

# VLIV VÝCHOVNÝCH ZÁSAHŮ NA VÝVOJ MLADÝCH CHŘADNOUCÍCH SMRKOVÝCH POROSTŮ

## THE IMPACT OF THINNING ON DEVELOPMENT OF YOUNG DECLINING SPRUCE STANDS

DAVID DUŠEK ✉ - JIŘÍ NOVÁK - MARIAN SLODIČÁK - DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

✉ e-mail: dusek@vulhmop.cz

### ABSTRACT

Early thinning impacts on development of young Norway spruce stands were investigated in areas showing new type of damage. Two treatments such as thinned plots and no-thinning control plots were established in randomized blocks. Besides mensurational characteristics of crop trees (1 000–1 500.ha<sup>-1</sup> marked in both treatments) such as diameter and height growth, yellowing of needles and survival were monitored. The aim of experiment was to confirm or reject a hypothesis about the negative effect of thinning on declining spruce-dominated young stands. After thinning, crop trees reacted positively as they increased their diameter increment within two-three years of investigation while height growth remained unaffected, which contributed to development of more stable (lower h/dbh ratio) stems. No significant effects on yellowing were found in vigorous crop trees of the thinned treatment compared to the unthinned ones. The aim is to get at least 600 crop trees.ha<sup>-1</sup> over the first years after thinning. The study presents results from the initial stage of thinning research – further research to continue monitoring of the crop trees response and conduct following thinning operations is needed.

For more information see Summary at the end of the article.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý; novodobé škody; výchova; žloutnutí smrku; mlaziny

**Key words:** Norway spruce; new type of damage; thinning; spruce yellowing; thicket

### ÚVOD

Přibližně od přelomu tisíciletí se na území severní Moravy a Slezska začal objevovat fenomén novodobého chřadnutí smrku. Toto chřadnutí postihuje porosty všech věkových tříd, bez zjevné vazby na konkrétní stanoviště nebo způsob založení porostu. Území chřadnutí smrku se v posledních letech rozšířilo i do oblasti střední Moravy a při současných nepříznivých klimatických podmínkách není vyloučeno další šíření. Chřadnutí se projevuje defoliací, žloutnutím asimilačního aparátu, morfologickými změnami v korunách, následně se mohou objevit výrony pryskyřice na kmeni a dochází k hynutí jednotlivých stromů. Podle údajů Lesní ochranné služby (Zpráva 2017) bylo v roce 2016 jen v Moravskoslezském a Olomouckém kraji postiženo žloutnutím ca 36 tisíc hektarů smrkových porostů. Většina chřadnoucích stromů je infikována václavkou (*Armillaria sp.*).

Chřadnutí smrku je pravděpodobně výsledkem celé řady synergicky působících faktorů. Predispozičním faktorem je již samotné pěstování smrku mimo jeho ekologické optimum (HOLUŠA 2004). Z dalších

predispozičních faktorů je uváděna nerovnováha ve výživě porostů a neuspokojivý stav nasycení sorpčního komplexu lesních půd (PODRÁZSKÝ et al. 2003; VACEK et al. 2006; ŠRÁMEK et al. 2009, 2013). Trend nárůstu teplot spolu s nedostatkem srážek ve vegetačním období, jako pravděpodobný důsledek globální změny klimatu (ALLEN et al. 2010; HLÁSNÝ et al. 2011, 2014; HENTSCHEL et al. 2014), představuje iniciační faktor chřadnutí, na nějž navazuje infekce václavkou a ve starších porostech napadení kůrovci, kteří jsou posledním mortalitním faktorem a v současné době poslední příčinou celoplošného rozpadu lesních porostů na stále větším území České republiky.

Jakkoli je nesporné, že bude nutno pokračovat ve výrazném omezení zastoupení smrku a v zakládání smíšených porostů s vyšším zastoupením listnatých dřevin, není nutné smrk ani v oblastech jeho chřadnutí z druhové skladby zcela vyloučit. Umělá obnova smrku by v těchto oblastech měla být minimalizována. Na druhou stranu se zde vyskytují přehoustlé smrkové mlaziny vzniklé z přirozené obnovy, které byly často v důsledku kalamitního rozpadu mateřského porostu jednorázově odcloněny, samoproředování zde probíhá zcela nedostatečně, a je

tudíž ohrožena budoucí stabilita porostů. V oblastech, kde se fenomén chřadnutí smrku začal projevovat až v posledních letech, je navíc dostatek smrkových mlazin z obnovy umělé. Na základě bohatých praktických i experimentálních poznatků nejsou tyto umělé ekosystémy schopny zdárného vývoje bez náležité a včas provedené porostní výchovy (VICENA 1964; BRÜCHERT et al. 2000; MÄKINEN, ISOMÄKI 2004; ŠTEFANČÍK 2012).

Výskyt žloutnutí smrkových mlazin spolu s výskytem václavky vede k obavám z urychlení rozpadu těchto porostů právě vlivem výchovných zásahů (DUŠEK et al. 2017) a část vlastníků ustupuje od výchovy smrku i v nejmladších porostech. Dosavadní zkušenosti hovoří pro podstatné omezení až vynechání výchovy v chřadnoucích porostech zhruba od stadia tyčovin, neboť tyto zpravidla vedou k nárůstu výskytu václavky a následné akceleraci jejich rozpadu. V nejmladších porostech je však rezignace na výchovné zásahy spojena s rizikem přestihlení porostů, rychlého zkracování korun, vysoké kompetice v kořenovém prostoru, nedostatečného zásobení vodou v důsledku vysoké intercepce a zpomalení koloběhu živin. Pouze v nejmladších porostech lze výchovou relevantně ovlivnit parametry statické stability stromů a podpořit případně se vyskytující přimíšené dřeviny. Výchova v těchto porostech má směřovat k udržení smrku v druhové skladbě, nikoli v pokračování smrkových monokultur.

Zásadní je proto znát reakci chřadnoucích smrkových mlazin na výchovné zásahy z hlediska jak růstové dynamiky, tak vývoje zdravotního stavu. Cílem práce je vyhodnotit reakci smrkových mlazin na experimentální výchovné zásahy v oblasti chřadnutí smrkových porostů na modelovém území revíru Huzová. V práci je hodnocena reakce smrku z hlediska tloušťkového a výškového přírůstu, a také z hlediska výskytu změn asimilačního aparátu (žloutnutí) a mortality na zásahových a kontrolních plochách dva až tři roky od provedení experimentálních zásahů.

## MATERIÁL A METODIKA

Zájmové území revír Huzová (Lesy města Olomouce, a. s.) se nachází v přírodní lesní oblasti 29 – Nízký Jeseník. Lokalita spadá do páteho lesního vegetačního stupně, typologicky převažují živná stanoviště a stanoviště ovlivněná vodou. Experimentální plochy byly založeny na stanovištích SLT 5S a 5O, CHS 55 a 57, v nadmořské výšce 620–680 m (tab. 1). Jednalo se o smrkové mlaziny z umělé obnovy s minimální příměsí dalších dřevin. Porostní výška se v době zakládání experimentů pohybovala v rozmezí 5–7 m, tedy v optimálním rozmezí pro první

výchovné zásahy. V porostech byly již při zakládání ploch patrné barevné změny jehličí na jednotlivých stromech.

Experimentální plochy byly zakládány v letech 2015 (Huzová I), 2016 (Dalov I-IV, Huzová II), zásahy byly provedeny ihned po založení. Experimentální design má charakter kompletních znárodněných bloků, kdy každý blok tvoří dvojici ploch, z nichž jedna byla náhodně vybrána jako kontrolní a druhá jako zásahová. Velikost jednotlivých ploch se pohybovala v rozmezí 0,01–0,04 ha. Náhodný výběr (losováním) byl proveden až po stabilizaci ploch a vyznačení cílových stromů v počtu 1000–1500 smrků na hektar a experimentálního zásahu (tab. 2). Na vylosovaných kontrolních plochách nebyl zásah proveden, ale vyznačené cílové stromy zde slouží pro srovnání s vychovávanou variantou.

Na jaře, před rašením smrků, byl hodnocen jejich zdravotní stav z hlediska výskytu barevných změn jehličí a byly vylišeny následující kategorie:

- 1 stromy bez výskytu karencních jevů
- 2 stromy, kde se již začíná projevovat žluté zbarvení, zejména druhého a starších ročníků jehlic
- 3 stromy, na nichž žloutnou i jehlice nejmladšího ročníku, celý asimilační aparát stromů má výrazně žluté zbarvení, ale ještě nedochází k rezivění jehlic a jejich masivnímu opadu
- 4 stromy, kde se již jehličí začíná zbarvovat do rezivé až rezivě hnědé barvy, počíná masivní opad jehlic, terminální vrchol je často zasyčající nebo zcela uschlý
- 5 souše

Za cílové stromy byli vybíráni nepoškození jedinci, bez příznaků žloutnutí (kategorie 1), či ojedinele jen s mírnými příznaky (kategorie 2) s dobře vyvinutou korunou. Výchovné zásahy byly směřovány primárně k uvolnění těchto cílových stromů a dále byli odstraňováni jedinci s nejhorším zdravotním stavem. Stromy životaschopné podúrovně, které nepředstavovaly konkurenty stromům cílovým, byly při zásahu šetřeny. Životaschopná podúroveň se však na experimentálních plochách vyskytovala jen sporadicky, porosty, původem z umělé obnovy, byly obecně málo výškově diferencované.

Měření dendrometrických parametrů cílových stromů bylo prováděno jednou ročně, vždy mimo růstovou sezónu. Výčetní tloušťky byly měřeny s přesností na 0,1 cm, výšky všech cílových stromů s přesností na 10 cm. Hodnocení výskytu barevných změn jehličí bylo prováděno každoročně, vždy v předjaří před rašením stromů.

Tab. 1.

Přehled experimentálních ploch s výchovou smrku v Lesích města Olomouce, a. s.  
The experimental sites with spruce thinning in Municipal forests of Olomouc

Lokalita <sup>1</sup>	Porost <sup>2</sup>	LT <sup>3</sup>	HS <sup>4</sup>	Výška <sup>5</sup> (m n.m.)	Věk <sup>6</sup> (roky)	Výměra <sup>7</sup> (ha)
Dalov I	87 C 1	5S1	551	640	13	2 × 0,04
Dalov II	81 C 2a/1a	5O1	571	620	7	2 × 0,01
Dalov III	82 C 3a/1c	5S1	551	620	14	2 × 0,02
Dalov IV	82 D 1c	5S1	551	620	11	2 × 0,01
Huzová I	88 B 1a/1b	5S5	556	680	9	4 × 0,01
Huzová II	83 B 1	5S5	551	680	11	2 × 0,02

Captions: <sup>1</sup>locality; <sup>2</sup>stand; <sup>3</sup>site; <sup>4</sup>management unit; <sup>5</sup>altitude; <sup>6</sup>age of stands; <sup>7</sup>area

Průměrný roční tloušťkový (výškový) přírůst měřený ve výšce 1,3 m byl vypočten podle vzorce:

$$iy = \frac{y_{0+t} - y_0}{t};$$

kde  $y_0$  je hodnota růstové veličiny na začátku období,  $y_{0+t}$  je hodnota růstové veličiny na konci období a  $t$  je počet let růstového období.

Relativní roční tloušťkový přírůst, který je vhodnější pro porovnávání různě tloušťkově vyspělých porostů, byl vypočten ze vzorce:

$$riy = \frac{\ln(y_{0+t}) - \ln(y_0)}{t};$$

kde  $y_0$  je hodnota růstové veličiny na začátku období,  $y_{0+t}$  je hodnota růstové veličiny na konci období,  $t$  je počet let růstového období a  $\ln$  je přirozený logaritmus.

Hodnotu přírůstu na konci období  $y_{0+t}$  lze vyjádřit jako:

$$y_{0+t} = y_0(e^{riy})^t;$$

kde  $e$  je základ přirozeného logaritmu,  $y_0$  je hodnota růstové veličiny na začátku období sledování a  $t$  je počet let růstového období. Hodnota  $\exp [riy]$  tedy představuje násobek, o který se průměrně zvýší hodnota růstové veličiny za jeden rok.

Výškový a tloušťkový přírůst byl analyzován za pomoci analýzy variance (ANOVA) pro blokové uspořádání experimentů. Pro porovnání podílu stromů nepostížených žlutnutím byl použit zobecněný lineární model (McCULLAGH, NELDER 1989), konkrétně quasibinomický test s logitovým linkem, který umožňuje analyzovat data s rozptylem neodpovídajícím „klasickému“ binomickému rozdělení. Analyzovaná data vykazovala více jak čtyřnásobný rozptyl (tzv. overdispersion), než je žádoucí pro korektní výpočet směrodatných odchylek parametrů binomického modelu. Analýzy byly provedeny v programu R. 3.5.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2018).

**Tab. 2.**

Přehled základních taxačních parametrů experimentálních ploch s výchovou smrku v Lesích města Olomouce, a. s. (jaro 2016)  
The basic mensurational characteristics of stands (spring 2016)

		N (ks.ha <sup>-1</sup> )	D (cm)	G (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	H (m)	H/D
<b>Dalov I K</b>	vše	4800	7,1	19,0		
	cílové	1200	8,6	6,7	6,6	77
<b>Dalov I Z</b>	vše	4100	6,7	14,3		
	cílové	1225	7,9	6,1	6,1	77
<b>Dalov II K</b>	vše	5300	5,9	14,4		
	cílové	1500	7,9	7,3	6,7	85
<b>Dalov II Z</b>	vše	9500	5,1	19,3		
	cílové	1500	8,7	8,9	7,0	80
<b>Dalov III K</b>	vše	5200	6,3	16,1		
	cílové	1350	7,4	5,9	6,6	89
<b>Dalov III Z</b>	vše	5150	6,5	17,3		
	cílové	1400	7,5	6,2	6,5	87
<b>Dalov IV K</b>	vše	3100	5,0	6,1		
	cílové	1300	5,5	3,0	4,4	80
<b>Dalov IV Z</b>	vše	4700	5,2	10,0		
	cílové	1300	6,4	4,1	4,9	77
<b>Huzová IA K</b>	vše	9100	4,5	14,7		
	cílové	1000	7,4	4,3	6,1	82
<b>Huzová IA Z</b>	vše	-	-	-		
	cílové	1000	7,4	4,3	6,3	85
<b>Huzová IB K</b>	vše	5500	5,6	13,8		
	cílové	1000	7,2	4,1	6,0	83
<b>Huzová IB Z</b>	vše	-	-	-		
	cílové	1000	7,8	4,7	5,9	76
<b>Huzová II K</b>	vše	2400	3,8	2,7		
	cílové	1150	3,8	1,3	4,0	105
<b>Huzová II Z</b>	vše	2550	3,9	3,1		
	cílové	1150	4,3	1,7	4,3	100

K - kontrolní plocha; Z - zásahová plocha

Captions: K - no thinning; Z - thinned stand; N - trees per ha; D - DBH; G - basal area; H - Height; H/D - slenderness ratio

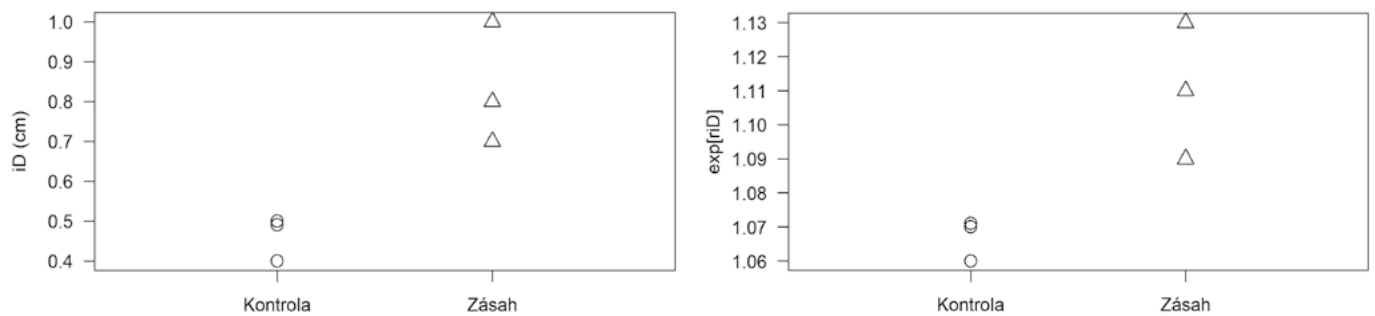
## VÝSLEDKY

Průměrný roční tloušťkový přírůst ( $iD$ ) na cílových stromech za období 2–3 let se na kontrolních plochách pohyboval od 0,4 do 0,9 cm a na zásahových plochách od 0,5 do 1,1 cm (obr. 1). Průměrný rozdíl činí 0,2 cm (s.e. = 0,03,  $p < 0,001$ ) ve prospěch zásahové varianty. Průměrný relativní roční tloušťkový přírůst ( $exp[riD]$ ) se pohyboval v rozmezí 1,05 až 1,18 u kontrolních ploch a od 1,06 do 1,20 u zásahových ploch. Průměrný rozdíl 0,02 ve prospěch zásahové varianty je opět statisticky průkazný (s.e. = 0,003,  $p < 0,001$ ). Experimentální zásahy tedy prokazatelně ovlivnily akceleraci tloušťkového přírůstu cílových stromů.

Průměrný roční výškový přírůst ( $iH$ ) se na kontrolních i zásahových plochách pohyboval od 0,6 do 0,9 m (obr. 2). Průměrný rozdíl mezi variantami -0,01 m (s.e. = 0,04,  $p = 0,72$ ) je pod hranici přesnosti měření a nemá praktickou relevanci. Průměrný relativní roční výškový přírůst ( $exp[riH]$ ) se pohyboval v rozmezí od 1,08 do 1,23 na kontrolních a od 1,08 do 1,21 na zásahových plochách. Rozdíl mezi variantami -0,001 je prakticky bezvýznamný. Experimentální zásahy nevedly k ovlivnění výškového přírůstu ve srovnání s kontrolní variantou.

Štíhlostní kvocient cílových stromů v roce provedení experimentálních zásahů se pohyboval v rozmezí 77–105 na kontrolních a v rozmezí 77–100 na zásahových plochách a na kontrole byl mírně vyšší (průměr a medián rozdíl = 3). Štíhlostní kvocient cílových stromů dva až tři roky po experimentálních zásazích byl v rámci srovnávacích dvojic ploch vždy příznivější na variantě s výchovou. Štíhlostní kvocient na kontrolních plochách se pohyboval v rozmezí od 76 do 94 a na zásahových plochách od 67 do 83. V průměru byl štíhlostní kvocient na kontrolních plochách vyšší o hodnotu 7 (medián 6). Hodnoty štíhlostních kvocientů cílových stromů na zásahových plochách dávají perspektivu vzniku stabilní porostní kostry a odolnosti budoucího porostu vůči nepříznivým vlivům sněhu a větru.

Vývoj barevných změn asimilačního aparátu nebyl jednoznačný (obr. 3). Při posledním hodnocení na jaře 2018 se zastoupení cílových stromů bez příznaků žloutnutí pohybovalo na jednotlivých experimentálních plochách od 100 % do 50 %. Mortalita ve stejném období činila 0 % až 20 %. Průměrné zastoupení stromů nepostížených žloutnutím činilo při posledním sledování (jaro 2018) 74 % na kontrolní a 88 % na zásahové variantě. Vzhledem k značné variabilitě vývoje na různých srovnávacích plochách však není tento rozdíl, při použití quasibinomického testu, možno považovat za statisticky průkazný ( $p = 0,23$ ).

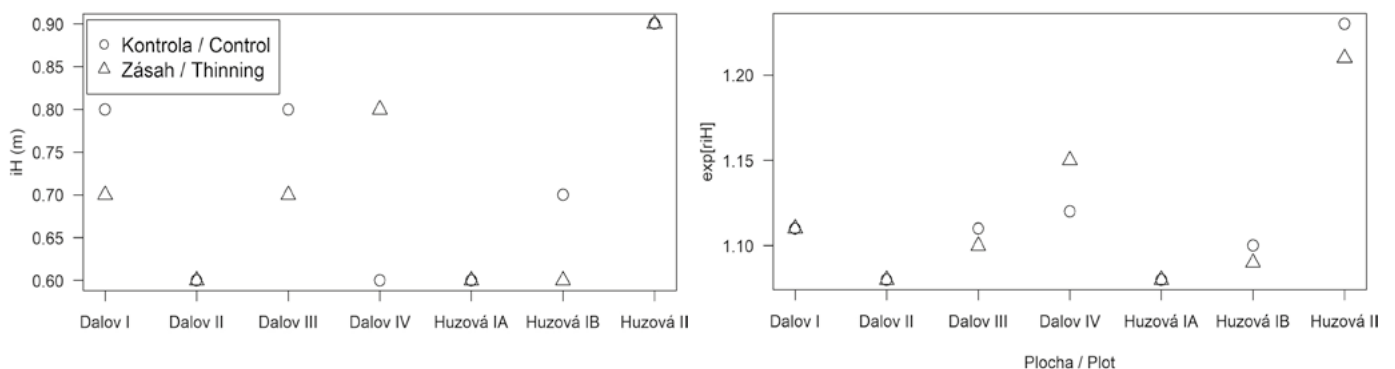


**Obr. 1.**

Průměrný roční tloušťkový přírůst ( $iD$ ) a průměrný relativní tloušťkový přírůst ( $exp[riD]$ ) za období 2–3 let

**Fig. 1.**

Mean annual diameter increment ( $iD$ ) and mean annual relative diameter increment ( $exp[riD]$ ) two-tree years after thinning



**Obr. 2.**

Průměrný roční výškový přírůst ( $iH$ ) a průměrný relativní výškový přírůst ( $exp[riH]$ ) za období 2–3 let

**Fig. 2.**

Mean annual height increment ( $iH$ ) and mean annual relative height increment ( $exp[riH]$ ) two-tree years after thinning

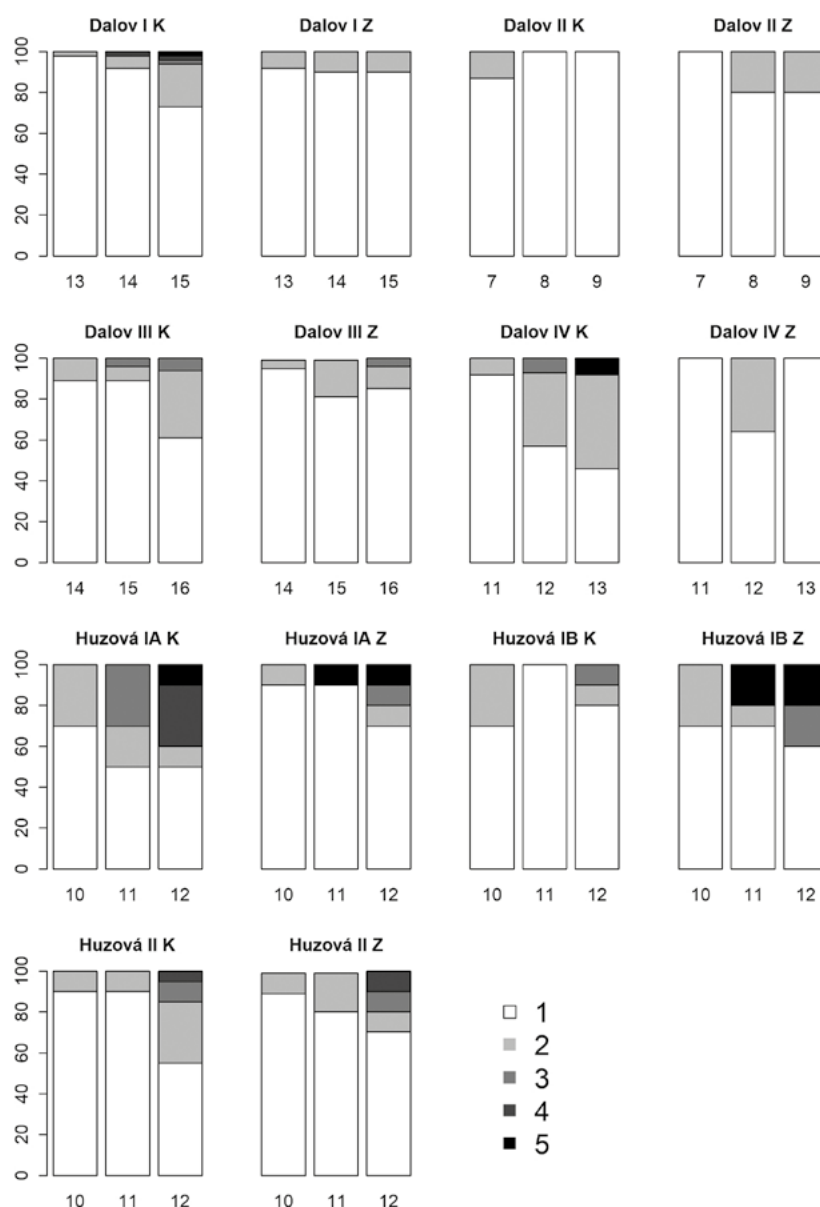
Na všech experimentálních plochách obou variant zůstává dostatečný počet životaschopných stromů pro další vývoj porostu.

## DISKUSE

V provedených experimentech byly aplikovány selektivní zásahy s primárním zaměřením na zdravotní stav a kvalitu uvolňovaných stromů. Čistě selektivní zásahy bývají některými autory doporučovány až od fáze tyčkovin. MÁKINEN et al. (2006) a ŠTEFANČÍK (2012, 2013) uvádějí, že schematické zásahy ve stadiu smrkových tyčkovin vedou

k produkčním ztrátám. MRÁČEK, PAŘEZ (1986) doporučují schematické zásahy ve smrkových mlazinách s vysokou počáteční hustotou. Vzhledem k špatnému zdravotnímu stavu smrkových mlazin v oblastech současného chřadnutí smrku nemůžeme schematické zásahy doporučit ani v mlazinách. O schematických zásazích je možné uvažovat pouze v případě prostřihávek přehoustlých nárůstů.

Výsledky experimentů prokázaly, že uvolněný smrk ve fázi mlazin dobře reaguje zvýšeným tloušťkovým přírůstem i v porostech s výskytem chřadnutí. Přitom nebyla zaznamenána akcelerace výškového přírůstu. Zvýšený tloušťkový přírůst a zlepšení statické stability po



**Obr. 3.**

Vývoj procentuálního podílu poškozených a nepoškozených cílových stromů období jaro 2016 – jaro 2018; stupeň 1 představuje nepoškozené jedince, stupeň 5 souše

**Fig. 3.**

The development of yellowing classes share (%) in spring 2016 – spring 2018; 1 – trees showing no yellowing, 2 – yellowing of one-year-old and older needles occurs, 3 – also current-year needles' color turn yellow, all assimilatory tissues are distinctly yellow, however no litter-fall of reddish needles occurs, 4 – needles' color turn reddish, litter-fall has occurred, the tree tips are drying or dead, 5 – dead trees

výchovném zásahu v 21letém smrkovém porostu, čtyři roky po zásahu, který vedl k redukci na 1100–1600 stromů, konstatuje ŠTEFANČÍK (2012) v experimentu z regionu Kysuce, který je dnes rovněž postižen chřadnutím smrku. Pozitivní vliv výchovy mladých smrkových porostů na jejich stabilitu v oblastech mimo chřadnutí smrku byl již potvrzen v celé řadě prací (SOMERVILLE 1980; CREMER et al. 1982; BLACKBURN, PETTY 1988; ROLLINSON 1988; MACCURRACH 1991; PETTERSSON 1993; KULIEŠIŠ, SALADIS 1998; MÄKINEN, ISOMÄKI 2004).

Zpravidla se předpokládá, že výchovné zásahy vedou ke snížení přirozené mortality ve srovnání s přehoustlými porosty (MÄKINEN, ISOMÄKI 2004). DUŠEK et al. (2014) zjistili ve smrkových mlazinách a tyčkovinách v okrese Opava mírně zvýšenou mortalitu uvolněných nadějných stromů tři roky po zásazích. Tato mortalita však neohrožovala další vývoj porostů. LAURENT et al. (2003) provedli dendrochronologickou analýzu v 22letých smrkových porostech v Belgii a konstatují, že silné výchovné zásahy vedly k větší rezistenci stromů vůči suchu po dobu minimálně šesti let od výchovného zásahu. DUŠEK et al. (2017) provedli šetření v deseti smrkových mlazinách na LS Vítkov po aplikaci provozních výchovných zásahů a nezjistili rozpad porostů po provedení zásahů. V porostech se i přes značné procento výskytu žloutnoucích smrků vyskytoval dostatečný počet stromů pro dopěstování porostů, bez nutnosti jejich rekonstrukce. Zároveň byla zjištěna negativní korelace mezi dimenzí stromu v porostu a pravděpodobností výskytu žloutnutí, což ukazuje na užitečnost ponechávání alespoň části v korunovém prostoru nekonkurující podúrovně, která může představovat určitou rezervu v případě dramatického zhoršení zdravotního stavu kosterních stromů. TESAŘ (1976) zjistil dočasně zhoršení zdravotního stavu smrkových porostů v imisních oblastech několik let od provedení výchovných zásahů. Z dlouhodobého hlediska však tyto zásahy zlepšily zdravotní stav i stabilitu porostů. Výsledky našeho experimentu ukazují na mírně vyšší, ačkoli statisticky neprůkazné, procento žloutnutím nepostižených stromů na zásahových plochách. Na druhé straně je nutné konstatovat určité zhoršení zdravotního stavu na většině ploch, bez ohledu na variantu experimentálního zásahu. Zda-li se experimentální výchovné zásahy projeví na zlepšení zdravotního stavu smrku v dlouhodobější perspektivě, bude možné vyhodnotit až s delším časovým odstupem.

## ZÁVĚR

Výchovné zásahy vedly k průkazné akceleraci tloušťkového přírůstu cílových stromů již druhým a třetím rokem od jejich provedení. Akcelerace byla patrná jak na absolutním, tak i relativním tloušťkovém přírůstu.

Naproti tomu nebyl výchovnými zásahy nijak ovlivněn výškový přírůst cílových stromů. To, v kombinaci se zrychleným tloušťkovým přírůstem, vede k předpokladu příznivějšího vývoje štíhlostního kvocientu a lepší statické stabilitě budoucích kosterních stromů porostu.

Mortalita cílových stromů na experimentálních plochách po dvou až třech letech od zásahů se pohybovala v rozmezí 0–20 %. Nebyl zjištěn vztah mezi mortalitou a výchovou. Na všech experimentálních plochách (kontrolních i zásahových) se nalézají dostatek jedinců nutných pro zdárný vývoj porostů.

Na všech experimentálních plochách došlo v průběhu dvou až tří let k nárůstu podílu žloutnoucích cílových jedinců. Na vychovávaných plochách bylo zaznamenáno mírně vyšší procento cílových stromů nepostižených žloutnutím (88 %) v porovnání s nevychovávanou variantou (74 %). Výsledky však vykazují značnou variabilitu a rozdíl není statisticky průkazný.

Vzhledem k výsledkům nedoporučujeme odkládat, či zcela vynechat výchovu nejmladších smrkových porostů ani v oblastech jejich chřadnutí. Výchovné zásahy ve stadiu mlazin dle dosavadních poznatků

nevedou k jejich rozpadu a přispívají ke zvýšení statické stability jednotlivých kosterních stromů. Výchovu je třeba zahájit včas, při horní porostní výšce ca 5–7 m a upřednostnit selektivní zásahy před schematickými. Cílem výchovy smrku v těchto oblastech je dosažení pestřejší druhové skladby, v níž však zůstane smrk stále zastoupen. Za akceptovatelný je proto možné považovat stav, kdy se bude po pěti letech od prvního výchovného zásahu na jednom hektaru porostu nacházet přibližně 600 životaschopných smrků s dlouhou korunou a příznivým štíhlostním kvocientem.

## Poděkování:

Příspěvek byl financován z podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků Ministerstva zemědělství projektu NAZV QJ1620415 „Diferencované pěstební postupy pro chřadnoucí smrkové porosty 4. a 5. lesního vegetačního stupně“ a institucionální podpory MZE – RO0118.

## LITERATURA

- ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNI H., BECHELET D., McDOWELL N., VENNETIER M., KITZBERGER T., RIGLING A., BRESHEARS D.D., HOGG E.H., GONZALES, P., FENSHAM R., ZHANG Z., CASTRO J., DEMINOVA N., LIM J.H., ALLARD G., RUNING S.W., SEMERCI A., COBB N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risk for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660–684. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.09.001
- BLACKBURN P., PETTY J.A. 1988. Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability. *Forestry*, 61: 235–244.
- BRÜCHERT F., BECKER G., SPECK T. 2000. The mechanics of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst]: mechanical properties of standing trees from different thinning regimes. *Forest Ecology and Management*, 135: 45–62. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00297-8
- CREMER K.W., BOROUGH C.J., MCKINNELL F.H., CARTER P.R. 1982. Effect of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 12: 244–268.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M. 2014. Reakce mladých smrkových porostů na výchovné zásahy v oblastech chronického chřadnutí smrku. *Zprávy lesnického výzkumu*, 59 (2): 104–108.
- DUŠEK D., NOVÁK J., SLODIČÁK M., KACÁLEK D. 2017. Zdravotní stav smrkových mlazin v oblasti chřadnutí smrku po prvních výchovných zásazích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 62 (1): 16–22.
- HENTSCHEL R., ROSNER S., KAYLER Z.E., ANDREASSEN K., BØRJA I., SOLBERG S., TVEITO O.E., PRIESACK E., GESSLER A. 2014. Norway spruce physiological and anatomical predisposition to dieback. *Forest Ecology and Management*, 322: 27–36. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.03.007
- HLÁSNÝ T., HOLUŠA J., ŠTĚPÁNEK P., TURČÁNI M., POLČÁK N. 2011. Expected impact of climate change on forests: Czech Republic as a case study. *Journal of Forest Science*, 57 (10): 422–431.
- HLÁSNÝ T., MÁTYÁS C., SEIDL R., KULLA L., MARGANOVIČOVÁ K., TROMBIK J., DOBOR L., BARCZA Z., KONÓPKA B. 2014. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 60: 5–18.
- HOLUŠA J. 2004. Health condition of Norway spruce *Picea abies* (L.) Karst. Stands in the Beskid Mts. *Dendrobiology*, 51: 11–15.
- KULIEŠIŠ A., SALADIS J. 1998. The effect of early thinning on the growth of pine and spruce stands. *Baltic Forestry*, 4 (1): 8–16.

- LAURENT M., ANTOINE N., JOËL G. 2003. Effect of different thinning intensities on drought response in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Forest Ecology and Management*, 183: 47–60. DOI: 10.1016/S0378-1127(03)00098-7
- MACCURRACH R.S. 1991. Spacing: an option for reducing storm damage. *Scottish Forestry*, 45: 285–297.
- MÄKINEN H., ISOMÄKI A. 2004. Thinning intensity and growth of Norway spruce stands in Finland. *Forestry*, 77 (4): 349–364.
- MÄKINEN H., ISOMÄKI A., HONGISTO T. 2006. Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. *Forestry*, 79 (1): 103–120.
- MCCULLAGH P., NELDER J.A. 1989. *Generalized linear models*. Boca Raton, Chapman & CRC: 511 s.
- MRÁČEK Z., PAŘEZ J. 1986. *Pěstování smrku*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 203 s.
- PETTERSSON N. 1993. The effect of density after precommercial thinning on volume and structure in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 8: 528–539.
- PODRÁZSKÝ V.V., VACEK S., ULBRICHOVÁ I. 2003. Effect of fertilisation on Norway spruce needles. *Journal of Forest Science*, 49 (7): 231–326.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2018. R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Dostupné na/Available on: <http://www.R-project.org/>.
- ROLLINSON T.J.D. 1988. Respacing Sitka spruce. *Forestry*, 61: 1–22.
- SOMERVILLE A. 1980. Wind stability: forest layout and silviculture. *New Zealand Journal of Forest Science*, 10: 476–501.
- ŠRÁMEK V., LOMSKÝ B., NOVOTNÝ R. 2009. Hodnocení obsahu a zásob živin v lesních porostech – literární přehled. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4): 307–315.
- ŠRÁMEK V., JURKOVSKÁ L., FADRHOŇSOVÁ V., HELLEBRANDOVÁ-NEUDERTOVÁ K. 2013. Chemismus lesních půd ČR podle typologických kategorií – výsledky monitoring lesních půd v rámci projektu EU “BIOSOIL”. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (4): 314–323.
- ŠTEFANČÍK I. 2012. Development of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) target (crop) trees in pole-stage stand with different initial spacing and tending regime. *Journal of Forest Science*, 58 (10): 456–464.
- ŠTEFANČÍK I. 2013. Vývoj kvalitatívnej produkcie smrekového porastu s rozdielnym východiskovým počtom sadeníc a spôsobom výchovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 58 (1): 37–49.
- TESAŘ V. 1976. Prvé výsledky z výchovy smrkových tyčovin ovlivněných imisemi. *Práce VÚLHM*, 48: 55–76.
- VACEK S., PODRÁZSKÝ V., HEJCMAN M., REMEŠ J. 2006. Effect of Mg fertilization on yellowing disease of Norway spruce at higher elevations of the Šumava Mts., Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 52 (10): 474–481.
- VICENA I. 1964. *Ochrana proti polomům*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 178 s.
- Zpráva. 2017. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016*. Praha, MZe ČR: 128 s.

## THE IMPACT OF THINNING ON DEVELOPMENT OF YOUNG DECLINING SPRUCE STANDS

### SUMMARY

#### *Introduction*

Since the turn of 21<sup>st</sup> century, a forest decline being known as the new type of damage has occurred also in Norway spruce forests of Moravia and Silesia, in the Czech Republic. All age classes were affected regardless of site or stand renewal origin; the trees also suffered from honey fungus. The worsening health symptoms resulted in a widespread spruce die-off within the area of interest and even larger area is expected to show spruce health changes in the future. Local foresters got worried about rapid early deforestation due to both yellowing and honey fungus. It was based on the thinning of pole-stage stands, which increased a honey fungus infestation frequently and accelerated the spruce die-off. Leaving stands unthinned poses a risk of an individual tree stability loss in the younger, small-pole stage stands. Also other negative consequences such as shorter crowns, root competition, high interception and immobilization of nutrients can occur. All those negative impacts can be prevented using the early thinning to support admixed tree species, and maintain spruce share not spruce monocultures. Both growth response and health development of declining spruce thickets after thinning are crucial to understand how this measure helps mitigate the die-off. This addressed the research question of our study.

#### *Material and methods*

The site of interest (see Table 1) is situated on water-logged, nutrient-rich soils in 5<sup>th</sup> forest vegetation domain (beech with fir). Young stands dominated by spruce with negligible share of other tree species prevailed. The stand's height ranged 5–7 m, which is considered optimal for the very beginning of thinning. Some spruces showed yellowing. Experiments were designed as randomized blocks where each block consisted of a pair of plots; one of them was randomly selected to be thinned, another one was left unthinned. Future crop trees (1 000–1 500.ha<sup>-1</sup>) were marked in both treatments. Yellowing of needles was assessed using following scale: 1 – trees showing no yellowing, 2 – yellowing of one-year-old and older needles occurs, 3 – also current-year needle's color turn yellow, all assimilatory tissues are distinctly yellow, however no litter-fall of reddish needles occurs, 4 – needles' color turn reddish, litter-fall has occurred, the tree tips are drying or dead, 5 – dead trees. The 1<sup>st</sup> class, well-shaped crown individuals were marked as the future crop trees. Thinning focused on release of the crop trees and cut of the worst class dead trees. Vigorous understory that did not compete with the crops was left alive; there were only a few plots with it since homogeneous planted stands prevailed. The crop trees were measured (DBH accuracy 0.1 cm, height accuracy 10 cm) once a year in dormant season. Yellowing was assessed in early spring before the bud bursting. Both height and diameter increments were analyzed using ANOVA for blocked design. To compare share of vigorous trees, a generalized linear model was used, particularly the quasibinomial test with logit link allowing us to analyze data showing variance different from that of the binomial distribution data.

#### *Results*

Mean annual diameter increment (iD) of no-thinning and thinning treatment crop trees ranged 0.4–0.9 cm and 0.5–1.1 cm respectively two-three years after thinning. The thinned crop trees got thicker (0.2 cm, s.e. = 0.03,  $p < 0.001$ ) compared to the unthinned treatment. This significant difference was confirmed also for mean relative annual diameter increment (exp [riD]). Thinning obviously increased the diameter growth of crop trees. Contrary to the above mentioned, height increment was not influenced by thinning compared to unthinned control.

As for yellowing development, no distinct trend was found two-three years after thinning (Fig. 3). Mean share of vigorous trees was 74% on control and 88% on thinned treatment. Due to great variability, the difference was not significant ( $p = 0.23$ ). There were sufficient numbers of vigorous crop trees left in both treatments across all the plots.

#### *Conclusion*

Early thinning increased the crop tree's diameter increment within two-three years. Their height growth remained unaffected which allows us to forecast a positive h/dbh ratio development in the thinned compared to control treatment. The better h/dbh ratio the lower values are shown; this contributes to the stability of crop trees. Survival of crop trees ranged 80–100% on all plots; no effect of thinning was found. Both treatments showed sufficient number of vigorous crop trees. Number of crop trees showing yellowing needles increased over time. Although thinned treatment had more vigorous trees (88%) compared to control (74%), significant differences were not found due to great variability. The results support approach not to delay or avoid thinning in declining spruce stands. Early thinning did not aggravate their health and supports the positive characteristics of crop tree's individual stability. If height of crop trees is 5–7 m, selective cut should be done preferentially to get more-species stands with at least 600 vigorous spruces.ha<sup>-1</sup> with long live crown and good h/dbh ratio over the first five years after thinning.

Zasláno/Received: 27. 11. 2018

Přijato do tisku/Accepted: 09.01. 2019