

## VLIV PRVNÍCH VÝCHOVNÝCH ZÁSAHŮ NA RŮST PŘÍPRAVNÉHO POROSTU BŘÍZY

## IMPACT OF FIRST THINNING ON A PIONEER BIRCH STAND GROWTH

DAVID DUŠEK  - JIŘÍ NOVÁK - DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, Výzkumná stanice Opočno, na Olivě 550, 517 73 Opočno, Czech Republic

 e-mail: [dusek@vulhmop.cz](mailto:dusek@vulhmop.cz)

## ABSTRACT

Monospecific stands of spruce and pine have manifested health worsening over the last two decades in the Czech Republic. Given the ongoing climate changes, one can expect a further loss of these coniferous forest stands in near future. Therefore foresters are interested in the use of pioneer species to restore a woody-species cover within large clearings. The most promising pioneer is silver birch that can perform well at many sites. The study deals with thinning of naturally-regenerated birch stand following a salvage clear-cutting of spruce. Three thinning treatments such as no thinning (K), 1,100 trees left on site (Z3), and 400 crop trees released from competitors with all others left on site (Z5) were established in the 16-year-old stand. The experiment was measured 4 years after thinning. Both thinned treatments affected the diameter increment of the released trees positively. Slenderness ratio responded significantly to Z3 thinning, and insignificantly it is very likely to have a similar effect at Z5 treatment though. The live crown length was also significantly affected at Z3 whereas at Z5 was observed only a minor effect, which was attributable to completion with a part of understory left on site. Early response to thinning highlights the importance of a density reduction for stabilization and vigour of birch stands.

[For more information see Summary at the end of the article.](#)

**Klíčová slova:** bříza bělokora; výchova; štíhlostní kvocient; korunový poměr

**Key words:** silver birch; forest thinning; slenderness quotient; crown ratio

## ÚVOD

V posledních dvou dekádách bylo na značné části území České republiky pozorováno zhoršování zdravotního stavu lesních porostů následované velkoplošným rozpadem převážně monokulturních porostů smrku, případně borovice (ZPRÁVA 2020). Vzhledem k probíhajícím globálním klimatickým změnám (MARACCHI et al. 2005; RENNENBERG et al. 2006; TATARINOV, CIENCIALA 2009; LINDNER et al. 2010; ALLEN et al. 2010; ZHAO, RUNNING 2010; HLÁSNY et al. 2011; MASON et al. 2012; CHOAT et al. 2012; CUNZE et al. 2013; HLÁSNY et al. 2014) a současné pozměněné druhové skladbě lesů lze předpokládat, že nežádoucí stav zhoršování zdravotního stavu a rozpadu lesních porostů bude pokračovat i v následujících letech.

Se vznikem rozsáhlých kalamitních holin se opět dostává do popředí zájmu využití přípravných dřevin při obnově lesních porostů. Přípravné dřeviny v rámci dvoufázové obnovy vytváří příznivější mikroklimatické podmínky pro vnášení cílových dřevin (ŠPULÁK et al. 2010; SOUČEK et al. 2019) a mají i určitý dřevoprodukční potenciál (JOHANSSON 2007; SOUČEK, ŠPULÁK 2010; ŠPULÁK et al. 2010; MARTINÍK et al. 2018). Bříza bělokora (*Betula pendula* Roth.) patří mezi naše nej-

perspektivnější přípravné dřeviny, neboť je schopna odrůstat na široké škále přírodních podmínek, nevyjímaje často extrémní podmínky kalamitních holin. K udržení stability a vitality porostů břízy je však nezbytná aktivní porostní výchova mladých porostů (ZÁLĚTIS, ZÁLĚTIS 2007; MARTINÍK et al. 2018).

Cílem práce je vyhodnotit vliv experimentálních zásahů na přírůst a na vývoj štíhlostního kvocientu a korun vybraných cílových stromů v přípravném porostu břízy po čtyřech růstových sezónách.

## MATERIÁL A METODIKA

Experimentální série Radkov byla založena mezi lety 2015–2016. Lesní porost je v majetku obce Radkov (okres Opava). Nadmořská výška činí ca 500 m, jedná se o stanoviště ovlivněné vodou (LT 4O1), půdním typem je kambizem. Porost břízy s jednotlivě vtroušenou borovicí vznikl přirozenou obnovou na kalamitní holině po vytěžení kůrovcem zasaženého smrkového porostu. Výška porostu v době založení experimentu činila ca 5 m. Pod břízou se vyskytuje sporadické zmlazení smrku, borovice a jedle. Experiment se skládá z celkem devíti ploch

(každá o rozměrech 20 m × 20 m; 0,04 ha). Stabilizace ploch byla provedena očíslováním stromů. Experimentální plochy byly před založením oploceny, a je tak eliminován vliv zvěře na průběh experimentu.

Porost brízy vykazoval na jednotlivých plochách před provedením prvních experimentálních zásahů hustotu mezi 5700 a 9100 stromy na hektar. Tloušťka středního kmene se pohybovala mezi 3,5 až 4,5 cm a výčetní kruhová základna mezi 7,4 až 10,0 m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>. Mezi výčetní tloušťkou a hustotou porostu existovala zřetelná negativní korelace (Pearsonův korelační koeficient -0,87), výčetní kruhová základna byla s hustotou porostu korelována pozitivně (Pearsonův korelační koeficient 0,54; obr. 1).

Na podzim 2016 ve věku porostu 16 let byly provedeny tři typy experimentálních zásahů ve třech opakováních:

- 1) K – kontrolní, kde jsou vyloučeny jakékoli úmyslné zásahy.
- 2) Z3 – bylo vybráno 1100 kvalitních jedinců po hektaru (rozstup asi 3 × 3 m) a všechny ostatní stromy, s výjimkou náletu a nekukurující podúrovně, byly odstraněny.
- 3) Z5 – bylo vybráno ca 400 kvalitních stromů na hektar (rozstup asi 5 × 5 m) a pouze tyto jedinci byli uvolněni od všech konkurentů v úrovni, resp. nadúrovni. Ostatní stromy byly v porostu ponechány. Na této variantě se tudíž nachází mnohem větší počet stromů v porovnání s variantou Z3. Předpokládanou výhodou této varianty je menší pracnost, a tím nižší finanční náročnost pěstebního zásahu.

Umístění jednotlivých variant do konkrétních ploch proběhlo na základě losu. Jedná se tedy o kompletně znáhodněný design experimentu.

Na jaře roku 2021 byla provedena periodická dendrometrická měření (výčetní tloušťky, výšky stromů), hodnocení poškození a zdravotního stavu. Na 400 stromech na hektar (16 stromů na každé dílčí ploše) bylo měřeno nasazení živé koruny. Tyto „cílové“ stromy byly vybrány tak, aby jejich parametry výčetní tloušťky před experimentálním zásahem byly srovnatelné a aby, v případě zásahových ploch, pocházely výlučně z uvolněných stromů. Z hodnot výšky a nasazení živé koruny byl vypočítán tzv. korunový poměr jako poměr délky koruny k celkové výšce stromu:

$$CR = \frac{h - nzk}{h};$$

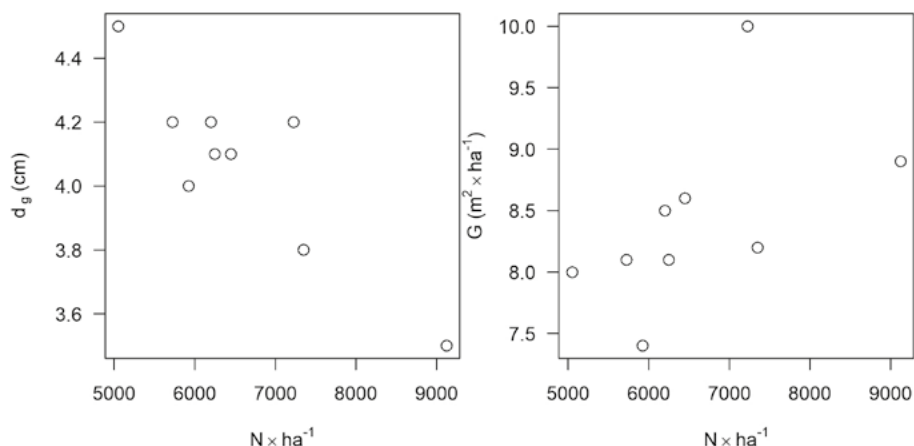
kde  $h$  je výška stromu (m) a  $nzk$  je výška nasazení živé koruny (m).

Do analýzy byly zahrnuty pouze cílové stromy. Tyto cílové stromy měly velmi podobné hodnoty výčetní tloušťky na všech variantách v době založení experimentu (rok 2016). Důvodem k zahrnutí pouze cílových jedinců je eliminace vlivu tzv. „počtářského posunu“, kdy následkem odstranění nejtenčích jedinců na zásahových plochách logicky dojde ke skokovému zvýšení tloušťky středního kmene, je-li počítán ze všech jedinců na ploše. Analýza dat byla provedena pomocí zobecněných aditivních modelů (GAM) se smíšenými efekty (WOOD 2017), kde plocha vystupuje jako náhodný efekt. Zobecněné aditivní modely za použití knihovny mgcv (WOOD 2017) v prostředí jazyka R (R CORE TEAM 2021) byly zvoleny z důvodů značné flexibility při volbě rozdělení a transformační link funkce (tab. 1). K modelování vývoje tloušťky středního kmene (obr. 2) byl použit parametrický model (s interakcí s věkem) s gamma rozdělením a logaritmičtým linkem. Pro modelování distribučních funkcí (obr. 3–6) a závislosti korunového poměru na výčetní tloušťce (obr. 7) byl použit semiparametrický model s beta distribucí a logitovým transformačním linkem. Model s beta distribucí pro modelování korunového poměru je vhodný, neboť hodnoty korunového poměru leží v intervalu (0,1), ale nelze je vyjádřit jako dílčí počet z celkového počtu, jak by tomu bylo u binomického modelu. Logitový link by vybran z dalších možných linků na základě Akaikeho informačního kritéria. Pro modelování závislosti stíhlostního kvocientu na výčetní tloušťce (obr. 7) a nasazení živé koruny v závislosti na výčetní tloušťce a výšce (obr. 8) byl použit semiparametrický model s normálním rozdělením.

## VÝSLEDKY

Po čtyřech růstových sezónách od provedení prvních experimentálních výchovných zásahů lze konstatovat výraznou akceleraci tloušťkového přírůstu uvolněných cílových stromů (obr. 2; tab. 1). Průměrný roční přírůst tloušťky středního kmene ( $id_g$ ) byl na variantě K ca 0,56 cm a 0,86 a 0,83 cm na variantách Z3 a Z5, resp. Tloušťkový přírůst obou variant s výchovným zásahem byl prakticky srovnatelný a statisticky průkazně vyšší v porovnání s kontrolou.

V souladu s akcelerací tloušťkového přírůstu cílových stromů jsou i hodnoty distribuce výčetních tlouštěk ( $F(d_{1,3})$ ) a tlouštěk středních kmenů ( $d_g$ ) po čtyřech růstových sezónách (obr. 3, tab. 1). Hodnoty střední tloušťky cílových stromů varianty K výrazně zaostávají za hodnotami variant Z3 a Z5 a výsledek je statisticky průkazný.



**Obr. 1.**

Vztah mezi hustotou porostu a tloušťkou středního kmene ( $d_g$  – vlevo) a výčetní kruhovou základnou ( $G$  – vpravo); situace v 16letém porostu před provedením prvních experimentálních zásahů

**Fig. 1.**

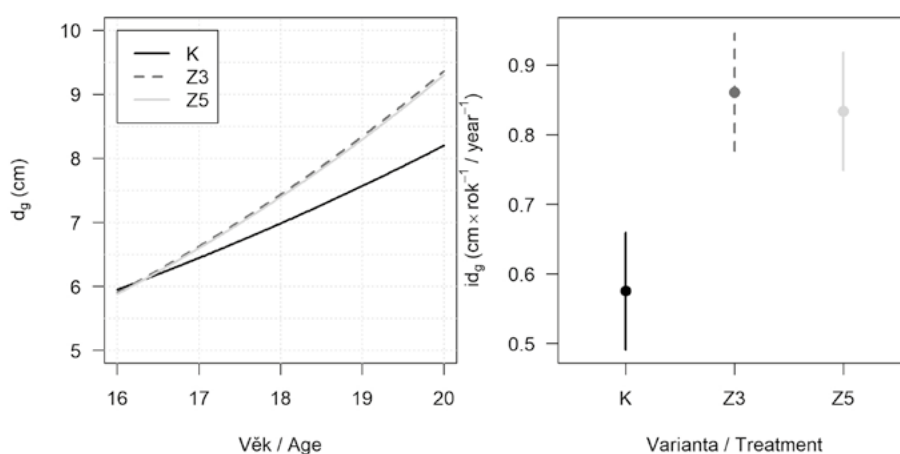
Relationship between stand density and mean stem diameter ( $d_g$  – left) and basal area ( $G$  – right); state of 16-year-old stand before thinning

**Tab. 1.**

Hodnoty a testy statistické významnosti vybraných dendrometrických parametrů 4 roky od provedení experimentálních zásahů  
 Values and tests of statistical significance for studied mensurational parameters 4 years after experimental thinning

	Průměr/Mean			p-value; $H_0$			Rozdělení (link)/Family (link)
	K	Z3	Z5	K=Z3=Z5	K=Z3	K=Z5	
$id_g$ (cm)	0,58	0,86	0,83	<0,01	<0,01	<0,01	normální/normal (identity)
$d_{1,3}$ (cm)	8,1	9,2	9,2	<0,02	0,009	0,02	gamma (log)
h (m)	9,4	9,7	10,3	0,37	0,67	0,17	normální/normal (identity)
h/d	121	107	114	<0,01	0,005	0,15	gamma (log)
CR	0,5	0,63	0,55	<0,001	<0,001	0,03	beta (logit)
NZK (m)	4,7	3,6	4,7	<0,01	<0,01	0,93	normální/normal (identity)

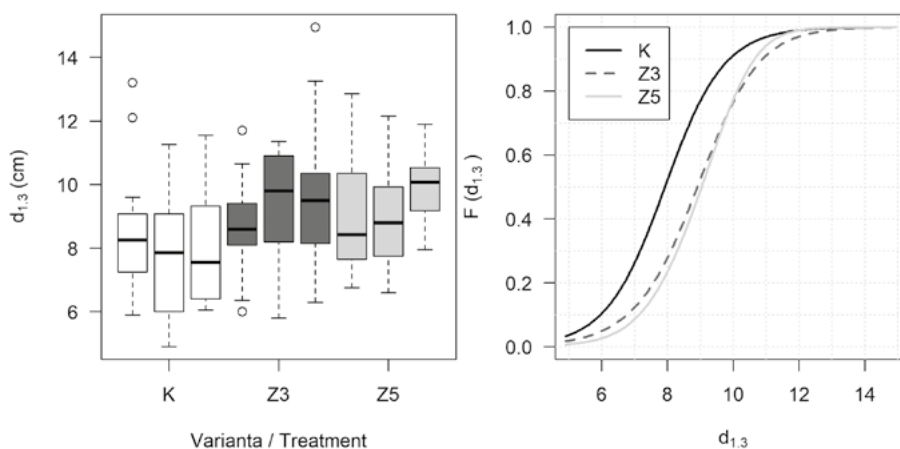
$id_g$  – průměrný roční přírůstek tloušťky středního kmene/mean annual increment of mean stem diameter;  $d_{1,3}$  – výčetní tloušťka/DBH; h – výška/height; h/d – štíhlostní kvocient/slenderness ratio; CR – koronový poměr/crown ratio (tree height divided by crown length); NZK – výška nasazení živé koruny/live crown base height; K – kontrola/no thinning; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m/spacing of released trees ca 3m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m/ spacing of released trees ca 5 m


**Obr. 2.**

Vývoj tloušťky středního kmene ( $d_g$ ) cílových stromů (400 ks.ha<sup>-1</sup>) břízy (vlevo) a průměrný roční přírůstek ( $id_g$ ) středního kmene (vpravo) 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 1.**

Development of mean stem diameter ( $d_g$ ) of birch crop trees (400 stems.ha<sup>-1</sup>; left) and mean annual increment ( $id_g$ ) of mean stem (right) 4 years after experimental thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m


**Obr. 3.**

Krabicové grafy výčetních tlouštěk ( $d_{1,3}$ ) cílových stromů (vlevo) a distribuční funkce rozdělení výčetních tlouštěk ( $F(d_{1,3})$ ) cílových stromů (vpravo) 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 3.**

Boxplots of crop trees' DBH ( $d_{1,3}$ ; left) and distribution function of crop trees' DBH (right) 4 years after experimental thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m

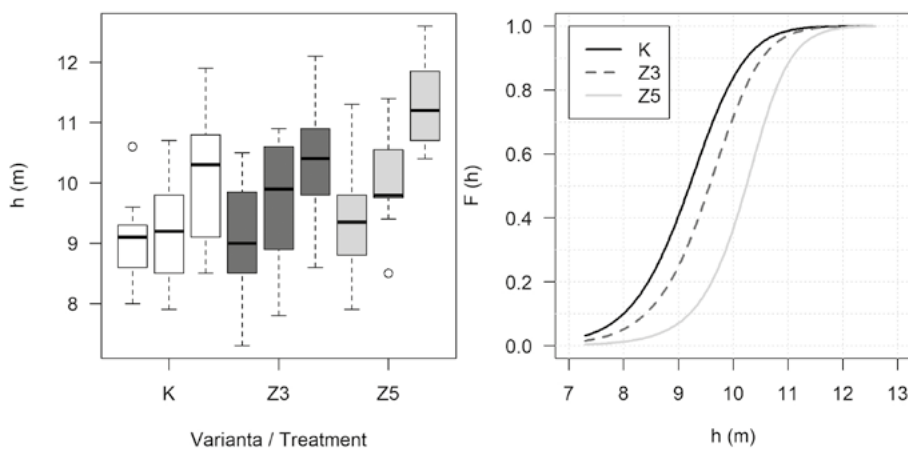
Hodnoty výšek cílových stromů ( $h$ ) vykazují značnou variabilitu (obr. 4.). Výšky stromů bývají značně odvislé od stanoviště, a jsou tedy jen nepatrně ovlivnitelné výchovnými zásahy. Rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné (tab. 1).

Nejpříznivější štíhlostní kvocient cílových stromů ( $h/d$ ) byl zaznamenán na variantě Z3 (107), vyšší na Z5 (114) a nejvyšší (121) na kontrole (tab. 1; obr. 5). Průběh  $h/d$  v závislosti na  $d_{1,3}$  byl v všech variantách velmi podobný (obr. 7). Ačkoli nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl mezi variantou K a Z5, je tento výsledek v logickém nesouladu s konstatováním o průkazně vyšším tloušťkovém přírůstu na Z5 a zároveň neprůkazně rozdílné výšce. Byl-li podpořen tloušťkový přírůst bez ovlivnění výškového přírůstu, pak zcela logicky muselo dojít ke zlepšení (snížení)  $h/d$  na variantě Z5 v porovnání s kontrolou.

Statistickou neprůkaznost nelze interpretovat jako důkaz neexistence vlivu experimentálního zásahu.

Průměrný korunový poměr (CR) cílových stromů byl nejvyšší na variantě Z3 (0,63) a méně příznivý na variantách Z5 (0,55) a K (0,5; tab. 1; obr. 6). Zvolený způsob výchovných zásahů na variantě Z5 zřejmě nedokázal účinně zabránit zkracování korun vlivem konkurenčního tlaku ponechaných stromů v podúrovni. Stromy stejné tloušťkové třídy Z3 mají výrazně lepší hodnoty CR v porovnání s variantami Z5 a K (obr. 7).

Varianta Z3 také konzistentně vykazuje nižší hodnoty výšky nasazení živé koruny (NZK) v porovnání s variantami Z5 a K, které jsou prakticky shodné (tab. 1; obr. 8).

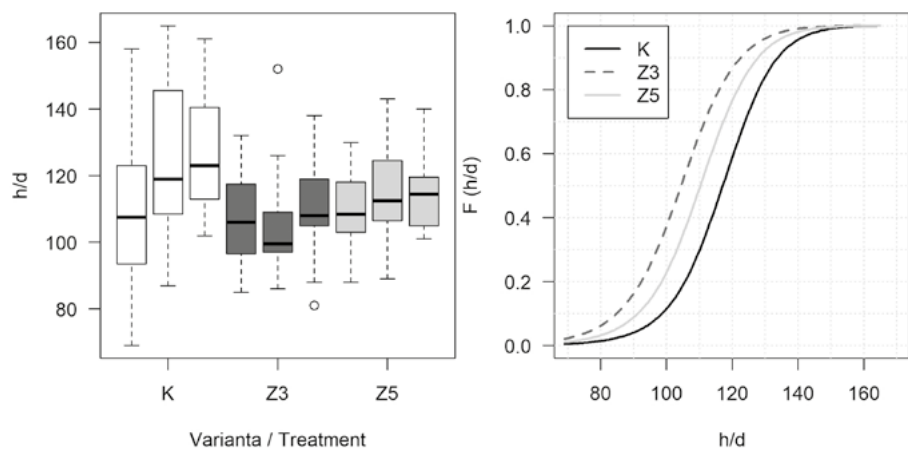


**Obr. 4.**

Krabicové grafy výšek ( $h$ ) cílových stromů (vlevo) a distribuční funkce rozdělení výšek ( $F(h)$ ) cílových stromů (vpravo) 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 4.**

Boxplots of crop tree heights ( $h$ ; left) and distribution function of crop tree heights ( $F(h)$ ; right) after 4 years following thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m

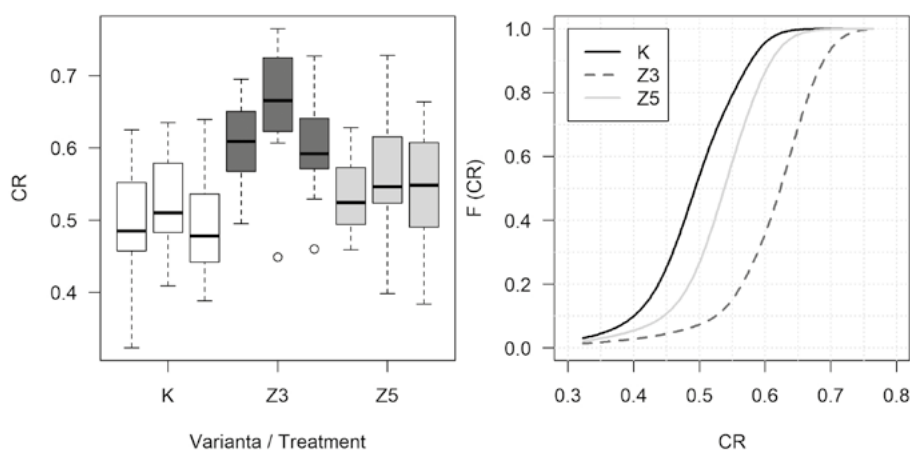


**Obr. 5.**

Krabicové grafy štíhlostního kvocientu ( $h/d$ ) cílových stromů (vlevo) a distribuční funkce rozdělení štíhlostního kvocientu ( $F(h/d)$ ) cílových stromů (vpravo) 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 5.**

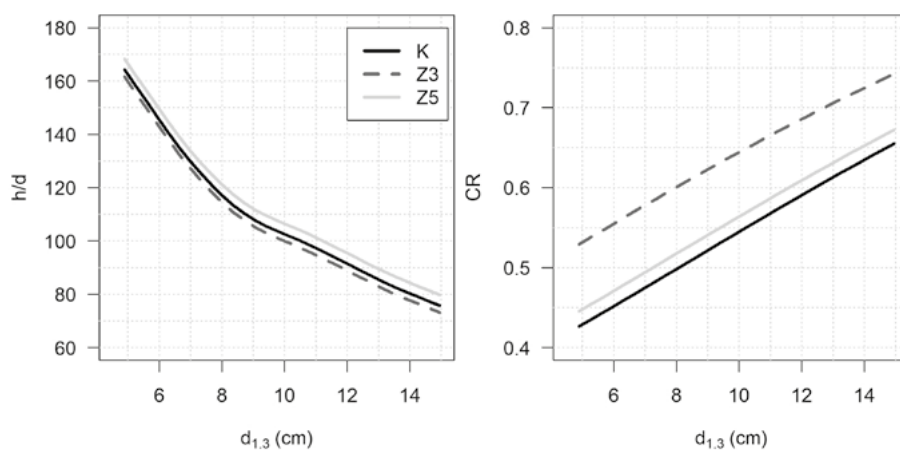
Boxplots of crop trees  $h/d$  ratio (left) and distribution function of crop trees  $h/d$  ( $F(h/d)$ ; right) after 4 years following thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m

**Obr. 6.**

Krabicové grafy korunového poměru (CR) cílových stromů (vlevo) a distribuční funkce rozdělení korunového poměru ( $F(CR)$ ) cílových stromů (vpravo) 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 6.**

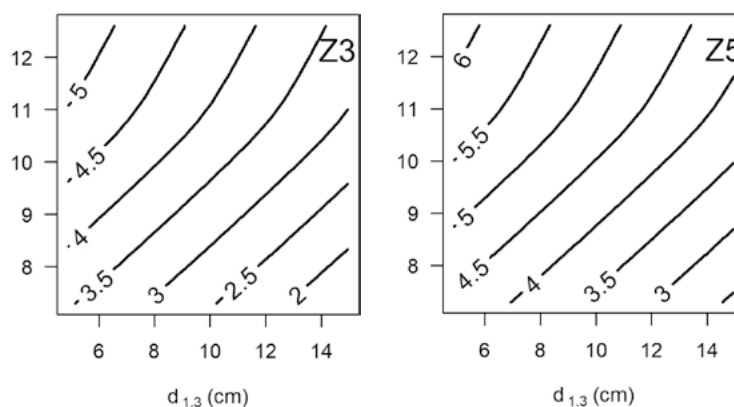
Boxplots of crop trees crown ratio (CR; left) and distribution function of crop trees CR ( $F(CR)$ ; right) after 4 years following thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m

**Obr. 7.**

Průběh štíhlostního kvocientu ( $h/d$  – vlevo) a korunového poměru (CR – vpravo) v závislosti na výčetní tloušťce ( $d_{1,3}$ ) cílových stromů 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 7.**

Relationship of  $h/d$  ratio (left) and crown ratio (CR; right) to DBH after 4 years following thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m

**Obr. 8.**

Nasazení živé koruny cílových stromů v závislosti od výčetní tloušťky ( $d_{1,3}$ ) a výšky ( $h$ ) 4 roky od provedení experimentálních zásahů; K – kontrola; Z3 – rozestup uvolněných stromů ca 3 m; Z5 – rozestup uvolněných stromů ca 5 m

**Fig. 8.**

Live-crown base of crop trees depending on DBH and height after 4 years following thinning; K – no thinning; Z3 – spacing of released trees ca 3 m; Z5 – spacing of released trees ca 5 m

## DISKUSE

Námi zjištěná výrazná akcelerace tloušťkového přírůstu břízy po uvolnění je v souladu s poznatkem, že bříza patří ke stín netolerujícím dřevinám a pro udržení své vitality a životaschopnosti vyžaduje růst v relativně širokém sponu s malým stupněm vnitroporostní kompetice (HYNYNEN et al. 2010; DUBOIS et al. 2021). Jako typicky pionýrská dřevina dosahuje maxima výškového přírůstu již ve věku 10–20 let (OIKARINEN 1983). Slabé výchovné zásahy vedou k porostům s podobnými parametry, jako mají porosty bez výchovy (CAMERON et al. 1995). HYNYNEN et al. 2010 uvádí, že na hektaru stejnověkého porostu břízy lze dosáhnout až 1600 komerčně dobře využitelných kmenů. V tomto srovnání je námi zvolený počet uvolňovaných stromů relativně nízký. Na druhou stranu náš experimentální porost nevykazuje takovou kvalitu kmenů, jaká je běžná v severských zemích. Primárním účelem našeho porostu břízy je jeho přípravná funkce a funkci dřevoprodukční vnímáme jako zcela možnou, ale sekundární. Z tohoto pohledu je také diskutabilní vhodnost experimentální varianty Z5 v porostech s primárně přípravnou funkcí. Tato varianta zřejmě znesnadňuje následné podsady cílovými dřevinami. Její modifikovaná varianta, kde by byla odstraňována i podúroveň v určitém perimetru okolo cílových stromů by mohla zamezit přílišnému zkracování korun, ale nevyřešila by problém podsadeb. Bylo by ji však možné použít tam, kde je primárním cílem výchovy dosažení maximální hodnotové produkce na relativně malém počtu vysoce kvalitních cílových stromů.

ZĀLĪTIS a ZĀLĪTIS (2007) zjistili na experimentech s výchovou mladých březových porostů v Litvě, že při stejné porostní výšce mají vychovávané porosty větší hodnotu střední tloušťky v porovnání s porosty nevychovávanými, což mimo jiné ukazuje na zlepšení štíhlostního kvocientu prostřednictvím výchovy. V naší studii jsme nezjistili statisticky průkazný rozdíl v h/d mezi variantou K a Z5. Přesto se nedomníváme, že výsledek by měl být interpretován tak, že strategie výchovného zásahu Z5 neovlivnila h/d. Výsledek je do určité míry dán zvolenou statistickou metodou vzájemného porovnání. V naší práci jsou použity dva ortogonální lineární kontrasty (tzv. „treatment“ kontrasty), kdy je porovnáváno h/d varianty K proti Z3 ( $p < 0,01$ ) a následně K proti Z5 ( $p = 0,15$ ). Pokud zkonstruujeme, vzhledem k uspořádání experimentu opět plauzibilní, variantu lineárních kontrastů, kdy je porovnávána varianta K proti společnému průměru variant Z3 a Z5 ( $p = 0,02$ ) a následně Z3 proti Z5 ( $p = 0,19$ ), dostáváme výsledek, který není konzistentní s předchozím. Pro spolehlivou odpověď na otázku je-li varianta výchovy Z5 skutečně méně efektivní co do usměrnění h/d, bude zapotřebí analyzovat data z dalších experimentálních ploch. Dále ZĀLĪTIS a ZĀLĪTIS (2007) ve své práci konstatují, že u břízy není příliš reálné dosažení h/d pod hranicí 100. V jejich souboru sněhem nepoškozených porostů o horní porostní výšce od 5 do 20 m nebyl ani jeden porost s  $h/d \leq 100$  a průměrné h/d se pohybovalo kolem hodnoty 150. Z tohoto pohledu lze považovat hodnoty h/d zjištěné v naší práci za příznivé, a to dokonce i na kontrolní variantě.

CAMERON (1996) doporučuje zahájení výchovy porostů břízy při porostní výšce 8–10 m s hlavním cílem zachovat korunový poměr (CR) na minimální hodnotě 0,5. Z naší studie se výška 8–10 m pro započítání prvních zásahů jeví jako opožděná, přinejmenším na některých stanovištích. Při výšce 9,4 m na kontrolní variantě bylo pod kritickou hranicí CR 0,5 ca 55 % cílových stromů, zatímco na variantě Z3 jen ca 8 % cílových stromů a na variantě Z5 ca 26 % cílových stromů. Pro podobná stanoviště (živná a vodou ovlivněná stanoviště 3–4 LVS) by proto bylo lépe započítat výchovné zásahy při horní výšce ca 4–6 m. Živná stanoviště jsou také v zahraničí, kde jsou delší zkušenosti s hospodářským využitím břízy, doporučována pro pěstování vysoce produkčních porostů této dřeviny (CAMERON et al. 1995). Vzhledem ke značné variabilitě porostní struktury březových porostů vzniklých

v kalamitních oblastech (MARTINÍK, ADAMEC 2016) může být toto doporučení pouze orientační a je vždy třeba individuálně přihlídnout k aktuálnímu stavu porostu.

## ZÁVĚR

- Provedené výchovné zásahy pozitivně ovlivnily tloušťkový přírůst uvolněných cílových stromů na obou variantách zásahů Z3 (třímetrový rozestup) a Z5 (pětimetrový rozestup).
- Vliv výchovných zásahů na vývoj štíhlostního kvocientu byl průkazný na variantě Z3. Na variantě Z5 sice nebyl zjištěn formálně statisticky průkazný efekt v porovnání s kontrolou, nicméně vzhledem k výrazné akceleraci tloušťkového přírůstu na této variantě je vysoce pravděpodobné, že i tento typ zásahu vede ke zlepšení štíhlostního kvocientu uvolněných stromů.
- Vliv výchovných zásahů na délku korun byl výrazný na variantě Z3. Na variantě Z5 byl efekt pouze nepatrný, pravděpodobně vzhledem k ponechání podúrovňové složky v bezprostřední blízkosti cílových stromů. Tuto variantu by bylo zřejmě vhodné modifikovat na odstranění veškeré i podúrovňové složky v určitém perimetru kolem vybraných cílových stromů. Aplikace varianty Z5 v této modifikaci však stále zůstane problematická z hlediska budoucích podsadeb cílových dřevin, a proto ji v porostech s primárně přípravnou funkcí nelze doporučit.
- Skutečnost, že výrazné změny v růstu uvolněných cílových stromů byly zaznamenány po pouhých čtyřech růstových sezónách, potvrzuje význam včasných výchovných zásahů v porostech břízy pro posílení jejich stability a vitality.

## Poděkování:

Příspěvek vznikl na základě institucionální podpory Ministerstva zemědělství MZE-RO0118 a během řešení projektu QK1810126 „Zakládání a výchova směsí přípravných a cílových dřevin plnicích produkční a mimoprodukční funkce lesa v oblasti velkoplošně hynoucích smrkových porostů“.

## 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
- CAMERON A.D., DUNHAM R.A., PETTY J.A. 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (*Betula pendula* Roth.). *Forestry*, 68 (3): 275–285. DOI: 10.1093/forestry/68.3.275
- CAMERON A. D. 1996. Managing birch woodlands for the production of quality timber. *Forestry*, 69 (4): 357–371. DOI: 10.1093/forestry/69.4.357
- CUNZE S., HEYDEL F., TACKENBERG O. 2013. Are plant species able to keep pace with the rapidly changing climate? *Plos One*, 8 (7): 1–13. DOI: 10.1371/journal.pone.0067909
- DUBOIS H., CLAESSENS H., LIGOT G. 2021. Towards silviculture guidelines to produce large-sized silver birch (*Betula pendula* Roth.) logs in Western Europe. *Forests*, 12 (5): 599. DOI: 10.3390/f12050599

- 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., KONŮPKA B. 2014. Climate change increases the drought risk in Central European forests: What are the options for adaptation? *Lesnícky časopis*, 60: 5–18.
- HYNYNEN J., NIEMISTÖ P., VIHERRÄ-AARNIO A., BRUNNER A., HEIN S. 2010. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry*, 3 (1): 103–119.
- CHOAT B., JANSEN S., BRODRIBB T.J., COCHARD H., DELZON S., BHASKAR R., BUCCI S.J., FIELD T.S., GLEASON S.M., HACKE U.G., JACOBSEN A.L., LENS F., MAHERALI H., MARTINEZ-VILALTA J., MAYR S., MENCUCCINI M., MITCHELL P.J., NARDINI A., PITTMANN J., BRANDON PRATT R., SPERRY J.S., WESTOBY M., WRIGHT I.J., ZANNE A.E. 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, 491: 752–755. DOI: 10.1038/nature11688
- JOHANSSON T. 2007. Biomass production and allometric above- and below-ground relations for young birch stands planted at four spacings on abandoned farmland. *Forestry*, 80: 41–52. DOI: 10.1093/forestry/cpl049
- LINDNER M., MAROSCHEK M., NETHERER S., KREMER A., BARBATI A., GARCIA-GONZALO J., SEIDL R., DELZON S., CORONA P., KOLSTROM 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
- MARACCHI G., SIROTENKO O., BINDI M. 2005. Impact of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climate Change*, 70: 117–135. DOI: 10.1007/s10584-005-5939-7
- MARTINÍK A., ADAMEC Z. 2016. Rozdíly ve struktuře mladých březových porostů vzniklých na holině a pod porostem v oblasti chřadnoucích smrčín na severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 61: 271–278.
- MARTINÍK A., SENDECKÝ M., KREJZA J., ADAMEC Z. 2018. Předpoklady hodnotové produkce břízy bělokoré v sukcesních porostech na severní Moravě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 63: 165–172.
- MASON W.L., PETR M., BATHGATE S. 2012. Silvicultural strategies for adapting planted forests to climate change: from theory to practice. *Journal of Forest Science*, 58: 265–277.
- OIKARINEN M. 1983. Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Communications Instituti Forestalis Fenniae*, 113: 1–75.
- R CORE TEAM. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- RENNENBERG H., LORETO F., POLLE A., BRILLI F., FARES S., BENIWAŁ S., GESSLER A. 2006. Physiological responses of forest trees to heat and drought. *Plant Biology*, 2: 556–571. DOI: 10.1055/s-2006-924084
- SOUČEK J., ŠPULÁK O. 2010. Porostní charakteristiky mladých olšových porostů vzniklých sukcesí na bývalé zemědělské půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 121–125.
- SOUČEK J., ŠPULÁK O., LEUGNER J. 2019. Vývoj porostu s dominancí břízy a osiky na kalamitní holině. *Zprávy lesnického výzkumu*, 64: 191–197.
- ŠPULÁK O., SOUČEK J., BARTOŠ J., KACÁLEK D. 2010. Potenciál mladých porostů s dominancí břízy vzniklých sukcesí na neobhospodařované orné půdě. *Zprávy lesnického výzkumu*, 55: 165–170.
- TATARINOV F.A., CIENCIALA E. 2009. Long-term simulation of the effect of climate changes on the growth of main Central-European forest species. *Ecological Modelling*, 220: 3081–3088. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2009.01.029
- WOOD S.N. 2017. Generalized additive models: an introduction with R. 2nd edition. Boca Raton, CRC Press: 476 s.
- ZĀLĪTIS T., ZĀLĪTIS P. 2007. Growth of young stands of silver birch (*Betula pendula* Roth.) depending on pre-commercial thinning intensity. *Baltic Forestry*, 13 (1): 61–67.
- ZHAO M., RUNNING S. 2010. Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science*, 329 (5994): 940–943. DOI: 10.1126/science.1192666
- ZPRÁVA 2020. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019. Praha, MZe ČR: 124 s.

## IMPACT OF FIRST THINNING ON A PIONEER BIRCH STAND GROWTH

### SUMMARY

The health of coniferous monospecific stands has been getting worse over the last two decades in the Czech Republic. Norway spruce and Scots pine die-offs contribute to salvage clear-cutting, which complicates the renewal of forest cover due to climatic extremes within large open areas. This negative trend is expected to continue in the next years. Foresters began to accept pioneer tree species such as silver birch to occupy temporarily deforested sites as they expect development of more favorable below-canopy site conditions for the following succession and/or plantations, and these stands have also some commercial importance. The birch is performing well at many sites, however, its silviculture is not known enough yet. Some authors (ZĀLĪTIS, ZĀLĪTIS 2007; MARTINÍK et al. 2018) prescribe an active thinning to stabilize birch stands and to support their vigor. The objective of our study is to estimate the impact of thinning on diameter increment, slenderness ratio, and length of live crown in crop trees of birch.

The experimental series with thinning of birch was established in a 16-year-old birch stand of natural regeneration origin. The stand is a secondary succession regeneration following salvage harvesting of Norway spruce. Totally 9 experimental plots of 0.04-ha area were established in the 5-m high stand; their density ranged between 5,700 and 9,100 trees.ha<sup>-1</sup>. The density and DBH correlated negatively whereas basal area and density correlated positively (Fig. 1). Three times replicated and completely randomized three treatments were: no thinning (K); 1,100 trees in spacing ca 3 m × 3 m left on site while competitors were removed (Z3) and 400 crop trees in spacing ca 5 m × 5 m released from all competitors in the upper and main story, others were left on site (Z5). The much denser Z5 treatment is expected to lower thinning costs. Following thinning, the trees were measured and health was assessed after 4 years. The length of the live crown was measured in 16 crop trees per one plot (400 trees.ha<sup>-1</sup>) that had to have comparable DBH prior to thinning and all had to be the released trees in the thinned treatments. Data analysis was conducted using generalized additive models (GAM) with mixed effects (WOOD 2017), where the plot is a random effect. GAM using the mgcv library (WOOD 2017) in R programming environment (R CORE TEAM 2021) was chosen due to their flexibility when distribution and transformation link functions are set (Table 1). For modeling of distribution functions (Figs. 3, 4, 5 and 6) and a dependence of crown ratio on DBH (Fig. 7), a semi-parametric model with beta distribution and a logit transformation link was used. For modeling dependence of slenderness ratio on DBH (Fig. 7) and live-crown base on DBH and height (Fig. 8), a semi-parametric model with normal distribution was used. For modeling of development of mean-stem diameter (Fig. 2), a parametric model (interaction with age) with gamma distribution and logarithmic link.

Released trees showed a significantly increased mean diameter increment of the mean stem (idg) at both Z3 and Z5 treatments compared to K (Fig. 2; Table 1). Also, mean DBH of released trees exceeded significantly that one at no-thinning K treatment (Fig. 3; Table 1). Heights of crop trees varied substantially (Fig. 4) and showed no significant difference among the treatments (Table 1). This was attributable to the strong relationship of heights to site conditions and their weak response to thinning. Reduced h/d ratio values were observed in Z3 released crop trees (Table 1; Fig. 5). The dependence of the slenderness ratio on DBH was similar at all treatments (Fig. 7). As for the Z5 treatment, statistical insignificance of h/d ratio difference between Z5 and K treatments seemed to be a discrepancy. It is logical that if Z5 crop trees showed significantly higher diameter increment whereas their height did not differ from K, the insignificance of the slenderness ratio differences cannot be interpreted as no effect of Z5 thinning on this parameter. The crown ratio (tree height divided by crown length) was also the highest at Z3 treatment, and less favorable values were found at Z5 and K (Table 1; Fig. 6). The live-crown base was also lower significantly at Z3 compared to either Z5 or K with no difference between these two. It seemed that crowns at Z5 were to some extent shortened due to competition with part of the understory left on site.

Significant effects of thinning on birch mean DBH was reported by ZĀLĪTIS, ZĀLĪTIS (2007). Besides that, ZĀLĪTIS, ZĀLĪTIS (2007) also observed much higher, i.e., unfavorable h/d values compared to our results. Recommendation of CAMERON (1996) to begin with thinning in 8–10 m tall birches to maintain crown ratio at least 0.5 seems to be too late in our experimental conditions. K birches being tall 9.4 m showed 55% of crop trees with crown ratio below 0.5, whereas 8% and 26% of crop trees dropped below this critical value at Z3 and Z5 treatments, respectively. The structure of succession birch stands can be variable (MARTINÍK, ADAMEC 2016). Our recommendation for the beginning of thinning in 4–6 m tall birches should be considered together with the actual state of the stand.

Zasláno/Received: 07. 01. 2022

Přijato do tisku/Accepted: 31. 01. 2022