

VYBRANÉ VLASTNOSTI DŘEVA SMRKU PICHLAVÉHO (*Picea pungens* Engelm.) Z NELESNÍCH PŮD

V. Gryc, H. Vavrčík, O. Kotalík

Došlo: 3. října 2008

Abstract

GRYC, V., VAVRČÍK, H., KOTALÍK, O.: *Selected properties of Blue spruce wood from non-forest land*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2009, LVII, No. 2, pp. 37–44

The aim of this work was to carry out a tree-ring analysis, to determine density, shrinkage and compressive strength parallel to the grain of Blue spruce (*Picea pungens* Engelm.) wood. Results of this work were specific due to the non-forest origin of the sample material that was from two solitary trees. Tree ring analysis (determination of tree ring width and portion of latewood) was carried out on the transverse section of a stem that was taken at height of 0.3 m from the tree base. Wood properties were tested according to Czech technical standards.

Trees showed wide tree rings (5.65 mm) with a small portion of latewood (12.55 %). Oven dry wood density was 371.66 kg.m⁻³, overall volumetric shrinkage was 9.12 % and compressive strength parallel to the grain was 42.10 MPa. Due to the low age of trees results are valid for juvenile wood.

Wood properties were examined along the stem radius. Tree ring width was increasing to the age of 12th year subsequently it was constant. Tree ring width was constant along the entire stem radius. Wood density, overall volumetric shrinkage and compressive strength parallel to the grain were increasing in the direction from pith to bark.

blue spruce, ring width, density, shrinkage, strength along the grain

Dřevo smrků pichlavého (*Picea pungens* Engelm.) není běžně zpracováváno v dřevařském průmyslu. Strom tohoto druhu nacházíme poměrně často ve městech, jako pěkně tvarovaný a zbarvený jehličnan, jehož koruna je většinou po celé délce kmene. Je úctyhodné, že svého rozšíření u nás dosáhl za krátkou dobu. Je znám od roku 1862, kdy byl objeven v Coloradu. O rok později byl introdukován do Evropy a v roce 1910 do Čech (Musil et al., 2003). V České republice byl smrk pichlavý hojněji vysazován jako náhradní dřevina do imisemi zasažených horských lesů (např. v Krušných horách).

Za základní ukazatel kvality dřeva lze považovat hustotu dřeva, která významným způsobem ovlivňuje většinu jeho fyzikálních a mechanických vlastností. Průměrná hustota dřeva se v případě smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst) pohybuje kolem 450 kg.m⁻³ při vlhkosti 12 %. Hustota smrku a i ostatních jehličnatých dřev se zvyšuje po poloměru kmene (od středu k obvodovým částem) vlivem snižující se šířky letokruhu a zvyšujícího se procentického zastoupení dřeva (Gryc a Horáček, 2007; Pož-

gaj et al., 1997; Palovič a Kamenický, 1961, Lexa et al., 1952). Roček a Novák (2005) udávají hustotu dřeva ($w = 12\%$) smrku pichlavého 390 kg.m⁻³ (interval 370 až 400 kg.m⁻³).

Dřevo je hygroskopický materiál, který je schopen měnit svoje rozměry podle vlhkosti okolního prostředí. Anizotropní charakter se v případě lineárního bobtnání i sesychání projevuje rozdílnými hodnotami v jednotlivých anatomických směrech. V podélném směru je změna rozměrů nejmenší a činí 0,1–0,4 %. V příčném směru dřevo bobtná i sesychá více, v radiálním směru 3–6 %, v tangenciálním 6–12 %. Bobtnání v jednotlivých anatomických směrech lze vyjádřit následujícím poměrem: $\beta_t : \beta_r : \beta_l = 20 : 10 : 1$ (Gryc et al., 2007; Niemz, 1993; Niemz a Sonderegger, 2003; Požgaj et al., 1993).

Mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken patří z praktického hlediska k velmi důležitým vlastnostem dřeva. Pevnost vláken ovlivňuje především S2 vrstva sekundární buněčné stěny a odklon fibril v této vrstvě (Požgaj et al., 1997). Mez pevnosti v tlaku ve směru vláken má u jehličnatých dřev hodnotu

kolem 40 MPa (Požgaj et al., 1997; Panshin a Zeeuw, 1980; Palovič a Kamenický, 1962).

Cílem této práce bylo zjistit variabilitu šířky letokruhu, podíl letního dřeva, hustotu, sesychání a mez pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken u dřeva smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.), který roste na nelesní půdě. Zjištěné charakteristiky (šířka letokruhu, hustota a pevnost) mohou sloužit jako vstupní parametry do numerických modelů, které jsou používány pro zjištění stability soliterních stromů a v neposlední řadě pro výpočty provozní bezpečnosti vánočních stromů.

MATERIÁL A METODIKA

Stromy pro zjištění vybraných vlastností rostly na okrasné zahradě v Komořanech u Vyškova. Koruna stromů byla po celé délce kmene. Výška stromů byla 19 m (strom 1) a 20,5 m (strom 2). Průměr stromů ve výšce 1,3 m byl 28,5 cm (strom 1) a 31 cm (strom 2).

Z výřezu o délce 50 cm, jenž byl odebrán 30 cm od báze kmene, byl zhotoven středový blok, z něhož byly postupně vyráběny zkušební vzorky o rozměrech 20 × 20 × 30 mm pro zjištění hustoty, sesychání a pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken. Ve směru od okraje kmene ke středu byla tělíska značena vzestupně písmeny (A, B, C a D; tedy vzorky s označením A byly nejbližší obvodu kmene) a čísly (číslo kmene a číslo vzorku).

Hustota dřeva byla zjišťována podle normy ČSN 49 0108. Hustota byla stanovena při vlhkosti 0 a 12%. Bobtnání dřeva (objemové i v jednotlivých anatomických směrech) bylo stanoveno podle normy ČSN 49 0126. Dále byla stanovena konvenční hustota dřeva, která se spočítala jako podíl absolutně

suchého dřeva k objemu dřeva při vlhkosti nad mezí hygroscopicity.

Bylo zjišťováno maximální lineární a objemové bobtnání dřeva. Mechanické vlastnosti byly zjištěny na základě měření pomocí univerzálního zkušebního stroje Zwick Z050.

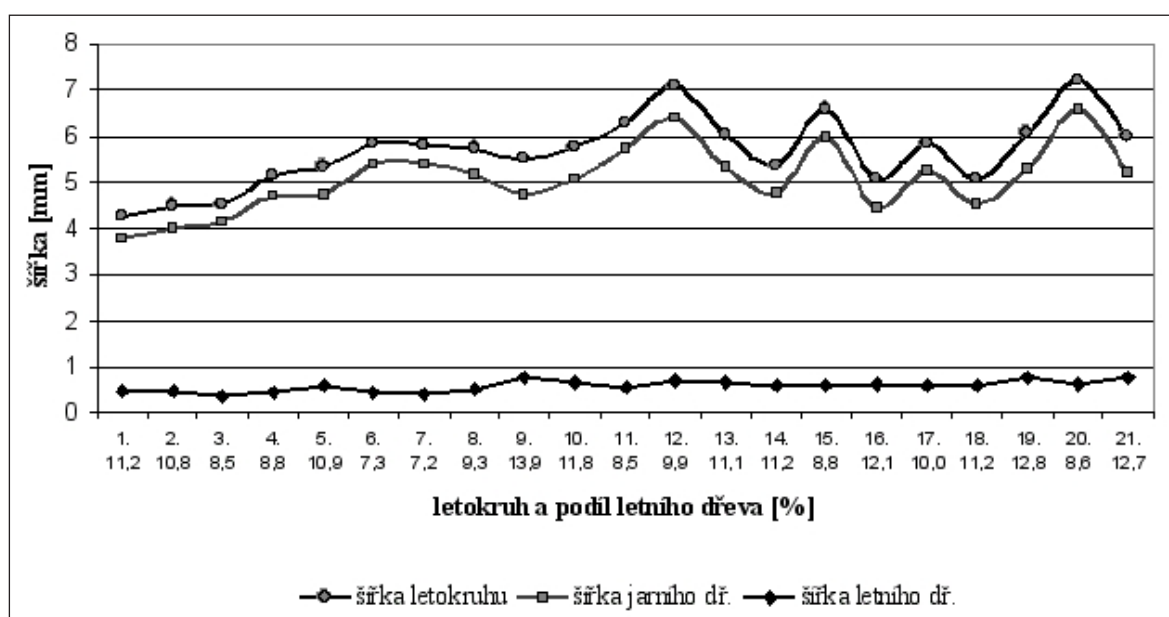
Šířka letokruhu byla zjišťována pomocí měřicího stolu TimeTable, který je vybaven stereolupou Leica S6D a měřicím programem PAST. Šířka letokruhu byla měřena na příčném řezu, který byl odebrán z výšky 0,3 m, ve dvou na sebe kolmých směrech. Z naměřených dat byla vytvořena průměrná křivka. Podíl letního dřeva v letokruhu (%) byl stanoven jako podíl šířky letního dřeva k šířce letokruhu.

VÝSLEDKY

Struktura letokruhu

Na příčném řezu bylo změřeno 22 letokruhů (u obou stromů). Průměrná šířka letokruhu byla 5,65 mm a dosáhla tak velmi vysokých hodnot. Průměrný procentický podíl letního dřeva byl 12,55%. Popisná statistika šířky a procenta letního dřeva je uvedena v tab. I.

V grafu (Obr. 1) je znázorněn průběh šířky letokruhu po poloměru kmene, šířka jarního a letního dřeva po poloměru kmene u stromu č. 1. Do 12. letokruhu je možné pozorovat rostoucí trend šířky letokruhu, v následujících letech tato veličina kolísala. Šířka jarního dřeva kopíruje trend celkové šířky letokruhu. Šířka letního dřeva je po poloměru kmene konstantní a hodnota se pohybuje kolem 0,5 mm. V grafu je pod každým číslem letokruhu uvedeno procentické zastoupení letního dřeva v rámci letokruhu.



1: Letokruhová analýza (křivky představují průměrné hodnoty ze stromu 1)

I: Popisná statistika průměrné šířky letokruhu a procentického zastoupení letního dřeva

stavba dřeva	N [ks]	průměr	medián	min.	max.	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)
šířka letokruhu [mm]	84	5,65	5,49	3,97	8,66	1,17	20,66
podíl l. dř. [%]	84	12,55	12,27	6,20	28,25	3,56	28,39

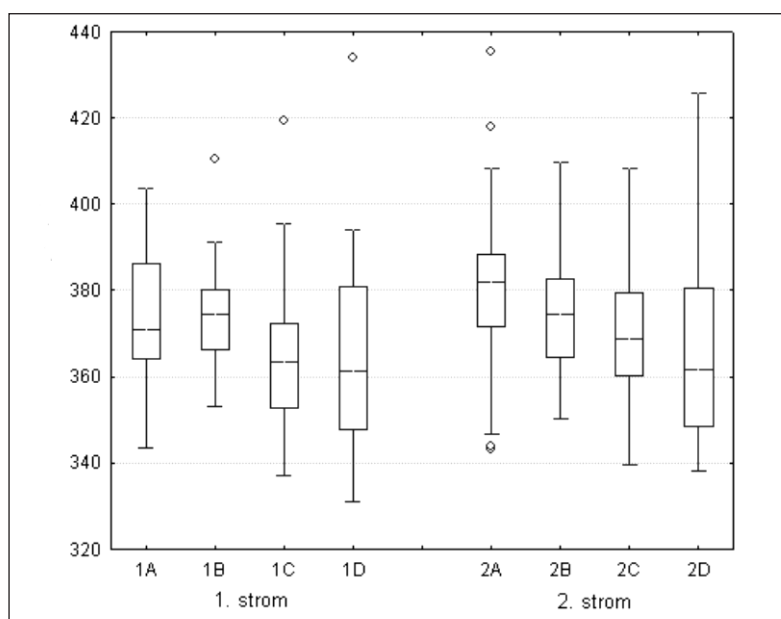
II: Popisná statistika hustoty v absolutně suchém stavu (ρ_0), při vlhkosti 12 % (ρ_{12}) a konvenční (ρ_k)

hustota	N [ks]	průměr	medián	min.	max.	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)
ρ_0 [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	418	371,66	371,30	330,92	435,53	17,35	4,67
ρ_k [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	418	337,68	337,78	305,07	393,28	14,07	4,17
ρ_{12} [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	418	401,59	401,33	360,45	469,57	17,91	4,46

Hustota

Průměrná hustota dřeva smrku pichlavého v absolutně suchém stavu z obou stromů činila $371,66 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a při 12% vlhkosti dosáhla hodnoty $401,59 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Popisná statistika hustoty dřeva je uvedena v tabulce II.

Na obrázku 2 je znázorněna variabilita hustoty dřeva v absolutně suchém stavu po poloměru kmene. Je možné sledovat pokles hustoty směrem od kambia (A) ke dřeni (D). Snížení hustoty u stromu č. 2 je zřetelnější a rozdíl mezi středovými a obvodovými částmi činí kolem $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.



2: Hustota absolutně suchého dřeva ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) v jednotlivých sekcích po poloměru kmene

Sesychání

Sesychání dřeva je závislé na směru, ve kterém dřevo sesychá. Průměrná hodnota celkového sesychání v radiálním směru byla 3,19%. V tangenciálním směru dřevo sesychalo o 5,79 %. Sesychání dřeva v podélném směru vzhledem k přesnosti měření není uvedeno. Celkové objemové sesychání do-

sáhlo průměrné hodnoty 9,12%. Popisná statistika sesychání dřeva je uvedena v tabulce III.

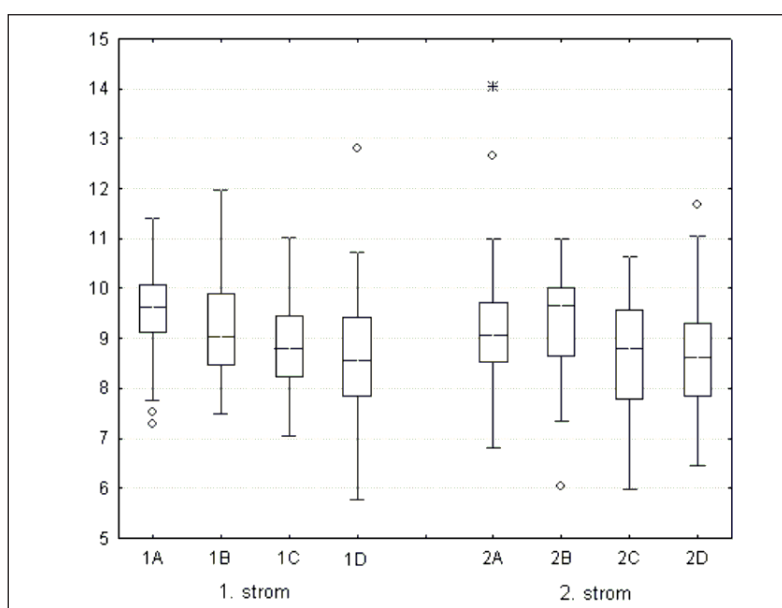
Vícenásobný krabicový graf (Obr. 3) popisuje závislost objemového sesychání dřeva na jeho umístění po poloměru kmene. Dřevo sesychalo více u obvodu kmene, kde je zároveň nejvyšší hustota dřeva.

III: Popisná statistika celkového objemového sesychání dřeva

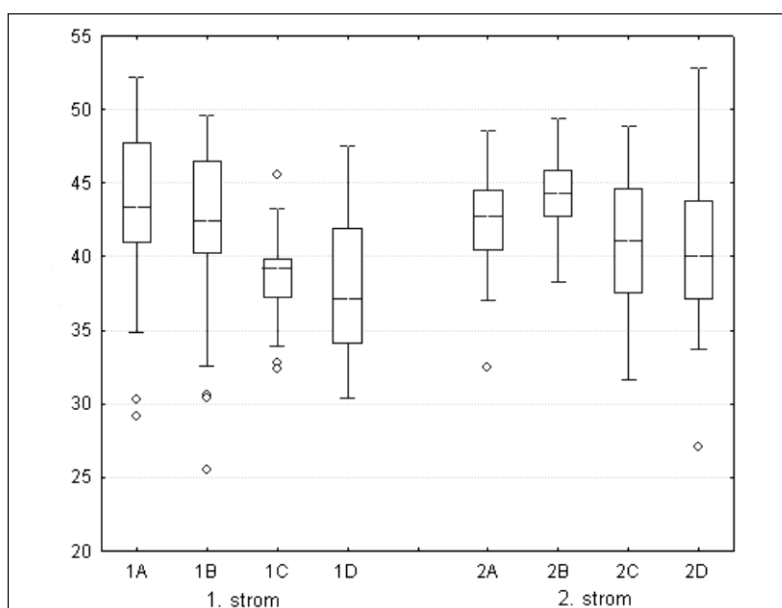
sesychání	N [ks]	průměr	medián	min.	max.	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)
R směr [%]	418	3,19	3,20	0,26	5,59	0,68	21,17
T směr [%]	418	5,79	5,82	3,71	10,56	0,85	14,57
objemové s. [%]	418	9,12	9,13	5,78	14,05	1,11	12,16

IV: Popisná statistika meze pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken

mez pevnosti	N [ks]	průměr	medián	min.	max.	směrodatná odchylka	variační koeficient (%)
tlak podél vl. [MPa]	344	42,10	42,27	25,47	52,82	4,65	11,04
ohyb [MPa]	79	58,57	59,03	42,36	76,00	7,20	12,29



3: Celkové objemové sesychání dřeva (%) v jednotlivých sekcích po poloměru kmene



4: Mez pevnosti v tlaku podél vláken (MPa) v jednotlivých sekcích po poloměru kmene

Mez pevnosti v tlaku podél vláken

Průměrná hodnota meze pevnosti v tlaku podél vláken byla 42,10 MPa. Variační koeficient dosáhl hodnoty 11,04 %, což odpovídá nízké variabilitě meze pevnosti v celém zkoumaném souboru. Na vícenásobném krabicovém grafu (Obr. 4) je popsána závislost zjištěné meze pevnosti dřeva při tlaku podél vláken na jeho umístění po poloměru kmene. Vyšší mez pevnosti v tlaku ve směru vláken lze pozorovat v obvodových částech kmene.

DISKUSE

Práce byla zaměřena na zjištění vybraných vlastností dřeva smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.), který rostl na nelesní půdě. Zjištěné vlastnosti byly zkoumány nejen v rámci jedince, ale i po poloměru kmene. Vzhledem k tomu, že se jedná o introdukovanou dřevinu, která se navíc vyskytuje hlavně v parcích a zahradách, jsou vlastnosti dřeva této dřeviny v Evropě zkoumány velmi zřídka. Rozsáhlejší výzkum na dřevě smrku pichlavého, které pocházelo z Krušných hor, provedl Roček (2005). Jeho výsledky pocházejí ze stromů, které byly vysázeny na území Krušných hor a jejich věk byl kolem 40 a 60 let.

Letokruhy jsou nejlépe zřetelné z pohledu příčného řezu. Svým vznikem, šířkou a strukturou jsou vyšetřovány anatomý, dendrochronology, dendroekology, lesníky, ale také technology, neboť šířka letokruhu má podstatný vliv na fyzikální, mechanické a technologické vlastnosti dřeva. Většina studií, které se zabývaly šířkou letokruhu, potvrzují, že s rostoucím věkem se šířka letokruhu snižuje. V některých případech může docházet ke zvyšování šířky letokruhu v prvních 20. letech života stromu a tato oblast obklopující dřeň je označována termínem juvenilní dřevo (Romagnoli et al., 2003; Plomion et al., 2001; Wagenführ, 1989; Timell, 1986; Panshin a Zeeuw, 1980; Kollman, 1951). V této práci byla letokruhová analýza provedena na stromech, které měly nízký věk. Proto nemohla být popsána variabilita šířky letokruhu s věkem. Velká část objemu dřeva proto patří do oblasti s juvenilním dřevem, což je jedno z možných vysvětlení, proč byla průměrná šířka letokruhu tak velká. Roček (2005) zjistil průměrnou šířku letokruhu 1,7 mm (interval 1,5 až 2,05 mm), oproti tomu v této práci byla naměřena hodnota 5,65 mm (interval 3,97 až 8,66 mm). Více než třikrát širší letokruhy poukazují na příznivé stanovištní podmínky. Smrky mají tendenci při dobrých podmínkách růst rychleji. V tomto případě byl růst extrémní, mohl být způsobený půdou obsahující více živin, dostatkem sluneční energie (zelená koruna po celé délce kmene) nebo dodatečným zdrojem vody a vláhy.

Nejen šířka letokruhu, ale i podíl letního dřeva v rámci letokruhu má významný vliv na výsledné vlastnosti dřeva. Platí, že šířka letního dřeva je v rámci

letokruhu se změnou věku u jehličnatých dřevin konstantní. To potvrzují i naměřené hodnoty. S přibývajícím věkem ale roste procentický podíl letního dřeva v rámci letokruhu (Kollman, 1951; Trendelenburg, 1955). Tento trend nebyl pozorován pro nízký věk stromů. Procentický podíl letního dřeva v letokruhu se u jehličnatých dřevin pohybuje od 10–50 % (Bosshard, 1974; Trendelenburg, 1955). U zkoumaných stromů byla zjištěna hodnota procentického podílu letního dřeva 12,55 % (interval 6,20 až 28,25 %). Roček (2005) zjistil u *Picea pungens* E. hodnotu 31 % (interval 15 až 44 %). Tento velký rozdíl je způsoben především rozdílným zkušebním materiálem. Zkoumané vzorky rostly na nelesní půdě a současně se jednalo o dřevo juvenilní (široké letokruhy).

Porovnáním výsledků této práce s Ročkem (2005) byla zjištěna mírně zvýšená průměrná hustota při vlhkosti 12 %. Roček uvádí hodnotu 390 kg.m⁻³ (interval 370 až 400 kg.m⁻³), tato práce 401,59 kg.m⁻³ (interval 360,45 až 469,57 kg.m⁻³). Rozdíl není příliš výrazný, avšak soliterně rostlé stromy častěji vykazují nižší hustotu, protože vykazují rychlejší přírůstek dřeva. Roček (2005) neuvádí ve své práci sesychání smrku pichlavého, a proto bylo zjištěné objemové sesychání 9,12 % porovnáváno s údaji sesychání smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.). Srovnání s literaturou je uvedeno v přehledové tabulce. Nižší hodnoty sesychání v porovnání s literaturou lze pravděpodobně vysvětlit nižší hustotou zkoumaného dřeva.

Pokud používáme dřevo jako konstrukční materiál, rozhodujícím činitelem pro posouzení kvality jsou vedle fyzikálních vlastností a zastoupení vad také pevnostní vlastnosti. V práci byla zkoumány pevnost dřeva v tlaku ve směru vláken. Podstatnými faktory, které ovlivňují tlakovou pevnost, jsou hustota dřeva, jeho druh, odklon vláken, vlhkost dřeva a teplota prostředí. Hustota dřeva má pozitivní vliv na pevnost. S přibývajícím hustotou se pevnost dřeva zvyšuje. Druh dřeva ovlivňuje tlakovou pevnost nepřímo přes hustotu dřeva a také přes strukturní parametry, jako jsou délka tracheid, ligninový podíl a podíl letního dřeva. Průměrná hodnota meze pevnosti v tlaku podél vláken u smrku pichlavého byla 42,10 MPa, Roček (2005) zjistil pro stejný druh dřeva poměrně nízkou mez pevnosti 25,48 MPa. V literatuře se objevují hodnoty meze pevnosti smrku ztepilého v rozmezí 34 až 52 MPa (Požgaj et al., 1997; Trendelenburg, 1955; Kollmann, 1951). Zjištěná hodnota se svou velikostí spíše rovná dřevu smrku ztepilého. Vzhledem k rozdílné hustotě dřeva po poloměru kmene se měnila i pevnost dřeva v tlaku ve směru vláken. Nejvyšší hodnoty meze pevnosti byly v místech, kde byla i vyšší hustota dřeva, tj. v obvodových částech kmene. V případě větších průměrů kmene by bylo možné očekávat i větší rozdíly mezi obvodovými a středovými částmi kmene, tak jak to ve své práci prezentuje Palovič a Kamenický (1962).

V: Srovnání naměřených dat s literaturou

	Roček a Novák, 2005	Požgaj et al.*, 1997	Lexa et al.*, 1952	Kollmann*, 1951	tato práce
šířka letokruhu [mm]	1,7	2,4	-	-	5,65
podíl let. dřeva [%]	31	17,8	-	-	12,55
hustota					
w = 0 %	366	392	430	-	371,66
w = 12 %	390	418	458	-	401,59
sesychání					
v R směru	-	4,3	3,6	3,6	3,19
v T směru	-	9,8	7,8	7,8	5,79
mez pevnosti					
tlak podél vláken	25,48	34,1	-	51,28	42,1

* hodnoty odpovídají dřevu smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst.)

SOUHRN

Cílem práce bylo provést letokruhovou analýzu, zjistit hustotu, sesychání a pevnost dřeva v tlaku podél vláken u smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.). Výsledky byly specifické tím, že použitý materiál pocházel ze stromů, které rostly na nelesní půdě jako dva soliterní jedinci. Letokruhová analýza (stanovení šířky letokruhu a podílu letního dřeva) byla provedena na příčném řezu, který byl odebrán z výšky 0,3 m od báze kmene. Vlastnosti dřeva byly zjišťovány v souladu s normami ČSN.

Stromy měly široké letokruhy (5,65 mm) s malým procentickým podílem letního dřeva (12,55 %). Hustota absolutně suchého dřeva byla 371,66 kg.m⁻³, celkové objemové sesychání 9,12 % a mez pevnosti dřeva v tlaku podél vláken 42,10 MPa. Vzhledem k nízkému věku jedinců se jedná o hodnoty juvenilního dřeva.

Vlastnosti dřeva byly studovány po poloměru kmene. Šířka letokruhu vykazovala rostoucí trend do 12. roku, pak byla konstantní. Šířka letního dřeva byla konstantní po celém poloměru kmene. Hustota dřeva, celkové objemové sesychání dřeva a mez pevnosti dřeva v tlaku ve směru vláken se zvyšovala od dřeně k obvodu kmene.

smrk pichlavý, šířka letokruhu, hustota, sesychání, pevnost dřeva

Práce vznikla za finanční podpory výzkumného záměru MSM 6215648902 Les a dřevo – podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství.

LITERATURA

- BOSSHARD, H. H., 1974: *Holzkunde*, Basel: Birkhäuser Verlag, 300 s.
- GRYC, V., HORÁČEK, P., 2007: *The Variability of Spruce (Picea abies /L./ Karst.) Wood Density with Present Reaction Wood*, Journal of Forest Science, 53, s.129–137.
- GRYC, V., VAVRČÍK, H., HORÁČEK, P., 2007: *Variability in swelling of spruce (Picea abies/L./ Karst.) wood with the presence of compression wood*, Journal of Forest Science, 53, s. 243–252.
- KOLLMANN, F., 1951: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*, Berlin: Springer-Verlag, 870 s.
- LEXA, J., NEČESANÝ, V., PACLT, J., TESAŘOVÁ, M., ŠTOFKO, J., 1952: *Mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva*, Bratislava: Práca, 432 s.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J., LEUGNEROVÁ, E.: *Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny*, ČZU, 198 s.
- NIEMZ, P., SONDEREGGER, W., 2003: *Untersuchungen zur Korrelation ausgewählter Holzeigenschaften untereinander mit der Rohdichte unter Verwendung von 103 Holzarten*. Schweiz Z. Forstwes., s. 489–493.
- NIEMZ, P., 1993: *Physik der Holzes und der Holzwerkstoffe*, DRW-Verlag Weinbrenner, 243 s.
- PALOVIČ, J., KAMENICKÝ, J., 1961: *Rozloženie rozhodujúcich fyzikálnych a mechanických vlastností v kmeni smreka a jedle a ich vzťah k rozvoju nových smerov technológií ihličnatých drevín, I. časť: Rozptyl a rozloženie objemovej váhy, šířky ročných kruhov, podielu letného prírastku*. Drevársky výskum, 6, s. 85–101.
- PALOVIČ, J., KAMENICKÝ, J., 1962: *Rozloženie rozhodujúcich fyzikálnych a mechanických vlastností v kmeni smreka a jedle a ich vzťah k rozvoju nových smerov technológií ihličnatých drevín, II. časť: Pevnosť v tlaku a v ohybe*. Drevársky výskum, 7, s. 1–19.
- PANSHIN, A. J., DE ZEEUW, C., 1980: *Textbook of wood technology*, New Yor.: McGraw-Hill, 722 s.
- PLOMION, Ch., LEPROVOST, G., STOKES, A., 2001: *Wood Formation in Trees*, Plant Physiology, 127: 1513–1523.

- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BIAK, M., 1997: *Štruktúra a vlastnosti dreva*, Bratislava: Príroda, 488 s.
- ROČEK, I., NOVÁK, P., 2005: Mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.), meliorační a zpevňující dřeviny přínos nebo ztráta pro lesní hospodářství?, Praha: KPL FLE ČZU v Praze, s. 121–126.
- ROMAGNOLI, M., BERNABEI, M., CODIPIETRO, G., 2003: *Density variations in spruce wood with indented rings (Picea abies /L./ KARST.)*, Holz als Roh- und Werkstoff, 61, s. 311–312.
- TIMELL, T. E.: *Compression Wood in Gymnospermes*, Berlin: Springer – Verlag, 1986. 706 s.
- TRENDELENBURG, R.: *Das Holz als Rohstoff*, 2. Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 1955. 541 s.
- WAGENFÜHR, R., 1999: *Anatomie des Holzes, Strukturanalytik – Identifizierung – Nomenklatur – Mikrotechnologie*. Leipzig: DRW – Verlag, 188 s.
- ČSN 49 0108. Drevo, Zisťovanie hustoty pri fyzikálnych a mechanických skúškach, Československá štátna norma. 1976, 4 s.
- ČSN 49 0126. Drevo, Metóda zisťovania radiálneho a tangenciálneho napučania. Československá štátna norma. 1979, 6 s.

Adresa

Ing. Vladimír Gryc, Ph.D., Ing. Hanuš Vavrčík, Ph.D., Bc. Ondřej Kotalík, Ústav nauky o dřevě, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, gryc@mendelu.cz

