

Marian Slodičák - Jiří Novák, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

DLOUHODOBÉ EXPERIMENTY S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO - ZHODNOCENÍ POZNATKŮ ZE 4. SÉRIE ZALOŽENÉ V LETECH 1964 - 1969

Long-term Norway spruce thinning experiments – Evaluation of results of the 4th series founded in 1964 - 1969

Abstract

Of the 4th group of experimental series (established in the period 1964 - 1969), only nine series persisted to present time – Polička I and II, Nasavrky, Bruntál, Blaník I and II, Planá, Železná Ruda I and II. The thinning experiments were projected in order to compare two basic ways of thinning: positive selection from above (2ú or 4ú) and negative selection from below (3p or 5p). The test element of each experimental series is control plot (1k) without intentional thinning. The method used in the thinning experiment did not suppose the replication inside the individual series, but using particular variants inside the group of the series as replication was not possible because of high initial differences between series. Therefore the final evaluation of the 4th group of series was aimed at common phenomena observed on particular series after 35 - 40 years of investigation. Effects of thinning were observed: (a) on thinned variants, amount of basal area removed by salvage cut was evidently lower than on control unthinned plots, (b) on thinned variants, abundance of small-sized individuals decreased (including variants with positive selection from above) and abundance of thickest trees increased compared to control unthinned plots 1k, (c) static stability, characterized by h/d ratio of mean stem and of dominant trees, was influenced by thinning positively in the majority of experiments on this series.

Klíčová slova: smrk ztepilý, *Picea abies*, pěstování lesa, porostní výchova
Key words: Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

ÚVOD

Řešením problematiky výchovy našich hlavních hospodářských dřevin byl v 50. letech minulého století pověřen Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM) Jiloviště-Strnady. V českých zemích byla podle reálného zastoupení dřevin hlavní pozornost logicky věnována porostům jehličnatých dřevin - smrku ztepilého (*Picea abies* L./ KARST.) a borovici lesní (*Pinus sylvestris* L.). Poměrně široký záběr stanovených úkolů vyžadoval založení odpovídající experimentální základny, která byla do té doby v našich zemích nedostatečná jak rozsahem, tak použitými metodickými postupy.

Postupně tak bylo v rámci zadání založeno ve smrkových porostech v letech 1956 až 1973 celkem 46 experimentálních řad (první, druhá a čtvrtá série experimentů) a v borových porostech v letech 1962 až 1971 celkem 13 experimentálních řad (třetí série experimentů). Metodika sledování a zakládání experimentů byla vypracována ve VÚLHM v letech 1956 až 1957 (PAŘEZ 1958, SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Hlavním cílem experimentu bylo sledovat vliv výchovy porostů na vývoj výšky, tloušťky a tvaru kmenů v porostu a na kvantitativní i kvalitativní stránku produkce. Získané výsledky měly zároveň objasnit vliv výchovných opatření na zvýšení či snížení odolnosti proti živelným kalamiťám a na stav porostního mikroklimatu.

Z původního počtu 46 experimentálních řad ve smrkových porostech se jich doposud dochovalo pouze 24. Ostatní výzkumné řady byly částečně nebo zcela zničeny působením sněhu a větru nebo dalších škodlivých činitelů. První série, ze které se dochovalo celkem 5 experimentálních řad založených v roce 1958, a druhá série, ze které se dochovalo celkem 7 experimentálních řad založených v roce 1960, byly již samostatně vyhodnoceny (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b). Třetí série, jak již bylo zmíněno, byla založena v porostech borových. Předkládaná práce je orientována na zhodnocení a analýzu poznatků ze 4. série (celkem 9 experimentů: Polička I a II, Nasavrky, Bruntál, Blaník I a II, Planá, Železná Ruda I a II – obr. 1,

tab. 1), založené v mladých smrkových porostech v letech 1964 - 1969. Jednotlivé experimenty této série jsou podrobně hodnoceny v předcházejících příspěvcích periodika Zprávy lesnického výzkumu.

Cílem předloženého příspěvku je, podobně jako u 1. a 2. série, vyhodnotit soubor experimentů 4. série s ohledem na jejich původní zaměření, tj. sledovat vliv výchovy porostů na vývoj výšky, tloušťky a tvaru kmenů v porostu a na kvantitativní i kvalitativní stránku produkce. Prezentované výsledky z dlouhodobých experimentů jsou zároveň podkladem k objasnění vlivu výchovných opatření na odolnost porostů proti živelným kalamiťám a na stav porostního mikroklimatu.

METODIKA

Všechny prezentované experimentální řady jsou založeny podle jednotné metodiky (PAŘEZ 1958, SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Vliv výchovných zásahů na smrkové porosty je zde sledován pomocí metody srovnávacích ploch. Každý experiment se skládá z dílčích srovnávacích ploch s různými výchovnými režimy. Jedna dílčí plocha byla vždy ponechána bez zásahu (1k - kontrolní) a na ostatních začaly být uplatňovány výchovné režimy: 2ú (4ú) - zásahy úrovně s výběrem pozitivním a 3p (5p) - podúrovně zásahy s negativním výběrem. Charakteristiky experimentálních porostů byly zjišťovány pokud možno v pětiletých periodách (podrobněji viz SLODIČÁK, NOVÁK 2003).

Zhodnocení poznatků získaných z experimentů 4. série je založeno, podobně jako u sérií předešlých, především na údajích o počtu stromů (N), výčetní kruhové základně (G), průměrné tloušťce (d) a výšce (h), tloušťkové struktuře a hodnotách štíhlostních kvocientů (h/d) sledovaných porostů. V další fázi byly vyhodnoceny charakteristiky horního stromového patra (200 nejsilnějších jedinců na jeden hektar): tloušťka (d_{200}) a štíhlostní kvocient (h_{200}/d_{200}). Hodnocení objemové produkce experimentálních porostů (objemový přírůst) je připravováno za jednotlivé série samostatně (po získání a vyhodnocení dostatečného počtu vzorků) a není součástí této analýzy.



Obr. 1.

Umístění experimentů s výchovou smrkových porostů - 4. série založená v letech 1964 - 1969

Position of Norway spruce thinning experiments – 4th series founded in 1964 – 1969

V původní metodice experimentů (PAREZ 1958) se nepředpokládalo vzájemné porovnávání individuálních sérií. Zejména rozdílná počáteční hustota a věk porostů jednotlivých řad zabraňuje aplikaci metod klasického porovnávání dílčích variant výchovy. Vyhodnocování jednotlivých sérií je proto zaměřeno na společné jevy zjištěné na jednotlivých výzkumných řadách po 35 - 40 letech sledování.

Statistické analýzy byly provedeny pomocí softwaru UNISTAT® (verze 5.1) s použitím hladiny významnosti $p \leq 0,05$. Zpracování a příprava datových souborů pro statistické analýzy proběhlo podle doporučených postupů (GROFIK, FLEK 1990, MELOUN, MILITKÝ 1998). Pro testování byla využita procedura ANOVA a následně mnohonásobné porovnávání (testy Student-Newman-Keuls, Tukey, Dunnett). Datové soubory s údaji o horním stromovém patře (d_{200} , h_{200}/d_{200}) byly testovány pomocí vícevýběrových neparametrických testů (Kruskal-Wallisova jednofaktorová analýza rozptylu). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí Kolmogorov-Smirnov dvouvýběrového testu.

VÝSLEDKY

Rozdílná počáteční hustota porostů na jednotlivých řadách čtvrté série zabraňuje podobně jako u první a druhé série experimentů aplikaci metod klasického porovnávání dílčích variant výchovy (obr. 2). Před založením experimentů nebyly jednotlivé smrkové porosty vychovávané a jejich hustota se pohybovala od 2 076 jedinců (kontrolní plocha 1k řady Nasavrky) do 3 770 jedinců na jeden hektar (kontrolní plocha 1k řady Bláník II). Podle věku, kdy byly v porostech zahájeny experimentální zásahy, lze rozdělit 4. sérii do tří skupin:

- Výchova zahájena v porostech do 40 let věku (experimenty Nasavrky, Bruntál, Bláník I, Bláník II, Železná Ruda II)
- Výchova zahájena v porostech více jak 50letých (experimenty Polička I a Polička II)
- Výchova zahájena v porostech více jak 60letých (experimenty Planá a Železná Ruda I)

Z hlediska možnosti porovnání výsledků zjištěných na jednotlivých experimentech se však jeví jako výhodnější rozdělení experimentů této série podle vývoje hustoty kontrolních porostů ve vztahu k věku. Skupiny se od předchozího rozdělení poněkud liší. Sledované smrkové porosty v rámci 4. série (na kontrolních variantách bez výchovy) vykazují vzhledem k věku:

- nejmenší hustotu - experimenty Nasavrky, Bruntál, Bláník I a Bláník II. Až na jednu výjimku (Železná Ruda II se střední hustotou) sem patří všechny experimenty ze skupiny s výchovou zahájenou do 40 let věku. V rámci této skupiny vykazovaly nejvyšší hustotu porosty experimentů Bláník I a II založené na bývalé zemědělské půdě s klasifikací SLT 4K. Podobný vývoj hustoty porostu byl zjištěn i na experimentu Bruntál založeném na stanovišti SLT 5S. Nejmenší hustotu porostů před zahájením výchovy vykazoval v této skupině experiment Nasavrky charakterizovaný také na kategorii S (SLT 4S).
- střední hustotu - experimenty Polička I, Polička II, Železná Ruda I a Železná Ruda II.

Jde o skupinu s různým počátečním věkem při zahájení výchovy, avšak vývoj hustoty porostů je podobný (obr. 2). Určitou výjimkou je experiment Polička II, který v počátku sledování (věk 53 až 63 let) vyazuje hustotu vyšší.

- největší hustotu - experiment Planá. Porosty tohoto experimentu vykazují největší hustotu, což souvisí i s velmi opožděným začátkem výchovy (67 let). Podobný vývoj hustoty jedinců byl zjištěn na experimentu Polička II, avšak pouze v prvních 10 letech sledování. Vzhledem k pozdějšímu vývoji byl experiment Polička zařazen do předchozí skupiny.

Uvedené rozdíly mezi výzkumnými řadami jsou též patrné z porovnání počáteční tloušťkové struktury porostů na kontrolních plochách (obr. 3), kde se profilují dvě hlavní skupiny:

- porosty s vysokým podílem tenčích jedinců (do $d_{1,3}$ 10 cm) a vykazující tak silnou levostrannou asymetrii v tloušťkové struktuře (experimenty Polička II, Bláník I, Bláník II a Železná Ruda II),
- porosty s nižším podílem tenčích stromů a vykazující tak tloušťkovou strukturu blízkou se normálnímu rozdělení (experimenty Polička I, Nasavrky, Bruntál, Planá a Železná Ruda I).

Z uvedených důvodů je následující analýza podobně jako u první a druhé série experimentů s výchovou smrkových porostů zaměřena především na společné jevy zjištěné na jednotlivých výzkumných řadách této čtvrté série, přičemž je ve výsledcích zohledněna případná příslušnost jednotlivých experimentů k výše uvedeným skupinám.

Produkce porostů

Produkce experimentálních smrkových porostů byla hodnocena pomocí stanovení periodického přírůstu výčetní kruhové základny. Z výsledků vyplývá, že výchovné zásahy neměly vždy stejný efekt na tuto sledovanou veličinu (tab. 2).

V porostech s pozitivním výběrem v úrovni (díleční plochy 2ú a 4ú na řadách čtvrté série) byl zjištěn ve všech případech vyšší celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby)

ve srovnání s kontrolními plochami bez výchovy. Rozdíl ve prospěch variant s úrovněnými zásahy byl na experimentech Polička I +2,6 m² (tj. +7 %), Nasavrky +1,3 m² (tj. +3 %) a Bruntál +1,4 m² (tj. +4 %).

V porostech s negativním výběrem v podúrovni (dílní plochy 3p a 5p na řadách čtvrté série) byla situace podobná, tj. na většině experimentů byl zaznamenán vyšší celkový periodický přírůst výčetní základny (včetně nahodilé těžby) na plochách s podúrovněnými zásahy ve srovnání s porosty bez výchovy.

Na variantách s mírnějšími podúrovněnými zásahy (3p – sedmkrát ve čtvrté sérii) byl ve srovnání s kontrolou zjištěn nižší celkový periodický přírůst výčetní základny pouze v jednom případě (experiment Polička II -0,6 m², tj. -1,5 %). Na všech dalších experimentech obsahujících tuto variantu byl celkový periodický přírůst výčetní základny ve srovnání s porosty bez zásahu vyšší – experimenty Bruntál +1,8 m² (tj. +5 %), Blaník I +2,7 m² (tj. +6 %), Blaník II (rozdíl nevyčíslován z důvodu dřívějšího rozpadu kontrolního porostu), Planá +1,2 m² (tj. +4 %), Železná Ruda I +1,7 m² (tj. +5,5 %) a Železná Ruda II +0,2 m² (tj. +0,5 %).

Na variantách se silnějšími podúrovněnými zásahy (5p – pětkrát ve čtvrté sérii) byl ve srovnání s kontrolou zjištěn nižší celkový periodický přírůst výčetní základny ve dvou případech - experimenty Polička II -1,4 m² (tj. -3,5 %) a Železná Ruda II -0,6 m² (tj. -1 %). Na třech dalších experimentech obsahujících tuto variantu byl celkový periodický přírůst výčetní základny ve srovnání s porosty bez zásahu vyšší – experimenty Blaník I +3,6 m² (tj. +8 %), Blaník II (rozdíl nevyčíslován z důvodu dřívějšího rozpadu kontrolního porostu) a Planá +3,0 m² (tj. +9 %).

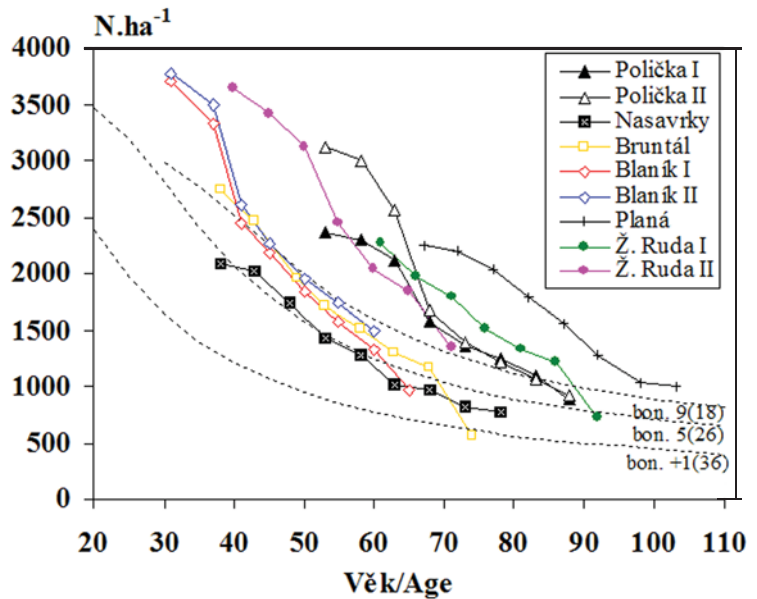
Na experimentech, kde byly zastoupeny obě varianty podúrovněných zásahů (3p a 5p – pětkrát ve čtvrté sérii), bylo vyšších hodnot periodického přírůstu výčetní základny (včetně nahodilé těžby) dosaženo ve dvou případech na variantě 3p (experimenty s negativním nebo nepatrným pozitivním vlivem podúrovněných zásahů na výši periodického přírůstu G – Polička II, Železná Ruda II) a ve třech na variantě 5p (experimenty s pozitivním vlivem podúrovněných zásahů na periodický přírůst G – Blaník I, Blaník II a Planá).

Efekt výchovných zásahů se projevil především ve snížení objemu výčetní kruhové základny odstraňované při nahodilých těžbách (souše, zlomy a vývraty). Za celou dobu sledování byl odstraněn při nahodilých těžbách následující podíl periodického přírůstu výčetní kruhové základny:

- na variantách s úrovněnými zásahy (2ú, 4ú) od 16 % (řada Nasavrky) do 54 % (řada Bruntál),
- na variantách s mírnějšími podúrovněnými zásahy (3p) od 11 % (řada Železná Ruda II) do 60 % (řada Železná Ruda I),
- na variantách se silnějšími podúrovněnými zásahy (5p) od 7 % (řada Železná Ruda II) do 21 % (řada Polička II).

Na kontrolních variantách bez výchovy činil podíl nahodilé těžby 48 % (řada Železná Ruda II) až 141 % (řada Bruntál) periodického přírůstu výčetní kruhové základny.

Po odečtení nahodilé těžby (většinou hůře prodejné sortimenty) byl přírůst výčetní kruhové základny na vychovávaných variantách



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů (N.ha⁻¹) podle věku na kontrolních plochách (bez výchovy) experimentů 4. série založené v letech 1964 - 1969 ve srovnání s údaji z růstových tabulek (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N.ha⁻¹) by the age on control plots (without thinning) of experiments of the 4th series founded in 1964 - 1969 comparing with Growth Tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

řady Polička I, Nasavrky, Blaník I, Planá, Železná Ruda I a II přibližně dvojnásobný a na řadě Polička II dokonce více než třikrát vyšší ve srovnání s variantami bez výchovy. Zvláštním případem jsou výzkumné řady Bruntál a Blaník II, kde byla ve zkoumaných porostech zaznamenána použitelná produkce pouze na vychovávaných variantách, zatímco přírůst výčetní kruhové základny na kontrolních plochách byl nižší než výčetní kruhová základna odstraňovaná při nahodilých těžbách.

Tloušťková struktura porostů

Předpoklad podpory přežívání vyššího počtu tenkých podúrovněných stromů (zachování širší tloušťkové struktury porostu) pomocí pozitivního výběru u úrovně (varianty 2ú a 4ú) nebyl ve sledovaných smrkových porostech čtvrté série potvrzen. Pouze na řadě Polička I byl zjištěn na variantě s pozitivním výběrem u úrovně významně vyšší (o 77 ks.ha⁻¹, tj. o 81 %) počet slabších stromů do výčetní tloušťky 25 cm ve srovnání s porostem bez výchovy (tab. 3). Na ostatních řadách bylo na variantách s pozitivním výběrem zaznamenáno po téměř čtyřiceti letech sledování o 34 % (experiment Bruntál) a 56 % (experiment Nasavrky) menší zastoupení jedinců nižších stromových tříd (do výčetní tloušťky 25 cm) ve srovnání s kontrolními plochami bez výchovy.

V porostech s negativním výběrem v podúrovni bylo zjištěné zastoupení přežívajících tenkých stromů (do výčetní tloušťky 25 cm) při posledních revizích vždy nižší ve srovnání s plochami kontrolními. Sledované porosty se slabšími podúrovněnými zásahy (3p) vykazovaly počty těchto jedinců nižších stromových tříd ve srovnání s kontrolními variantami o 25 % (experiment Bruntál) až 91 % (experiment Železná Ruda I) nižší. Na variantách se silnějšími podúrovněnými zásahy byla situace obdobná se zjištěným rozmezím 38 % (experiment Železná Ruda II) až 89 % (experiment Planá).

Tab. 1.

Souhrnný přehled výzkumných řad 4. série pro výzkum výchovy lesa ve smrkových porostech

List of experimental series in Norway spruce stands of the 4th group

| Řada ^a | Název řady ^b | Sledování ^c | | Srovnávací plochy ^f | Lesní oblast ^g | Nadmořská výška ^h (m) | SLT ⁱ |
|-------------------|-------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------|
| | | Období ^d | Věk ^e | | | | |
| 1 | Polička I | 1964 - 2004 | 53 - 93 | 1k, 2ú | 16 - Českomoravská vrchovina | 690 | 6K |
| 2 | Polička II | 1964 - 2004 | 53 - 93 | 1k, 3p, 5p | 16 - Českomoravská vrchovina | 690 | 6K |
| 3 | Nasavrky | 1964 - 2004 | 38 - 78 | 1k, 2ú | 16 - Českomoravská vrchovina | 660 | 4S |
| 4 | Bruntál | 1964 - 2000 | 38 - 74 | 1k, 4ú, 3p | 29 - Nízký Jeseník | 580 | 5S |
| 5 | Blaník I | 1965 - 2004 | 31 - 70 | 1k, 3p, 5p | 16 - Českomoravská vrchovina | 410 | 4K |
| 6 | Blaník II | 1965 - 2004 | 31 - 70 | 1k, 3p, 5p | 16 - Českomoravská vrchovina | 410 | 4K |
| 7 | Planá | 1969 - 2005 | 67 - 103 | 1k, 3p, 5p | 11 - Český les | 620 | 5K |
| 8 | Železná Ruda I | 1969 - 2004 | 61 - 96 | 1k, 3p | 13 - Šumava | 910 | 6K |
| 9 | Železná Ruda II | 1969 - 2004 | 40 - 75 | 1k, 3p, 5p | 13 - Šumava | 930 | 6K |

Srovnávací plochy: 1k – kontrolní plochy bez zásahů, 2ú (4ú) – srovnávací plochy s (silnými – 4ú) úrovňovými zásahy, 3p (5p) – srovnávací plochy s (silnými – 5p) podúrovňovými zásahy

^aSeries, ^bName of series, ^cObservation, ^dPeriod, ^eAge (years), ^fComparative plots, ^gForest region, ^hElevation, ⁱForest type group (Forest vegetation zones): 4 – beech, 5 – beech with fir, 6 – beech with spruce, Soil categories: K – acid, S – nutrient medium); Comparative plots: 1k – control plots without thinning, 2ú (4ú) – comparative plots with (heavy – 4ú) thinning from above, 3p (5p) – comparative plots with (heavy – 5p) thinning from below

Tab. 2.

Celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) a periodický přírůst výčetní kruhové základny bez nahodilé těžby (souše, zlomy a vývraty) na jednotlivých experimentech čtvrté série založené v letech 1964 - 1969

Total period basal area increment (including salvage cut) and period basal area increment without salvage cut (dead, broken and uprooted trees) in particular series of the 4th series established in 1964 – 1969

| Experiment (věk ^a) | Včetně nahodilé těžby ^b (m ²) | | | | Bez nahodilé těžby ^c (m ²) | | | |
|--------------------------------|--|---------|------|------|---|---------|------|------|
| | 1k | 2ú (4ú) | 3p | 5p | 1k | 2ú (4ú) | 3p | 5p |
| Polička I (53 - 93) | 35,4 | 38,0 | - | - | 14,5 | 29,1 | - | - |
| Polička II (53 - 93) | 39,8 | - | 39,2 | 38,4 | 9,7 | - | 31,2 | 30,1 |
| Nasavrky (38 - 78) | 41,3 | 42,6 | - | - | 15,6 | 35,7 | - | - |
| Bruntál (38 - 74) | 36,5 | 37,9 | 38,3 | - | -13,6* | 17,6 | 21,8 | - |
| Blaník I (31 - 70) | 46,9 | - | 49,6 | 50,5 | 15,6 | - | 42,6 | 42,9 |
| Blaník II (31 - 70) | 32,0 ⁺ | - | 45,7 | 49,5 | -6,9* ⁺ | - | 37,0 | 42,2 |
| Planá (67 - 103) | 32,2 | - | 33,4 | 35,2 | 13,6 | - | 25,6 | 31,2 |
| Žel. Ruda I (61 - 96) | 30,9 | - | 32,6 | - | 0,6 | - | 13,3 | - |
| Žel. Ruda II (40 - 71) | 43,2 | - | 43,4 | 42,6 | 22,5 | - | 38,7 | 39,6 |

Pozn.: Srovnávací plochy: 1k – kontrolní plochy bez zásahů, 2ú (4ú) – srovnávací plochy s (silnými – 4ú) úrovňovými zásahy, 3p (5p) – srovnávací plochy s (silnými – 5p) podúrovňovými zásahy; * výčetní kruhová základna se snížila, + - data z revize ve věku 60 let (1994) z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu

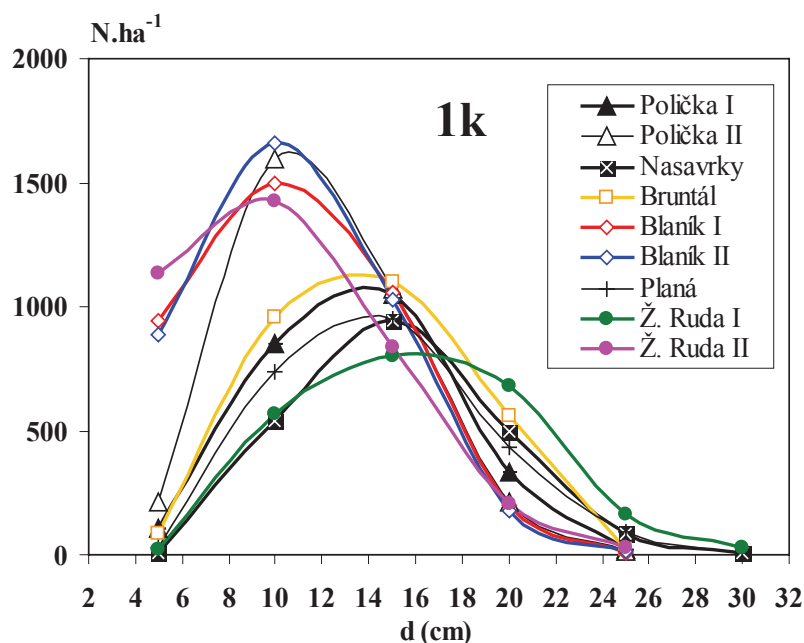
Note: Comparative plots: 1k – control plots without thinning, 2ú (4ú) – comparative plots with (heavy – 4ú) thinning from above, 3p (5p) – comparative plots with (heavy – 5p) thinning from below; * basal area was decreased, + - we used data from revision at the age of 60 years (1994) because of the following breakdown of control stand, ^aAge, ^bIncluding salvage cut, ^cExcluding salvage cut

Na všech plochách s úrovňovými výchovnými zásahy (varianty 2ú a 4ú) bylo zaznamenáno při poslední revizi vyšší (o 30 až 64 %) zastoupení silnějších stromů (s výčetní tloušťkou 35 cm a více) ve srovnání s plochami bez výchovy. Vliv podúrovňových zásahů (varianty 3p a 5p) na zastoupení stromů silnějších dimenzí nebyl jednoznačný (tab. 3).

Z celkem sedmi řad, kde byla zastoupena varianta s mírnějšími podúrovňovými zásahy, byl ve srovnání s kontrolní variantou ve čtyřech případech zjištěn vyšší počet (Polička II, Bruntál, Blaník II a Železná Ruda I) a ve třech případech nižší počet (Blaník I, Planá a Železná Ruda II) jedinců s výčetní tloušťkou 35 cm a více. Nejvyšší rozdíl v počtu silných stromů byl zaznamenán na řadě Blaník II, kde bylo na variantě 3p zjištěno o 500 % více těchto jedinců ve srovnání s variantou kontrolní.

Na řadách se zastoupením varianty se silnějšími podúrovňovými zásahy (5p – celkem pětkrát ve čtvrté sérii) byla situace poněkud odlišná. Až na jednu výjimku (experiment Planá), kde byl zaznamenán ve srovnání s kontrolou stejný počet silných stromů uvedených dimenzí, bylo na všech řadách u varianty 5p zjištěno vždy vyšší zastoupení jedinců s vyšší výčetní tloušťkou (35 cm a více).

Uvedené změny v rozložení tloušťkových struktur porostů s výchovnými zásahy byly po 35 až 40 letech sledování statisticky průkazné (minimálně na hladině významnosti $p \leq 0,10$) s výjimkou dvou případů: varianta s pozitivním výběrem v úrovni (2ú) na řadě Nasavrky a (4ú) na řadě Bruntál.



Obr. 3. Počáteční tloušťková struktura (před zahájením sledování) na dílčích kontrolních plochách (1k) experimentů 4. série
Initial diameter distribution (before start of observation) in particular control unthinned plots (1k) of experiments of the 4th series

Porovnání dvou hlavních sledovaných variant výchovy (úrovňový nebo podúrovňový výběr) je u této čtvrté série experimentů podmíněno menším počtem variant s úrovňovými zásahy. Na základě provedené analýzy lze konstatovat, že u výzkumné řady s těmito variantami výchovy (pouze experiment Bruntál v této sérii - varianty 3p a 4ú) byl menší počet stromů slabších dimenzí zaznamenán na ploše 4ú s úrovňovými zásahy i přesto, že se na této variantě podle metodiky experimentu do podúrovňové úmyslně nezasahuje. Zastoupení variant s podúrovňovými zásahy na experimentech čtvrté série umožňuje provést srovnání mírnějších (3p) a silnějších zásahů (5p) z pohledu zachování přežívajících slabších stromů ve struktuře smrkových porostů. Předpoklad menšího zastoupení jedinců tenčích dimenzí (do výčetní tloušťky 25 cm) na variantách se silnějšími zásahy v podúrovni (5p) byl potvrzen ve třech případech z celkem pěti analyzovaných. V jednom případě byl počet stromů těchto dimenzí na variantách 3p a 5p téměř shodný (Polička II) a v jednom případě (Železná Ruda II) bylo zjištěno vyšší zastoupení podúrovňových jedinců na variantě 5p se silnějšími podúrovňovými zásahy.

Výrazná podpora podúrovňových jedinců uplatňováním pozitivního výběru v úrovni tak nebyla na experimentech čtvrté série dostatečně potvrzena. Pouze s jedinou výjimkou (experiment Polička I) byl ve všech sledovaných případech nejvyšší počet slabších stromů zjištěn na plochách kontrolních (bez výchovných zásahů).

Statická stabilita porostů

Statická stabilita charakterizovaná štíhlostním kvocientem (h/d) středního kmene byla ovlivněna výchovou ve většině případů pozitivně, tj. vychovávané porosty vykazovaly v závěrečném hodnocení (poslední revize) ve srovnání s porosty bez výchovy principiálně nižší hodnoty h/d středního kmene (tab. 4). Na variantách s úrovňovými zásahy (2ú a 4ú) byl štíhlostní kvocient středního kmene

o 5 až 8 %, na variantách s mírnějšími podúrovňovými zásahy (3p) o 4 až 9 % a na variantách se silnějšími podúrovňovými zásahy (5p) o 10 až 12 % nižší ve srovnání s kontrolními variantami 1k. Výjimku tvoří řada Polička II, kde byly na konci sledovaného období hodnoty h/d středního kmene na variantě 3p nižší pouze o 2 % vůči variantě 1k a na variantách 1k a 5p byly shodné.

Vliv uplatňovaných výchovných zásahů na statickou stabilitu horního stromového patra, charakterizovanou štíhlostním kvocientem h_{200}/d_{200} dominantních stromů (200 nejsilnějších stromů na jeden hektar, tj. stejný počet jedinců na každé dílčí srovnávací ploše), byl poměrně jednoznačný, tj. na variantách s výchovou byla ve většině případů zjištěna při poslední revizi nižší hodnota h_{200}/d_{200} ve srovnání s variantami bez výchovy. Pro porosty s pozitivním výběrem v úrovni (2ú, 4ú) byl tento jev průkazný ($p \leq 0,05$) ve dvou ze třech případů, v porostech s mírnějšími podúrovňovými zásahy pouze ve dvou ze sedmi případů a v porostech se silnějšími podúrovňovými zásahy ve třech (z toho jednou při $p \leq 0,10$) z pěti případů. Výjimkou bylo zjištění na experimentu Polička II, kde byl při poslední revizi kvocient h_{200}/d_{200} průkazně vyšší na variantě 5p ve srovnání s kontrolou 1k.

Kombinace variant s úrovňovými a podúrovňovými zásahy byla přítomná u čtvrté série pouze na experimentu Bruntál, což neumožňuje odpovídající porovnání dvou hlavních sledovaných variant výchovy (úrovňový nebo podúrovňový výběr). U této výzkumné řady byl vliv zvoleného režimu výchovy na statickou stabilitu dominantních stromů pozitivní, tj. h_{200}/d_{200} ve srovnání s kontrolní variantou signifikantně poklesl, avšak rozdíly mezi variantami 3p a 4ú byly neprůkazné. Z porovnání experimentů s oběma variantami podúrovňových zásahů (3p – mírnější, 5p – silnější) vyplývá výraznější (ve většině případů signifikantní) pozitivní vliv silnějších zásahů charakterizovaných negativním výběrem v podúrovni (varianty 5p) na statickou stabilitu horního stromového patra.

DISKUSE A ZÁVĚR

Vyhodnocování dlouhodobého vlivu výchovných zásahů na lesní porosty je poměrně často omezeno jedinečností jednotlivých experimentů a malým počtem opakování. To je mimo jiné důvodem nepříliš častého publikování výsledků dlouhodobě sledovaných experimentů s výchovou smrkových porostů (např. ASSMANN 1968, SPELLMANN 1986, PEERENBOOM, PETRI 1986, PERSSON 1986, KORPEL 1992, MÄKINEN et al. 2006). Mezi hlavní příčiny patří zejména velké finanční a personální nároky na udržení kontinuity a dodržení metodiky měření jednotlivých pokusů založených většinou předchozími generacemi lesníků. V případě experimentální základny VÚLHM založené Ing. Pařezem v 50. až 70. letech minulého století se z původního počtu 46 experimentálních řad ve smrkových porostech podařilo udržet do současnosti 24 experimentů (ostatní výzkumné řady byly částečně nebo zcela zničeny působením sněhu a větru nebo dalších škodlivých činitelů). První série, ze které se dochovalo celkem 5 experimentálních řad založených v roce 1958, a druhá série, ze které se dochovalo celkem 7 experimentálních řad založených v roce 1960, byly vyhodnoceny samostatně (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b). Třetí série experimentů byla založena v porostech borovice lesní. Předkládaná analýza

Tab. 3.

Počet tenkých ($d_{1,3} < 25$ cm) a silných ($d_{1,3} > 35$ cm) stromů ($N \cdot ha^{-1}$) na jednotlivých experimentech čtvrté série při poslední revizi (2000 - 2005)

Number of thin ($d_{1,3} < 25$ cm) and thick ($d_{1,3} > 35$ cm) trees ($N \cdot ha^{-1}$) in particular series of the 4th group of series at last revision (2000 - 2005)

| Experiment (věk ^a) | Tenké stromy ^b (≤ 25 cm) ($N \cdot ha^{-1}$) | | | | Silné stromy ^c (≥ 35 cm) ($N \cdot ha^{-1}$) | | | | Rozdíly v porovnání tloušťkových struktur ^d | | |
|-----------------------------------|---|---------|-----|-----|---|---------|-----|-----|---|-------|-------|
| | 1k | 2ú (4ú) | 3p | 5p | 1k | 2ú (4ú) | 3p | 5p | 1k/2ú(4ú) | 1k/3p | 1k/5p |
| Polička I (93) | 95 | 172 | - | - | 156 | 216 | - | - | ++ | - | - |
| Polička II (93) | 388 | - | 220 | 224 | 156 | - | 180 | 172 | - | + | ++ |
| Nasavrky (78) | 272 | 120 | - | - | 224 | 292 | - | - | ns | - | - |
| Bruntál (74) | 229 | 152 | 172 | - | 90 | 148 | 124 | - | ns | + | - |
| Blaník I (70) | 430 | - | 145 | 70 | 175 | - | 170 | 230 | - | ++ | + |
| Blaník II (60)* | 1125 | - | 455 | 300 | 15 | - | 90 | 115 | - | ++ | ++ |
| Planá (103) | 532 | - | 124 | 56 | 120 | - | 112 | 120 | - | ++ | ++ |
| Žel. Ruda I (96) | 180 | - | 16 | - | 160 | - | 184 | - | - | + | - |
| Žel. Ruda II (71) | 780 | - | 199 | 480 | 68 | - | 40 | 80 | - | ++ | ++ |

Pozn.: Srovnávací plochy: viz Tab. 2

++ - statisticky průkazné ($p \leq 0,05$), + - statisticky průkazné ($p \leq 0,10$), ns - statisticky neprůkazné, * - data z revize ve věku 60 let (1994) z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu

Note: Comparative plots: see Tab. 2

++ - statistically significant ($p \leq 0.05$), + - statistically significant ($p \leq 0.10$), ns - no significant, ^aage, ^bthin trees, ^cthick trees, ^ddifferences in frequencies of diameter distribution, * - we used data from revision at the age of 60 years (1994) because of the following breakdown of control stand

za poznatků ze 4. série (dochovalo se 9 výzkumných řad), založené v mladých smrkových porostech v letech 1964 až 1969 je tak dalším příspěvkem v postupném sledu vyhodnocování této rozsáhlé experimentální základny.

Podobně jako u první a druhé série založené ve smrkových porostech bylo podle zvolené metodiky také hlavním cílem experimentů čtvrté série sledovat vliv výchovy porostů na vývoj výšky, tloušťky a tvaru kmenů v porostu a na kvantitativní i kvalitativní stránku produkce. Získané výsledky měly zároveň objasnit vliv výchovných opatření na zvýšení či snížení odolnosti proti živelným kalámitám a na stav porostního mikroklimatu. Dílčí výsledky, zaměřené na kvantitu a kvalitu produkce, byly průběžně publikovány až na výjimky pouze ve výzkumných zprávách (PAREZ 1972a, 1975, 1979, 1980, 1985). Předkládané zhodnocení, založené především na údajích o vývoji počtu stromů (N), výčetní kruhové základny (G), průměrné tloušťky (d) a výšky (h), tloušťkové struktury a vývoji hodnot stíhlostních kvocientů (h/d) sledovaných porostů, je svého druhu první ucelenou analýzou poznatků 4. série výzkumných řad po 35 až 40 letech sledování.

Rozdílná počáteční hustota porostů jednotlivých řad čtvrté série zabraňuje použití metod podrobného porovnávání dílčích variant výchovy. Podle věku, kdy byly v porostech zahájeny experimentální zásahy, lze rozdělit 4. sérii do tří skupin: (a) výchova zahájena v porostech do 40 let věku (Nasavrky, Bruntál, Blaník I, Blaník II, Železná Ruda II), (b) výchova zahájena v porostech více jak 50letých (experimenty Polička I a Polička II) a (c) výchova zahájena v porostech více jak 60letých (experimenty Planá a Železná Ruda I). Z hlediska současných poznatků můžeme označit zahájení výchovy i v původně nejmladších porostech čtvrté série (experimenty Blaník I a II ve věku 31 let a při h_{200} ca 19 m) za velmi opožděné. Ve smrkových porostech ohrožovaných sněhem a větrem je třeba provést první výchovné zásahy mnohem dříve (např. CHROUST 1968, PERSSON 1969, ABETZ 1976, KRAMER 1980, JOHANN 1980, SLODIČÁK et al. 2005).

Výchovné zásahy neměly vždy stejný efekt na produkci experimentálních smrkových porostů hodnocenou pomocí stanovení periodického přírůstu výčetní kruhové základny (G). V porostech s pozitivním výběrem v úrovni byl zjištěn ve všech případech vyšší celkový periodický přírůst výčetní kruhové základny (včetně nahodilé těžby) ve srovnání s kontrolními plochami bez výchovy.

V porostech s negativním výběrem v podúrovni (dílní plochy 3p a 5p na řadách čtvrté série) byla situace podobná, tj. na většině experimentů byl zaznamenán vyšší celkový periodický přírůst výčetní základny (včetně nahodilé těžby) na plochách s podúrovňovými zásahy ve srovnání s porosty bez výchovy (1k), přičemž na variantách s mírnějšími podúrovňovými zásahy (3p) byl ve srovnání s kontrolou zjištěn nižší celkový periodický přírůst G pouze v jednom případě a na variantách se silnějšími podúrovňovými zásahy (5p) ve dvou případech. Tento poznatek koresponduje podobně jako u vyhodnocení 2. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005b) se závěry MACKENZIEHO (1962) a HAMILTONA (1976), kteří na základě vyhodnocení experimentu Bowmont ve Velké Británii konstatují vyšší přírůst výčetní kruhové základny na plochách s výchovnými zásahy ve srovnání s plochami bez výchovy (nejlépe byly hodnoceny varianty se slabšími úrovněvými a silnějšími podúrovňovými zásahy).

Efekt výchovných zásahů se tak projevil především ve snížení podílu výčetní základny odstraňované při nahodilých těžbách (souše, zlomy a vývraty). Za celou dobu sledování byl odstraněn při nahodilých těžbách nejmenší podíl periodického přírůstu výčetní základny na variantách se silnými podúrovňovými zásahy 5p (7 až 21 %). Na variantách se slabšími podúrovňovými zásahy (3p) a se zásahy v úrovni (2ú, 4ú) byl tento podíl srovnatelný - při nahodilých těžbách bylo odstraněno 11 až 60 % (3p) a 16 až 54 % (2ú, 4ú) periodického přírůstu G . Vůbec nejhorší výsledky vykazovaly kontrolní plochy (1k) bez úmyslných zásahů, kde bylo při nahodilých těžbách odstraněno 48 až 141 % periodického přírůstu G .

Tab. 4.

Hodnoty štíhlostního kvocientu (h/d) středního kmene a horního stromového patra (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar - h_{200}/d_{200}) na experimentech čtvrté série při poslední revizi (2000 - 2005)

Values of h/d ratio of mean stem and dominant trees (200 thickest trees per hectare - h_{200}/d_{200}) in particular series of the 4th series at last revision (2000 - 2005)

| Experiment (věk ^a) | Střední kmen ^b h/d | | | | Horní stromové patro ^c h_{200}/d_{200} | | | | Rozdíly ^d h_{200}/d_{200} | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|---------|-----|----|--|---------|----|----|--|-------|-------|
| | 1k | 2ú (4ú) | 3p | 5p | 1k | 2ú (4ú) | 3p | 5p | 1k/2ú (4ú) | 1p/3p | 1k/5p |
| Polička I (93) | 98 | 90 | - | - | 84 | 79 | - | - | ++ | - | - |
| Polička II (93) | 92 | - | 90 | 92 | 78 | - | 78 | 82 | - | ns | ++ |
| Nasavrky (78) | 95 | 90 | - | - | 80 | 78 | - | - | ns | - | - |
| Bruntál (74) | 104 | 99 | 100 | - | 92 | 87 | 87 | - | ++ | ++ | - |
| Blaník I (70) | 108 | - | 98 | 97 | 87 | - | 86 | 86 | - | ns | ns |
| Blaník II (60)* | 113 | - | 104 | 99 | 92 | - | 89 | 86 | - | ns | ++ |
| Planá (103) | 110 | - | 101 | 97 | 90 | - | 91 | 88 | - | ns | ++ |
| Žel. Ruda I (96) | 95 | - | 87 | ◇ | 84 | - | 80 | - | - | ++ | - |
| Žel. Ruda II (71) | 91 | - | 84 | 80 | 72 | - | 71 | 68 | - | ns | + |

Pozn.: Srovnávací plochy: viz Tab. 2

++ - statisticky průkazné ($p \leq 0,05$), + - statisticky průkazné ($p \leq 0,10$), ns - statisticky neprůkazné, * - data z revize ve věku (60 let) z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu

Note: Comparative plots: see Tab. 2

++ - statistically significant ($p \leq 0.05$), + - statistically significant ($p \leq 0.10$), ns - no significant, ^aage, ^bmean stem, ^cdominant trees, ^ddifferences, * - we used data from revision at the age of 60 years (1994) because of the following breakdown of control stand

Předpoklad podpory přežívání vyššího počtu tenkých podúrovňových stromů (zachování širší tloušťkové struktury porostu) pomocí pozitivního výběru v úrovni (varianty 2ú a 4ú) byl ve sledovaných smrkových porostech čtvrté série potvrzen pouze v jednom (Polička I) ze tří případů použití této varianty výchovy. Na všech ostatních experimentech této série (bez ohledu na přítomné varianty výchovy 2ú, 3p, 4ú, 5p) byl po 35 až 40 letech sledování zjištěn nejvyšší počet slabších stromů na plochách kontrolních (1k - bez výchovných zásahů).

Vliv úrovnových zásahů (varianty 2ú a 4ú zastoupené na třech řadách čtvrté série) na zastoupení stromů silnějších dimenzí byl pozitivní. Ve srovnání s kontrolní variantou byl ve všech případech zjištěn vyšší počet jedinců s výčetní tloušťkou 35 cm a více. Vliv podúrovňových zásahů (varianty 3p a 5p) na zastoupení stromů silnějších dimenzí nebyl tak jednoznačný. Z celkem sedmi řad, kde byla zastoupena varianta (3p) s mírnějšími podúrovňovými zásahy, byl ve srovnání s kontrolní variantou ve čtyřech případech zjištěn vyšší počet a ve třech případech nižší počet jedinců s výčetní tloušťkou 35 cm a více. Na celkem pěti řadách se zastoupením varianty se silnějšími podúrovňovými zásahy (5p) bylo až na jednu výjimku (experiment Planá, kde byl zaznamenán ve srovnání s kontrolou stejný počet silných stromů uvedených dimenzí) zjištěno vždy vyšší zastoupení jedinců s vyšší výčetní tloušťkou (35 cm a více).

Výrazné změny v tloušťkové struktuře, popisované na plochách první a druhé série PAREZEM (1965) po prvních podúrovňových zásahách (varianty 3p), nebyly po čtyřiceti letech sledování na těchto sériích identifikovány (SLODIČÁK, NOVÁK 2005b). Naproti tomu na experimentech čtvrté série byly výše uvedené změny v rozložení tloušťkových struktur porostů s výchovnými zásahy po 35 až 40 letech sledování statisticky průkazné.

Statická stabilita charakterizovaná štíhlostním kvocientem středního kmene a horního stromového patra (200 nejsilnějších stromů

na hektar) byla na převážně většině experimentů ovlivněna pozitivně, tj. konečná hodnota štíhlostního kvocientu (středního kmene i horního stromového patra) byla nižší na vychovávaných plochách ve srovnání s plochami bez výchovy. Vliv zvolené varianty výchovy (úrovnová nebo podúrovnová) na statickou stabilitu dominantních stromů nelze obecně vyhodnotit, protože kombinace obou variant byla přítomná u čtvrté série pouze na jednom experimentu (Bruntál). U této výzkumné řady byl zaznamenán signifikantní pokles h_{200}/d_{200} na variantách s výchovou ve srovnání s kontrolní variantou 1k, avšak vzájemné rozdíly mezi variantami 3p a 4ú byly neprůkazné. Z porovnání experimentů s oběma variantami podúrovňových zásahů (3p - mírnější, 5p - silnější) vyplývá výraznější (ve většině případů signifikantní) pozitivní vliv silnějších zásahů charakterizovaných negativním výběrem v podúrovni (varianty 5p) na statickou stabilitu horního stromového patra.

Slabší efekt výchovných zásahů na zvýšení stability porostů (charakterizované štíhlostním kvocientem) je zřejmě způsoben počátečním věkem experimentálních porostů (41 až 54 let) při realizaci prvních zásahů. Z analýzy PAREZA (1972b) vyplývá, že v porostech se zanedbanou výchovou v mládí (do 30 let věku) nelze již výchovnými zásahy podstatně ovlivnit výši poškození sněhem. Experimenty čtvrté série navíc leží (s výjimkou experimentů Blaník I a II) v oblastech s největším ohrožením působení sněhu, tj. od 500 do 900 m n. m. Na malé možnosti ovlivňování stability výchovnými zásahy ve starších smrkových porostech upozorňuje také KONÓPKA et al. (1989). Kritické stadium pro poškození sněhem (KONÓPKA 1985) je však v období 25 (30) až 40 (50) let věku (později u porostů na horších bonitách). V experimentálních porostech čtvrté série, kde prováděné zásahy měly v převážně většině pozitivní vliv na hodnoty štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra, tak výchovné programy spíše přispěly ke stabilizaci porostů vůči větru. Přesto

Ize podle v literatuře doporučovaných hodnot štíhlostního kvocientu (jako ukazatele statické stability) označit porosty na experimentech čtvrté série za nestabilní. Štíhlostní kvocient nad hodnotou 100 (u čtvrté série zjištěný u charakteristiky středního kmene na celkem čtyřech experimentech) signalizuje velmi nízkou stabilitu (MILNE 1995, WANG et al. 1998, LEKES, DANDUL 2000). Hodnota h/d středního kmene 83, kterou doporučuje VICENA et al. (1979) jako maximální pro stabilitu smrkového porostu, byla dosažena pouze u experimentu Železná Ruda II, kde byla zahájena výchova ve 40 letech věku.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí“ – MZE 0002070201.

LITERATURA

- ABETZ, P.: Reaktionen auf Standraumerweiterung und Folgerungen für die Auslesedurchforstung bei Fichte. Allg. Forst u. Jagdztg., 147, 1976, s. 72-74.
- ASSMANN, E.: Náuka o výnose lesa. Bratislava, Příroda 1968. 488 s.
- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jílové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- GROFÍK, R., FLAK, P.: Štatistické metody v poľnohospodárstve. Bratislava, Příroda 1990. 344 s.
- HAMILTON, G. J.: The Bowmont Norway spruce thinning experiment 1930 - 1974. Forestry, 49, 1976, č. 2, s. 109-119.
- CHROUST, L.: Význam silných prořezávek pro zvýšení odolnosti smrkových porostů proti škodám sněhem. Lesnický časopis, 14, 1968, s. 943-960.
- JOHANN, K.: Bestandesbehandlung und Schneebruchgefährdung. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 67, 1980, s. 269-286.
- KONŮPKA, J.: Modely rastových vlastností cieľových stromov smreka z hľadiska ochrany proti polomom, hlavne snehovým, 31, 1985, č. 4, s. 309-332.
- KONŮPKA, J., LEHOTSKÝ, L., TOMA, R.: Vplyv výchovy na statickú stabilitu smrkových porastov. Lesnický časopis, 35, 1989, č. 2, s. 87-99.
- KORPEL, Š.: Vplyv prebierok na štruktúru a produkciu v smrkových porostoch. In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen (Czechoslovakia). 34. Bratislava, Příroda 1992, s. 151-167.
- KRAMER, H.: Einfluß verschiedenartiger Durchforstungen auf Bestandesicherheit und Zuwachs in einem weitständig begründeten Fichtenbestand. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 67, 1980, s. 224-235.
- LEKES, V., DANDUL, I.: Using airflow modelling and spatial analysis for defining wind damage risk classification (WINDARC). For. Ecol. Manage., 135, 2000, č. 1-3, s. 331-344.
- MACKENZIE, A. M.: The Bowmont Norway spruce sample plots 1930 - 60. Forestry, 35, 1962, s. 129-138.
- MÄKINEN, H., ISOMÄKI, A., HONGISTO, T.: Effect of half-systematic and systematic thinning on the increment of Scots pine and Norway spruce in Finland. Forestry, 79, 2006, s. 103-121.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- MILNE, R.: Modelling mechanical stresses in living Sitka spruce stems. In: Coutts, M. P., Grace, J. (eds.): Wind and Trees. Cambridge, Cambridge University Press 1995, s. 165-181.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- PAŘEZ, J.: Vliv první podúrovňové a úrovně probírky na změnu tloušťkové struktury mladých smrkových porostů. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSSR, 31, 1965, s. 103-126.
- PAŘEZ, J.: Škody sněhem a větrem ve smrkových porostech probírkových pokusných ploch v období 1959 - 1968. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 1972a. 97 s.
- PAŘEZ, J.: Vliv podúrovňové a úrovně probírky na výši škod sněhem v porostech pokusných probírkových ploch v období 1959 - 1968. Lesnictví, 18, 1972b, č. 2, s. 143-154.
- PAŘEZ, J.: Vliv výchovných zásahů na kvantitativní a kvalitativní produkci smrkových porostů. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 1975. 77 s.
- PAŘEZ, J.: Diferenciace probírek ve smrkových porostech jedlo-bukového až dubo-bukového vegetačního stupně. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 1979. 48 s.
- PAŘEZ, J.: Vliv podúrovňové a úrovně probírky na produkci smrkových a borových porostů v ČSR. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 1980. 30 s.
- PAŘEZ, J.: Zhodnocení výzkumných ploch ve smrkových a borových porostech. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 1985. 102 s.
- PEERENBOOM, H. G., PETRI, H.: Standortgerechte und standraumbezogene Ertragsdaten für die Bewirtschaftung der Fichte. Forstarchiv, 57, 1986, č. 4, s. 123-128.
- PERSSON, O. A.: Thinning in Norway spruce in southern Sweden. Department of Forest Yield Research. Report No. 18. Swedish University of Agricultural Sciences. Garpenberg 1986, s. 24.
- PERSSON, P.: The influence of various thinning methods on the risk of windfalls, snow-breaks and insect attacks. In: Thinning and mechanization, IUFRO Meeting, Stockholm, 1969, s. 169-174.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - cíle a metodika. Zprávy lesnického výzkumu, 48, 2003, č. 4, s. 149-152.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Zhodnocení poznatků z 1. série založené v roce 1958. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005a, č. 1, s. 13-17.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Dlouhodobé experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - zhodnocení poznatků z 2. série založené v roce 1960. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005b, č. 3, s. 173-178.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., SKOVSGAARD, J. P.: Wood production, litter fall and humus accumulation in a Czech thinning experiment in Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.). Forest Ecology and Management, 209, 2005, č. 1/2, s. 157-166.
- SPELLMANN, H.: Auswirkungen verschiedener Durchforstungsarten und Durchforstungsstärken auf die Entwicklung eines weitständig begründeten Fichtenbestandes. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 157, 1986, č. 2, s. 27-31.
- VICENA, I., PAŘEZ, J., KONŮPKA, J.: Ochrana lesa proti polomům. Praha, SZN 1979, 244 s.
- WANG, Y., TITUS, S. J., LEMAY V. M.: Relationships between tree slenderness coefficients and tree or stand characteristics for major species in boreal mixedwood forests. Can. J. For. Res., 28, 1998, č. 8, s. 1171-1183.

Long-term Norway spruce thinning experiments – Evaluation of results of the 4th series founded in 1964 - 1969

Summary

Since 1956, new experimental basis for thinning research in Forestry and Game Management Research Institute Jíloviště-Strnady was created. In the framework of this project, experimental series were founded in Norway spruce stands (1st group in 1956 – 1958, 2nd in 1960, 4th in 1964 – 1969) and in Scots pine stands (3rd group in 1962). Total 46 experimental series were founded in Norway spruce and only 24 series persisted to the present time. First (5 experiments) and second (7 experiments) series were evaluated individually (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b).

Presented contribution is oriented on the 4th series, established in young Norway spruce stands in 1964 - 1969 (nine experiments: Polička I and Polička II, Nasavrky, Bruntál, Blaník I and Blaník II, Planá, Železná Ruda I and Železná Ruda II – fig. 1, tab. 1).

The thinning experiments was projected in order to compare two basic ways of thinning: positive selection from above (2ú or 4ú - heavy) and negative selection from below (3p or 5p - heavy). The test element of each experimental series is control plot (1k) without intentional thinning.

The method used in the thinning experiment did not suppose the replication inside the individual series, but using particular variants inside the group of the series as replication was not possible because of high initial differences between series. Therefore the final evaluation of the 4th group of series was aimed at common phenomena (development of number of trees (N), basal area (G), diameter (d, d_{200}), height (h, h_{200}), diameter distribution and quotient of slenderness (h/d , h_{200}/d_{200}) observed on particular series after 35 - 40 years of investigation.

After analyses of the results from the 35-year period of observation, we can draw following conclusions:

- Detailed comparison of thinning variants between experiments is not possible because of different initial stand density on experiments of the fourth series (fig. 2).
- Basing on the age of the initial treatment, we can define 3 groups of series: (a) thinning started before the age of 40 years (experiments: Nasavrky, Bruntál, Blaník I, Blaník II, Železná Ruda II), (b) thinning started after the age of 50 years (experiments: Polička I and Polička II) and (c) thinning started after the age of 50 years (experiments: Planá and Železná Ruda I). On the basis of the present knowledge of thinning, we can determine the beginning of forest tending on the fourth series (after the age of 30 years) as delayed.
- Effect of thinning on production of experimental spruce stands was evaluated by periodic increment of basal area (tab. 2). Thinning by positive selection from above (variants 2ú and 4ú) had positive effect on production, i. e. periodic basal area increment (including planned and salvage cutting) was higher in all cases compared to control unthinned stands. Similar results were observed on variants with thinning by negative selection from below (variants 3p and 5p). Periodic basal area increment was higher on thinned stands with the exception of one case for variant 3p and two cases for variant 5p.
- One of the main effects of thinning on experimental stands was evidently lower amount of basal area removed by salvage cut on thinned variants compared with control unthinned plots. During the period of observation, 48 to 141% of basal area increment was removed as snags or breaks on control plot 1k, whilst on the thinned variants, snags or breaks represented 7 to 60% (on variant 2ú or 4ú 16 to 54%, on variant 3p 11 to 60% and on variant 5p 7 to 21%) of periodic basal area increment.
- The expectation, that by positive selection from above (variants 2ú and 4ú) diameter distribution will be wider with higher abundance of surviving thin trees, was not confirmed with the exception of one case - experiment Polička I (tab. 3). Results from the other experiments of fourth series (irrespective of thinning variants 2ú, 3p, 4ú and 5p) showed the highest abundance of thin trees on control unthinned plots (1k).
- Thinning by positive selection from above (variants 2ú, 4ú) resulted in higher abundance of thick trees (diameter 35 cm and higher) compared to control plots. On the other hand, stands with thinning by negative selection from below (variants 3p and 5p) showed non-uniform results at the end of observation. Abundance of thick trees was higher, compared to control plots, on variants 3p (moderate thinning from below) in four cases of the total seven and on variants 5p (heavy thinning from below) in four cases of the total five. After 35 - 40 years of observation, diameter distributions were significantly (by the Kolmogorov-Smirnov two sample tests) different on thinned plots compared to control plots in the majority of experiments on this series.
- Static stability, characterized by h/d ratio of mean stem and of dominant trees (h_{200}/d_{200}), was influenced by thinning positively in the majority of experiments on this series, i. e. values of h/d and h_{200}/d_{200} were lower on thinned variants compared to control plots at the end of observation (tab. 4). For the h_{200}/d_{200} ratio, this effect of thinning was significant in two cases of the total three on variant 2ú or 4ú, in two cases of the total seven on variant 3p and in four cases of the total five on variant 5p.

Recenzováno