Dub zimný (*Quercus petraea* Liebl.) a z listnatých roztrúseno-pórovitých drevín bol vybraný Buk obyčajný (*Fagus silvatica* L.) a Jelša lepkavá (*Alnus glutinosa* L.). Šiesta vzorka bola odobratá priamo z drevárskej výroby z priestorov vibračnej brúsky (SCM SANDYA 300RCS) (prachová zmes zložená zo smrekového, bukového a dubového prachu).

Vzorky drevných prachov boli vyrobené s použitím ručnej vibračnej brúsky BOSCH pss 200 AaC. Vzorky pripravoval skúsený odborník na brúsenie, aby sa proces brúsenia, čo najviac priblížil realite, čo sa týka prítlaku brúsiaceho prostriedku na povrch dielca, rýchlosti brúsenia ako aj smeru brúsenia (krížové). Pri experimentoch bol použitý brúsny papier so zrnitosťou P 80 (Norton P 80 H231). Prach sa zbieral do vrečka odsávacieho zariadenia ručnej pásovej brúsky, odkiaľ sa presýpal do igelitových vrieciek, ktoré boli starostlivo uzavreté, aby sa nezvyšovala vlhkosť získaného prachu. Z každej dosky bolo získané približne 300 g prachu, ktorý sa následne zmiešal a takto pripravená vzorka pre každú drevinu (cca 1 kg) bola základom pre granulometrickú analýzu.

Vlhkosť vzoriek drevného prachu bola stanovená gravimetricky (tab.1) a nasledovne bola vykonaná sitová analýza na sitovacom stroji Retsch AS 200 podľa STN ISO 3310-1:2007-03 (25 9610). Vrečko sa po každej drevine vyčistilo použitím priemyselného vysávača. Na základe sitovej analýzy boli jednotlivé druhy drevných prachov rozdelené do deviatich frakcií podľa veľkostí ôk sít na sitovacom zariadení.

Tab 1 Gravimetrické stanovenie vlhkosti vzoriek drevného prachu

Tab 1 Gravimetric determination of moisture of wood dust samples

Druh prachu	Smrek	Dub	Buk	Jelša	Jedľa	Zmes
Vlhkosť [%]	6.4 ± 0,12	6.5 ± 0,14	6.2 ± 0,08	6.4 ± 0,11	6.4 ± 0,14	6.1 ± 0,08

Sitová analýza sa vykonala na automatickom vibračnom sitovacom stroji Retsch AS 200 control; sadou kontrolných nerezových sít, priemer 200 mm, výška 50 mm, priemery ôk sita 0.032; 0.063; 0.08; 0.125; 0.250; 0.5; 1; 2 (mm). Podiely zvyškov na jednotlivých sítach a dne sa zisťovali pomocou digitálnych laboratórnych váh Radwag WPS 510/C/2 s presnosťou váženia 0,001 g. Parametre sitovania: amplitúda 2 mm/“g“, interval 10 s, čas sitovania 20 min.

Postup merania bol nasledovný (STN ISO 3310-1:2007-03):

- Umiestnenie sady sít na vibračný sitovací stroj Retsch AS 200c.

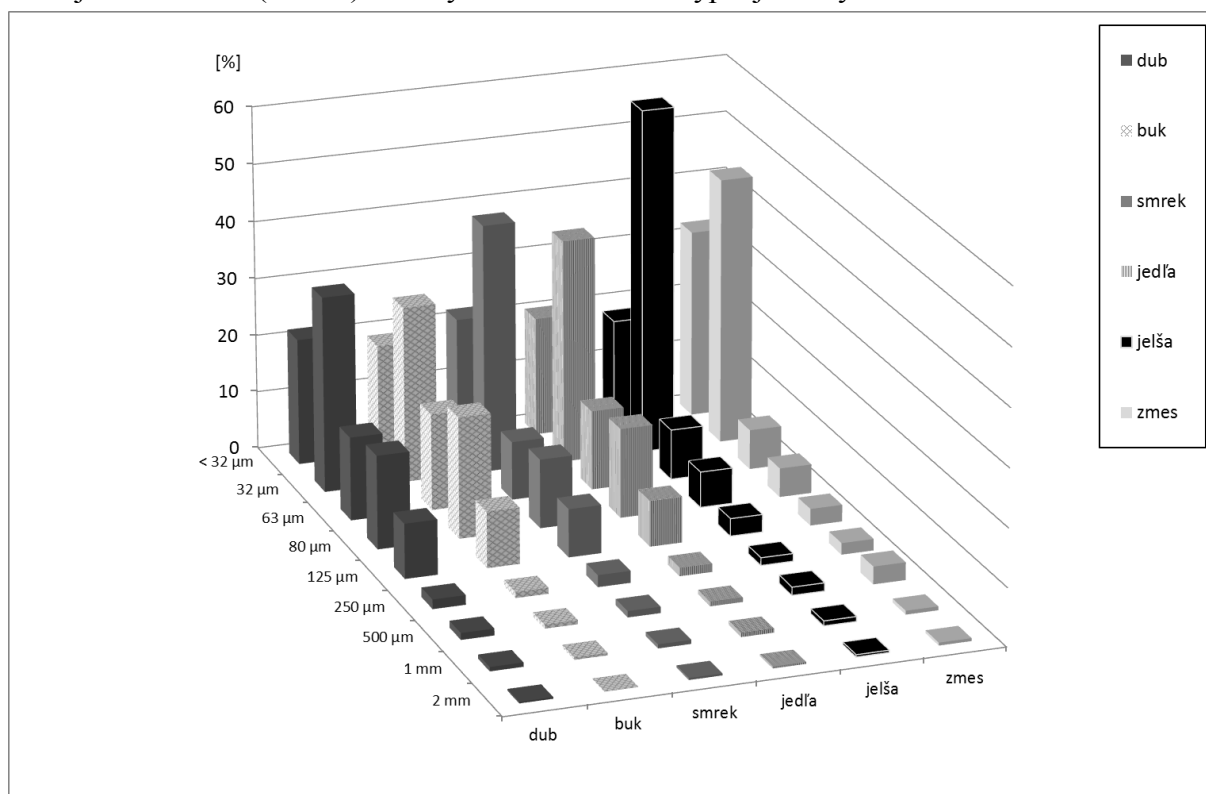
- Naváženie vzorky brúsneho prachu (30 g) na laboratórnych váhach a premiestnenie na horné sito sitovacieho stroja.
- Uzatvorenie sady skleným vekom, sitovanie 20 min.

Po ukončení sitovania sa zvyšky na sitách a na dne odvážili a zapísali do tabuľky. Pre každú vzorku sa uskutočnilo 5 meraní, pre vyhodnotenie sa použili priemerné hodnoty z 5 meraní.

VÝSLEDKY

Získané výsledky zo sitovej analýzy sme vyhodnotili pomocou distribučných kriviek vybraných vzoriek drevných prachov ako aj pomocou jednofaktorovej analýzy rozptylu s cieľom zistiť, či existuje štatistická významnosť vplyvu dreveniny na granulometrické zloženie brúsnych prachov a či existuje štatistická významnosť vplyvu dreveniny na podiel prachových častíc $< 100 \mu\text{m}$.

Hmotnostné a percentuálne podiely jednotlivých frakcií vybraných vzoriek drevných prachov po vykonaní sitovej analýzy boli vyhodnotené distribučnými krivkami. Percentuálny súčet získaných hodnôt je vždy menší oproti hmotnosti vzorky na základe straty počas triedenia. Získané distribučné krivky (obr.1) vyjadrujú závislosť pomerného zastúpenia hmotnosti určitej veľkosti zŕn (frakcií) v analyzovanom súbore sypkej hmoty.

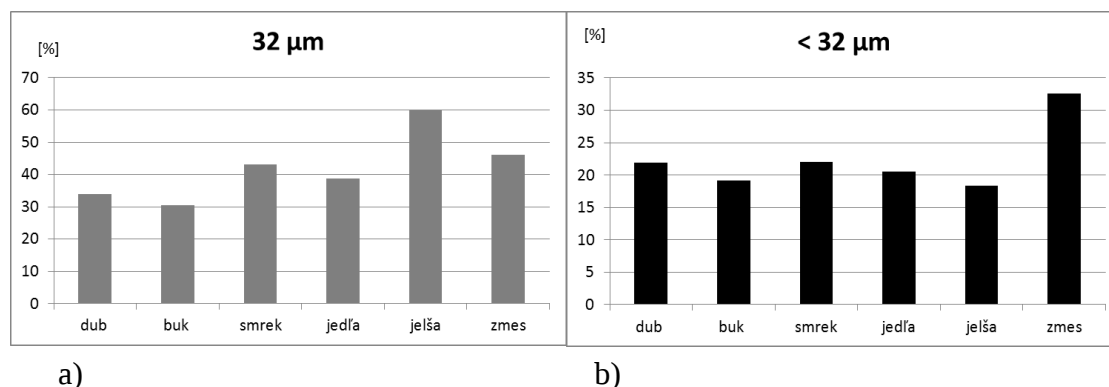


Obr 1 Distribučné krivky zrnitosti vybraných vzoriek drevného prachu

Fig 1 Distribution curves of wood dust samples

Najpočetnejšími frakciami u všetkých vzoriek drevných prachov boli frakcie $32 \mu\text{m}$ a $< 32 \mu\text{m}$ (dno), ktoré u vzorky duba tvorili 55,83% hmotnosti celej vzorky drevného prachu dubu (obr 1). Najmenej početnými frakciami vzorky drevného prachu duba boli frakcie 2 mm a 1 mm (0,99 % celkovej hmotnosti vzorky). Vo vzorke drevného prachu buku tvorili frakcie $32 \mu\text{m}$ a $< 32 \mu\text{m}$ 49,58 % hmotnosti celej vzorky. Najmenej početnými frakciami boli frakcie 2 mm a 1 mm (0,5 % celkovej hmotnosti vzorky drevného prachu buka). Vo vzorke drevného prachu smreku frakcie $32 \mu\text{m}$ a $< 32 \mu\text{m}$ a tvorili 65,13 % hmotnosti celej vzorky smreku a

najmenej početnými frakciami boli frakcie 2 mm a 1 mm (1,01 % celkovej hmotnosti). Vzorka drevného prachu jedle má 59,27 % zastúpenie frakcie 32 μm a < 32 μm z celkovej hmotnosti vzorky a 0,98 % celkovej hmotnosti predstavujú frakcie 2 mm a 1 mm. Vzorka drevného prachu jelše má najbohatšie zastúpenie frakcie 32 μm a < 32 μm a to 78,26 % hmotnosti celej vzorky najmenej početné frakcie boli frakcie 2 mm a 1 mm, ktoré tvorili 1,21 % celkovej hmotnosti v porovnaní s ostatnými vzorkami. Vzorka drevného prachu zmesi kopíruje početnosť vzorky drevného prachu jelši, kde frakcie 32 μm a < 32 μm a tvorili 78,74 % hmotnosti celej vzorky (obr 2a)b)).



Obr 2 Vzájomné porovnanie početnosti prachových častíc u vybraných vzoriek drevného prachu a) percentuálny podiel frakcie 32 μm a b) percentuálny podiel frakcie < 32 μm a c) percentuálny podiel frakcií < 100 μm (dno, 32 μm , 63 μm , 80 μm)

Fig 2 Mutual comparisons of the frequency of dust particles in selected wood dust samples of a) the percentage fractions of 32 microns, and b) the percentage fraction < 32 microns and c) the percentage of the fractions < 100 microns (bottom, 32 microns, 63 microns, 80 microns)

Je zaujímavé, že pre skúmané drevné prachy sa vyskytli určité rozdiely v percentuálnom zastúpení jednotlivých frakcií ale pri porovnaní percentuálneho podielu všetkých frakcií < 100 μm (dno, 32 μm , 0,63 μm , 80 μm) sa získali veľmi podobné výsledky pre všetky sledované drevné prachy v intervale od 86,4 % do 93,1 % ; pre dub 86,4 %, pre buk 87,23 %, pre smrek 87,13 %, pre jedľu 88,4 %, pre jelšu 93,1 %, a pre zmes 90,61%.

Tieto výsledky korešpondujú aj s výsledkami (Očkajová, Banski, 2013), ktorí sledovali podiely častíc pod 100 μm u vzoriek drevného prachu buka, borovice a smreka získaných z úzko-pásovej brúsky priamo v prevádzke, čomu odpovedal aj náš výskum, u ktorých sú podiely častíc < 100 μm nasledovné, pre buk 91,95 % (zrnitosť 80), pre borovicu 85,07 % (zrnitosť 80), smrek 95,01 % (zrnitosť 120) (Očkajová, Banski, 2013). Vyššie hodnoty môžu byť spôsobené jednak samotnou drevinou, kde rozptyl vlastností je závislý od podmienok rastu, od miesta v kmeni, od individuálneho prítlaku brúsiacej pätky samotnou obsluhou, pri smreku je to aj iná použitá zrornosť brúsiaceho prostriedku, kde je predpoklad pre vznik jemnejších častíc s použitím brúsiaceho prostriedku s vyšším číslom zrnosti.

Získané výsledky sú tiež v korelácii s autormi Očkajová et. al. (2014), kde sa skúmal bukový prach získaný pomocou ručných brúsok (laboratórny experiment), ktoré pracovali v zabudovanom systéme s konštantným prítlakom, konštantnou reznou rýchlosťou a starostlivo vybranými vzorkami dreva (bez hŕč a ostatných chýb dreva). Pre ručnú pásovú brúsku sa získal percentuálny podiel častíc < 100 μm 94,28 % (pri brúsení kolmo na vlákna) a pre ručnú kotúčovú brúsku bol podiel týchto častíc až 96,29 %. Tieto hodnoty sú vyššie oproti hodnotám získaným v reálnom procese, čo možno odôvodniť aj tým, že práve pri laboratórnom experimente nemusel byť optimálne zvolený prítlak brúsiaceho prostriedku na povrch vzorky, rýchlosť brúsenia, model brúsenia, nevyužívalo sa krížové brúsenie

(kombinácia brúsenia pozdĺž vlákien a kolmo na vlákna) a výsledky mohli ovplyvniť aj konkrétne fyzikálno-mechanické vlastnosti brúsenej dreveniny.

Matematicko-štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov

Pre vyhodnotenie vplyvu dreveniny na granulometrické zloženie brúsnych prachov a vplyvu dreveniny na podiel prachových častíc $< 100 \mu\text{m}$ sme získané výsledky podrobili štatistickej analýze. Zistené výsledky početnosti častíc dreveného prachu vybraných drevín boli štatisticky vyhodnotené multifaktorovou analýzou variancie (ANOVA) s použitím LSD (95%, 99% hladinou preukázateľnosti) testu (software Statgraphics verzia 5.0), kde ako faktory vplyvu boli použité: druh dreveniny (buk, dub, smrek, jedľa, jelša) a hodnoty veľkosti častíc (0.032; 0.063; 0.08; 0.125; 0.250; 0.5; 1; 2 v mm).

Tab 2 Vplyv dreveniny a veľkosti frakcií na početnosť častíc v prachových vzorkách prostredníctvom 2-faktorovej analýzy variancie (ANOVA) s použitím LSD ($\alpha=0,05$)

Tab 2 The effect of plants belonging to the size fraction of the frequency of the particles of dust through the 2-factor analysis of variance (ANOVA) using the LSD ($\alpha = 0.05$).

Podiel frakcií	Drevina						Priemer	Hd $\alpha_{0,5}$
	Dub	Buk	Smrek	Jedľa	Jelša	Zmes		
2 mm	0,27	0,08	0,33	0,31	0,38	0,49	0,31a	
1 mm	0,72	0,42	0,68	0,67	0,83	0,66	0,66a	
500 μm	1,06	0,70	1,08	0,78	1,40	3,05	1,36ab	
250 μm	1,64	1,04	2,05	1,46	1,32	1,99	1,58ab	
125 μm	9,47	9,71	8,31	7,93	3,03	2,89	6,89bc	
80 μm	16,16	20,98	11,92	15,45	6,18	5,01	12,61c	
63 μm	14,41	16,67	10,08	13,68	8,66	6,86	11,73c	
32 μm	33,94	30,47	43,09	38,73	59,88	46,20	42,05e	
<32 μm	21,89	19,11	22,04	20,54	18,38	32,54	22,42d	
Priemer	11,07a	11,02a	11,06a	11,06a	11,11a	11,07a		4,75
Hd $\alpha_{0,5}$							5,82	

Štatistická metóda ANOVA – LSD test ($\alpha=0,5$) a,b,c – signifikantné rozdiely

Tab 2 potvrdzuje signifikantné rozdiely u jednotlivých frakcií. Následne bola zrealizovaná korelácia hodnôt prostredníctvom hodnôt jednotlivých frakcií prostredníctvom 2-faktorovej analýzy variancie (ANOVA) s použitím LSD ($\alpha=0,05$). Realizovaním realizovaním 1-faktovej analýzy variancie (ANOVA) s použitím LSD testu sa hľadala súvislosť medzi drevinami a veľkosťou prachových častíc. Veľkosť častíc u prvých štyroch frakcií predstavuje rozdiel štatisticky nevýznamný. Štatisticky významný rozdiel je vo frakcií 32 μm , potom vo frakcií $> 32 \mu\text{m}$. Medzi frakciami 125 μm , 80 μm , 63 μm a prvými štyrmi frakciami (2 mm, 1 mm, 500 μm , 250 μm), nie sú štatisticky významné rozdiely. V dôsledku nadmernej tvorby prachu práve uvedených frakcií, ktorých súčasťou je aj respirabilná zložka prachu, narastá aj riziko vážneho ohrozenia zdravia zamestnancov.

Diskusia

Prášnosť na pracoviskách, v dôsledku tvorby dreveného prachu, má škodlivé účinky na ľudský organizmus (Tureková, 2008) a predstavuje jeden zo základných problémov v oblasti bezpečnosti a hygieny pracovného prostredia. Tureková (2007) uvádza výsledky výskumov zaoberajúcich sa problematikou škodlivého vplyvu prachov na zdravie človeka a uvádza, že,

pri vdychovaní prachu preniká do pľúc len malá časť prachu, tzv. respirabilná frakcia, ktorá je tvorená časticami o rozmeroch menších ako $5,0\ \mu\text{m}$. Väčšia časť prachu je zachytávaná v prírodných dýchacích cestách (nose, hrtane, tracheobronchiálnom strome). Hygienické aspekty prašnosti prezentované podľa konvencií v oblasti prašnosti v zmysle STN EN 481 a US-EPA prezentujú charakter prachu podľa jeho veľkosti. Do pozornosti vstupuje interval frakcie $20\text{--}30\ \mu\text{m}$, kde sa prejavuje možnosť inhalácie drevného prachu.

Americká agentúra pre ochranu životného prostredia US - EPA (Environmental Protection Agency) zaviedla ďalšie kritéria pre hodnotenie prašnosti, konkrétne hodnoty M_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 uvádzané v $\mu\text{g.m}^{-3}$. M_{10} predstavuje prašnosť v $\mu\text{g.m}^{-3}$, kde aspoň 50% častíc je menších ako $10\ \mu\text{m}$ (častice s aerodynamickým priemerom $10\ \mu\text{m}$). Boli získané výrazné percentuálne podiely frakcie vzoriek drevných prachov (obr.2b)), ktoré sú signifikantne rozdielne, ale nie je možné s určitosťou tvrdiť, že sa v uvedenej frakcii nachádzajú podiely M_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 .

Výsledky získané našim experimentom, ktorý kopíroval klasickú prevádzku (nebol jednoznačne určený prítlak brúsiaceho prostriedku na povrch dielca, nebola určená rýchlosť brúsenia, nebol určený smer brúsenia a pri brúsení sa využila odbornosť obsluhy danej brúsky) nepreukázali štatistickú významnosť vplyvu dreveniny na podiel častíc $< 100\ \mu\text{m}$, ani vzniknutých pri rovnakých podmienkach brúsenia. Tieto tvrdenia možno podporiť aj výsledkami Očkajovej a kol. (A. Očkajová et al., 2014), kde použitím aj iných typov brúsok (širokopásové) a brúsení rôznych aglomerovaných materiálov sa získali obdobné výsledky. Pri brúsení MDF na širokopásovej brúske sa získal podiel častíc $< 100\ \mu\text{m}$ 96,16 %, pri brúsení DTD na širokopásovej brúske sa získal podiel častíc $< 100\ \mu\text{m}$ 89,21 %.

Vznikajúce percentuálne podiely prachových frakcií predstavujú zvýšené riziko tvorby výbušných pracho- vzdušných zmesí v uzavretom pracovnom prostredí. Podľa STN 26 007 (STN ISO 3569:1995-09) sa prachy na základe veľkosti častíc klasifikujú na veľmi jemný prach označný ako A D2 (0,07 až 0,40mm), jemný prach D1 (0,50 až 3,50 mm), jemnozrnný prach C (3,60 do 13,0 mm), stredne zrnitý B (14,0 až 75,0 mm), hrubo zrnitý A (viac ako 75,0 mm) a nepravidelne tvarované – vláknité častice prachu E (Očkajová a kol., 2010), (L. Dzurenda & Orlowski, 2011)). U všetkých testovaných vzoriek je možné konštatovať, že dominantnou zložkou je veľmi jemný a jemný prach. Z hľadiska rizika vzniku výbuchu je uvedená frakcia najvhodnejším palivom a nárastom podielu veľmi jemný prach narastá riziko výbuchu. Čím je prach jemnejší, tým vyšší je maximálny výbuchový tlak a maximálna rýchlosť nárastu výbuchového tlaku (brizancia), a tým menšia iniciačná energia je potrebná k iniciácii prachovzdušnej zmesi.

Záver

Na základe uskutočnených experimentov možno konštatovať, že:

- najmenej početnými frakciami vzoriek drevných prachov boli frakcie 2 mm a 1 mm, v rozmedzí od 0,5 do 1% celkovej hmotnosti vzorky,
- -percentuálne podiely častíc $32\ \mu\text{m}$ a $> 32\ \mu\text{m}$ predstavujú hodnoty od 49,58 % celkovej hmotnosti vzorky drevného prachu buka až do 78 % celkovej hmotnosti vzorky drevného prachu jelše z procesu brúsenia vibračnou brúskou GOSH pss 200ac,
- -percentuálne podiely častíc $< 100\ \mu\text{m}$ z vibračnom sitovacím stroji Retsch as 200 – c predstavujú hodnoty od 86 – 94 %,
- najpočetnejší percentuálny podiel vytvára predpoklady rizika nadýchania sa respirabilných zložiek obsiahnutých vo frakcii $> 32\ \mu\text{m}$ a potenciál tvorby prachovzdušnej výbušnej zmesi.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou MŠVVaŠ a SAV SR projekt č. VEGA 1-0547-15 „Experimentálne meranie a modelovanie fugitívnych emisií“ a projektu ITMS 26210120024 "Obnova a vývoj infraštruktúry pre ekologický a environmentálny výskum na UMB".

Literatúra

- Amyotte, P. (2013). An Introduction to Dust Explosions: Understanding the Myths and Realities of Dust Explosions for a Safer Workplace. An Introduction to Dust Explosions: Understanding the Myths and Realities of Dust Explosions for a Safer Workplace. Elsevier Inc. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84899749632-&partnerID=tZOtx3y1>
- Amyotte, P. R., & Eckhoff, R. K. (2010). Dust explosion causation, prevention and mitigation: An overview. *Journal of Chemical Health and Safety*, 17(1), 15–28. <http://doi.org/10.1016/j.jchas.2009.05.002>
- Ághová, Ľ. Hygiena. Banská Bystrica: Osveta. 1993. ISBN 80-217-0515-9.
- Dzurenda, L., & Orlowski, K. A. (2011). The effect of thermal modification of ash wood on granularity and homogeneity of sawdust in the sawing process on a sash gang saw prw 15-M in view of its technological usefulness. *Drewno : Prace Naukowe, Doniesienia, Komunikaty*, vol. 54, n, 27–37. Retrieved from <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.-element.baztech-article-BATA-0015-0031>
- Dzurenda, L., Orlowski, K., & Grzeskiewicz, M. (2010). Effect of Thermal Modification of Oak Wood on Sawdust Granularity. http://doi.org/630*822.04; 630*832.17; 674.823
- Krentowski, J. (2015). Disaster of an industrial hall caused by an explosion of wood dust and fire. *Engineering Failure Analysis*, 56, 403–411. <http://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2014.12.015>
- Mračková, E., Krišťák, Ľ., Kučerka, M., Gaff, M., & Gajtanska, M. (2016). Creation of Wood Dust during Wood Processing: Size Analysis, Dust Separation, and Occupational Health. Retrieved November 19, 2015, from https://www.ncsu.edu/bioresources/BioRes_11-/BioRes_11_1_209_Mrackova_KKGG_Creation_Wood_Dust_Size_Health_7987.pdf
- Očkajová, A., & Banski, A. (2013). Granulometria drevného brúsneho prachu z úzko-pásovej brúsky. *Acta Facultatis Xylogologiae*, 55(1), 85–90. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84878087308&partnerID=tZOtx3y1>
- Očkajová, A., Beljo Lučić, R., Čavlović, A., & Tereňova, J. (2006). Reduction of dustiness in sawing wood by universal circular saw. *Drvena Industrija*, 57(3), 119–126. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33846633132&partnerID=tZOtx3y1>
- Očkajová, A., Stebila, J., Rybakowski, M., Rogozinski, T., Krišťák, Ľ., & L'uptáková, J. (2014). The Granularity of Dust Particles when Sanding Wood and Wood-Based Materials. *Advanced Materials Research*, 1001, 432–437. <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1001.432>
- Rohr, A. C., Campleman, S. L., Long, C. M., Peterson, M. K., Weatherstone, S., Quick, W., & Lewis, A. (2015). Potential Occupational Exposures and Health Risks Associated with Biomass-Based Power Generation. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(7), 8542–605. <http://doi.org/10.3390/ijerph120708542>
- Top, Y., Adanur, H., & Öz, M. (2016). Comparison of practices related to occupational health and safety in microscale wood-product enterprises. *Safety Science*, 82, 374–381. <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.10.014>
- STN 26 0070 Klasifikácia a označovanie sypkých hmôt dopravovaných na dopravných zariadeniach. Clasification and symbolization of bulk material transported on conveyor equipment.
- STN EN 481 - Ovzdušie na pracovisku - Určenie veľkosti frakcií na meranie častíc rozptýlených vo vzduchu
- Tureková, I. 2008. Význam požiarnotechnických vlastností potravinárskych prachov v praxi. In: *Manažérstvo životného prostredia 2008*. Žilina : Strix et VeV, 2008, s. 161-166. ISBN 978-80-89281-34-3.
- Tureková, I., Slabá, I., Duchoň, M. 2007. Hodnotenie rizík prachu v pracovnom prostredí. In: *Bezpečnosť a ochrana zdravia při práci 2007 : Sborník přednášek / nadát. Mezinárodní konference. VII. ročník. Ostrava, 12.-13.6.2007. - Ostrava : Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. - ISBN 978-80-7385-004-3. - S. 321-327.*
- Zigo, J., Rantuch, P., & Balog, K. (2014). Experimental Analysis of Minimum Ignition Temperature of Dust Cloud Obtained from Thermally Modified Spruce Wood. *Advanced Materials Research*, 919-921, 2057–2060. <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net-/AMR.919-921.2057>