

VÝCHOVA SMREKOVÝCH PORASTOV Z HĽADISKA STATICKEJ STABILITY NA VÝSKUMNÝCH PLOCHÁCH IUFRO - BIELY VÁH (SLOVENSKO)

TENDING OF SPRUCE STANDS FROM STATIC STABILITY PERSPECTIVE AT THE BIELY VÁH IUFRO RESEARCH PLOTS (SLOVAKIA)

JOZEF KONÔPKA¹⁾ - BOHDAN KONÔPKA^{1,2)} ✉

¹⁾Národné lesnícke centrum, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, Slovak Republic

²⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 - Suchbátka, Czech Republic

✉ e-mail: bkonopka@nlcsk.org

ABSTRACT

Development of methods for protection of spruce stands to mechanically acting abiotic agents, especially to storms, is characterized. Review of the previous research results in this field, notably related to stand tending and its effects to static stability, is given. The paper pays attention to the procedure of the international tending experiment within the IUFRO (International Union of Forest Research Organizations) scheme since 1967, specifically focused on the Biely Váh research site founded in the year 1973. This site was used also to test influence of spruce stand tending, based on target tree method, on static stability (resistance to mechanically acting abiotic agents, i.e. wind, snow and rime). The paper gives results of this long-term experiment. We evaluated degrees of static stability in the stands with contrasting intensity of thinning. For this purpose, graphics of static stability using either slenderness ratio or ratio between crown length and tree height as dependent variable (regarding or regardless to site class as a factor) were used. Finally, practical recommendations for strengthening static stability of spruce stands are given.

Klíčové slova: smrek obyčajný; intenzita prebierky; metóda cieľových stromov; statická stabilita; štíhlostný kvocient; korunovosť

Key words: Norway spruce; thinning intensity; method of target trees; static stability; slenderness ratio; crown length proportion

ÚVOD

V dôsledku snahy získať čo najväčší výnos z pôdy sa začalo v druhej polovici 18. storočia v mnohých krajinách Európy presadzovať zakladanie monokultúr smreka obyčajného („škola rentability“). Napríklad na území Slovenska bolo pôvodné zastúpenie tejto dreviny 5,7 % (GRÉK 1998). Avšak už v roku 1896 jej zastúpenie bolo až 20 % (BEDŮ 1896) a v súčasnosti dosahuje 23,4 % (MPRV SR 2016). S pribúdajúcim vekom smrekových monokultúr začali vznikať závažné problémy v dôsledku ich poškodzovania škodlivými činiteľmi. Smrečiny v mladšom veku najviac ohrozoval sneh, staršie viator. Dochádzalo k premnoženiu podkôrneho (najmä lykožrúta smrekového), v niektorých krajinách aj listožravého hmyzu (napríklad mnišky obyčajnej). Zhoršoval sa zdravotný stav smrečín prevažne v dôsledku pôsobenia hubových patogénov.

Preto sa osobitá pozornosť začala venovať ochrane smrekových porastov proti uvedeným škodlivým činiteľom. Išlo najmä o ochranu smrekových porastov proti vetru, ktorý na území bývalého Československa zo všetkých škodlivých činiteľov spôsoboval dlhodobo najväčší objem náhodných ťažieb (PEFFER 1961; STOLINA et al. 1985). Keďže základ-

ným hospodárskym spôsobom bol až do polovice minulého storočia holorubný, ochrana lesa vyplývala z poznatku, že zapojený les tvorí odolný celok, ktorý bráni prenikaniu vetru do porastu. So zreteľom na to, že nebezpečenstvo vetra nie je zo všetkých smerov rovnaké, snahou bolo porasty priestorovo usporiadať tak, aby na náveternej strane boli porasty najmladšie, a potom sa ich vek zvyšoval (postupné krytie). Postup obnovy bol proti smeru nebezpečného vetra. Tento princíp ovplyvňoval hospodárenie v celej histórii organizovaného lesného hospodárstva. Stále sa zdokonaľoval (rubný zväz, rubný článok). Pribúdali k nemu nové metódy, ako boli rozluky, odluky, závary, porastové plášte a ďalšie (DOLEŽAL 1981). Podľa neho predstavu priestorovej úpravy lesa, či jeho ucelenej architektúry, v ktorej sa uplatnila myšlienka „postupného krytia“, formuloval už na začiatku 19. storočia COTTA (1820). Ďalej píše, že v druhej polovici 19. storočia JUDEICH (1871) vytvoril novú hospodársku sústavu priestorového usporiadania lesa, ktorá vychádzala zo zásady, že základnou hospodársko-úpravníckou jednotkou je porast. DOLEŽAL (1981) spracoval taktiež hypotézu a návrh preventívnych opatrení proti škodám spôsobených živlami na úseku hospodárskej úpravy lesa.

Dlhodobá skúsenosť lesnej praxe však ukázala, že tieto metódy ochrany smrečín proti vetru nie sú dostatočne účinné. Začiatkom 20. storočia sa taktiež prišlo k záveru, že holorubný hospodársky spôsob prináša celý rad ďalších problémov, a preto sa od neho, ako aj od používania uvedených metód ochrany lesa postupne ustupovalo. Ak nejdeme príliš do histórie, možno uviesť priekopníku prácu HEGERA (1957), ktorý vypracoval návrh nových zásad ochrany lesov proti vetru, spočívajúcu v troch princípoch: sebaochrana, zmiešanie, nerovnovnosť. Uvedené princípy citovaný autor náležite teoreticky a prakticky zdôvodnil.

So zreteľom na závažnosť uvedenej problematiky sa výchove smrekových porastov z hľadiska statickej stability venovala veľká pozornosť aj v bývalom Československu. V druhej polovici minulého storočia v Čechách to boli najmä práce PAŘEZ (1972, 1985), JURČA, CHROUST (1973), CHROUST (1980), MRÁČEK, PAŘEZ (1986). Okrem iného sa tu zostavili modely výchovy smrekových porastov pestovaných na stanovištiach ohrozaných abiotickými činiteľmi. NOVÁK et al. (2015) uvádzajú, že sa v Českej republike na sledovanie dlhodobého efektu výchovy v smrečinách založili trvalé výskumné plochy počnúc rokom 1958. V prvej sérii sa takéto pokusy založili v porastoch vo veku 38 až 68 rokov (PAŘEZ 1985; SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Druhú skupinu tvorili série pokusov založené v podstate v nižšom veku, t.j. v 15 až 20 rokoch (PAŘEZ 1972; CHROUST 1987; SLODIČÁK 1993). V pokusoch, resp. v sledovaní vývoja statických vlastností porastov na týchto výskumných plochách sa pokračovalo, resp. pokračuje aj v súčasnosti. V poslednej uverejnenej práci (NOVÁK et al. 2015) sa konštatuje, že z vyhodnotenia vplyvu dlhodobu realizovanej výchovy na parametre stability smrekových porastov vyplynulo, že táto pozitívne ovplyvnila prsnú hrúbku a štihlý kvocient. A to ako stredného kmeňa, ako aj hornej porastovej vrstvy. V mladších porastoch bol tento vplyv výrazný. Avšak v starších porastoch nebol vplyv výchovy na dĺžku živej koruny a na podiel koruny na výške stromu už tak jednoznačný.

Dosiahnuté výsledky výskumu v tejto oblasti na Slovensku sa syntetizovali v publikácii „Modely cieľových stromov smreka z hľadiska statickej stability“ (KONÔPKA 1992). V nadväznosti na ňu sa spracovali stupne ohrozenia lesných porastov mechanicky pôsobiacimi škodlivými činiteľmi (KONÔPKA 1999a) a pre potrebu lesnej prevádzky graficky statickej stability smrekových porastov (KONÔPKA 1999b).

Tento problematiku sa pravdaže intenzívna pozornosť, a to najmä v druhej polovici minulého storočia, venovala aj v zahraničí. Napríklad POLLANSCHÜTZ (1971) navrhol v husto založených smrekových porastoch veľmi zavčas, prv než dosiahnu 5 m, vykonať taký silný zásah, aby sa nevyhnutné prebiecky uskutočnili už len v žrdkovine. V porastoch založených vo veľmi voľnom spone a v porastoch, do ktorých sa v mladom veku zasahovalo veľmi intenzívne, možno prvú prebiecku vykonať relatívne neskoro, až 10–15 rokov pred polovicou rubnej doby. V každom prípade sa však má vykonať skôr, než dĺžka koruny klesne pod polovicu výšky stromu.

Prelom tisícročia priniesol najmä v strednej a západnej Európe veľký výskyt vetrových polomov (SEIDL et al. 2014). Vyvolalo to potrebu viac sa venovať zisťovaniu príčin vzniku tejto situácie. Išlo najmä o identifikáciu rizikových faktorov (QUINE 2000). Hodnotil sa vplyv druhového zloženia lesných porastov, vlastností korún, ako aj ďalších statických charakteristík stromov, resp. pôdnych pomerov na statickú stabilitu lesných porastov (napríklad WIKLUND et al. 1995; NICOLL et al. 2006; HANEWINKEL et al. 2011; BAYER et al. 2013). Konštatovalo sa zvýšenie rizika poškodenia lesných porastov víchricami v rámci prebiehajúceho procesu klimatickej zmeny (LINDNER et al. 2010). Spracúvali sa hypotézy vetrového ohrozenia lesa (GARDINER et al. 2016). Modelovali sa jednotlivé procesy vetrového poškodzovania lesných porastov (HALE et al. 2016). Došlo sa k záveru, že je pomocou nástrojov GIS možné čiastočne prognózovať regionálny výskyt týchto epizód (PASZTOR et al. 2015).

V ČR z uverejnených prác od začiatku 21. storočia treba uviesť najmä publikácie: SLODIČÁK, NOVÁK (2003, 2006, 2007), SLODIČÁK

(2006). Išlo v nich o zhodnotenie výsledkov týkajúcich sa vplyvu výchovy smrekových porastov na statickú stabilitu smrekových porastov v rámci dlhodobých experimentov v ČR. Ďalej HOLUŠA et al. (2010) hodnotil vlastnosti smrekových porastov z hľadiska ich stability proti vetru, snehu a suchu. Z prác zo SR sú to najmä publikácie týkajúce sa statickej stability lesa podľa nadmorskej výšky (KONÔPKA B., KONÔPKA J. 2003) a vývoja poškodenia lesa spôsobeného vetrom, snehom a námrazou (KONÔPKA et al. 2005).

Cieľom tejto práce je zhodnotiť vplyv výchovy smrekových porastov realizovanej metódou cieľových stromov na ich statickú stabilitu na vybraných čiastkových výskumných plochách vo výskumnom objekte IUFRO – Biely Váh založenom v roku 1973. Treba dodať, že získané poznatky z meraní na prebieckových výskumných plochách IUFRO – Biely Váh, ktoré sa založili v roku 1973 sa čiastočne publikovali v prácach LEHOTSÝ (1983), KONÔPKA, LEHOTSÝ (1984). Išlo o zhodnotenie výsledkov do roku 1986. Terénne merania pokračovali aj v rokoch 1991 a 1996. O výsledky získané z týchto meraní sa v tomto príspevku už uvedené poznatky rozšírili. Okrem toho sa tu syntetizovali výsledky riešenia za celé sledované obdobie. Kvôli zotrúčeniu textu práce ako aj jeho zrozumiteľnosti uvedieme, že v ďalších častiach príspevku sa budú používať tieto skratky: CS – cieľové stromy, φ – štihlý kvocient, k% – podiel dĺžky koruny z celkovej výšky stromov (korunovosť) v %.

MATERIÁL A METODIKA

Lokalita Biely Váh (kataster obce Východná, okres Liptovský Mikuláš) sa nachádza v severovýchodnej časti Nízkyh Tatier, ktorých podložie v tejto časti pohoria tvorí prevažne granodiorit. Lesné porasty sa tu nachádzajú na stredne hlbokkej nenasýtennej (kyslej) kambizemi. Región charakterizuje kontinentálna horská klíma, ktorá je mierne chladná (priemerná januárová teplota okolo -5 °C, júlová približne 19 °C). Priemerný ročný úhrn zrážok dosahuje 1000–1200 mm.

Výskumné plochy Biely Váh patrili podľa metodiky IUFRO medzi fakultatívne plochy, pretože sa založili v staršom poraste ako bolo žiaduce. Stalo sa tak preto, lebo pri zakladaní prebieckového pokusu v roku 1972, resp. 1973 sa nenašiel porast, ktorý by mal hornú výšku pri prvom zásahu do 5 m. V tomto prípade išlo o 33ročný porast, s hornou výškou približne 15 m. Podľa metodiky IUFRO sa vytvorilo 5 variantov výchovy porastov (označených číslami 6, 7, 8, 9, 10), pričom každý variant pozostával z 3 čiastkových výskumných plôch (ďalej parciel). Počet stromov na ha pred založením pokusu (v roku 1972) sa podľa parciel pohyboval od 2370 po 3850. Tento sa v roku 1973 zredukoval. Pri variante 9, parcely 1, 4, 7 na 1600 stromov a pri variante 10, parcely 10, 11, 14 na 2500 (prvý zásah). Po redukcii počtu stromov sa stredná hrúbka v prsnej výške na parcelách pohybovala od 9,2 cm do 14,4 cm, stredná hodnota hornej výšky bola od 13 m do 15,7 m. Prvý zásah mal v zmysle metodiky IUFRO pri obidvoch variantoch charakter zušľachtovacej prebiecky. Roku 1980 sa uskutočnil druhý zásah. Stredná hrúbka v prsnej výške sa pohybovala od 13,4 cm po 18,1 cm a stredná horná výška od 17,3 m do 19,6 m. Pri variante 9 sa v okruhu CS do polomeru 2,5 m odstránili všetky stromy. Pri variante 10 sa uskutočnila akostná prebiecka.

V rámci prebieckového pokusu IUFRO išlo o pomerne rozsiahly výskum: 5 variantov, 15 parciel, výmera parcele 0,1 ha (každý variant sa opakoval 3krát), ktorý sa zameriaval najmä na optimalizáciu technologických postupov výchovy smrečín so zreteľom na mechanizáciu ťažbovo-výrobných procesov, či celkovú racionalizáciu (podrobnejšie v práci LEHOTSÝ 1983). Zámerom nášho výskumu bolo využiť tento prebieckový pokus na riešenie problematiky statickej stability smrekových porastov. Pritom, ako sme už uviedli, sa využili len dva varianty (6 parciel) z pôvodných piatich, konkrétne variant 9 (parcele 1, 4, 7) a variant 10 (parcele 10, 11, 14). Pri variante 9 (parcele 1, 4, 7) sa počet stromov v roku 1973 zredukoval na 1600 na ha. Pri variante 10 (parcele 10, 11, 14) na 2500 jedincov.

Celkový počet stromov v roku 1972 (pred ich redukciou) bol pri variante 9 podľa parciel takýto (údaje prepočítané na ha): 1. parcela 3 370, 4. parcela 2 370, 7. parcela 2 850, priemer 2 863. Prvým zásahom v roku 1973 sa znížil celkový počet stromov o 44 %. Pri variante 10 bol celkový počet stromov v roku 1972 (pred zásahom) takýto: 10. parcela 3 340, 11. parcela 2580, 14. parcela 3850, priemer 3257. Po prvom zásahu v roku 1973 sa znížil celkový počet stromov o 33 %.

Dôvody použitia metódy CS, vrátane jej zásad, sa podrobne uvádzajú v prácach KONÔPKA (1983), KONÔPKA, LEHOTSÝ (1984), KONÔPKA et al. (1989). Vychádzalo sa tu z poznatkov, ku ktorým dospel na Slovensku BURGAN (1973). Podľa neho stromy v poraste možno roztriediť do piatich zložiek rastových predpokladov: 1. nepriaznivé, 2. menej priaznivé, 3. dobré, 4. veľmi dobré, 5. mimoriadne dobré. Zo stromovej zložky 5 (stromy s celkom voľnými korunami) a zo stromovej zložky 4 (s voľne rozloženými korunami do polovice výšky stromu, prípadne aj s korunami dlhšími, ale zo strán zatienenými) sa vybrali a trvalo označili CS. Pritom sa kládol dôraz na rovnomerné rozmiestnenie CS na výskumných plochách. Ďalšie výchovné zásahy sa realizovali tak, že sa CS uvoľňovali tak, aby sa ich rastové predpoklady zachovali aj v ďalších rokoch. Sledoval sa vplyv výchovy touto metódou na statické vlastnosti CS.

Celkom sa uskutočnili štyri merania CS v rokoch 1981, 1986, 1991, 1996. Merali sa ich základné dendrometrické charakteristiky: hrúbka kmeňa $d_{0,20}$ (meraná 0,20 m od úrovne pôdy), hrúbka kmeňa $d_{1,3}$, výška stromov, dĺžka a šírka koruny. Identifikovali sa vyvrátené, zlomené a inak poškodené stromy. Statická stabilita sa zhodnotila podľa podielu dĺžky koruny z celkovej výšky stromov (korunovosť) v % (k%), a štíhlostného kvocienta (φ). Podrobné metodické postupy merania a výpočtov statických charakteristik sa uvádzajú v prácach už uvedené autorov v predchádzajúcom texte.

Ďalej sme sa zamerali na celkové posúdenie statickej stability smrekových porastov na výskumnej ploche IUFRO – Biely Váh pri variante 9 a 10 v uvedených štyroch časových horizontoch. Použili sme tabuľky a grafikony statickej stability smrekových porastov na Slovensku, spracované jedným z autorov tohto príspevku (KONÔPKA 1999a, 1999b). Ide o zatriedenie jednotlivých variantov na výskumnej ploche do jedného zo stupňov statickej stability. Kvôli stručnosti nebudeme podrobne charakterizovať jednotlivé stupne statickej stability (podrobnosti sú v citovaných prácach ich autora). Uvedieme len, že porasty možno zaradiť do štyroch stupňov statickej stability: 1. výborný, 2. dobrý, 3. vyhovujúci, 4. nevyhovujúci. Pritom sa používajú dve základné statické charakteristiky CS, a to k% a φ . Ich hodnoty v jednotlivých stupňoch sa uvádzajú v tabuľkách a na obrázkoch jednak podľa strednej hrúbky CS, ako aj podľa veku porastov (my sme použili strednú hrúbku). Tabuľky a grafikony sa spracovali jednak bez zreteľa na výškové bonity smreka, ako aj podľa výškových bonít smreka. Výsledky meraní sa spracovali najprv v tabuľkovej forme, pritom sa zhodnotili, resp. vzájomne porovnali. Relevantnosť zmien statických charakteristik súborov CS sa otestovala Studentovým T-testom na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY

Zhodnotenie statických charakteristik cieľových stromov

Priemerné dendrometrické parametre CS a z nich vypočítané základné ukazovatele statickej stability (k%, φ), ako aj počty stromov sa uvádzajú v tab. 1 a 2. Z analýzy základných statických charakteristik CS zo štyroch meraní (roky 1981, 1986, 1991 a 1996) vyplynulo, že pri variante 9 (ak dosiahnuté výsledky z parciel 1, 4, 7 zlúčime) sa k%

Tab. 1.

Hlavné ukazovatele statickej stability cieľových stromov smreka na výskumnej ploche Biely Váh, variant 9
Main indicators of static stability for target trees of spruce at the Biely Váh research plot, variant No. 9

Parcela/ Plot	Meranie/ Measurement	Rok/ Year	Ukazovateľ/Indicator				
			$\bar{d}$	$\bar{h}$	k%	φ	n
1.	1.	1981	22,34	19,40	51,61	0,888	37
	2.	1986	25,01	21,80	49,32	0,892	35
	3.	1991	27,11	24,97	49,13	0,939	35
	4.	1996	29,37	26,67	50,91	0,926	33
4.	1.	1981	25,04	21,20	46,13	0,863	35
	2.	1986	28,12	24,14	49,37	0,858	34
	3.	1991	30,36	27,15	55,50	0,907	33
	4.	1996	32,54	29,39	51,52	0,917	31
7.	1.	1981	21,64	19,69	50,37	0,927	39
	2.	1986	24,69	22,51	50,40	0,922	37
	3.	1991	27,20	26,32	49,12	0,979	37
	4.	1996	28,63	28,00	51,17	0,991	36
$\bar{x}$	1.	1981	23,01	20,10	49,37	0,893	111
	2.	1986	25,94	22,82	49,97	0,891	106
	3.	1991	28,22	26,15	51,25	0,942	105
	4.	1996	30,18	28,02	51,20	0,944	100

Vysvetlivky/Captions:

Variant 9 – Redukcia počtu stromov na 1600 jedincov na ha/Variant No. 9 – Tree reduction on 1,600 individuals per ha

Meranie – 1. (prvé), 2. (druhé), 3. (tretie), 4. (štvrté)/Measurement – 1. (first), 2. (second), 3. (third), 4. (fourth)

$\bar{d}$ – Stredná hrúbka v prsnej výške cieľových stromov/Mean diameter at breast height for target trees

$\bar{h}$ – Stredná výška cieľových stromov/Mean height for target trees

k% – Podiel dĺžky koruny z celkovej výšky cieľových stromov (korunovosť) v %/Share of crown length to total tree height for target trees (%)

φ – Štíhlostný kvocient/Slenderness ratio

n – Počet cieľových stromov/Number of target trees

$\bar{x}$ – Priemerné hodnoty/Mean values

v podstate nemenil. V priemere, zaokrúhlene dosiahol hodnotu 50,5 % (od 49,4 % po 51,2 %). V roku 1996 bola jeho hodnota v porovnaní s rokom 1981 vyššia o 1,8 %. Hodnota φ v priemere bola 0,92 (od 0,89 po 0,94). V roku 1996 bola v porovnaní s rokom 1981 vyššia o 0,05.

Z otestovania rozdielov medzi rokom 1981 a 1996 (tab. 3) vyplynulo, že rozdiel pri k% nebol štatisticky významný. Naproti tomu pri φ bol rozdiel štatisticky významný. Pri variante 10 (parcele 10, 11, 14) dosiahol k% vyššiu hodnotu, zaokrúhlene 54,9 % (od 50,3 % po 61,8 %).

Tab. 2.

Hlavné ukazovatele statickej stability cieľových stromov na výskumnej ploche Biely Váh, variant 10

Main indicators of static stability for target trees of spruce at the Biely Váh research plot, variant No. 10

Parcela/ Plot	Meranie/ Measurement	Rok/ Year	Ukazovateľ/Indicator				
			$\bar{d}$	$\bar{h}$	k%	φ	n
10.	1.	1981	20,54	17,72	54,88	0,880	36
	2.	1986	23,94	21,54	58,57	0,918	35
	3.	1991	26,38	24,03	49,80	0,927	34
	4.	1996	28,51	25,89	51,34	0,923	33
11.	1.	1981	20,28	18,04	56,02	0,907	35
	2.	1986	23,16	20,91	65,43	0,917	35
	3.	1991	25,16	23,71	53,09	0,955	35
	4.	1996	27,41	25,74	52,71	0,950	29
14.	1.	1981	18,82	16,81	56,65	0,901	34
	2.	1986	21,85	19,65	61,24	0,913	33
	3.	1991	24,00	22,60	48,12	0,952	33
	4.	1996	25,93	24,40	50,47	0,949	28
$\bar{x}$	1.	1981	19,88	17,52	55,85	0,896	105
	2.	1986	22,98	20,70	61,75	0,916	103
	3.	1991	25,18	23,45	50,34	0,945	101
	4.	1996	27,28	25,34	51,51	0,941	90

Vysvetlivky/Captions:

Variant 10 – Redukcia počtu stromov na 2500 jedincov na ha / Variant No. 10 – tree reduction to 2,500 individuals per ha

Meranie – 1. (prvé), 2. (druhé), 3. (tretie), 4. (štvrté) / Measurement – 1. (first), 2. (second), 3. (third), 4. (fourth)

$\bar{d}$ – Stredná hrúbka v prsnej výške cieľových stromov / Mean diameter at breast height for target trees

$\bar{h}$ – Stredná výška cieľových stromov / Mean height for target trees

k% – Podiel dĺžky koruny z celkovej výšky cieľových stromov (korunovosť) v % / Share of crown length to total tree height for target trees (%)

φ – Štíhlostný kvocient / Slenderness ratio

n – Počet cieľových stromov / Number of target trees

$\bar{x}$ – Priemerné hodnoty / Mean values

Tab. 3.

Výsledky testovania rozdielov statických vlastností cieľových stromov v rokoch 1981 a 1996 (Studentov T – test)

Test results on differences in static properties of target trees in the years 1981 and 1996 (Student's T – test)

Ukazovateľ statickej stability/ Indicator of static stability	Porovnávané merania (variant pre daný rok)/ Compared measurements (variant by year)		Hodnota T-testu/Values of T-test	
			Vypočítaná/ Calculated	Kritická (tabuľková)/ Critical (from table)
korunovosť k% / crown length to height	Var. 9 – 1981	var. 9 – 1996	1,92	2,26
štíhlostný kvocient φ / slenderness ratio	Var. 9 – 1981	var. 9 – 1996	3,24	2,26
korunovosť k% / crown length to height	Var. 10 – 1981	var. 10 – 1996	4,97	2,26
štíhlostný kvocient φ / slenderness ratio	Var. 10 – 1981	var. 10 – 1996	2,79	2,26
korunovosť k% / crown length to height	Var. 9 – 1981	var. 10 – 1981	6,25	2,26
štíhlostný kvocient φ / slenderness ratio	Var. 9 – 1981	var. 10 – 1981	0,12	2,26
korunovosť k% / crown length to height	Var. 9 – 1996	var. 10 – 1996	0,46	2,26
štíhlostný kvocient φ / slenderness ratio	Var. 9 – 1996	var. 10 – 1996	0,38	2,26

V roku 1996 bola jeho hodnota nižšia o 4,3 %. Kvocient ϕ dosiahol zaokrúhlenú hodnotu 0,93 (od 0,90 po 0,95). V roku 1996 bola jeho hodnota vyššia o 0,05. Ak aj tu rozdiely medzi rokom 1981 a 1996 otestujeme, pridáme k záveru, že pri oboch statických charakteristikách boli rozdiely štatisticky významné. Ako z uvedeného vyplývalo, pri variante 9 sa k % za 15 rokov zlepšil len veľmi málo (štatisticky nevýznamne). Kvocient ϕ sa štatisticky významne zhoršil. Pri variante 10 došlo za 15 rokov k štatisticky významnému zhoršeniu hodnôt statickej stability v oboch prípadoch.

Ak zoberieme do úvahy, že v roku 1973 sa pri variante 9 počet stromov znížil na 1 600 na ha a pri variante 10 na 2 500 na ha, a porovnáme statické charakteristiky, ktoré dosiahli CS podľa variantov (parciel) v roku 1981 (po 8 rokoch), vidíme, že pri 9. variante k % bol 49,4 % (podľa parciel 51,6 %, 46,1 %, 50,4 %) a pri 10. variante 55,9 % (podľa parciel 54,9 %, 56 %, 56,7 %). Kvocient ϕ pri 9. variante bol 0,89 (podľa parciel 0,89, 0,86, 0,93) a pri 10. variante 0,89 (0,88, 0,91, 0,90). Ako z uvedeného vyplýva, rozdiely sa zistili len pri k %, pričom výsledky sú opačné ako sa predpokladalo (vyšší k % CS bol pri menšej redukcii počtu stromov ako pri väčšej). Pri ϕ bola jeho hodnota pri silnejšom zásahu o veľmi málo nižšia (o 0,003). Z uvedeného vyplývalo, že rozdielna redukcia počtu stromov v roku 1973 (na 1 600, 2 500) nevyvolala do roku 1981 odlišný vývoj statických vlastností CS.

K obdobným záverom pridáme, aj keď hodnotíme vývoj statických vlastností CS v ďalších rokoch (1986, 1991, 1996). Pri variante 9 sa hodnota k % podstatne nemenila (50 %, 51 %, 51 %). Pri variante 10 najväčšia bola v roku 1986 – 62 %, potom dosahovala nižšie hodnoty (50 %, 52 %). Pokiaľ ide o ϕ , pri variante 9 je to 0,89, 0,94, 0,94. Pri 10. variante: 0,92, 0,95, 0,94. Z uvedeného vychádza, že realizácia ďalších výchovných zásahov metódou CS len čiastočne ovplyvnila ich statické vlastnosti.

Z otestovania rozdielov statických charakteristík pri uvedených dvoch variantoch v roku 1981 vyplývalo, že rozdiel pri k % bol štatisticky významný. Naproti tomu pri ϕ rozdiel nebol štatisticky významný. V roku 1996 (po 15 rokoch uplatňovania výchovy metódou CS) sa zistilo, že ani pri k % a ani pri ϕ neboli rozdiely štatisticky významné.

Pokiaľ ide o počet CS, v roku 1981 ich bolo pri variante 9 v priemere na jednu parcelu 37 a v roku 1996 33 (zníženie o 4). Pri variante 10 počet CS v roku 1981 bol (v priemere na jednu parcelu) 35 a v roku 1996 30 (zníženie o 5). Celkový počet CS pri variante 9 bol v roku 1981 111, v 1986 106, v 1991 105 a v 1996 100 jedincov. Pri variante 10 bol v roku 1981 105, v 1986 103, v 1991 101 a v 1996 90 stromov.

Za celé uvedené obdobie (1981–1996) sa taktiež zisťovali statické vlastnosti poškodených CS. Pri oboch variantoch išlo o malý počet stromov, pričom variabilita podľa druhu poškodenia bola veľmi veľká (zlomy, vývraty, neznáme dôvody). Preto sa od zhodnotenia statických vlastností poškodených CS, či od ich porovnania s nepoškodenými CS upustilo.

Okrem sledovania vývoja statických vlastností CS sa zisťovala statická stabilita aj ostatných stromov. Ako hlavný ukazovateľ pre posúdenie ich stability sa zvolil ϕ . Tento pri oboch variantoch, ako aj podľa jednotlivých parciel, bol vždy vyšší ako 1. Konkrétne na parcele 1 bola jeho hodnota 1,1, na 7. parcele 1,2, na 10. parcele 1,4, na 11. parcele 1,4. Pokiaľ ide o ostatné rastové vlastnosti možno uviesť, že poškodené stromy boli tenšie a nižšie s menším k % ako CS.

Zo sledovania vývoja počtu stromov v porovnaní s rokom 1973, napríklad na vybranej parcele 14 vyplývalo, že po prepočítaní na ha z 2 500 zostalo v roku 1991 1730, čo je 69 %. Čiže celkovo ubudlo 770 stromov. Počet CS bol 330, čo tvorí 19 % z počtu stromov v roku 1991. Z nich zver obhryzom kôry poškodila 180 jedincov, čo je 55 % z ich počtu. Ostatných stromov v roku 1991 tu bolo 1 400.

Posúdenie statickej stability smrekových porastov podľa grafikonov

Stupne statickej stability smrekových porastov sa zhodnotili prostredníctvom existujúcich grafikonov (KONŌPKA 1999b; pozri obr. 1 a 2) jednak bez zreteľa na bonitu (tab. 4), ale aj s ohľadom na bonitu (tab. 5). Ako vyplývalo z tab. 4 (bez zreteľa na bonitu), pri variante 9 podľa k %, porast patril v rokoch 1981, 1986, 1991 do 3. stupňa statickej stability (vyhovujúci) a v roku 1996 do 2. stupňa (dobrý). Podľa ϕ v rokoch 1981 a 1986 patril do 2. stupňa statickej stability (dobrý) a v rokoch 1991 a 1996 do 3. stupňa (vyhovujúci). Celkovo možno povedať, že statická stabilita sa tu v uvedených rokoch pohybovala medzi 3. (vyhovujúci) a 2. (dobrý) stupňom statickej stability. Podstatné zmeny v statickej stabilite sa tu nezaznamenali. Obdobné závery možno urobiť aj pri variante 10. Tu podľa k % porast patril v rokoch 1981, 1991 a 1996 do 3. stupňa statickej stability (vyhovujúci) a v roku 1986 do 2. stupňa statickej stability (dobrý). Podľa ϕ porast patril v roku 1981 do 2. stupňa statickej stability (dobrý), v ďalších rokoch do 3. stupňa statickej stability. K obdobným výsledkom sme dospeli, keď sme zatriedili porasty pri variante 9 a 10 do stupňov statickej stability so zreteľom na bonitu (tab. 5). Zrejme je tomu tak preto, že na výskumnej ploche Biely Váh ide približne o priemernú výškovú bonitu smreka na Slovensku, a preto jej vplyv na statickú stabilitu nie je významný.

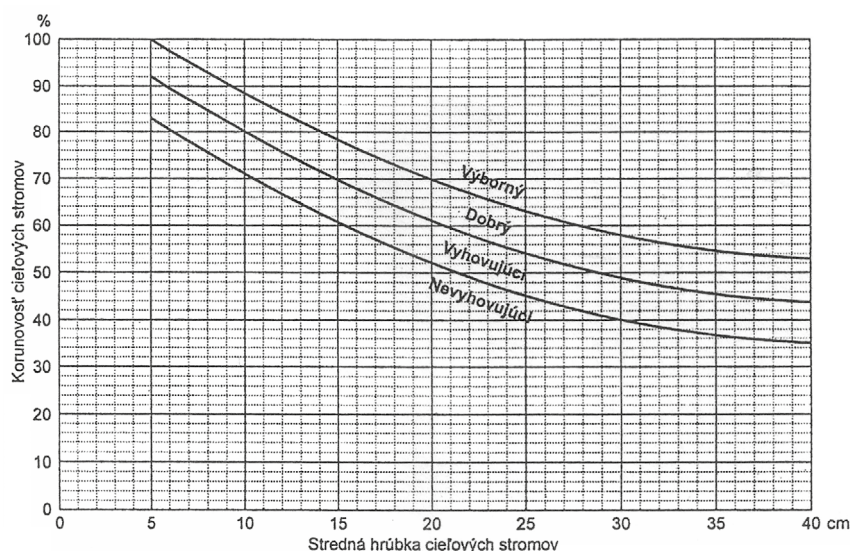
DISKUSIA

Experimenty v oblasti pestovateľských opatrení na posilnenie stability smrečín ako prevencie proti rozvráteniu vetrom majú v lesníckom výskume dlhú tradíciu. Záujem o túto problematiku mierne upadol v období sedemdesiatych a osemdesiatych rokov minulého storočia, kedy smrečiny v Európe intenzívne odumierali najmä v dôsledku znečistenia ovzdušia (KRAHL-URBAN et al. 1988; FLÜCKIGER 1989 a iní). Z týchto dôvodov sa aj v bývalom Československu riešili napríklad otázky optimálnych výchovných postupov v porastoch poškodených imisiami (napr. ŠTEFANČÍK 1987; SLODIČÁK 1988; KAMENSKÝ 1990). Avšak začiatkom 21. storočia sa s nárastom vetrových kalamít v európskych lesoch záujem vedcov o problematiku znova zvýšil (pozri napr. HANEWINKEL et al. 2011; VALINGER, FRIDMAN 2011; GARDINER et al. 2016). Táto oblasť je o to závažnejšia, že epizódy extrémne silných víchric sa dávajú do súvisu s klimatickou zmenou, pričom tento fenomén bude mať dlhodobý vplyv (pravdepodobne bude dokonca nabrať na intenzite) aj v budúcnosti (LINDNER et al. 2010; SEIDL et al. 2011). Zároveň treba pripomenúť riziko sekundárneho napadnutia vetrovej kalamitnej hmoty podkôrnym hmyzom a potom pravidla aj okolitých stojacích smrečín, čo sa napríklad masovo už udialo vo Vysokých Tatrách po roku 2004 (napr. NIKOLOV et al. 2014).

Z uvedených dôvodov treba pokračovať vo výskume statických vlastností smrečín obhospodarovaných rôznymi výchovnými postupmi. Pritom najvhodnejšími objektmi sú experimentálne plochy s dlhodobými opakovanými meraniami stromových charakteristík („druhý dych“). Preto sme sa vo svojej práci zamerali na zhodnotenie dostupných údajov z experimentov v smrečinách, ktoré prebiehali v druhej polovici minulého storočia (IUFRO plochy – Biely Váh). Tu treba zopakovať, že prebiehajúci pokus sa založil v staršom poraste (33ročný, s hornou výškou približne 15 m), čo je z hľadiska vplyvu výchovy porastov na ich statickú stabilitu neskoro. Ďalej je dôležité zobrať do úvahy, že CS sa identifikovali, keď ich priemerná výška bola približne 18, resp. 20 m. Taktiež, že sa nezachovali prvotné záznamy o dendrometrických charakteristikách jednotlivých stromov pred realizáciou jednotlivých alternatív výchovy, teda v roku 1972, resp. 1973. Z citovanej práce (LEHOTSKÝ 1983) možno uviesť strednú hrúbku v prsnej výške všetkých stromov, ďalej hornú výšku na začiatku pokusu, ako aj v roku 1980. Pochopiteľne horná výška je väčšia ako keby sa vyrátala zo všetkých stromov. Z týchto charakteristík vypočítaný ϕ po zásahu v roku

1973 dosiahol pri variante 9 hodnotu 1,11 a pri variante 10 hodnotu 1,29. V roku 1980 pri variante 9 hodnotu 1,11 a pri variante 10 hodnotu 1,30. Z uvedeného vyplýva, že ani v jednom ani druhom variante sa φ celého súboru stromov nezmenil. Pri variante 10 bola hodnota φ väčšia ako pri variante 9 o 0,18. Ako sme uviedli, statické charakteristiky CS sa v sledovaných termínoch podstatne nemenili.

Celkove možno povedať, že statické vlastnosti CS, pokiaľ sa tieto náležite uvoľňujú, sa s pribúdajúcim vekom podstatne nemenia (nezhoršujú). K ich poškodeniu mechanicky pôsobiacimi činiteľmi ani v ďalších rokoch spravidla nedochádza, resp. ak aj, tak len veľmi zriedka. Týmto je možné zabezpečiť statickú stabilitu aj celých porastov, pretože ak aj dôjde k poškodeniu jednotlivých stromov, ide spravidla o stromy,

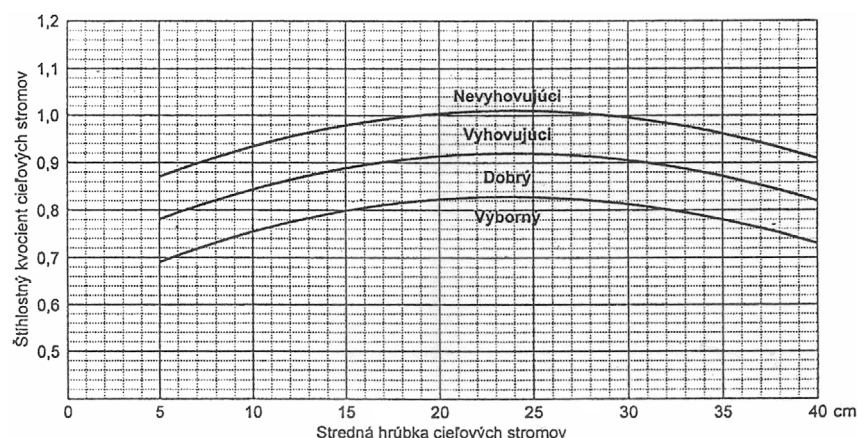


Obr. 1.

Stupne statickej stability smrekových porastov podľa strednej hrúbky cieľových stromov. Statická charakteristika: podiel dĺžky koruny z celkovej výšky cieľových stromov (t.j. korunovosť cieľových stromov) v percentách (zdroj: KONÔPKA 1999b)

Fig. 1.

Degrees of static stability (descriptions over the curves – from top to down: excellent, good, sufficient and insufficient) in spruce stands with regard to mean diameter of target trees. Static characteristics: ratio of crown length of height of target trees (y-axis) expressed in percent against mean diameter of target trees (x-axis; source: KONÔPKA 1999b)



Obr. 2.

Stupne statickej stability smrekových porastov podľa strednej hrúbky cieľových stromov. Statická charakteristika: štíhlostný kvocient cieľových stromov (zdroj: KONÔPKA 1999b)

Fig. 2.

Degrees of static stability (descriptions over the curves – from top to down: insufficient, sufficient, good and excellent) in spruce stands with regard to mean diameter of target trees. Static characteristics: slenderness ratio of target trees (y-axis) against mean diameter of target trees (x-axis; source: KONÔPKA 1999b)

Tab. 4.

Stupne statickej stability smrekových porastov podľa strednej hrúbky cieľových stromov na výskumnej ploche Biely Váh – bez zreteľa na výškovú bonitu smreka

Degrees of static stability of spruce stands with respect to mean diameter of target trees of spruce at the the Biely Váh research plots regardless of the site class

Variant 9

Rok/ Year	Meranie/ Measurement	$\bar{d}$	k%	Stup. stab./ Degree of stability	φ	Stup. stab./ Degree of stability	Priemer stup. stab./ Mean degree of stability
1981	1.	23	49	3,0	0,89	2,0	2,5
1986	2.	26	50	3,0	0,89	2,0	2,5
1991	3.	28	51	3,0	0,94	3,0	3,0
1996	4.	30	51	2,0	0,94	3,0	2,5
Priemer/Average		27	50	2,8	0,92	2,5	2,6

Variant 10

Rok/ Year	Meranie/ Measurement	$\bar{d}$	k%	Stup. stab./ Degree of stability	φ	Stup. stab./ Degree of stability	Priemer stup. stab./ Mean degree of stability
1981	1.	20	56	3,0	0,90	2,0	2,5
1986	2.	23	62	2,0	0,92	3,0	2,5
1991	3.	25	50	3,0	0,95	3,0	3,0
1996	4.	27	52	3,0	0,94	3,0	3,0
Priemer/Average		24	55	2,8	0,93	2,8	2,8

Vysvetlivky/Captions:

Variant 9 – Redukcia počtu stromov na 1600 jedincov na ha/Variant No. 9 – Tree reduction on 1,600 individuals per ha

Variant 10 – Redukcia počtu stromov na 2 500 jedincov na ha/Variant No. 10 – Tree reduction on 2,500 individuals per ha

Meranie – 1. (prvé), 2. (druhé), 3. (tretie), 4. (štvrté)/Measurement – 1. (first), 2. (second), 3. (third), 4. (fourth)

$\bar{d}$ – Stredná hrúbka v prsnej výške cieľových stromov/Mean diameter at breast height for target trees

k% – Podiel dĺžky koruny z celkovej výšky cieľových stromov (korunovosť) v % / Share of crown length to total tree height for target trees (%)

φ – Štíhlostný kvocient/Slenderness ratio

Tab. 5.

Stupne statickej stability smrekových porastov podľa strednej hrúbky cieľových stromov na výskumnej plôch Biely Váh – výšková bonita 32

Degrees of static stability of spruce stands with respect to mean diameter of target trees of spruce at the the Biely Váh research plots with regard to site class (index 32)

Variant 9

Rok/ Year	Meranie/ Measurement	$\bar{d}$	k%	Stup. stab./ Degree of stability	φ	Stup. stab./ Degree of stability	Priemer stup. stab./ Mean degree of stability
1981	1.	23	49	3,0	0,89	2,0	2,5
1986	2.	25	50	3,0	0,89	2,0	2,5
1991	3.	28	51	2,0	0,94	3,0	2,5
1996	4.	30	51	2,0	0,94	3,0	2,5
Priemer/Average		27	51	2,5	0,91	2,5	2,5

Variant 10

Rok/ Year	Meranie/ Measurement	$\bar{d}$	k%	Stup. stab./ Degree of stability	φ	Stup. stab./ Degree of stability	Priemer stup. stab./ Mean degree of stability
1981	1.	20	56	3,0	0,90	2,0	2,5
1986	2.	23	62	2,0	0,92	3,0	2,5
1991	3.	25	50	3,0	0,95	3,0	3,0
1996	4.	27	51	3,0	0,94	3,0	3,0
Priemer/Average		24	55	2,8	0,92	3,5	2,8

Vysvetlivky/Captions:

Variant 9 – Redukcia počtu stromov na 1600 jedincov na ha/Variant No. 9 – Tree reduction on 1,600 individuals per ha

Variant 10 – Redukcia počtu stromov na 2500 jedincov na ha/Variant No. 10 – Tree reduction on 2,500 individuals per ha

Meranie – 1. (prvé), 2. (druhé), 3. (tretie), 4. (štvrté)/Measurement – 1. (first), 2. (second), 3. (third), 4. (fourth)

$\bar{d}$ – Stredná hrúbka v prsnej výške cieľových stromov/Mean diameter at breast height for target trees

k% – Podiel dĺžky koruny z celkovej výšky cieľových stromov (korunovosť) v % / Share of crown length to total tree height for target trees (%)

φ – Štíhlostný kvocient/Slenderness ratio

ktoré nie sú perspektívne (nepriaznivé statické vlastnosti, zlý zdravotný stav). Tieto v dôsledku zákonitého znižovania počtu stromov a podpory CS, treba aj tak postupne odstraňovať z porastov.

Pokiaľ ide o druhú časť výsledkov, ktorá je z praktického hľadiska významnejšia, možno konštatovať, že pri výchove smrekových porastov metódou CS sa udržala vcelku uspokojivá statická stabilita smrekových porastov. Vždy išlo o 3. (vyhovujúci) v menej prípadoch o 2. (dobrý) stupeň statickej stability.

V súlade s doterajšími poznatkami, s najnovšími závermi NOVÁKA et al. 2015 sa potvrdilo, že v starších porastoch nie je vplyv výchovy na statickú stabilitu smrekových porastov jednoznačný. Je tomu tak, najmä pokiaľ ide o k%. Tento je na výskumných plochách v ČR menší, ako v našom prípade, či na ďalších výskumných plochách v SR. Zrejme je tomu tak preto, lebo pri výchove porastov metódou CS sa osobitý dôraz kladie na vlastnosti koruny. Za CS, ako sme už uviedli, sa vyberajú stromy 5. a 4. zložky porastov (BURGAN 1973). Pritom porastovú zložku 4, s veľmi dobrými rastovými predpokladmi, tvoria stromy s voľnými korunami do jednej poloviny výšky stromu, prípadne aj dlhšími, ale zo strán zatienenými, porastovú zložku 5 tvoria stromy s mimoriadne priaznivými predpokladmi s celkom voľnými korunami, ktoré sú vyvinutejšie ako pri porastovej zložke 4. Podľa citovaného autora ide o stromy, ktoré majú najväčšie prírastky. Čiže metóda výchovy smrekových porastov metódou CS vyhovuje nielen z hľadiska zabezpečenia statickej stability, ale aj z hľadiska dosiahnutia čo najväčšej drevnej produkcie. K zaujímavým výsledkom sa došlo pri sledovaní vplyvu hniloby na statickú stabilitu smrečín (KONŔPKA 1992). Z vyvrátených a zlamaných stromov bolo viac ako ich $\frac{1}{4}$ napadnutá hnilobou. Pritom stromy s priaznivými statickými vlastnosťami vykazovali najnižší výskyt hnilôb. Potvrdzuje to taktiež naše konštatovanie, že realizácia výchovy smrečín metódou CS má svoje plné opodstatnenie.

Veľký význam tu má vytvorenie a udržanie vhodných statických vlastností CS už v mladšom veku. De facto možno súhlasiť so závermi autorov uvedených v predchádzajúcom texte, že v porastoch mladších možno dosiahnuť oveľa priaznivejšie výsledky. Preto sa odporúča v mladých smrekových porastoch realizovať včasné a intenzívne zásahy. Napríklad DUŠEK et al. (2014) uvádzajú, že výchovu v smrekových mladinách z prirodzenej obnovy je treba so zreteľom na ich vysokú hustotu začať včas pri hornej porastovej výške okolo 2 m, najneskôršie pri hornej porastovej výške 5 m. Podľa neho, po prvom zásahu by malo v mladinách zostať 1500 až 1800 na ha zdravých smrekov s dobre vyvinutou korunou pokiaľ možno pravidelne rozmiestnených po ploche. V prvých rokoch po výchovných zásahoch je treba počítať s určitou zvýšenou mortalitou smreka. Tá je akceptovateľná, pokiaľ v mladine zostane päť rokov po zásahu približne 600 jedincov stabilných a zdravých smrekov na ha. Pokiaľ ide o prvú redukciu počtu stromov, najmä ak sa porasty založili s väčším počtom jedincov, táto by sa mala napríklad podľa PAŘEZA (1985) realizovať, keď sa porasty začínajú zapájať, keď ich horná porastová výška dosahuje 4–6 m. V exponovaných polohách treba znížiť počet stromov aj pod 2 000 jedincov na ha.

V nasledujúcich rokoch, keď je už možné identifikovať stromy s najlepšimi statickými vlastnosťami (spravidla sú to aj stromy s najlepšimi rastovými predpokladmi), ako sme už v metodike uviedli, tieto trvalo označíme a ďalšiu výchovu realizujeme metódou CS. Ich počet by mal byť 300–400 na ha. DUŠEK et al. (2014) upozorňuje na vyššiu pravdepodobnosť chradnutia hrúbkovo vyspelejších stromov v úrovni a nadúrovni. Preto tam, kde hrozí takéto nebezpečenstvo, odporúča primerane šetriť smrekovú podúroveň. Následne, podľa našich výsledkov, sa odporúča vo výchove pokračovať metódou CS. Zabezpečiť ale treba ich ochranu a náležité uvoľňovanie tak, aby sa ich statické vlastnosti nezhoršili, resp. aby došlo k ich priaznivému vývoju. Závažnou skutočnosťou je poškodzovanie, najmä CS obhryzom kôry zverou. Aj

keď riešenie tohto problému je v prvom rade v znížení počtu raticovej zveri, najmä jelenej. Za súčasnej situácie zrejme jediným riešením je zabezpečenie individuálnej ochrany CS (tzn. nechránia sa všetky stromy, ale iba najperspektívnejšie jedince).

Nakoniec v súlade s konštatovaním NOVÁKA et al. (2015) treba uviesť, že podľa doterajších výsledkov výskumu nie je v starších porastoch vplyv výchovy na sledované statické charakteristiky smrekových porastov až tak jednoznačný. Platí to aj v našom prípade. Okrem toho treba zobrať do úvahy, že sa tu uvádzajú výsledky len z jedného výskumného objektu (výskumné plochy IUFRO – Biely Váh). Zmeny statických vlastností CS v nadväznosti na výchovu porastov metódou CS sa sledovali aj na ďalších výskumných plochách. Preto aktuálnou úlohou je aj tu spracovať výsledky z ďalších meraní, ktoré sa realizovali v nasledujúcich rokoch a doposiaľ sa v dôsledku prerušenia výskumu v tejto oblasti nevyhodnotili.

ZÁVER

V poslednom období sa zaznamenal v lesoch obrovský nárast polomov v dôsledku mechanicky pôsobiacich škodlivých činiteľov, a to nielen v SR, ale aj takmer vo všetkých krajinách Európy. Príčiny vzniku a pretrvávania tejto situácie sú viaceré. Mnohé nemožno lesníckou činnosťou zmeniť či ovplyvniť. Je chybou, ak úplne rezignujeme, resp. ak považujeme takéto extrémne situácie za bežný proces v lesných ekosystémoch a problematikou sa podrobnejšie nezaobráame. Nemožno súhlasiť ani s názorom, že stupeň statickej stability porastov nemá vplyv na ohrozenie lesných ekosystémov mechanicky pôsobiacimi škodlivými činiteľmi. Nie je to tak, aj keď možnosti lesníckych preventívnych opatrení sú limitované. Samozrejme nemôžeme zmeniť stúpajúcu agresivitu škodlivých činiteľov, ktorá tu je, zrejme v dôsledku klimatickej zmeny. Na druhej strane treba nám bližšie situáciu analyzovať, resp. poznávať zákonitosti pôsobenia týchto disturbančných faktorov vo vzťahu k prírodným podmienkam a porastovým pomeroch. Ďalej v nadväznosti na takéto vedecké poznanie navrhnuť diferencované postupy pestovno-ochranných opatrení podľa stupňa ohrozenia lesných porastov v konkrétnych podmienkach. Takýmito opatreniami samozrejme sa nedá úplne zabrániť vzniku kalamít. Možno je ale znížiť ich rozsah, najmä mimo epicentra ich vzniku (v marginálnych zónach pôsobenia víchrice je jej sila menšia). Pozitívne výsledky môžeme dosiahnuť taktiež vtedy, ak nejde o extrémne meteorologické situácie, čiže keď deštruktívne pôsobiace činitele nemajú až tak veľkú silu. Preto by lesnícka veda a následne prax nemala rezignovať, ale skôr opačne zintenzívniť výskum a realizáciu preventívnych ochranných opatrení proti vetru a ďalším škodlivým činiteľom. Keďže smrek patrí medzi najlabilnejšie dreviny voči mechanickému pôsobeniu vetra (ale aj k ďalším škodlivým činiteľom) a zároveň je hospodársky mimoriadne dôležitý, zaslúži si takúto zvýšenú pozornosť. A to najmä v kontexte klimatickej zmeny, keď sa existenčné podmienky pre túto drevinu budú pravdepodobne aj naďalej zhoršovať.

Podakovanie:

Táto práca vznikla aj vďaka finančnej podpory z Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci plnenia cieľov projektu APVV-14-0086. Ďalej vďaka riešeniam úloh projektov QJ1520006 a QJ1330233 podporených Ministerstvom zemědělství České republiky.

LITERATÚRA

- BAYER D., SEIFERT S., PRETZSCH H. 2013. Structural crown properties of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* [L.]) in mixed versus pure stands revealed by terrestrial laser scanning. *Trees*, 27: 1035–1047.
- BEDÖ A. 1896. Magyar állarm öszszes erdősegeinek átnézeti térképe. Budapest: 12 mapových listov s číselnými údajmi.
- BURGAN J. 1973. Prírastkové vzťahy ako nástroj regulovania produkcie. Vedecké práce VÚLH, Zvolen: 73–101.
- COTTA H. 1820. Anweisung zur Forsteinrichtung und Abshätzung. Dresden: 180 s.
- DOLEŽAL. B. 1981. Vývoj, stav a výhled úpravnických preventivních opatření proti škodám živly v lese. *Acta Universitatis Agriculturae (Brno)*, 50: 155–170.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2014. Reakce mladých smrkových porostů na výchovné zásahy v oblastech chronického chřadnutí smrku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59: 104–108.
- FLÜCKIGER W. 1989. Possible causes of forest decline and research programmes in Europe. Strasbourg, Council of Europe: 100 s.
- GARDINER B., BERRY, P. MOULIA, B. 2016. Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science*, 245: 1–25.
- GRÉK J. 1998. Pôvodné zastúpenie drevín. In: Vladovič, J., Grék, J., Mindáš, J., Bucha, T: Prehodnotenie cieľového zloženia drevín s dôrazom na využívanie prirodzenej obnovy. Zvolen, LVÚ: 53 s.
- HALE S.E., GARDINER B., PEACE A., NICOLL B., TAYLOR P., PIZZIRANI S. 2016. Comparison and validation of three versions of a forest wind risk model. *Environmental Modelling & Software*, 68: 27–41.
- HANEWINKEL M., HUMMEL S., ALBRECHT A. 2011. Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. *European Journal of Forest Research*, 130: 329–351.
- HEGER A. 1957. Ochrana smrčín proti škodám vetrom. Praha, SZN: 96 s.
- HOLUŠA J., KRISTEK Š., TROMBÍK J. 2010. Stability of spruce forests in the Beskyds: an analysis of wind, snow and drought damages. *Beskydy*, 3: 43–54.
- CHROUST L. 1980. Tvar kmene a velikost korun při výchově smrkových porostů ve vztahu ke škodám působeným sněhem a větrem. *Práce VÚLHM*, 56: 31–52.
- CHROUST L. 1987. Results of the 5 thinning experiments established in young Norway spruce stands on the zone snow and wind damage. In: Proceedings of the meeting of IUFRO: Development of thinning system to reduce stand damages. Research Notes No. 98/1987. Garpenberg (Sweden): 165–182.
- JUDEICH J.F. 1871. Die Forsteinrichtung. Dresden, Schönfeld: 388 s.
- JURČA J., CHROUST L. et al. 1973. Racionalizace výchovy mladých lesních porostů. Praha, SZV: 239 s.
- KAMENSKÝ M. 1990. Výchova porastov pod vplyvom imisií. Zvolen, VÚLH: 83 s.
- KONÔPKA B., KONÔPKA J. 2003. Static stability of forest stands in the seventh altitudinal vegetation zone in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 49: 474–481.
- KONÔPKA B., KONÔPKA J., RAŠI R. 2005. Damage to forest caused by wind, snow and rime in Slovakia during the years 1996–2003. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 51: 31–43.
- KONÔPKA J. 1983. Výchova smrekových porastov II. vekovej triedy metódou cieľových stromov z hľadiska odolnosti proti snehu. *Lesnictví*, 29: 43–63.
- KONÔPKA J., LEHOTSKÝ L. 1984. Výchova smrekových porastov z hľadiska odolnosti proti abiotickým škodlivým činiteľom. *Lesnícky časopis*, 30: 435–440.
- KONÔPKA J., LEHOTSKÝ L., TOMA R. 1989. Vplyv výchovy na statickú stabilitu smrekových porastov. *Lesnícky časopis*, 35: 87–99.
- KONÔPKA J. 1992. Modely cieľových stromov smreka z hľadiska statickej stability. Praha, AZV: 106 s.
- KONÔPKA J. 1999a. Ohrozenie lesných porastov mechanicky pôsobiacimi škodlivými činiteľmi. *Lesnícky časopis*, 45: 51–72.
- KONÔPKA J. 1999b. Grafikony statickej stability smrekových porastov na Slovensku. Zvolen, LVÚ: 22 s.
- KRAHL-URBAN B., PAPKE C.J., PETERS R.I., SCHIMANSKY CHR. 1988. Forest decline. Bonn, U.S. Environmental Protection Agency and German Ministry of Research and Technology: 137 s.
- LEHOTSKÝ L. 1983. IUFRO – prebierkový pokus – program racionalizácie výchovy porastov smreka obyčajného. *Lesnícky časopis*, 29: 55–69.
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATI A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTRÖM M., LEXER M.J., MARCHETTI M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259: 698–709. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.09.023
- MPRV SR. 2016. Správa o lesnom hospodárstve Slovenskej republiky za rok 2015. Zelená správa. Bratislava, MPRV SR: 76 s.
- MRAČEK Z., PAŘEZ J. 1986. Pěstování smrku. Praha, SZN: 203 s.
- NICOLL B.C., GARDINER B.A., RAYNER B., PEACE A.J. 2006. Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type, and rooting depth. *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 1871–1883.
- NIKOLOV CH., KONÔPKA B., KAJBA M., GALKO, J. KUNCA A., JANSKÝ L. 2014. Post-disaster forest management and bark beetle outbreak in Tatra National Park, Slovakia. *Mountain Research and Development*, 34: 326–335.
- NOVÁK J., DUŠEK J., KACÁLEK D., SLODIČÁK M. 2015. Parametry stability různě vychovávaných smrkových porostů. *Zprávy lesnického výzkumu*, 60: 177–187.
- PAŘEZ J. 1972. Vliv podúrovňové a úrovněové probírky na výši škod sněhem v porostech pokusných probírkových ploch v období 1959–1968. *Lesnictví*, 18: 143–154.
- PAŘEZ J. 1985. Zhodnocení výzkumných ploch ve smrkových a borových porostech. Jíloviště-Strnadý, VÚLHM: 102 s.
- PASZTOR F., MATULLA CH., ZUVELA-ALOISE M.Z., RAMMER W., LEXER M.J. 2015. Developing predictive models of wind damage in Austrian forests. *Annals of Forest Science*, 72: 289–301.
- PFEFFER A. 1961. Ochrana lesů. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 838 s.
- POLLANSCHÜTZ J. 1971. Durchforstung von Stangen-Baumhölzern. *Allgemeine Forstzeitung*, 82: 250–253.
- QUINE C.P. 2000. Estimation of mean wind climate and probability of strong winds for wind risk assessment. *Forestry*, 73: 247–258.
- SEIDL R., SCHELHAAS M.J., LEXER M.J. 2011. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17: 2842–2852.
- SEIDL R., RAMMER W., BLENNOW K. 2014. Stimulating wind disturbance impacts on forest landscapes: tree-level heterogeneity matters. *Environmental Modelling & Software*, 51: 1–11.
- SLODIČÁK M. 1988. Vývoj mladých smrkových porostů v podmínkách imisního zatížení po výchovných zásazích různé intenzity. *Lesnictví*, 34: 991–1004.

- SLODIČÁK M. 1993. Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage. In: Wind and wind-related damage to trees. Edinburgh, University Press: 436–447.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2003. Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – cíle a metodika. Zprávy lesnického výzkumu, 48: 149–152.
- SLODIČÁK M. 2006. Czech Republic (CZ 13, CZ 14). In: Herbstritt S. et al.: The European stem number experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) 3. report. IUFRO working party 1.05.05 "Thinning experiments". Freiburg, März 2006. Baden-Württemberg, Fakultät für Forst- und Umweltwissenschaften der Universität Freiburg und Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburger Forstliche Forschung. Berichte. Heft 66/2006: 64–73.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2006. Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. Forest Ecology and Management, 224: 252–257.
- SLODIČÁK M., NOVÁK J. 2007. Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého – zhodnocení poznatků ze 4. série založené v letech 1964–1969. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 205–213.
- STOLINA M. et al. 1985. Ochrana lesa. Bratislava, Príroda: 480 s.
- ŠTEFANČÍK L. 1987. Technológia obhospodarovania lesov na strednom Spiši. Zvolen, VÚLH: 96 s.
- VALINGER E., FRIDMAN J. 2011. Factors affecting the probability of windthrow at stand level as a result of Gudrun winter storm in southern Sweden. Forest Ecology and Management, 262: 398–403. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.04.004
- WIKLUND K., KONÔPKA B., NILSSON L.O. 1995. Stem form and growth in *Picea abies* (L.) Karst. in response to water and mineral nutrient availability. Scandinavian Journal of Forest Research, 10: 326–332.

TENDING OF SPRUCE STANDS FROM STATIC STABILITY PERSPECTIVE AT THE BIELY VÁH IUFRO RESEARCH PLOTS (SLOVAKIA)

SUMMARY

The aim of the paper was to evaluate influence of different tending approaches based on the target trees (CS) method to static stability (i.e. resistance to mechanically acting abiotic harmful agents) at the research plots located in the IUFRO Biely Váh site (Slovakia). The research plots were founded in 1973 that time in 33-year-old spruce stand with upper stand height of 15 m. In the first year of experiment, number of trees was reduced by thinning cut, in the variant 9, containing 3 partial subplots, to 1,600 trees per ha (starting density was 2,863 trees, it means reduction by 44%). As for variant 10 (3 partial subplots), number of trees was reduced on 2,500 trees per ha (starting density was 3,257 trees, i.e. reduction by 33%). From 1980, further tending was based on principals of CS method. Then, characteristics of CS trees were measured in four time horizons (specifically 1981, 1986, 1991, and 1996). The tree characteristics were issued to calculate indicators of static stability, i.e. ratio between crown length and height (k%) and slenderness ratio (φ).

In 1974 (i.e. in the beginning of the experiment), 16 damaged trees (13 uprooted and 3 broken) were recorded on the plots. Their φ represented mean value of 1.14. In 1983, 72 trees were damaged (uprooted trees made up 60% and breakages 40%). Their φ equaled 1.37. The most severe damage was in the subplots with intensive thinning, less damage was recorded at the subplots with low intensity of thinning. The damaged trees had worse static characteristics (lower value of k% and higher value of φ) than undamaged individuals.

The analyses of basic static indices on CS trees in four time horizons (1981, 1986, 1991, and 1996) showed that values of k% did not change markedly in the case of variant 9. Mean value of k% was 50.5%. As for φ value increased from 0.89 (in 1981) to 0.94 (1996) that was statistically significant change (on the confidence level of 0.05). Its mean value was 0.92. As for the variant 10, between 1981 and 1996, value of k% decreased by 4.3% and φ increased by 0.05 (statistically significant changes). Mean value of k% was 54.9 and that of φ was 0.93 (see also Tab. 1, 2 and 3).

If we consider that in 1973 number of trees was reduced for 1,600 pieces per ha in the variant 9, and for 2,500 pieces per ha in the variant 10, we can see that CS trees reached in 1981 k% values 49.9%, and 55.9% for the variant 9 and variant 10, respectively. At the same time, φ values were 0.89 (in the variant 9) and 0.90 (variant 10). Hence, the differences between the variant were not relevant. It means that different reductions in tree densities which were done in 1973 were not reflected in contrasting values of indicators of static stability in the CS trees.

The similar results were obtained also in evaluation of static stability of CS trees in the consecutive time horizons (1986, 1991, 1996). The values of k% for CS trees did not change over time in the variant 9. The value was largest (62%) in 1986, than it dropped and stabilized in the case of variant 10. As for values of φ , there did not change over time in both variants. It indicates that tending of stands in middle age did not influence statist properties of the CS trees.

Finally, we categorized static stability of spruce stands for both variants according to existing diagrams constructed by ΚΟΝΩΡΚΑ (1999b; see Fig. 1 and 2). This evaluation showed that the stands (considering both variants and all time horizons) represented static stability in the third (satisfactory stability) and second (good) degree (Table 4 and 5). It means that the spruce stands would be relatively resistant to mechanical load by abiotic agents.

Zasláno/Received: 19. 05. 2017

Přijato do tisku/Accepted: 25. 07. 2017