

**ROZDIELY VO VLASTNOSTIACH SULFITOVÝCH BUNIČÍN
PRIPRAVENÝCH Z JUVENILNÉHO A STARŠIEHO
SMREKOVÉHO DREVA**

**THE DIFFERENCES IN SULPHITE PULP PROPERTIES PREPARED
FROM JUVENILE AND MATURE SPRUCE WOOD**

Anton Geffert – Jarmila Geffertová

ABSTRACT

Fact of common knowledge is that between juvenile and mature wood there are morphological and chemical differences. The aim of work was to determine how these differences will manifest at the sulphite pulp properties prepared from juvenile and mature wood.

In the spruce wood contents of cellulose, holocellulose, lignin and extractives were determined by standard procedures. In the pulp prepared by laboratory sulphite pulping from juvenile and mature wood there were determined basic characteristics of pulping (yield, Kappa number, brightness, limiting viscosity number – LVN) and mechanical properties (breaking length, tear index).

The pulps prepared from juvenile wood had higher values of Kappa number and lower values of LVN in comparison with the pulps prepared from mature wood.

The comparison of chosen mechanical characteristics of unbleached pulp showed that morphological properties of fibers influence the strength of pulp in different ways.

Key words: spruce, juvenile wood, mature wood, sulphite pulping, qualitative parameters of pulp.

ÚVOD

Juvenilné drevo je podľa STN 49 0012 definované ako drevo, ktoré sa vytvorí v prvých rokoch rastu, nachádza sa okolo stržňa kmeňa a konárov a obsahujú ho v sebe všetky stromy. Vyznačuje sa odlišnými fyzikálnymi a mechanickými vlastnosťami od dreva, ktoré sa vytvorí neskôr - „staršie drevo“.

Podiel juvenilného dreva v kmeni sa mení v závislosti od druhu dreviny, ale rozdiely sú aj medzi jednotlivými stromami toho istého druhu.

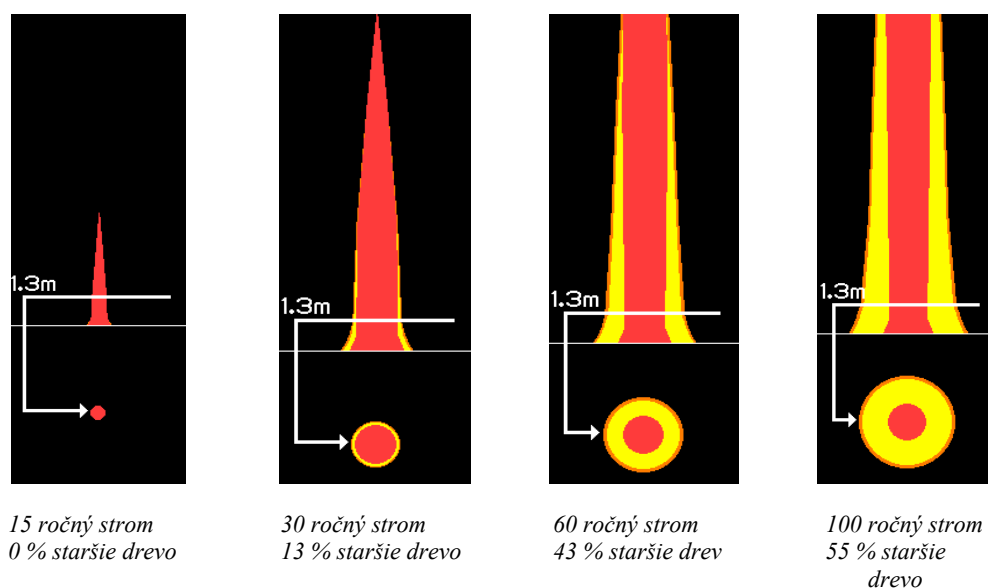
Vo všeobecnosti platí, že čím starší strom, tým je podiel juvenilného dreva menší. Podiel juvenilného dreva závisí na celom komplexe faktorov – geografická poloha, tvorba koruny, stanovište, spôsob pestovania lesa (Zobel, Sprague 1998).

Juvenilné drevo je možné získať hlavne z prerezávok a z rýchlorastúcich drevín. Veľkosť zóny juvenilného dreva je u jednotlivých drevín premenlivá (Zobel, Sprague 1998).

V juvenilnom dreve sa často vyskytuje reakčné drevo, zmenená alebo nepravidelná štruktúra, točité vlákno a obsahuje zvýšené množstvo živice (Saranpää 1994).

U smreka rastúceho v dobrej produkčnej oblasti je prírastok ročného kruhu v juvenilnej zóne 5 – 7 mm, čo predstavuje prírastok na priemere kmeňa cca 1, – 1,5 cm. Ak je juvenilná zóna v kmeni prezentovaná 5 – 20 ročnými kruhmi, tak výrez s priemerom do 20 cm je prakticky juvenilné drevo (Čunderlík, Geffert 2004).

Na základe dĺžky tracheíd by sa dala juvenilná zóna u smreka odhadnúť na prvých 15 – 20 ročných kruhov okolo stržňa, z čoho vyplýva, že juvenilná zóna dreva sa vytvára prvých 15 – 20 rokov (Makovická-Paulíniová a kol. 2007).



Obr. 1 Podiel staršieho dreva v strome (www.for.gov.bc.ca/hre/syldemo)

Fig. 1 Portion of mature wood in tree (www.for.gov.bc.ca/hre/syldemo)

Morfologické charakteristiky vlákien (dĺžka vlákien, hrúbka bunkovej steny, šírka vlákna, šírka lúmenu) sú závislé na ich polohe v kmeni a menia sa po výške a priemere kmeňa (Čunderlík, Geffert 2004).

Prakticky u všetkých drevín bol zistený výrazný rozdiel v dĺžkach vláknitých buniek v okolí stržňa v porovnaní s drevom tvoriacim sa v neskorších ročných kruhoch. Rozmery vlákien sa menia aj podľa veku a podmienok rastu. Hrúbka vlákien závisí od vegetačných, klimatických a pôdnych pomerov (Čunderlík, Geffert 2004).

Vlákná juvenilného dreva majú významne menšie rozmery ako vlákna staršieho dreva nachádzajúceho sa v strede polomeru kmeňa a pri obvode kmeňa. Hrúbka bunkovej steny vlákien v okolí stržňa predstavuje len 63 – 75 % hrúbky bunkovej steny vlákien nachádzajúcich sa v obvodovej zóne staršieho dreva (Čunderlík, Geffert 2004).

Šírka vláknitých buniek juvenilného dreva dosahuje len cca 60 % šírky vlákien staršieho dreva lokalizovaného viac k obvodu kmeňa (Čunderlík, Geffert 2004).

Vo všeobecnosti má juvenilné drevo širšie ročné kruhy, nižší podiel letného dreva, kratšie tracheidy, nižšiu hustotu, nižšiu pevnosť, tenké bunkové steny a vyššiu vlhkosť (Saranpää 1994).

Základnou charakteristikou drevných a rastlinných vlákien sú údaje o ich dĺžke a šírke, hrúbke bunkovej steny a šírke lúmenu. Rozmerové parametre dávajú prvotnú informáciu o vláknach a možno z nich usudzovať na ich vhodnosť pre určitý druh papiera (Blažej, Krkoška 1989).

Vzhľadom na meniacu sa morfológiu vlákien po priereze a po výške kmeňa je možné očakávať, že sa budú meniť aj pevnostné charakteristiky odvarenej buničiny. Samotná dĺžka vlákien neurčuje pevnosť buničiny. Pre pevnosť buničiny má rozhodujúci význam pomer dĺžky vlákna k jeho šírke. (Kozmál 1958).

V súčasnosti sa u nás v celulózo-papierenskom priemysle využívajú vlákna prakticky všetkých dostupných drevín. Okrem guľatiny sa spracúva aj piliarska štiepka, ktorá zvyčajne predstavuje štiepky zo staršieho dreva. Vlákna staršieho dreva sú oveľa dlhšie ako juvenilného a následne buničiny z nich pripravené sa líšia vo vybraných mechanických charakteristikách (Drost a kol. 2003)

Cieľom práce bolo posúdiť, ako sa prejavia rozdiely v morfológii bunkových elementov a v chemickom zložení dreva juvenilného a staršieho na vlastnostiach z nich pripravených sulfitových buničín.

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

Ako vzorkový materiál boli použité tri výrezy vymanipulované z jedného smrekového kmeňa.

Z troch výšok tohto kmeňa 1,3 – 8 – 16 m boli vymanipulované výrezy dĺžky 30 cm o priemere 40 cm vo výške 1,3 m, 36 cm vo výške 8 m a 30 cm vo výške 16 m. Každý výrez štiepaním rozdelený na zónu juvenilného dreva, ktorú reprezentovala vnútorná časť o priemere 15 cm a zónu staršieho dreva reprezentovanú obvodovou časťou výrezu.

Z takto pripravených 6 vzoriek boli napílené piliny a nasekané štiepky veľkosti cca 25 x 15 x 3 mm.

Frakcia pilín 0,5 – 1,0 mm bola použitá na stanovenie vybraných chemických charakteristík:

- benzén-etanolový (B-E) extrakt podľa metódy D 11107-56
- obsah celulózy Kürschner-Hofferovou metódou
- obsah holocelulózy podľa Wisea
- obsah lignínu Klasonovou metódou.

Zo smrekových štiepok bola v laboratórnych podmienkach pripravená buničina sulfitovým varným postupom za nasledujúcich podmienok:

Koncentrácia varnej kyseliny	celkový SO ₂	5,85 %
	voľný SO ₂	5,07 %
Hydromodul várky		1 : 4,5
Konečná teplota várky		140 °C
Varný čas	celková doba sulfitovej várky	330 minút
	výstup na impregnačnú teplotu 105 °C	30 minút
	impregnačná prestávka	60 minút
	výstup na konečnú teplotu 140 °C	60 minút
	výdrž na konečnej teplote 140 °C	180 minút

Po várke nasledovalo pranie buničiny v protiprúdnej laboratórnej práčke a jej rozvláknenie v mixéri s otupenými nožmi. Po vytriedení na laboratórnom triediči so štrbinovým sitom (0,25 mm) sa buničina voľne vysušila.

Po napučaní a rozvláknení bola vytriedená sulfitová buničina zomletá na PFI mlyne podľa STN ISO 5264-2 (50 0223) na 30 °SR, ktorý sa stanovil na prístroji Schopper – Riegler podľa STN ISO 5267-1 (50 219).

Z mletej aj nemletej buničinovej suspenzie boli pripravené skúšobné hárkky (60 g/m²) na hárkovači Rapid-Köthen podľa STN ISO 5269-2 (50 0218).

U buničiny bol vypočítaný výťažok nebielenej buničiny zo sulfitovej várky a vo vytriedenej buničine boli následne stanovené vybrané chemické charakteristiky. Pripravené hárkky boli použité na meranie vybraných optických a pevnostných charakteristík:

- Kappa čísla charakterizujúce stupeň delignifikácie podľa STN ISO 302 (50 0258),
- LVC – limitné viskozitné číslo podľa ISO 5351/2-1981 (E),
- belosť na prístroji Leukometer,
- tržná dĺžka (TD) podľa STN ISO 1924-1 (50 0340),
- index pevnosti v dotrhnutí (ID) na prístroji podľa Elmendorfa podľa STN ISO 5270 (50 0221).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky chemických rozborov pripravených smrekových pilín sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Chemické charakteristiky smrekového dreva

Tab. 1 Chemical characteristics of spruce wood

DREVO		JUVENILNÉ			STARŠIE		
výška kmeňa	m	1,3	8	16	1,3	8	16
B-E extrakt	%	2,2	1,5	1,3	1,1	1,3	0,9
Celulóza	%	48,4	51,3	50,1	51,3	53,0	48,0
Holocelulóza	%	73,0	74,3	72,5	70,1	73,5	68,9
Lignín	%	25,9	26,5	26,7	27,0	27,0	29,6

Chemické analýzy smrekového dreva ukázali, že v juvenilnom dreve je obsah extraktívnych látok vyšší ako v staršom dreve. Kým v juvenilnom dreve obsah extraktívnych látok s výškou stromu klesal, v staršom dreve sa tento trend neprejavil.

Polysacharidický podiel (holocelulóza = celulóza + hemicelulózy) bol v juvenilnej časti dreva vyšší ako v staršom dreve, pričom najvyšší podiel holocelulózy a celulózy bol zistený vo výške stromu 8 m.

Obsah lignínu bol vyšší v staršom dreve a najvyššie hodnoty boli stanovené vo výške 16 m, čomu zodpovedá aj najnižší podiel holocelulózy. Obsah lignínu zistený v staršom dreve vo výške 1,3 a 8 m sa zhodoval.

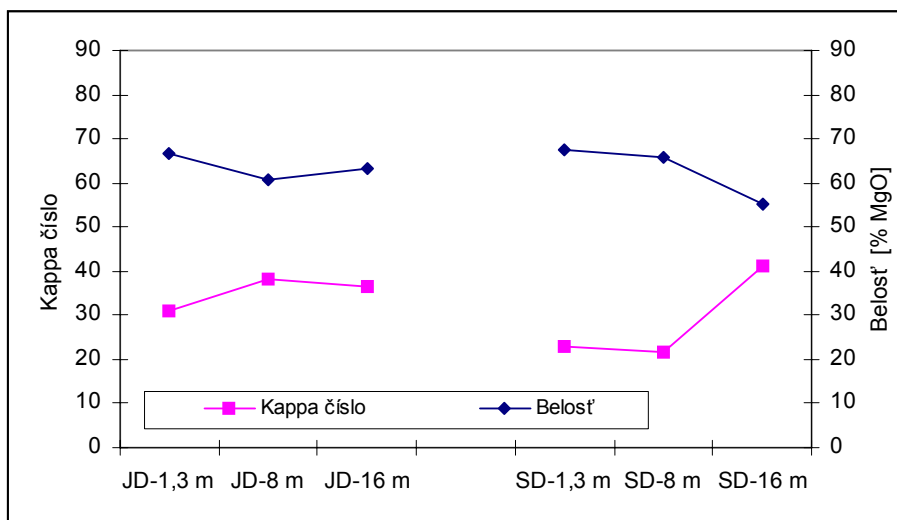
Tab. 2 Vybrané charakteristiky smrekovej sulfitovej nebielenej buničiny
Tab. 2 Chosen characteristics of spruce sulphite unbleached pulp

DREVO		JUVENILNÉ			STARŠIE		
<i>výška kmeňa</i>	<i>m</i>	<i>1,3</i>	<i>8</i>	<i>16</i>	<i>1,3</i>	<i>8</i>	<i>16</i>
Výt'azok	%	50,4	51,5	54,1	52,8	51,1	50,7
Kappa číslo		30,9	38,3	36,4	22,8	21,6	41,3
Belosť	% MgO	66,7	60,6	63,2	67,7	65,9	55,3
LVČ	$cm^3 \cdot g^{-1}$	1110	1110	1001	1136	1121	1010

Výt'azok buničiny pripravenej z juvenilného dreva rástol s výškou stromu, zatiaľ čo pri staršom dreve bol tento trend opačný.

Kappa číslo, charakterizujúce stupeň odvarenia (delignifikácie) buničiny a namerané hodnoty belosti spolu korelovali. Zníženie Kappa čísla bolo sprevádzané zvýšením belosti (obr.1).

Najnižšia belosť buničiny z koruny zrelého dreva pravdepodobne súvisela s najvyšším obsahom lignínu v tejto časti dreva (tab. 1) a bola charakterizovaná najvyšším Kappa číslom pripravenej buničiny.



Obr. 2 Priebeh belosti a Kappa čísla v buničinách z jednotlivých častí stromu smreka
Fig. 2 Course of brightness and Kappa number in pulp from single spruce tree parts

V staršom dreve výt'azok a LVČ (limitné viskozitné číslo), ktoré charakterizuje polymerizačný stupeň celulóзовých reťazcov, klesal s výškou stromu, pričom hodnoty LVČ buničín zo staršieho dreva boli vyššie, ako u juvenilného dreva.

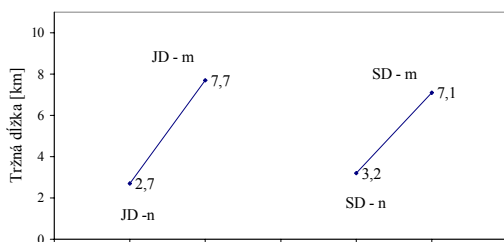
Tab. 3 Vybrané pevnostné charakteristiky smrekovej sulfitovej nebielenej mletej buničiny
Tab. 3 Chosen strength characteristics spruce sulphite unbleached beaten pulp

DREVO		JUVENILNÉ			STARŠIE		
výška kmeňa	m	1,3	8	16	1,3	8	16
Tržná dĺžka	km	8,3	8,1	6,6	6,9	8,6	5,9
I_D	$mN.m^2.g^{-1}$	12,5	10,2	6,6	23,3	15,4	9,7

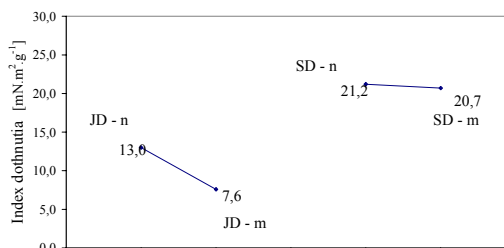
V juvenilnom dreve sledované pevnostné charakteristiky – tržná dĺžka a index dotrhnutia (ID) klesali s výškou stromu. Podobný trend bol stanovený aj pri indexe dotrhnutia v staršom dreve, pričom najvyššia hodnota bola stanovená pri buničinových hárkoch zo staršieho dreva vo výške 1,3 m. Dosiahnuté výsledky korešpondujú s trendom zistených hodnôt LVC a súvisia s morfológiou vlákien.

Vyhodnotením priemerných hodnôt tržnej dĺžky a indexu dotrhnutia sulfitových nebielených nemletých a mletých buničín z juvenilnej a obvodovej časti smrekového dreva možno charakterizovať vplyv mletia na tieto časti dreva:

- priemerné hodnoty tržných dĺžok z nemletých buničín staršieho dreva (SD- n) mali vyššie hodnoty ako z juvenilného (JD- n)
- mletím na 30 °SR hodnoty tržných dĺžok rástli a tento nárast bol výraznejší u buničín pripravených z juvenilného dreva (obr. 3)



Obr. 3 Vplyv mletia na priemerné hodnoty tržnej dĺžky
Fig. 3 Effect of beating on average values of breaking length



Obr. 4 Vplyv mletia na priemerné hodnoty indexu dotrhnutia
Fig. 4 Effect of beating on average values of tear index

- Opačný vplyv mletia sa prejavil na priemerných hodnotách indexu dotrhnutia (obr.4):
- vyššia hodnota indexu pevnosti v dotrhnutí bola zistená u nemletej buničiny pripravenej zo staršieho dreva
 - mletím na 30 °SR hodnoty indexu dotrhnutia klesali a tento pokles bol výraznejší pri buničinách z juvenilného dreva.

ZÁVER

Rozdiely v chemickom zložení juvenilného a staršieho smrekového dreva sa odrazili aj na vybraných chemických charakteristikách nebielenej sulfitovej buničiny. U sulfitovej buničiny pripravenej z juvenilného dreva, v ktorom bol zistený v porovnaní so starším drevom nižší obsah lignínu, boli zistené vyššie hodnoty Kappa čísla, čo poukazuje na kondenzovanejší lignín v juvenilnom dreve, ktoré je v kmeni stromu vývojovo najstaršie.

Hodnoty LVČ buničiny pripravenej z juvenilného dreva boli nižšie v porovnaní s LVČ buničiny pripravenej zo staršieho dreva, čo svedčí o nižšom priemernom polymerizačnom stupni celulózy tvoriacej sa v ranných štádiách rastu stromu.

Porovnanie vybraných pevnostných charakteristík nebielenej buničiny (tržnej dĺžky a indexu dotrhnutia) ukázalo, že morfológické vlastnosti vlákien vplyvajú na pevnosť buničiny rôznym spôsobom.

Nemleté buničiny pripravené zo staršieho dreva mali vyššie hodnoty zisťovaných pevnostných charakteristík, čo korešponduje s väčšími rozmermi vlákien staršieho dreva v porovnaní s vláknami juvenilného dreva.

Kratšie a tenšie vlákna juvenilného dreva sa pri mletí buničín ľahšie opracovávajú, čo na jednej strane spôsobí väčší nárast hodnôt tržnej dĺžky buničiny, no na druhej strane spôsobí výraznejší pokles hodnôt indexu dotrhnutia v porovnaní s buničinami pripravenými zo staršieho dreva.

V strome smreka v rubnej dobe (80-100 rokov) sa nachádza juvenilné aj staršie drevo v stáлом pomere (cca 1:1). Delignifikácia štiepok pripravených z takéhoto dreva je dobre kontrolovateľná a vyrábaná buničina dosahuje vysokú a konštantnú kvalitu.

Pozorovateľné výkyvy v kvalite vyrábanej buničiny môžu nastať pri spracovávaní väčšieho množstva dreva z prerezávok, prípadne dreva plantážnicky pestovaného, kde sa výskyt juvenilného dreva približuje k 100 %, resp. pri spracovávaní kvalitných štiepok z pilárskeho spracovania, ktoré sú vyrobené prakticky iba zo staršieho dreva.

LITERATÚRA

1. BLAŽEJ, A. - KRKOŠKA, P. *Technológia výroby papiera*. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1989. 584 s. ISBN 80-05-001.
2. DROST, C. - NI, Y. - SHEWCHUK, D. Effect of mature and juvenile wood from five wood species on kraft pulp strength. In *Pulp and Paper Canada*. 2003, 104 (11), s.33 - 36
3. ČUNDERLÍK, I. - GEFFERT, A. Anatomická štruktúra smrekového dreva a jej vplyv na kvalitu buničiny. In *Výbrané procesy pri spracovaní dreva : V. medzinárodné sympóziium*. Bobrovník, TU vo Zvolene, 2004. ISBN 80-228-1329-X. s. 141-146.
4. <http://www.for.gov.bc.ca/hre/syldemo>
5. KOZMÁL, F. *Výroba papiera v teórii a praxi I*. 1. vyd. Bratislava : SVTL, 1958. 818 s.
6. MAKOVICKÁ-PAULÍNIOVÁ, J. – ČUNDERLÍK, I. – GEFFERT, A. Výhody a nevýhody spracovania smrekového juvenilného dreva na buničinu. In *Papír a celulóza*, 62 (5) 2007, ISSN 0031-1421. s. 155-157.
7. SARANPÄÄ, P. Basic density, longitudinal shrinkage and tracheid length of juvenile wood of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). In *Scand. J. For. Res.* 9, 1994, s.68-74.
8. ZOBEL, B.J. – SPRAGUE, J.R. *Juvenile wood in forest trees*. 3. vyd. Berlin : Springer Verlag 1998. 300 s. ISBN 3-540-64032-0

SUMMARY

The differences in chemical composition of juvenile and mature wood were manifested at the chosen chemical characteristics of unbleached sulphite pulp too. In juvenile wood there were determined the lower contents of lignin in comparison with mature wood. In the sulphite pulps prepared from juvenile wood there were determined the higher values of Kappa number. It allocates that in juvenile wood there is more condensed lignin because juvenile wood in the tree is evolutionary the oldest.

The LVN values of pulp prepared from juvenile wood were lower in comparison with LVN of pulp prepared from mature wood. It shows the lower degree of cellulose polymerization nascent in youth of tree growth.

The comparison of chosen mechanical characteristics of unbleached pulp (breaking length and tear index) showed that morphological properties of fibers influence the strength of pulp in different ways.

The unbeaten pulps prepared from mature wood had higher values of determined mechanical characteristics and it corresponds with greater dimensions of mature wood fibers in comparison with juvenile wood fibers.

Shorter and thinner juvenile wood fibers are treated during the pulp beating more easily. It induces greater increase of breaking length values of pulp on the one hand but on the other hand it induces more marked fall in tear index values in comparison with pulps prepared from mature wood.

In spruce tree in its rotation period (80 – 100 years) here occurs juvenile and mature wood in constant ratio (cca 1:1). Delignification of the chips prepared from this wood is well-controllable and manufactured pulp achieves high and even quality.

The fluctuations in quality of manufactured pulp can occur during treatment of bigger amount of wood from improvement cutting, or eventually wood grown on plantations where the occurrence of juvenile wood is close to one hundred percent or during treatment of quality chips from sawmill that are manufactured practically only from mature wood.

Pod'akovanie

Autori ďakujú agentúre VEGA za finančnú podporu pri riešení projektu 1/3536/06, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

Adresa autorov:

Doc. Ing. Antom Geffert, CSc.
Ing. Jarmila Geffertová, PhD.
Katedra Chémie a chemických technológií
Drevárska fakulta Technickej univerzity vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovensko
geffert@vsld.tuzvo.sk
jgeffert@vsld.tuzvo.sk