

VARIABILITA VYBRANÝCH VLASTNOSTÍ DŘEVA BUKU LESNÍHO (*FAGUS SYLVATICA* L.)

V. Gryc, H. Vavrčík, Š. Gomola

Došlo: 10. dubna 2007

Abstract

GRYC, V., VAVRČÍK, H., GOMOLA, Š.: *The variability of selected properties of beech (Fagus sylvatica L.)*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2007, LV, No. 4, pp. 29–36

Variability of ring width, wood density and swelling in beech from two different areas was analysed. The variability of each property was described along the stem radius. The analysis proved that the ring width decreased in direction from the pith to the outer part of the stem (cambium). Statistically significant difference of mean ring width between locality 1 and 2 was not found. Density and volumetric swelling of wood were statistically significantly different between localities. Results showed that the density and volumetric swelling decreased from pith to cambium. Statistically significant dependency between density and volumetric swelling of wood was proved. The average wood density of beech was $752 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ at 12% moisture content.

beech wood, tree ring, density, structure of wood

Dřevo je významnou obnovitelnou surovinou, na níž je vedle lesnictví a dřevařství závislá řada dalších průmyslových odvětví. Na rozdíl od ostatních průmyslových materiálů má tu výhodu, že je surovinou obnovitelnou. Je nutné mít na paměti, že dřevo je přírodním materiálem, který má na rozdíl od většiny ostatních materiálů velmi variabilní strukturu a vlastnosti. Struktura dřeva a následné vlastnosti jsou určovány v průběhu růstu stromu (Gryc a Horáček, 2004).

Buk lesní (*Fagus sylvatica* L.) patří k nejvýznamnější listnaté hospodářské dřevině nejen v České republice, ale i v ostatních státech střední Evropy. Plošné zastoupení v roce 2005 bylo 6,6 % z celkové plochy českých a moravských lesů (Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, 2005).

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 buku pohybuje kolem $720 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ při vlhkosti 12 % (Trendelenburg, 1939; Kollmann, 1951; Lexa, 1952; Cividini, 1969; Alden, 1995; Požgaj et al., 1997; Wagenführ, 2000; Bektaş et al., 2002). Hustota dřeva buku klesá po

poloměru kmene (od středu k obvodovým částem) a s nadmořskou výškou (Govorčin et al., 2003).

Mění-li se vlhkost dřeva v rozsahu vody vázané, dřevo podléhá rozměrovým změnám. Změny vlhkosti dřeva nad mezí hygroskopicity (změna obsahu vody volné) nemají významný vliv na změnu rozměrů. Sesychání a bobtnání (odstraňování, resp. příjem vody vázané) je lokalizováno v buněčné stěně, kde dochází k oddalování (proces bobtnání), popř. přibližování (proces sesychání) fibrilární struktury. Anizotropní charakter se v případě lineárního bobtnání i sesychání projevuje rozdílnými hodnotami v jednotlivých 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: $\alpha_t : \alpha_r : \alpha_l = 20 : 10 : 1$ (Niemz, 1993; Niemz a Sonderegger, 2003; Požgaj et al., 1993).

Cílem této práce bylo zjistit variabilitu šířky letokruhu, hustoty a bobtnání dřeva buku v závislosti na stanovišti při rozdílném vegetačním stupni. Dále stanovit šířku letokruhu, rozložení hustoty a bobtnání dřeva po poloměru kmene.

MATERIÁL A METODIKA

Pro odběr zkušebního materiálu byly vybrány dvě lokality. Obě lokality se nacházejí na katastrálním území obce Rajnochovice. Jsou součástí přírodní lesní oblasti 41 – Hostýnsko-vsetínská vrchovina a Javorník a patří do nadregionálního biocentra Kelečský Javorník.

Lokalita č. 1 – porost 102 B 06

Celková plocha porostní skupiny je 11,4 ha. Jedná se o severní až severozápadně orientovaný svah se sklonem 12,5° (27 %). Průměrná nadmořská výška lokality je 560 m n. m. Jedná se o skupinovitě diferencovanou kmenovinu. Převažující dřevinou je buk lesní (*Fagus sylvatica*) – 55 %, méně je v dřevinné skladbě smrku ztepilého (*Picea abies*) – 40 %, přimíšenou dřevinou je jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), dřevinami vtroušenými jsou zde javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa*). Převládajícím lesním typem je 5B1.

Lokalita č. 2 – porost 201 C 09

Celková plocha porostní skupiny činí 5,29 ha. Porostní skupina se nachází na severně orientovaném svahu, členěném žlábky, s průměrným sklonem 7,5° (16 %). Průměrná nadmořská výška lokality je 460 m n. m. Jedná se o skupinovitě diferencovanou kmenovinu s výraznou převahou buku lesního (*Fagus sylvatica*) – 53 %, méně je v dřevinné skladbě smrku ztepilého (*Picea abies*) – 45 %, přimíšenou dřevinou je olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), která je vázána na vodoteč protékající v jednom ze žlebů. Dřevinami vtroušenými jsou zde javor klen (*Acer pseudoplatanus*), dub (*Quercus sp.*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). Plocha se nachází v 3. lesním vegetačním stupni na převládajícím lesním typu 3B8.

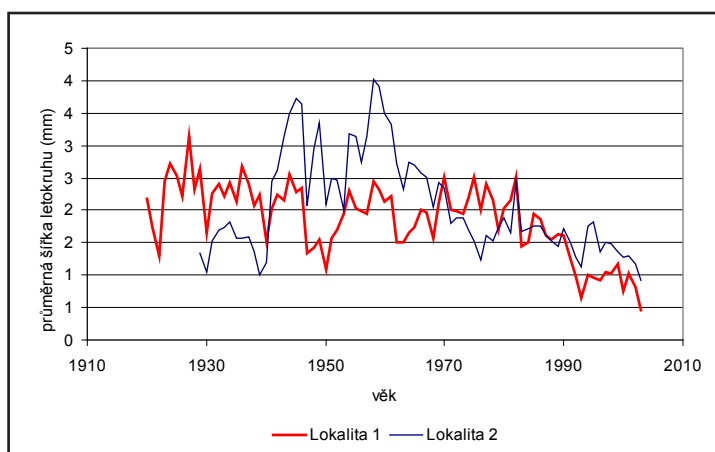
Na každé lokalitě bylo vybráno 30 stromů. Na každém stromu byla ještě před pokácením označena severní strana kmene. Z každého vybraného kmene byl odřezán kotouč o délce přibližně 30 cm (z výšky 0,5 m). Na příčných řezech byly pomocí stereolupy s posuvným měřicím stolem změřeny šířky letokruhů.

Z výřezu byl vyroben středový blok s orientací S-J. Z bloku byla vyrobena zkušební tělíska, která měla rozměr 20 × 20 × 30 mm. Ve směru od okraje kmene ke středu byla tělíska značena vzestupně písmeny (A, B, C,...; tzn. vzorky s označením A byly nejbližší kambiu), dále byla tělíska označena dvojčísly. První číslo značí pořadí tělíska ve směru letokruhů a druhé číslo značí pořadí tělíska ve směru osy kmene.

Hustota dřeva byla zjišťována podle normy ČSN 49 0108. Hustota byla stanovena při vlhkosti 12 %. Bobtnání dřeva (objemové i v jednotlivých anatomických směrech) bylo stanoveno podle normy ČSN 49 0126. Bylo zjišťováno maximální lineární a objemové bobtnání dřeva.

VÝSLEDKY

Po provedení letokruhově analýzy bylo zjištěno, že zjištěný průměrný věk vybraných stromů z obou lokalit se výrazně liší od věku porostu, který je udáván v hospodářské knize. U lokality 1 – porostu 102 B 06, je věk porostu dle LHP 57 let, přičemž průměrný naměřený věk stromů činil 83 let. U lokality 2 – porostu 201 C 09, je věk dle LHP 88 let a skutečný průměrný věk měřených stromů činil 75 let. Z toho lze usoudit na chyby v lesním hospodářském plánu, které se také projevují v typologickém mapování (např. plynulá návaznost 3. a 5. vegetačního stupně). Průměrná šířka letokruhu v lokalitě 1 byla 1,86 mm. Pro lokalitu 2 byla zjištěna průměrná šířka letokruhu 2,07 mm (viz Tab. I; Obr. 1). Statistickým šetřením nebyly zjištěny statistické rozdíly ve střední hodnotě šířce letokruhu mezi zkoumanými letokruhy.



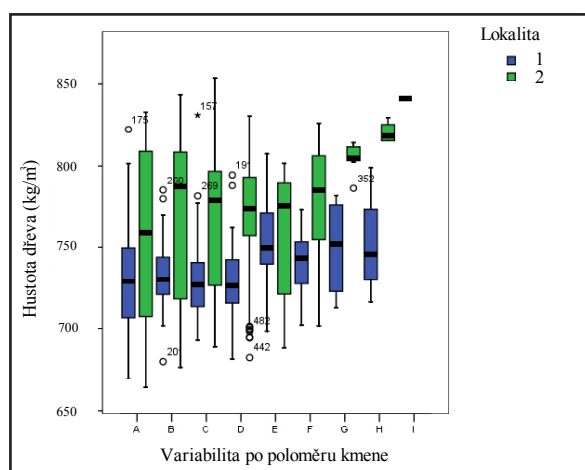
1: Srovnání průměrné křivky šířky letokruhů mezi lokalitami

I: Popisná statistika průměrné šířky letokruhu mezi lokalitami

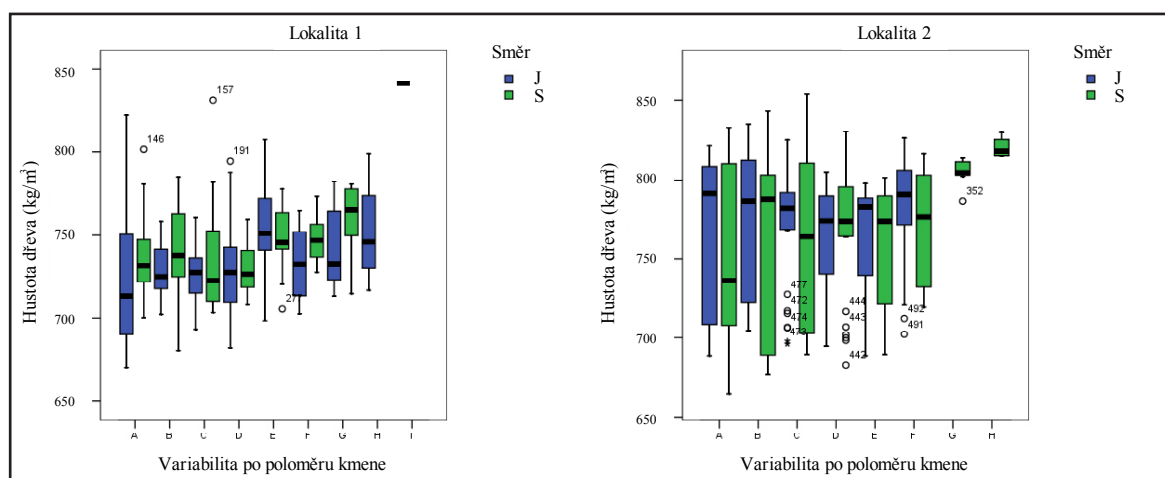
	Průměr (mm)	Minimum (mm)	Maximum (mm)	Směrodatná odchylka (mm)	Variační koeficient (%)
Lokalita 1	1,862	0,453	3,133	0,550	29,56
Lokalita 2	2,070	0,912	4,021	0,776	37,48

Pro lokalitu 1 byla zjištěna průměrná hustota dřeva $737 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. V případě lokality 2 byla zjištěna průměrná hustota $767 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Popisná statistika hustoty dřeva pro obě lokality je uvedena v tabulce II. Statistickým šetřením byla zamítnuta nulová hypotéza vlivu jednotlivých lokalit na hustotu dřeva ($p < 0,05$). Znamená to tedy, že mezi zkoumanými lokalitami je statisticky významný rozdíl v hustotě dřeva. Na Obr. 2 je uvedena variabilita hustoty dřeva po poloměru

kmene. Je patrné, že hustota dřeva se nepatrně zvyšuje od kambia (A) ke středu kmene (H). Lze pozorovat, že variabilita hustoty dřeva je v jednotlivých sekcích u druhé lokality je vyšší než v případě první lokality. Srovnání hustoty dřeva mezi severním a jižním poloměrem je uvedeno na obrázku 3. Statistickým šetřením nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ve střední hodnotě hustoty dřeva mezi severní a jižní částí kmene (platí pro obě lokality; $p > 0,05$).



2: Krabicový graf – variabilita hustoty dřeva po poloměru kmene pro jednotlivé lokality



3: Krabicový graf – variabilita hustoty dřeva po poloměru kmene u severní (S) a jižní (J) části kmene pro jednotlivé lokality

II: Popisná statistika hustoty dřeva ($w = 12\%$)

Lokalita	N	Průměr (kg/m ³)	Minimum (kg/m ³)	Maximum (kg/m ³)	Směrodatná odchylka (kg/m ³)	Variační koeficient (%)
Lokalita 1	289	736,56	670,15	841,16	26,98	3,66
Lokalita 2	300	768,51	664,27	912,15	52,04	6,77

Vzhledem k anizotropním vlastnostem dřeva bylo bobtnání dřeva zjišťováno ve všech anatomických směrech. Popisná statistika objemového bobtnání a bobtnání jednotlivých anatomických směrech je uvedena v tabulce III. Z výsledků měření vyplývá, že dřevo nejméně bobtná v podélném směru. Pro lokalitu 1 byla hodnota průměrného bobtnání ve směru podél vláken 0,49 % a hodnotě 0,59 % pro lokalitu 2. V podélném směru je vysoká variabilita hodnot, což lze vysvětlit malými rozměrovými změnami, které nemohou být přesně změřeny. Nebyla pozorována změna hodnoty podélného bobtnání po poloměru kmene. V příčné rovině dřevo bobtnalo méně v radiálním směru a zjištěné hodnoty jsou 6,98 % pro lokalitu 1 a 7,61 % pro lokalitu 2. Variační koeficient pro radiální směr se pro obě lokality má hodnotu 26 %. V tangenciálním směru dřevo měnilo své rozměry nejvíce. Pro lokalitu 1 byla zjištěna hodnota průměrného tangenciálního bobtnání 14,8 %. Pro lokalitu 2 byla zjištěna průměrná hodnota bobtnání 15,5 %. Jak radiální, tak i tangenciální bobtnání má rostoucí trend po poloměru kmene, tj. rostoucí trend od obvodu (sekce A) ke středovým částem kmene (sekce H).

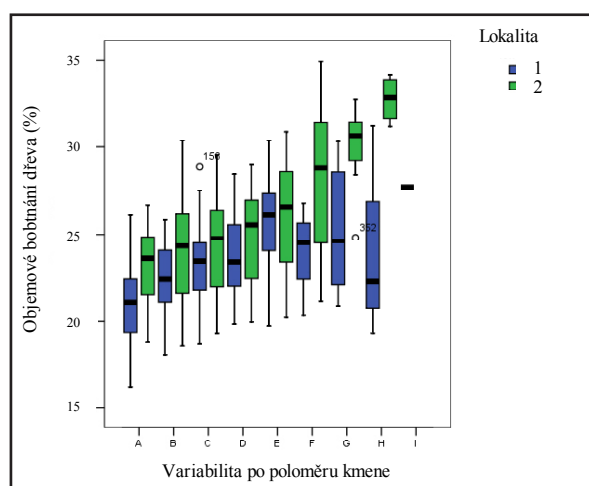
Objemové bobtnání, které je součtem změn rozměrů ve všech anatomických směrech, má v lokalitě 1 hodnotu 23,47 %, v případě lokality 2 to je 25,02 %. Statistickým šetřením byla zamítnuta nulová hypotéza vlivu jednotlivých lokalit na objemové bobtnání dřeva ($p < 0,05$). Znamená to tedy, že mezi zkoumanými lokalitami je statisticky významný rozdíl

v objemovém bobtnání dřeva. Variabilita objemového bobtnání po poloměru kmene je velmi dobře patrná z obrázku 4. Objemové bobtnání dřeva se po poloměru kmene zvyšuje od kambia (A) až ke středovým částem kmene (H) – viz obr. 4. Z téhož grafu je také patrná vyšší proměnlivost naměřených hodnot v případě druhé lokality. Stejný trend lze pozorovat i v případě objemového bobtnání dřeva po poloměru kmene u severní (S) a jižní (J) části kmene pro jednotlivé lokality (obr. 5). Statistickým šetřením nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ve střední hodnotě objemového bobtnání mezi severní a jižní částí kmene (platí pro obě lokality; $p > 0,05$).

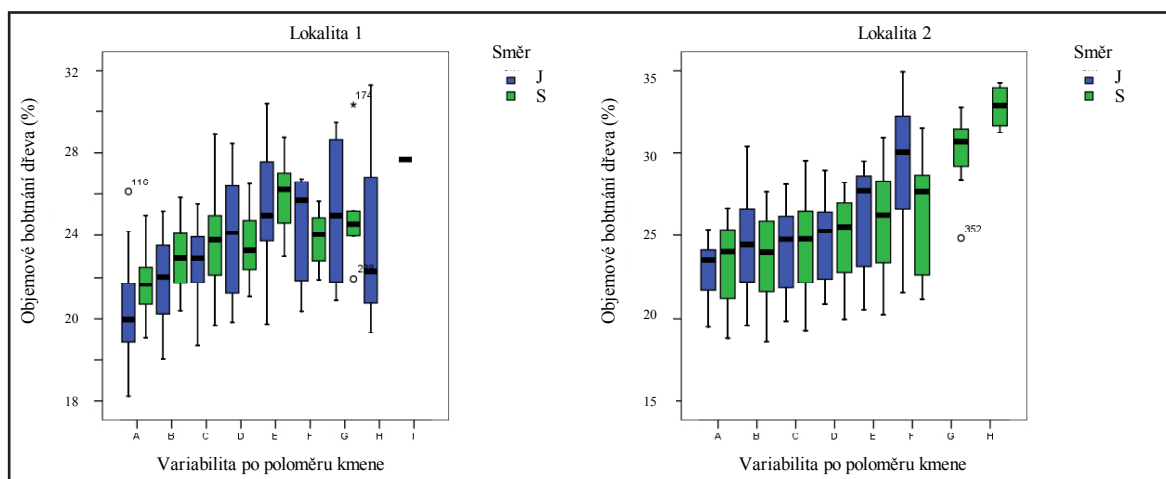
Pro vyhodnocení vztahu hustoty a objemového bobtnání byly tyto dvě fyzikální vlastnosti dány do vztahu a data byla proložena spojnicí trendu pomocí jednoduché lineární korelace (obr. 6). Nejdříve byla dána do vztahu naměřená data z obou lokalit. Míra těsnosti tohoto vztahu, vyjádřená koeficientem determinace ($R^2 = 0,484$), je středně vysoká. Daný model vysvětluje asi 50 % z celkového rozptylu. Jelikož jsou data z obou lokalit dle předchozích výsledků rozdílná, byl vytvořen lineární korelační model zvlášť pro lokalitu 1 a pro lokalitu 2. Z výsledných grafů a z koeficientů determinace je patrné, že u lokality 1 je závislost koeficientu objemového bobtnání na hustotě dřeva nižší ($R^2 = 0,255$) než v případě lokality 2 ($R^2 = 0,522$). Nalezené funkce s koeficienty determinace jsou uvedeny v tabulce IV.

III: Popisná statistika objemového bobtnání a bobtnání v jednotlivých anatomických směrech mezi lokalitami

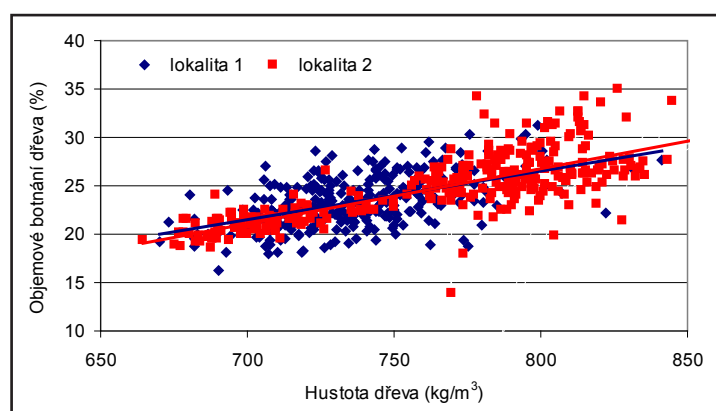
Lokalita	Směr	N	Průměr (%)	Minimum (%)	Maximum (%)	Směrodatná odchylka (%)	Variační koeficient (%)
Lokalita 1	R	301	6,98	4,10	13,16	1,83	26,22
Lokalita 2		290	7,61	2,41	17,53	2,04	26,77
Lokalita 1	T	301	14,80	9,52	20,25	2,12	14,29
Lokalita 2		290	15,49	2,77	20,88	2,49	16,06
Lokalita 1	L	301	0,49	0,03	2,14	0,33	60,59
Lokalita 2		290	0,59	0,21	2,18	0,38	64,09
Lokalita 1	V	301	23,47	16,23	33,20	3,53	15,06
Lokalita 2		290	25,02	9,11	34,94	3,54	14,15



4: Krabicový graf – variabilita objemového bobtnání dřeva po poloměru kmene pro jednotlivé lokality



5: Krabicový graf – variabilita objemového bobtnání dřeva po poloměru kmene u severní (S) a jižní (J) části kmene pro jednotlivé lokality



6: Vliv hustoty dřeva na objemové bobtnání buku

IV: Tabulka výsledných funkcí a koeficientu determinace pro objemové bobtnání v závislosti na objemu dřeva

Lokalita	Funkce	R ²	Koeficienty	
			a	b
Lokalita 1 + 2	$y = ax + b$	0,484	0,5454	-0,1682
Lokalita 1	$y = ax + b$	0,255	0,4971	-0,1327
Lokalita 2	$y = ax + b$	0,522	0,5706	-0,1883

DISKUSE

Cílem práce bylo popsat variabilitu šířky letokruhu, hustoty a bobtnání dřeva buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ze dvou odlišných lokalit a také zjistit proměnlivost těchto vlastností po poloměru kmene. Šířka letokruhu je závislá na vnitřních a vnějších faktorech (Trendelenburg, 1955; Bouriaud et al., 2004). Šířka letokruhu se na zkoumaných lokalitách pohybovala v rozmezí 0,453–4,021 mm, což je v rozpětí hodnot, které uvádí Požgaj et al. (1997) a Govorčin et al. (2003). Statistickým šetřením nebyl zjištěn rozdíl v průměrné šířce letokruhu mezi zkoumanými lokalitami, i když se jednalo o rozdílné vegetační stupně (lokalita 1 – 5B1; lokalita 2 – 3B8). Průměrná šířka letokruhu klesá s rostoucí nadmořskou výškou (Govorčin et al., 2003). Výškový rozdíl mezi zkoumanými lokalitami je 100 m n. m. To by mohlo vysvětlit minimální rozdíl v průměrné šířce letokruhu mezi zkoumanými lokalitami. I v našem případě byla zjištěna vyšší průměrná šířka letokruhu u lokality 2, která se nachází ve vyšší nadmořské výšce. Dále byl pozorován pozvolný pokles šířky letokruhu po poloměru kmene (lokalita 1). V případě lokality 2 se šířka letokruhu v prvních 25 letech zvyšovala, dosáhla maxima a pak následoval pokles průměrné šířky letokruhu s rostoucím věkem. Lze tedy souhlasit s výsledky Govorčina et al. (2003), kteří prezentovali variabi-

litu šířky letokruhu u buku s věkem. Z jejich závěrů vyplývá, že šířka letokruhu se u buku do 100 let věku stromu snižuje a následně je možné pozorovat rostoucí trend, tj. přírůstek šířky letokruhu.

Hustota dřeva je označována jako základní fyzikální veličina. Na rozdíl od ostatních materiálů je hustota dřeva významně ovlivněna strukturou dřeva (šířka letokruhu, podíl a průměr makrocév mikrocév), polohou v kmeni, stanovištěm a vlhkostí (Lexa, 1952; Trendelenburg, 1955; Niemz, 1993; Požgaj et al., 1997; Bourias et al., 2004). Bourias et al. (2004) zjišťovali variabilitu hustoty dřeva v rámci letokruhu. Zjistili, že hustota dřeva se pohybuje od 200 do 850 kg/m³, přičemž platí, že hustota dřeva se kontinuálně zvyšuje od začátku až do konce letokruhu. Autoři uvádějí průměrnou hustotu dřeva buku 764±43 kg/m³ při vlhkosti dřeva 11 %. Taktéž Nepveu (2001) zjistil, že u buku (soubor 60 stromů, věk 70–100 let) klesá hustota dřeva s rostoucím věkem (počítáno od dřeně). Obdobný trend, tj. pokles hustoty dřeva s věkem (prvních 90 let), uvádějí Govorčin et al. (2003). Následně je dle jejich výzkumů hustota dřeva buku konstantní. Stejný trend byl pozorován i na vybraných vzorníkových stromech, které byly použity pro tuto práci. Vzhledem k tomu, že byly použity stromy s věkem do 80 let, nebylo možné sledovat hustotu dřeva z pohledu dlouhodobějšího časového úseku.

V: Srovnání naměřených hodnot s literárními zdroji

Fyzikální veličina	Kollmann, 1951	Lexa, 1952	Cividini, 1969	Požgaj, 1997	Wagenführ, 2000	Naměřené hodnoty z lokalit		
						1	2	Průměr
ρ ; w = 12 % (kg /m ³)	720	710	698		720	736,56	768,51	752,54
Bobtnání v R směru (%)	5,8	5,0		5,3	5,8	6,98	7,61	7,30
Bobtnání v T směru (%)	11,8	11,8		12,5	11,8	14,80	15,49	15,15
Bobtnání v L směru (%)	0,3	0,3		0,3	0,3	0,49	0,59	0,54
Bobtnání objemové (%)	17,9	17,5		17,5	17,9	23,47	25,02	24,25

Zjištěná průměrná hustota dřeva je o něco vyšší než hodnoty, které jsou udávány pro hustotu dřeva buku jinými autory (viz tabulka V). Zjištěné rozdíly lze vysvětlit stanovištními podmínkami, popř. variabilitou po poloměru kmene. Govorčin et al. (2003) uvádějí, že hustota dřeva buku klesá s rostoucí nadmořskou výškou. To potvrzují i výsledky měření, kde lokalita 2 (nižší nadmořská výška) má statisticky vyšší hustotu než lokalita 1.

Dřevo jako hygroskopický a pórovitý materiál může na základě podmínek okolního prostředí vodu přijímat nebo odevzdávat. Při přijímání nebo odevzdávání vlhkosti pod mezí hygroskopicity dochází v případě dřeva k sesychání nebo bobtnání. Anizotropní vlastnosti dřeva se projevují rozdílným bobtnáním a sesycháním v jednotlivých anatomických směrech.

V praxi je podélná změna rozměrů zanedbávána, jelikož bobtnání i sesychání v podélném směru jsou velmi malé, ovšem nelze změnu rozměrů zanedbat v příčné rovině, kde bobtnání a sesychání je výrazně vyšší (Niemz, 1993; Požgaj et al., 1997; Simpson, Tenwolde, 1999).

Bobtnání v podélném směru bylo u obou lokalit nejnižší (kolem 0,5 %), což je dáno minimálním

odklonem fibril od podélné osy buňky (úhel fibril je 10–15° v sekundární vrstvě buněčné stěně anatomických elementů). V příčné rovině dřevo bobtnalo více v tangenciálním směru než ve směru radiálním. Hodnoty bobtnání jsou vyšší než hodnoty uváděné v literatuře (viz tabulka V), což je dáno vyšší hustotou zkušebních vzorků. Vliv hustoty dřeva na objemové bobtnání dřeva byl statisticky potvrzen (viz obrázek 6; tabulka IV), které je výsledkem změn v jednotlivých anatomických směrech. Růst objemového bobtnání dřeva s rostoucí hustotou uvádějí ve svých závěrech Trendelenburg (1955), Niemz (1993), Požgaj et al. (1997).

Z výsledků vyplynulo, že bobtnání dřeva v jednotlivých anatomických směrech i objemové bobtnání dřeva bylo vyšší u lokality 2 (nižší nadmořská výška). Výsledky našich měření jsou tedy v souladu s výsledky, které publikovali Govorčin et al. (2003) – tj. pokles tangenciálního bobtnání s rostoucí nadmořskou výškou. Pokles radiálního bobtnání s rostoucí nadmořskou výškou zřejmě souvisí s poklesem hustoty dřeva s rostoucí nadmořskou výškou. Variabilitu po poloměru kmene lze dát do souvislosti s hustotou dřeva, která se také měnila po poloměru kmene.

SOUHRN

Cílem práce bylo popsat variabilitu šířky letokruhu, hustoty a bobtnání dřeva (objemového, v jednotlivých anatomických směrech) ze dvou rozdílných lokalit. Dále popsat variabilitu zkoumaných vlastností po poloměru kmene. Z letokruhové analýzy vyplývá, že šířka letokruhu se pomalu snižuje od dřevě k obvodu kmene. Lokalita 2 (nižší vegetační stupeň) měla širší letokruhy (statisticky nevýznamný rozdíl), vyšší hustotu a objemové bobtnání dřeva oproti lokalitě 1 (statisticky významný rozdíl). Byl potvrzen vliv hustoty dřeva na objemové bobtnání dřeva. Průměrná hustota dřeva buku z obou lokalit je 752 kg·m⁻³ při vlhkosti dřeva 12 %. Průměrné bobtnání dřeva buku z obou lokalit je v jednotlivých směrech následující: radiální 7,30 %, tangenciální 15,15 a podélné 0,54 %.

buk, letokruh, hustota, bobtnání dřeva

PODĚKOVÁNÍ

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

LITERATURA

- BECTAŞ, I., GÜLLER, C., BAŞTÜRK, M. A.: *Principal Mechanical Properties of Eastern Beech Wood (Fagus orientalis Lipsky) Naturally Grown in Andirín Northeastern Mediterranean Region of Turkey*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2002, 26, s. 147–154
- BOURIAND, O., BRÉDA, N., LE MOGUÉDEC, G., NEPVEU, G.: Modelling variability of wood density in beech as affected by ring age, radial growth and climate. Trees, 2004, 18: 294–276

- CIVIDINI, R.: *Studio Tecnológico sulFaggio dell'Appennino Toscano*, Roma, C.N.R., Istituto del Legno, 1969, 22, s. 1–38.
- GOVORČIN, S., SINKOVIĆ, T., TRAJKOVIĆ, J., DESPOT, R.: *Bukovina. Obična bukva u Hrvatskoj* (Common Beech in Croatia), Zagreb, 2003, s. 652–669
- GRYC, V., HORÁČEK, P.: *Influence of Forestry Practices on Wood Quality-Review*. In Buchta, I., Kaňová, D., Stejskal, R., Šimková, P. MendelNet 2004, Proceedings of International Postgraduate

- Students' Conference. Brno: MZLU v Brně, 2004, s. 45–50. ISBN 80-7157-794-4.
- NEPVEU, G.: *Effet de la conservation en forêt sans exploitation sur l'altération de chablis de hêtre (Fagus sylvatica L.)*, Convention ONF/INRA/AFOCEL BP 009. INRA-CRF, Nancy, Champenoux, 2001
- NIEMZ, P.: *Physik der Holzes und der Holzwerkstoffe*, DRW-Verlag Weinbrenner, 1993, 243 s.
- NIEMZ, P., SONDEREGGER, W.: Untersuchungen zur Korrelation ausgewählter Holzeigenschaften untereinander mit der Rohdichte unter Verwendung von 103 Holzarten. Schweiz Z. Forstwes., 2003, 489–493
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M.: *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava, Príroda, 1997, 486 s.
- WAGENFÜHR, R.: *Holzatlas*. Leipzig, Fachbuchverlag Leipzig, 2000, 707 s.
- JANOTA, I., KURJATKO, S.: *Promenlivost' hustoty bukového dreva*. Drevárský výskum, 1978, 23, s. 25–40
- KOLLMANN, F.: *Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe*, 1. Aufgabe, Berlin, Springer-Verlag, 1951, 870 s.
- ZOBEL, B. J., SPRAGUE, J. R.: *Juvenile Wood in Forest Trees*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1998, 300 s.
- TRENDELENBURG, R.: *Das Holz als Rohstoff*, 2. Aufgabe, München, Carl Hanser Verlag, 1955, 541 s.
- ALDEN, H. A.: *Hardwoods of North America*. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-83, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1995, 136 s.
- SIMPSON, W., TENWOLDE, A.: *Physical Properties and Moisture Relations of Wood*, Wood handbook – Wood as an engineering material, Forest Products Laboratory: Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999, 463 s.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, Ministerstvo zemědělství ČR, 2005
- ČSN 49 0126. Drevo, Metóda zisťovania radiálneho a tangenciálneho napučania. Československá štátna norma. 1979, 6 s.
- ČSN 49 0108. Drevo, Zisťovanie hustoty při fyzikálních a mechanických skúškách, Československá štátna norma. 1976, 4 s.

Adresa

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