

## EXPERIMENTY S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO - POLIČKA I A POLIČKA II (1964)

### Norway spruce thinning experiments – Series Polička I and Polička II (1964)

#### Abstract

Experimental series at Polička I and Polička II were founded in forest region 16 – the Českomoravská vrchovina Mts. in 1964 in 53-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. The first series Polička I consists of two comparative plots with dimensions 50 m x 50 m, i. e. 0.25 ha each. Comparative plots 1k are control plots without designed thinning and comparative plots 2ú are the stands with thinning by positive selection from above. The second series Polička II consists of three comparative plots of the same dimensions. Except of control plot, it consists of two plots (3p and 5p) with thinning by negative selection from below. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 40-year period of observation.

**Klíčová slova:** smrku ztepilý, *Picea abies*, pěstování lesů, porostní výchova

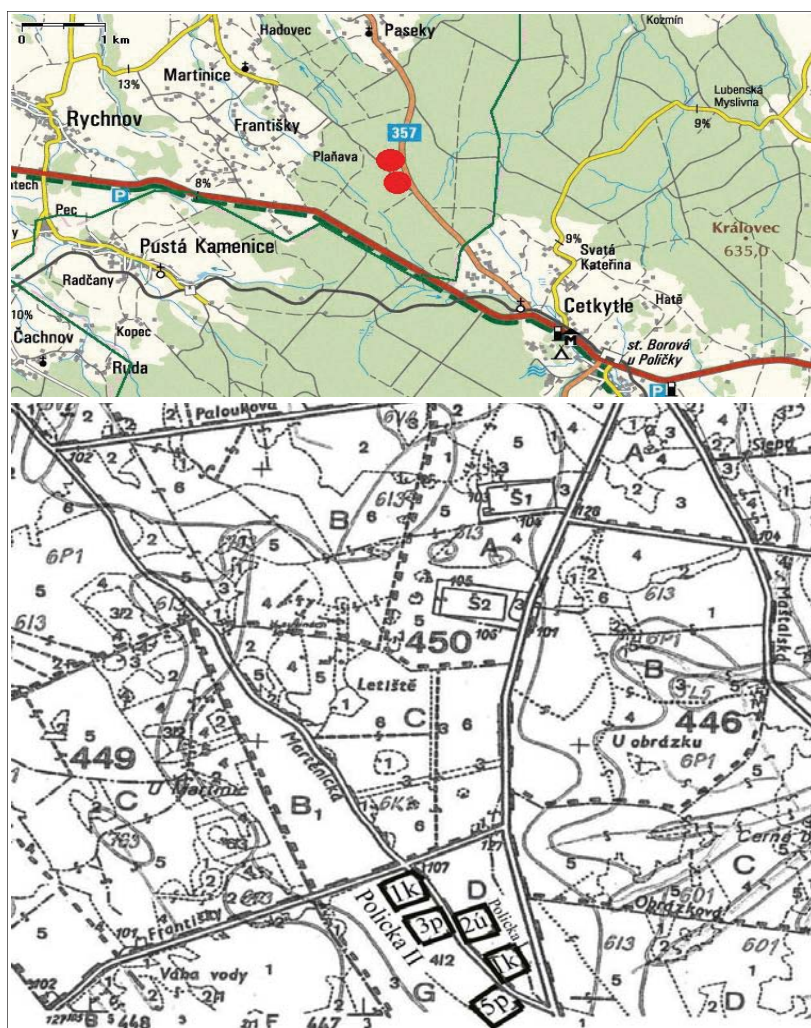
**Key words:** Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

## ÚVOD

Pro řešení problematiky porostní výchovy smrku ve VÚLHM bylo od roku 1956 do roku 1973 založeno 46 výzkumných řad ve čtyřech časových sériích (série 1 v letech 1956 – 1958, série 2 v roce 1960, série 4 v letech 1964 – 1969 a série 5 v letech 1971 až 1973). Série 3 byla založena v borových porostech a je hodnocena samostatně (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Ze čtvrté série s výchovou smrkových porostů, založené Ing. Pařezem v letech 1964 - 1969, se dochovalo celkem 9 výzkumných řad (tab. 1). Předkládaná práce se zabývá hodnocením prvních dvou řad Polička I a Polička II. Další experimentální řady budou hodnoceny samostatně v následujících příspěvcích. Souhrnné vyhodnocení celé 4. série je obdobně jako u 1. a 2. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b) předmětem samostatného sdělení.

Experimentální řady Polička I a II byly založeny v lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina v roce 1964 v 53letém smrkovém porostu na LHC Polička, revír Proseč (porost 448 D – Polička I a 448 G Polička II podle LHP z roku 1993). Zeměpisné souřadnice experimentálních řad v systému WGS-84 jsou 16°07'48" v. d., 49°45'53" s. š. Porost se nachází na mírném východním svahu se sklonem 2 - 3 %, v nadmořské výšce 690 m. Smrková kultura je hospodářským lesem na LT 6K1 - kyselá smrková bučina metlicová (*Piceeto-Fagetum acidophilum* - *Avenella flexuosa*). Půdní typ - kambizem luvická signalizuje spodní část 6. LVS (výskyt *Calamagrostis villosa*) s inklinací k živnějšímu stanovišti (*Luzula pilosa*).

Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 800 mm a průměrná roční teplota za stejné období dosahovala 7 °C.



Obr. 1.

Umístění experimentálních řad Polička I a II (Geobáze® 1997 - 2000) a výřez z obrysové mapy LHC Polička, LHP (1993)

Geographic location (Geobáze® 1997 – 2000) and stand map of experimental series Polička I and Polička II on Forest Management Plan (1993)

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PAŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků jsou uvedeny v příspěvku SLODIČÁK, NOVÁK (2003). Experimentální řadu Polička I tvoří dvě dílčí srovnávací plochy (1k a 2ú) a řadu Polička II tři dílčí srovnávací plochy (1k, 3p a 5p), každá o velikosti 50 m x 50 m, tj. 0,25 ha (obr. 1). Srovnávací plocha 1k je na obou řadách kontrolní, bez výchovy. Na těchto plochách se odstraňují pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plocha 2ú na řadě Polička I slouží ke sledování vlivu úrovnových výchovných zásahů s pozitivním výběrem. Při revizi v roce 1999 (věk 88 let) byl na srovnávací ploše 2ú vyznačen těžební zásah (21 % N a 21 % G) s cílem uvolnit zápoj a následně sledovat vývoj ponechaných stromů a výskyt přirozené obnovy. Srovnávací plochy 3p a 5p na řadě Polička II jsou zaměřeny na sledování podúrovnových zásahů s negativním výběrem (3p – slabší zásahy, 5p – silnější zásahy).

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 proběhly podle doporučených postupů (MELOUN, MILITKÝ 1998). Pro testování souborů s údaji o výčetní tloušťce ( $d$ ,  $d_{200}$ ) byla využita procedura ANOVA a následné mnohonásobné porovnávání (testy Student-Newman-Keuls, Tukey, Dunnett). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí Kolmogorov-Smirnov dvouvýběrového testu.

## PRŮBĚH EXPERIMENTU

V době založení experimentálních řad Polička I a II v roce 1964 dosáhl věk sledovaných porostů 53 let. V obou případech se jednalo o smrkovou monokulturu o hustotě ca 2 300 až 3 100 jedinců na 1 hektar (obr. 2). Hustota porostů řady I byla o ca 20 až 30 % nižší (2 364 a 2 260 stromů na 1 hektar na plochách 1k a 2ú) ve srovnání s řadou II (3 112, 3 164 a 2 876 stromů na 1 hektar na plochách 1k, 3p a 5p). Vyšší hustota porostu řady II se projevila menší výčetní tloušťkou (především středního kmene) a levostranně asymetrickou tloušťkovou strukturou (obr. 3b). Rozdíly v dalších sledovaných parametrech především ve výčetní kruhové základně G (39,8 až 42,2 m<sup>2</sup> na 1 ha) a v parametrech horního stromového patra, tj. ve výčetní tloušťce

a výšce 200 nejsilnějších stromů na 1 ha ( $d_{200}$  19,8 až 21,8 cm a  $h_{200}$  18,2 až 19,3 m), byly zanedbatelné. Výchozí stav porostů před prvními zásahy tak byl na dílčích srovnávacích plochách v rámci jednotlivých výzkumných řad srovnatelný a rozdíly ve všech sledovaných charakteristikách (N, G,  $d$ ,  $h$ ,  $h_{200}$ ,  $d_{200}$ ) byly shledány uvnitř každé řady statisticky nevýznamnými.

Před zahájením experimentu nebyl sledovaný porost vychováván. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 5 do 24 cm, obr. 3a, 3b).

### Počet stromů a výčetní kruhová základna řady Polička I

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 53 let, bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 8 % stromů (N) tvořících 7 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3a. Patrný je zejména rozdíl mezi tloušťkou úmyslně těžných stromů s vrcholem kolem střední výčetní tloušťky 15 cm a tloušťkou stromů těžných nahodile s vrcholem kolem tloušťky 9 cm, který je téměř totožný s průměrnou tloušťkou nahodile těžných stromů na kontrole (tab. 2). Ještě více jsou dva vrcholy v tloušťkové struktuře těžných stromů patrné při druhém experimentálním zásahu ve věku 58 let (1969). Zásahy se opakovaly až do věku 63 let (1974) v pětiletých periodách. Při druhém a třetím zásahu bylo na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 15 a 38 % N (11 a 25 % G). Třetí a poslední experimentální zásah v roce 1974 byl ovlivněn sněhovým polomem, při kterém bylo na kontrole odebráno 26 % stromů a 14 % výčetní kruhové základny. Na srovnávací ploše 2ú bylo rovněž nutné nejprve odstranit polámané nejlabilnější stromy z nižších stromových tříd a potom teprve zásah dokončit pozitivním výběrem v úrovni.

Po třech výchovných zásazích v pětiletých periodách, tj. 10 let po zahájení experimentu (rok 1974, věk 63 let), zůstalo:

- na kontrolní ploše 1k celkem 1 576 stromů (mortalita 788 stromů),
- na srovnávací ploše 2ú celkem 1 096 stromů (při výchově odstraněno 1 164 stromů),

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 63 let:

- na kontrolní ploše 1k – 40,3 m<sup>2</sup> (zvýšení o 0,1 m<sup>2</sup>),
- na srovnávací ploše 2ú – 31,3 m<sup>2</sup> (pokles o 8,5 m<sup>2</sup>).

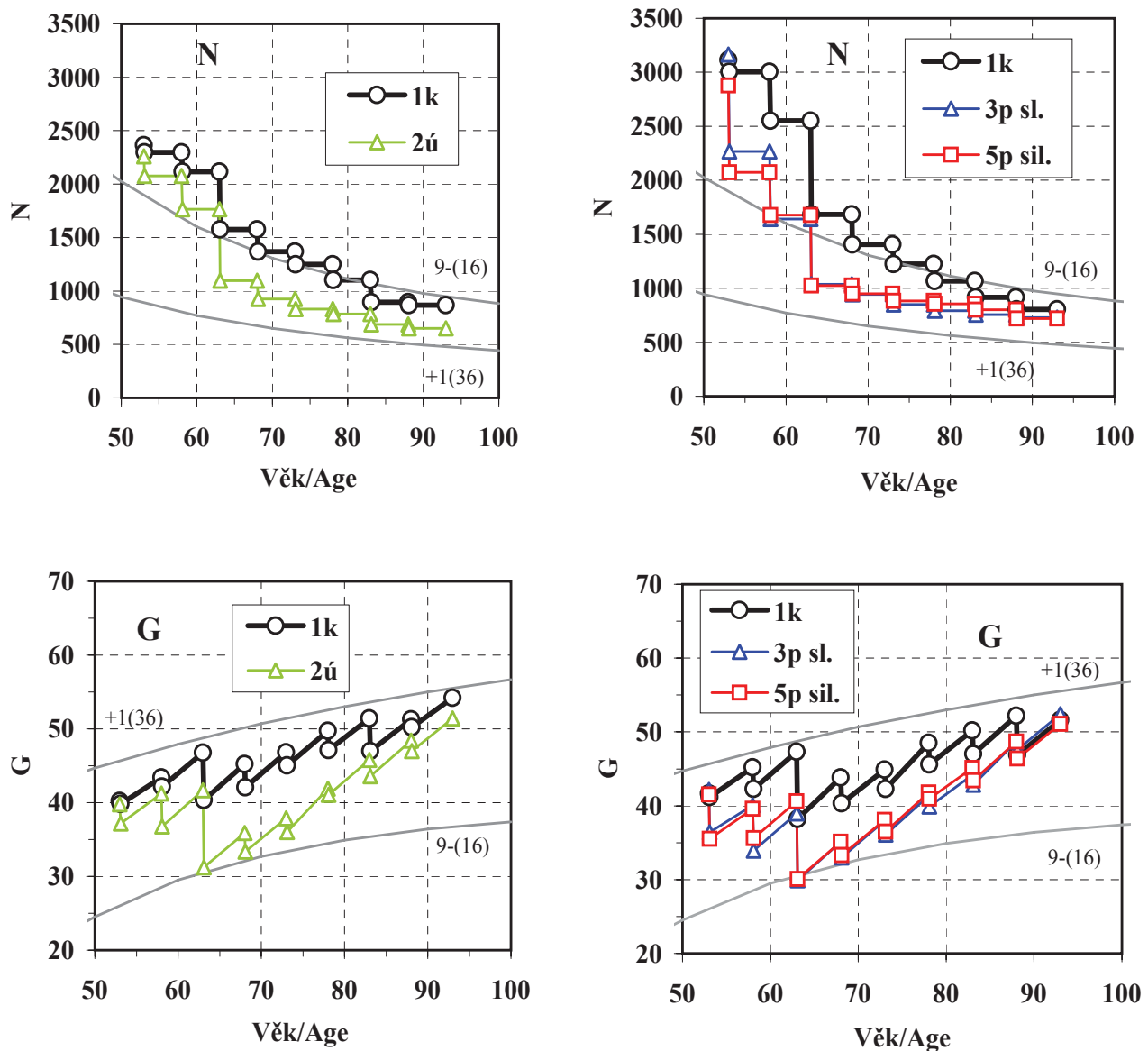
Tab. 1.

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 <sup>1</sup> | Název řady <sup>2</sup> | Rok založení <sup>3</sup> | Věk 2005 (roky) <sup>4</sup> | Srovnávací plochy <sup>5</sup> | Lesní oblast <sup>6</sup>    | Nadmořská výška (m) <sup>7</sup> | SLT <sup>8</sup> |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------|
| 1                 | Polička I.              | 1964                      | 94                           | 2                              | 16 - Českomoravská vrchovina | 690                              | 6K               |
| 2                 | Polička II.             | 1964                      | 93                           | 3                              | 16 - Českomoravská vrchovina | 690                              | 6K               |
| 3                 | Nasavrky                | 1964                      | 79                           | 2                              | 16 - Českomoravská vrchovina | 660                              | 5S               |
| 4                 | Bruntál                 | 1964                      | 79                           | 3                              | 29 - Nizký Jeseník           | 580                              | 5S               |
| 5                 | Blaník I.               | 1966                      | 71                           | 3                              | 16 - Českomoravská vrchovina | 410                              | 4K               |
| 6                 | Blaník II.              | 1966                      | 71                           | 3                              | 16 - Českomoravská vrchovina | 410                              | 4K               |
| 7                 | Planá                   | 1969                      | 103                          | 3                              | 11 - Český les               | 620                              | 5K               |
| 8                 | Železná Ruda I.         | 1969                      | 97                           | 2                              | 13 - Šumava                  | 910                              | 6K               |
| 9                 | Železná Ruda II.        | 1969                      | 76                           | 3                              | 13 - Šumava                  | 930                              | 6K               |
|                   |                         |                           | Celkem <sup>9</sup>          | 24                             |                              |                                  |                  |

<sup>1</sup>Series, <sup>2</sup>Name of series, <sup>3</sup>Established, <sup>4</sup>Age 2005 (years), <sup>5</sup>Comparative plots, <sup>6</sup>Forest region, <sup>7</sup>Elevation, <sup>8</sup>Forest type group, <sup>9</sup>Total

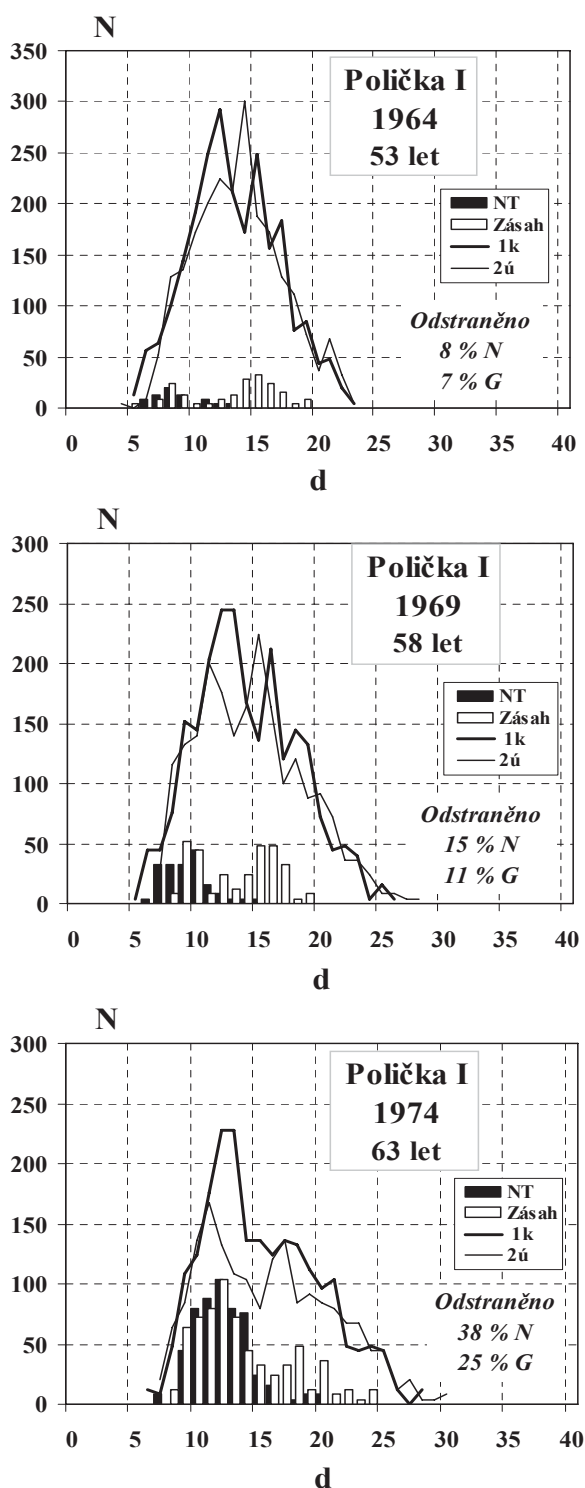


Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N (ks. ha<sup>-1</sup>) a výčetní kruhové základny G (m². ha<sup>-1</sup>) na srovnávacích plochách experimentální řady Polička I (vlevo) a Polička II (vpravo) ve věku 53 - 93 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ et al. 1996)

Number of trees (N, trees per 1 ha) and basal area (G, m² per 1 ha) on comparative plots of experimental series Polička I and Polička II at the age 53 - 93 years compared with Growth Tables (ČERNÝ et al. 1996).





Obr. 3a.

Floušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Polička I ve věku 53 – 63 let (NT – nahodilá těžba, N – počet stromů na 1 ha, d – tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning compared with mortality on control plot 1k without thinning on Polička I experimental series at the age of 53 – 63 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, Odstraněno/removed)

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 53 – 63 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na ploše 2ú – 8,9 m<sup>2</sup> a byl tedy o 0,8 m<sup>2</sup> větší než na ploše kontrolní (8,1 m<sup>2</sup>).

Od posledního (třetího) výchovného zásahu ve věku 63 let (1974) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2004 (věk 93 let) samovolně snížil:

- na kontrolní ploše 1k na 868 stromů (mortalita ve věku 53 – 93 let 1 496 jedinců),
- na srovnávací ploše 2ú na 652 stromů (zásahy 1 164 a mortalita 444 jedinců).

Mortalita v posledních 30 letech sledování (věk porostů 64 – 93 let) představovala na kontrolní ploše 708 (45 %) jedinců, zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 53 – 63 let) bylo v posledních 30 letech nahodile odstraněno 444 stromů (40 % stavu hlavního porostu ve věku 63 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při třetí revizi ve věku 63 let (1974), kdy ubylo po sněhovém polomu 26 % počtu (540 stromů) a 14 % výčetní kruhové základny G (6,4 m<sup>2</sup>). Poškození experimentálního porostu takového rozsahu se během sledování nevyskytlo. Významný výskyt poškození byl zaznamenán ještě při sedmé revizi ve věku 83 let (1994), počet poškozených stromů však byl ve srovnání s předchozím případem méně než poloviční (208 stromů). Při ostatních revizích se podíl poškozených stromů a souší pohyboval od 3 do 13 % tvořících 1 až 7 % G.

Celkově byl na srovnávací ploše 2ú s výchovou za období sledování experimentu (53 – 93 let) počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší ve srovnání s kontrolou ca třetinový a tvořil 43 % G.

Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 93 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, zůstala největší na kontrolní ploše 1k (54,7 m<sup>2</sup>). Na srovnávací ploše 2ú s výchovou dosáhla 51,4 m<sup>2</sup>. Oproti výchozímu stavu se zvýšila na kontrole o 14,5 m<sup>2</sup> a na ploše 2ú o 11,6 m<sup>2</sup>.

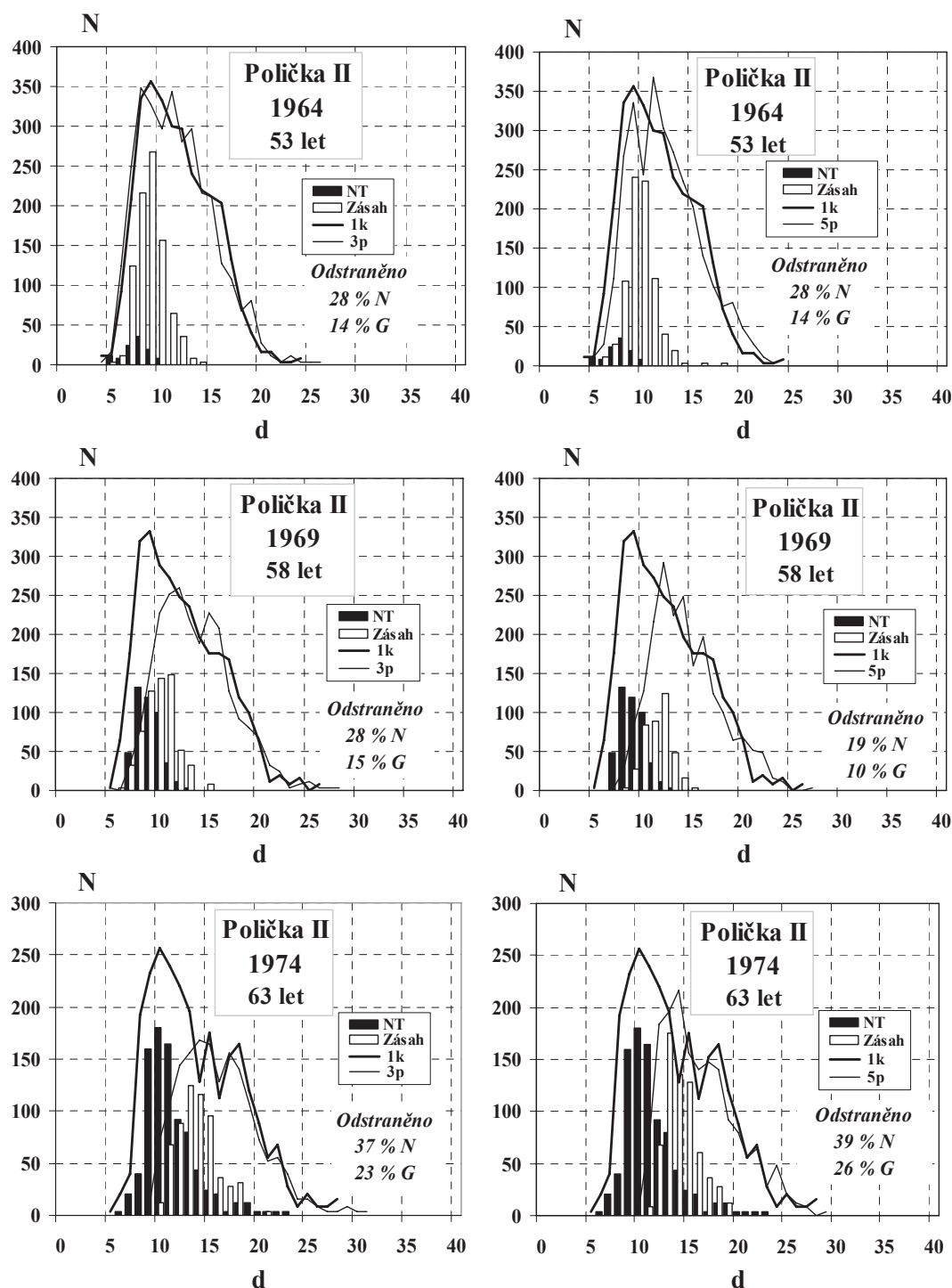
Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 2,6 m<sup>2</sup> menší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (35,4 m<sup>2</sup> na kontrole a 38,0 m<sup>2</sup> na ploše 2ú). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 20,9 m<sup>2</sup> kruhové základny (59 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 8,9 m<sup>2</sup> (23 % periodního přírůstu).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 53 – 93 let):

- na kontrolní ploše 1k 14,5 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 2ú 29,1 m<sup>2</sup>.

#### Počet stromů a výčetní kruhová základna řady Polička II

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 53 let bylo v porostech obou srovnávacích ploch 3p a 5p negativním výběrem v podúrovni odstraněno 28 % stromů (N) tvořících 14 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3b. V obou případech se jednalo o klasický podúrovňový zásah, při kterém byly odstraněny stromy tenčí, než byla střední výčetní tloušťka (tab. 3).



Obr. 3b.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Polička II ve věku 53 - 63 let (NT - nahodilá těžba, N - počet stromů na 1 ha, d - tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning compared with mortality on control plot 1k without thinning on Polička II experimental series at the age of 53 - 63 years (NT - salvage cut, Zásah - thinning, N - number of trees per hectare, d - diameter in cm, Odstraněno/removed)

Zásahy se opakovaly ještě dvakrát do věku 63 let (1974) v pětiletých periodách a bylo při nich odebráno negativním výběrem v podúrovni na srovnávací ploše 3p 28 a 37 % N (15 a 23 % G) a na srovnávací ploše 5p 19 a 39 % N (10 a 26 % G).

Třetí a poslední experimentální zásah v roce 1974 byl stejně jako u sousední řady Polička I ovlivněn sněhovým polomem, při kterém

bylo na kontrole odebráno 34 % stromů a 19 % výčetní kruhové základny G. Na srovnávací plochách 3p a 5p s výchovou bylo proto rovněž nutné nejprve odstranit polomy a potom teprve zásah dokončit podle metodiky.

Po třech výchovných zásazích v pětiletých periodách, tj. 10 let po zahájení experimentu (rok 1974, věk 63 let), zůstalo:

Tab. 2.

Základní údaje o vývoji experimentu Polička I

Basic data on development of Polička I experiment

| Polička I |                                          | 1964<br>53 let     |      |    |                  | 1969<br>58 let     |      |    |                  | 1974<br>63 let     |      |    |                  | NT<br>68-93<br>let | NT<br>53-93<br>let | 2004<br>93 let<br>Sdružený<br>porost | Přírůst<br>53-93<br>let | Přírůst<br>- NT | ÚTP<br>53-63<br>let |
|-----------|------------------------------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
|           |                                          | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost |                    |                    |                                      |                         |                 |                     |
| 1k        | N<br>(ks.ha <sup>-1</sup> )              | 2364               | 68   | 3  | 2296             | 2296               | 180  | 8  | 2116             | 2116               | 540  | 26 | 1576             | 708                | 1496               | 868                                  | ◊                       | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 2260               | 184  | 8  | 2076             | 2076               | 312  | 15 | 1764             | 1764               | 668  | 38 | 1096             | 444                | 444                | 652                                  | ◊                       | ◊               | 1164                |
| 1k        | G<br>(m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 40,2               | 0,4  | 1  | 39,8             | 43,4               | 1,2  | 3  | 42,2             | 46,8               | 6,4  | 14 | 40,3             | 12,8               | 20,9               | 54,7                                 | 35,4                    | 14,5            | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 39,8               | 2,6  | 7  | 37,2             | 41,2               | 4,4  | 11 | 36,8             | 41,7               | 10,4 | 25 | 31,3             | 8,9                | 8,9                | 51,4                                 | 38,0                    | 29,1            | 17,5                |
| 1k        | d<br>(cm)                                | 14,7               | 8,8  | ◊  | 14,9             | 15,5               | 9,4  | ◊  | 15,9             | 16,8               | 12,3 | ◊  | 18,1             | ◊                  | ◊                  | 28,3                                 | 8,0                     | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 15,0               | 13,4 | ◊  | 15,1             | 15,9               | 13,5 | ◊  | 16,3             | 17,3               | 14,1 | ◊  | 19,1             | ◊                  | ◊                  | 31,7                                 | 11,8                    | ◊               | ◊                   |
| 1k        | h<br>(m)                                 | 15,8               | 11,4 | ◊  | 15,9             | 16,6               | 11,9 | ◊  | 16,9             | 18,4               | 15,2 | ◊  | 19,1             | ◊                  | ◊                  | 27,7                                 | 8,8                     | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 16,0               | 14,9 | ◊  | 16,0             | 16,8               | 15,2 | ◊  | 17,1             | 18,4               | 16,4 | ◊  | 19,4             | ◊                  | ◊                  | 29,5                                 | 10,1                    | ◊               | ◊                   |
| 1k        | h/d                                      | 107                | 129  | ◊  | 107              | 107                | 127  | ◊  | 106              | 109                | 123  | ◊  | 106              | ◊                  | ◊                  | 98                                   | ◊                       | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 106                | 111  | ◊  | 106              | 106                | 113  | ◊  | 104              | 106                | 116  | ◊  | 101              | ◊                  | ◊                  | 90                                   | ◊                       | ◊               | ◊                   |
| 1k        | d <sub>200</sub><br>(cm)                 | 21,3               | ◊    | ◊  | ◊                | 22,9               | ◊    | ◊  | ◊                | 24,9               | ◊    | ◊  | ◊                | ◊                  | ◊                  | 36,4                                 | 15,1                    | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 21,8               | ◊    | ◊  | ◊                | 23,5               | ◊    | ◊  | ◊                | 25,6               | ◊    | ◊  | ◊                | ◊                  | ◊                  | 39,1                                 | 19,3                    | ◊               | ◊                   |
| 1k        | h <sub>200</sub><br>(m)                  | 18,9               | ◊    | ◊  | ◊                | 20,2               | ◊    | ◊  | ◊                | 22,2               | ◊    | ◊  | ◊                | ◊                  | ◊                  | 30,6                                 | 11,7                    | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 19,3               | ◊    | ◊  | ◊                | 20,7               | ◊    | ◊  | ◊                | 22,5               | ◊    | ◊  | ◊                | ◊                  | ◊                  | 30,9                                 | 12,4                    | ◊               | ◊                   |
| 1k        | Hh <sub>200</sub> /d <sub>200</sub>      | 89                 | ◊    | ◊  | ◊                | 88                 | ◊    | ◊  | ◊                | 89                 | ◊    | ◊  | ◊                | ◊                  | ◊                  | 84                                   | ◊                       | ◊               | ◊                   |
| 2ú        |                                          | 89                 | ◊    | ◊  | ◊                | 88                 | ◊    | ◊  | ◊                | 88                 | ◊    | ◊  | ◊                | ◊                  | ◊                  | 79                                   | ◊                       | ◊               | ◊                   |

Pozn.: P – přírůst, NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah (případně těžba souší a zlomů), ÚTP – úmyslná těžba předemtní, Sdružený porost (porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě), Hlavní porost (porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů), 1k – kontrolní porost bez výchovy, 2ú – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – štíhlostní kvocient, d<sub>200</sub> – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h<sub>200</sub> – průměrná výška 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h<sub>200</sub>/d<sub>200</sub> – štíhlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar

Note: P – increment, NT – salvage cut, T – thinning, ÚTP – planned intermediate cutting, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), 1k – control plot without thinning, 2ú – comparative plot with thinning from above, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d<sub>200</sub> – diameter of 200 thickest trees, h<sub>200</sub> – height of 200 thickest trees, h<sub>200</sub>/d<sub>200</sub> – quotient of slenderness of 200 thickest trees

- na kontrolní ploše 1k celkem 1 680 stromů (mortalita 1 432 stromů),
- na srovnávací ploše 3p celkem 1 036 stromů (při výchově odstraněno 2 128 stromů),
- na srovnávací ploše 5p celkem 1 024 stromů (při výchově odstraněno 1 852 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 63 let:

- na kontrolní ploše 1k – 38,2 m<sup>2</sup> (pokles o 3,5 m<sup>2</sup>),
- na srovnávací ploše 3p – 29,9 m<sup>2</sup> (pokles o 12,3 m<sup>2</sup>),
- na srovnávací ploše 5p – 30,1 m<sup>2</sup> (pokles o 11,4 m<sup>2</sup>).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 53 – 63 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásadách a nahodilé těžby na kontrole na plochách 3p a 5p – 8,7 a 9,1 m<sup>2</sup> a byl tedy na ploše 5p téměř stejný (menší o 0,1 m<sup>2</sup>) a na ploše 3p o 0,3 m<sup>2</sup> menší než na kontrole (9,0 m<sup>2</sup>).

Od posledního (třetího) výchovného zásahu ve věku 63 let (1974) se všechny tři porosty výzkumné řady Polička II vyvíjely bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2004 (věk 93 let) samovolně snížil:

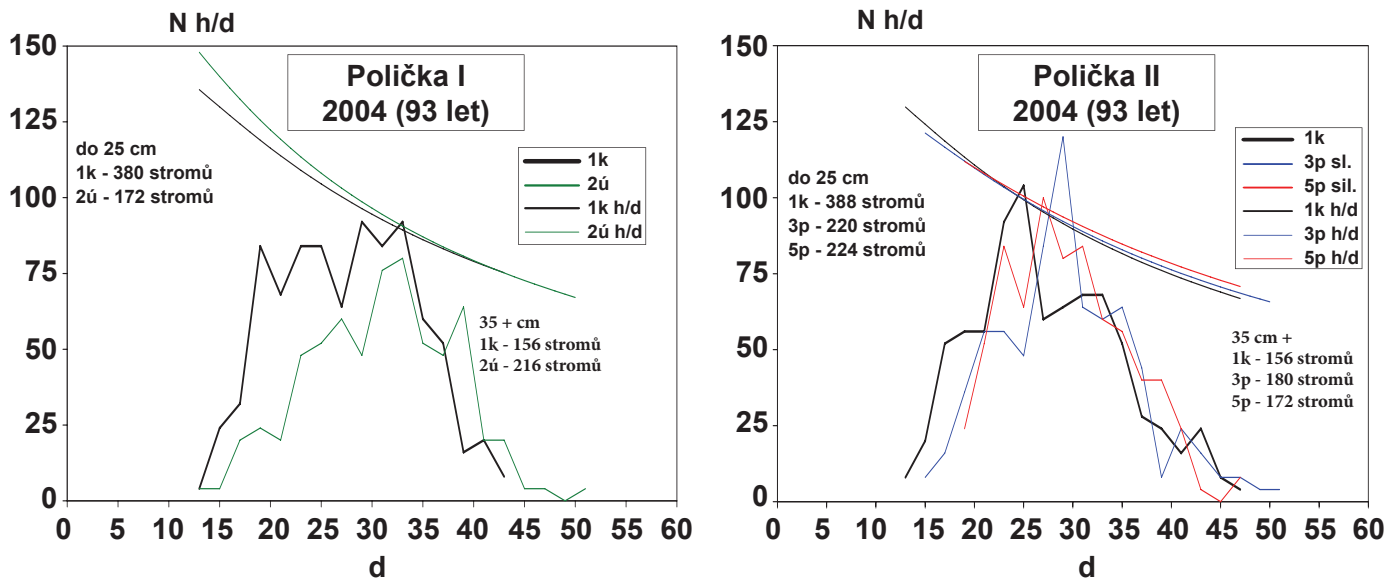
- na kontrolní ploše 1k na 804 stromů (mortalita ve věku 53 – 93 let 2 308 jedinců),
- na srovnávací ploše 3p na 728 stromů (zásahy 2 128 a mortalita 308 jedinců),
- na srovnávací ploše 5p na 720 stromů (zásahy 1 852 a mortalita 304 jedinců).

Mortalita v posledních 30 letech sledování (věk porostů 64 – 93 let) představovala na kontrolní ploše 880 (52 %) jedinců, zatímco na srovnávacích plochách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovni (prováděném ve věku 53 – 63 let) bylo v posledních 30 letech nahodile odstraněno 308 a 304 stromů (tj. v obou případech ca 30 % stavu hlavního porostu ve věku 63 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k stejně jako na řadě Polička I při třetí revizi ve věku 63 let (1974), kdy ubylo po sněhovém polomu 34 % počtu (872 stromů) tvořících 19 % výčetní kruhové základny G (9,1 m<sup>2</sup>). Poškození experimentálního porostu takového rozsahu se během sledování tohoto experimentu nevyskytlo. Významnější poškození bylo zaznamenáno ještě při čtvrté revizi ve věku 68 let (1979), počet poškozených stromů však byl ve srovnání s předchozím případem méně než třetinový (280 stromů). Při ostatních revizích podíl poškozených stromů a souší na kontrole nepřekročil 15 % N a 6 % G.

Celkově představoval počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou za období sledování experimentu (53 – 93 let) ve srovnání s kontrolou ca 13 % N a 27 % G.

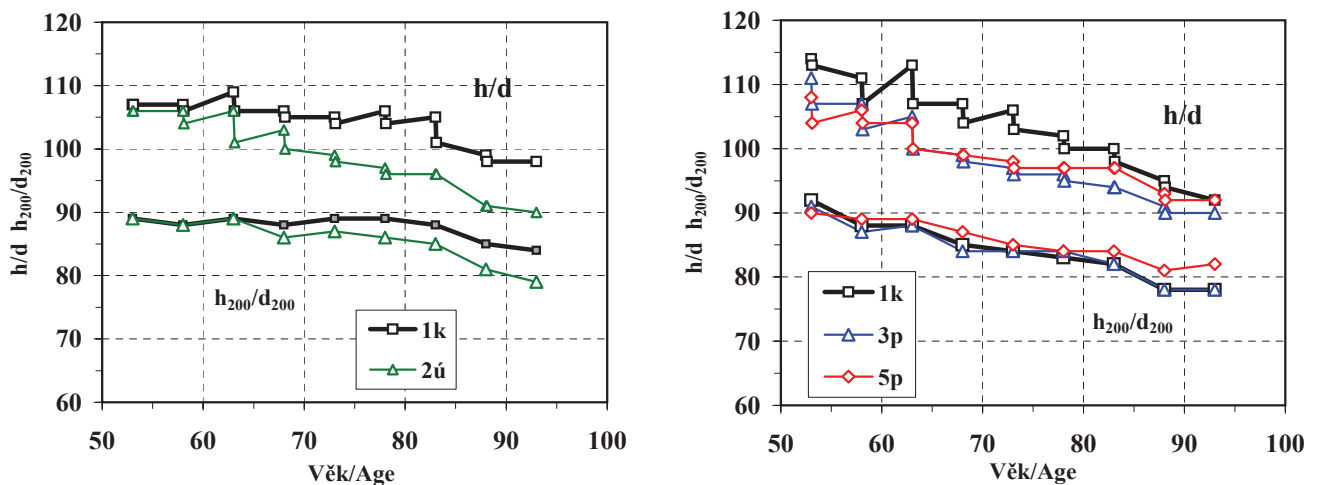
Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 93 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, zůstala největší na srovnávací ploše 3p (52,4 m<sup>2</sup>). Na srovnávací ploše 5p dosáhla 51,1 m<sup>2</sup> a na kontrole 51,3 m<sup>2</sup>. Oproti výchozímu stavu se zvýšila na kontrole o 9,6 m<sup>2</sup> a na plochách s výchovou 3p a 5p o 10,2 a 9,6 m<sup>2</sup>.



Obr. 4.

Tloušťková struktura (N - počet stromů na 1 ha) a štíhlostní kvocient (h/d) podle tloušťkových stupňů (d - výčetní tloušťka v cm) na experimentální řadě Polička I (vlevo) a Polička II (vpravo) při poslední revizi v roce 2004 ve věku 93 let

Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Polička I (left) and Polička II (right) at the age of 93 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, h/d – quotient of slenderness)



Obr. 5.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene a horního stromového patra na experimentální řadě Polička I (vlevo) a Polička II (vpravo) ve věku 53–93 let

Development of h/d ratio of mean stem and upper tree story (200 thickest trees per hectare) on experimental series Polička I (left) and Polička II (right) at the age of 53 – 93 years

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souše a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 0,6 m<sup>2</sup> a o 1,4 m<sup>2</sup> větší než na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou (39,8 m<sup>2</sup> na kontrole a 39,2 a 38,4 m<sup>2</sup> na plochách 3p a 5p). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 30,1 m<sup>2</sup> kruhové základny (76 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 8,0 a 8,2 m<sup>2</sup> (20 a 21 % periodního přírůstu G).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 53 – 93 let):

- na kontrolní ploše 1k 9,7 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 3p 31,2 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 5p 30,1 m<sup>2</sup>.

### Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1964 do roku 1974, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3a, 3b) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 3a, před zahájením experimentu v roce 1964 (věk porostu 53 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách 1k a 2ú řady Polička I a ploch 1k, 3p a 5p řady Polička II téměř identická. V rámci obou sledovaných řad nebyly shledány statisticky významné rozdíly mezi srovnávanými variantami. Tloušťková struktura řady Polička I byla symetrická, kdežto na řadě Polička II byla patrná levostranná asymetrie.

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše 2ú řady Polička I byl dodržen při všech třech experimentálních výchovných zásazích. Při úrovnových zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních. Zejména je to patrné při zásahu ve věku 63 let, kdy byly porosty obou řad poškozeny sněhem. Posun výchovných zásahů s pozitivním výběrem v úrovni do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě a také ve srovnání s negativním výběrem v podúrovni na srovnávacích plochách 3p a 5p byl patrný při všech provedených zásazích ve věku 53 – 63 let.

Při poslední revizi ve věku 93 let byly v experimentálních porostech obou sérií zastoupeny stromy o tloušťce od 13 do 50 cm (obr. 4). Nejnížší tloušťkové třídy 13 – 25 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihlостním kvocientem (105 – 148 na řadě I a 100 až 130 na řadě II) byly nejvíce zastoupeny na kontrolních plochách 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 380 (řada I) a 388 (řada II). Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm o 55 % nižší (172 jedinců) a na srovnávacích plochách s negativním výběrem v podúrovni 3p a 5p o 43 a 42 % nižší (220 a 224 jedinců).

Počet stromů s výčetní tloušťkou 35 cm a více s relativně příznivějším štihlостním kvocientem (67 – 86) byl naopak vyšší na ploše 2ú s výchovou (216 jedinců), zatímco na kontrole bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 156, tj. o 28 % méně než

na ploše 2ú s výchovou. Větší počet silnějších stromů (o 15 a 10 %) ve srovnání s kontrolou (156 jedinců) byl zaznamenán rovněž na srovnávacích plochách s negativním výběrem v podúrovni 3p a 5p (180 a 172 jedinců).

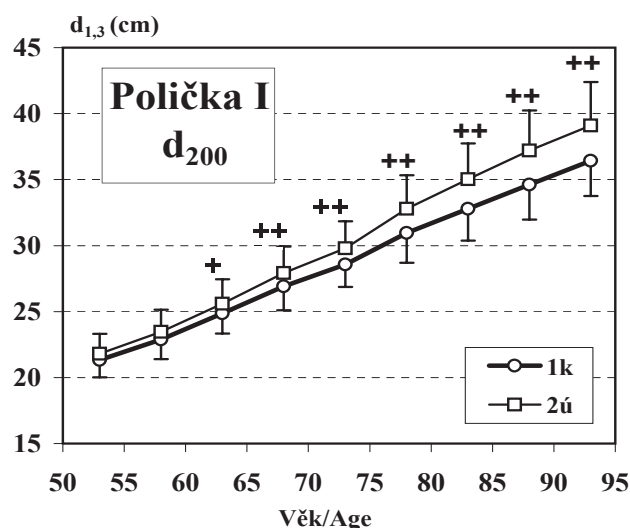
Pozitivní efekt výchovy se na sledovaných řadách projevil především nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějším štihlостním kvocientem, patrným především na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni. Z porovnání tloušťkových struktur v roce 2004 (věk 93 let) vyplývají signifikantní rozdíly mezi variantami řady I (1k se průkazně liší od 2ú) a řady II (5p se průkazně liší od 1k a 3p).

### Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihlостním kvocientem středního kmene a štihlостním kvocientem horního stromového patra ( $d_{200}$ ) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1964 dosahoval štihlостní kvocient středního kmene na řadě I hodnot 106 (1k) a 107 (2ú) a na řadě II hodnot 114 (1k), 111 (3p) a 108 (5p) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi. Pokles nastal až po třetí revizi ve věku 63 let (tab. 2, 3, obr. 5), kdy na kontrolních variantách dosáhl štihlостní kvocient středního kmene hodnot 109 (řada I) a 113 (řada II). Na plochách s výchovou byl zaznamenán pokles kvocientu již od počátku sledování.

V dalším období štihlостní kvocient středního kmene na kontrole dále klesal, částečně také početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem.

Na srovnávacích plochách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovni byl pokles po kulminaci výraznější, především v dů-

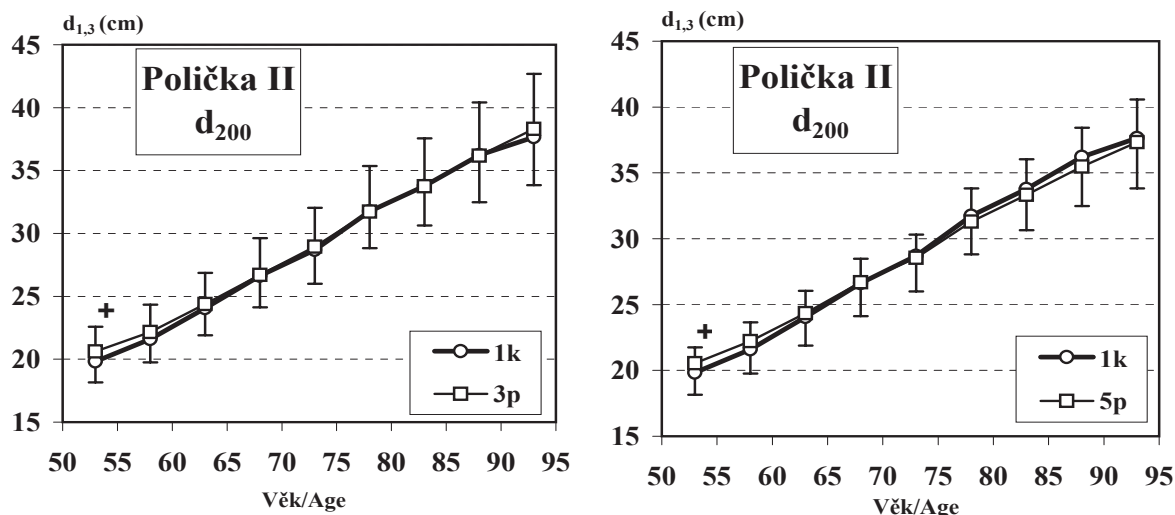


Obr. 6.

Vývoj výčetní tloušťky  $d_{200}$  (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Polička I (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1964 - 2004 (věk 63 - 93 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti  $p \leq 0,05$  (+) a  $p \leq 0,01$  (++).

Development of diameter  $d_{200}$  (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Polička I (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1964 - 2004 (age of 63 - 93 years). Significant differences on confidence level  $p \leq 0.05$  (+) and  $p \leq 0.01$  (++) are showed.





Obr. 7.

Vývoj výčetní tloušťky  $d_{200}$  (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Polička II (porovnání variant 1k, 3p a 1k, 5p) v období 1964 - 2004 (věk 63 - 93 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti  $p \leq 0,05$  (+) a  $p \leq 0,01$  (++).

Development of diameter  $d_{200}$  (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Polička II (comparison between variants 1k, 3p and 1k, 5p) in the period 1964 - 2004 (age of 63 - 93 years). Significant differences on confidence level  $p \leq 0.05$  (+) and  $p \leq 0.01$  (++) are showed.

ledku početních posunů po odstranění převážně nejslabších stromů při výchovných zásazích. V případě úrovnových zásahů na variantě 2ú byly početní posuny menší s výjimkou třetího zásahu ve věku 63 let, kdy byla odstraněna část podúrovnových jedinců poškozených sněhem. Po celou dobu sledování neklesl štihllostní kvocient středního kmene pod hodnotu 90 na žádné ze sledovaných variant.

Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štihllostního kvocientu  $h_{200}/d_{200}$  rovněž vyrovnané bez statisticky signifikantních rozdílů uvnitř obou sledovaných řad. Štihllostní kvocient horního stromového patra dosahoval na sledovaných plochách hodnot 89 až 92 a měl s výjimkou kontrolní plochy řady I od počátku sledování klesající trend. Při poslední revizi v roce 2004 (věk 93 let) klesl štihllostní kvocient stromů horního patra na plochách 1k (řada II), 3p a 2ú pod hodnotu 80 a na plochách 5p a 1k (řada I) se k této hodnotě přiblížil. Uvnitř sledovaných řad byl při poslední revizi (2004) nalezen signifikantní rozdíl v hodnotách  $h_{200}/d_{200}$  - v případě řady I vykazoval kontrolní porost 1k průkazně vyšší hodnoty  $h_{200}/d_{200}$  ve srovnání s variantou 2ú, v případě řady II vykazoval podúrovnově vychovávaný porost 5p průkazně vyšší hodnoty  $h_{200}/d_{200}$  ve srovnání s variantami 1k a 3p.

Z provedené analýzy  $d_{200}$  (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar) je zřejmé, že výchovné zásahy prováděné pozitivním výběrem v úrovni v porostu srovnávací plochy 2ú v letech 1964 až 1974 (věk 53 až 63 let) se projeví na signifikantně zvýšeném tloušťkovém přírůstu nejsilnějších kosterních stromů (obr. 6). Efekt negativního výběru v podúrovní sledovaný na variantách 3p a 5p (řada Polička II) se na tloušťkovém přírůstu stromů horního stromového patra neprojevil (obr. 7).

## ZÁVĚRY Z EXPERIMENTŮ POLIČKA I A POLIČKA II

- V období sledování (věk 53 - 93 let) byla výčetní kruhová základna na řadě Polička I největší na kontrolní ploše 1k bez zásahu (54,7 m<sup>2</sup>) a na řadě Polička II na ploše s negativním výběrem v podúrovní 3p (52,4 m<sup>2</sup>). Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolních plochách obou řad redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při třetí a sedmé revizi ve věku 63 a 83 let. Za 40 let sledování se základna kontrolních porostů řad Polička I a II zvýšila z původních 40,2 a 41,7 m<sup>2</sup> na 54,7 a 51,3 m<sup>2</sup>. Za tuto dobu bylo z kontrolních porostů nahodile odstraněno 20,9 a 30,1 m<sup>2</sup> kruhové základny (59 a 76 % přírůstu) jako souše a zlomy.
- Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu snížena třemi výchovnými zásahy ve věku 53 až 63 let zhruba na úroveň 31 m<sup>2</sup>. Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenán její nárůst až na 51,4 m<sup>2</sup> při poslední revizi ve věku 93 let. Přírůst G za dobu sledování (věk 53 - 93 let) zde činil 38,0 m<sup>2</sup> a byl o 2,6 m<sup>2</sup> (o 7 %) vyšší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 8,9 m<sup>2</sup> (23 % periodního přírůstu).
- Na srovnávacích plochách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovní byla výčetní kruhová základna hlavního porostu snížena třemi zásahy ve věku 53 až 63 let zhruba na úroveň 30 m<sup>2</sup>. Od této doby se na obou plochách zvýšila na úroveň plochy kontrolní na ca 51 až 52 m<sup>2</sup>. Přírůst G za dobu sledování (věk 53 - 93 let) zde činil 39,2 a 38,4 m<sup>2</sup> a byl o 0,6 a 1,4 m<sup>2</sup> (o 2 a 4 %) nižší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy, z toho souše představovaly pouze 8,0 a 8,2 m<sup>2</sup> (20 a 21 % periodního přírůstu).
- Vliv úrovnových (2ú) i podúrovnových (3p, 5p) výchovných zásahů vedl po 40 letech sledování ke snížení zastoupení nej-

Tab. 3.

Základní údaje o vývoji experimentu Polička II

Basic data on development of Polička II experiment

| Polička II |                                          | 1964<br>53 let     |      |    |                  | 1969<br>58 let     |      |    |                  | 1974<br>63 let     |      |    |                  | NT<br>68-93<br>let | NT<br>53-93<br>let | 2004<br>93 let<br>Sdružený<br>porost | Přírůst<br>53-93<br>let | Přírůst<br>- NT | ÚTP<br>53-63<br>let |
|------------|------------------------------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
|            |                                          | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | NT<br>68-93<br>let | NT<br>53-93<br>let | 2004<br>93 let<br>Sdružený<br>porost | Přírůst<br>53-93<br>let | Přírůst<br>- NT | ÚTP<br>53-63<br>let |
| 1k         | N<br>(ks.ha <sup>-1</sup> )              | 3112               | 108  | 3  | 3004             | 3004               | 452  | 15 | 2552             | 2552               | 872  | 34 | 1680             |                    |                    |                                      |                         |                 |                     |
| 3p         |                                          | 3164               | 896  | 28 | 2268             | 2268               | 628  | 28 | 1640             | 1640               | 604  | 37 | 1036             |                    |                    |                                      |                         |                 |                     |
| 5p         |                                          | 2876               | 804  | 28 | 2072             | 2072               | 396  | 19 | 1676             | 1676               | 652  | 39 | 1024             |                    |                    |                                      |                         |                 |                     |
| 1k         | G<br>(m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 41,7               | 0,5  | 1  | 41,2             | 45,2               | 2,9  | 6  | 42,3             | 47,3               | 9,1  | 19 | 38,2             | 17,7               | 30,1               | 51,3                                 | 39,8                    | 9,7             |                     |
| 3p         |                                          | 42,2               | 5,8  | 14 | 36,4             | 40,1               | 6,1  | 15 | 33,9             | 39,0               | 9,1  | 23 | 29,9             | 8,0                | 8,0                | 52,4                                 | 39,2                    | 31,2            | 21,0                |
| 5p         |                                          | 41,5               | 6,0  | 14 | 35,5             | 39,6               | 4,0  | 10 | 35,6             | 40,6               | 10,5 | 26 | 30,1             | 8,2                | 8,2                | 51,1                                 | 38,4                    | 30,1            | 20,5                |
| 1k         | d<br>(cm)                                | 13,1               | 7,6  | 0  | 13,2             | 13,8               | 9,1  | 0  | 14,5             | 15,4               | 11,5 | 0  | 17,0             | 0                  | 0                  | 28,5                                 | 9,1                     | 0               | 0                   |
| 3p         |                                          | 13,0               | 9,1  | 0  | 14,3             | 15,0               | 11,2 | 0  | 16,2             | 17,4               | 13,8 | 0  | 19,2             | 0                  | 0                  | 30,3                                 | 11,2                    | 0               | 0                   |
| 5p         |                                          | 13,6               | 9,8  | 0  | 14,8             | 15,6               | 11,3 | 0  | 16,5             | 17,5               | 14,4 | 0  | 19,3             | 0                  | 0                  | 30,1                                 | 10,8                    | 0               | 0                   |
| 1k         | h<br>(m)                                 | 14,9               | 10,4 | 0  | 14,9             | 15,3               | 11,5 | 0  | 15,6             | 17,4               | 14,8 | 0  | 18,3             | 0                  | 0                  | 26,7                                 | 8,8                     | 0               | 0                   |
| 3p         |                                          | 14,5               | 11,1 | 0  | 15,3             | 16,0               | 13,3 | 0  | 16,7             | 18,2               | 16,0 | 0  | 19,2             | 0                  | 0                  | 27,3                                 | 9,2                     | 0               | 0                   |
| 5p         |                                          | 14,6               | 11,5 | 0  | 15,4             | 16,5               | 13,6 | 0  | 17,0             | 18,3               | 16,2 | 0  | 19,3             | 0                  | 0                  | 27,7                                 | 10,0                    | 0               | 0                   |
| 1k         | h/d                                      | 114                | 137  | 0  | 113              | 111                | 126  | 0  | 107              | 113                | 128  | 0  | 107              | 0                  | 0                  | 92                                   | 0                       | 0               | 0                   |
| 3p         |                                          | 111                | 123  | 0  | 107              | 107                | 119  | 0  | 103              | 105                | 115  | 0  | 100              | 0                  | 0                  | 90                                   | 0                       | 0               | 0                   |
| 5p         |                                          | 108                | 118  | 0  | 104              | 106                | 119  | 0  | 104              | 104                | 113  | 0  | 100              | 0                  | 0                  | 92                                   | 0                       | 0               | 0                   |
| 1k         | d <sub>200</sub><br>(cm)                 | 19,8               | 0    | 0  | 0                | 21,6               | 0    | 0  | 0                | 24,1               | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 37,6                                 | 17,8                    | 0               | 0                   |
| 3p         |                                          | 20,6               | 0    | 0  | 0                | 22,2               | 0    | 0  | 0                | 24,4               | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 38,3                                 | 17,7                    | 0               | 0                   |
| 5p         |                                          | 20,6               | 0    | 0  | 0                | 22,2               | 0    | 0  | 0                | 24,3               | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 37,3                                 | 16,7                    | 0               | 0                   |
| 1k         | h <sub>200</sub><br>(m)                  | 18,2               | 0    | 0  | 0                | 19,0               | 0    | 0  | 0                | 21,2               | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 29,3                                 | 11,3                    | 0               | 0                   |
| 3p         |                                          | 18,8               | 0    | 0  | 0                | 19,4               | 0    | 0  | 0                | 21,5               | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 30,0                                 | 10,7                    | 0               | 0                   |
| 5p         |                                          | 18,5               | 0    | 0  | 0                | 19,7               | 0    | 0  | 0                | 21,6               | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 30,5                                 | 12,0                    | 0               | 0                   |
| 1k         | h <sub>200</sub> /d <sub>200</sub>       | 92                 | 0    | 0  | 0                | 88                 | 0    | 0  | 0                | 88                 | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 78                                   | 0                       | 0               | 0                   |
| 3p         |                                          | 91                 | 0    | 0  | 0                | 87                 | 0    | 0  | 0                | 88                 | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 78                                   | 0                       | 0               | 0                   |
| 5p         |                                          | 90                 | 0    | 0  | 0                | 89                 | 0    | 0  | 0                | 89                 | 0    | 0  | 0                | 0                  | 0                  | 82                                   | 0                       | 0               | 0                   |

Pozn.: viz tab. 2/Note see tab. 2

nižších tloušťkových tříd a ke zvýšení zastoupení stromů v nejvyšších tloušťkových třídách ve srovnání s kontrolními plochami 1k bez výchovy.

- Na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (řada Polička I) byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 55 % nižší (380 jedinců na ploše 1k a 172 jedinců na ploše 2ú) a počet nejsilnějších stromů s výčetní tloušťkou nad 35 cm o 38 % vyšší (156 jedinců na ploše 1k a 216 jedinců na ploše 2ú).
- Na variantách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovni (řada Polička II) byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 43 a 42 % nižší (388 jedinců na ploše 1k, 220 a 224 jedinců na ploše 3p a 5p) a počet nejsilnějších stromů s výčetní tloušťkou nad 35 cm o 15 a 10 % vyšší (156 jedinců na ploše 1k, 180 a 172 jedinců na ploše 3p a 5p).
- Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlostním kvocientem byla od počátku pokusu nepříznivá. Štíhlostní kvocient středního kmene dosahoval na řadě I hodnot 106 (1k) a 107 (2ú) a na řadě II hodnot 114 (1k), 111 (3p) a 108 (5p) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi. Pokles nastal na kontrolních plochách až po třetí revizi ve věku 63 let (z hodnot 109 - řada I a 113 - řada II). V dalším období štíhlostní kvocient středního kmene na kontrole dále klesal, částečně také početní-

mi posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Na srovnávacích plochách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovni byl pokles po kulminaci výraznější, především v důsledku početních posunů po odstranění převážně nejslabších stromů při výchovných zásazích. Po celou dobu sledování neklesl štíhlostní kvocient středního kmene pod hodnotu 90 na žádné ze sledovaných variant.

- Štíhlostní kvocient horního stromového patra  $h_{200}/d_{200}$ , který není ovlivněn početními posuny, dosahoval na obou hodnocených řadách výchozích hodnot 90 až 92 a měl s výjimkou kontrolní plochy řady I od počátku sledování klesající trend. Při poslední revizi v roce 2004 (věk 93 let) klesl štíhlostní kvocient stromů horního patra na plochách 1k (II), 3p a 2ú pod hodnotu 80 a na plochách 5p a 1k (I) se k této hodnotě přiblížil. Signifikantní efekt výchovy na zvýšení statické stability porostu byl prokázán pouze u varianty 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (průkazně zvýšená výčetní tloušťka stromů horního patra  $d_{200}$ ).

#### Poděkování:

Príspevek 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

- 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.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s., 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- 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. 45-50

## Norway spruce thinning experiments – Series Polička I and Polička II (1964)

### Summary

Experimental series Polička I and Polička II were founded in forest region 16 – the Českomoravská vrchovina Mts. in 1964 in 53-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series (tab. 1). Series Polička I consists of two plots (1k, 2ú) and series Polička II consists of three comparative plots (1k, 3p, 5p) with dimensions 50 m x 50 m, i. e. 0.25 ha each (fig. 1). Comparative plots 1k are control plots without designed thinning, comparative plot 2ú is the stand with thinning by positive selection from above and comparative plots 3p and 5p are the stands with thinning by negative selection from below (3p lower and 5p higher intensity).

Presented study is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands. After analyses of the results from the 40-year period of observation, it can be concluded:

- In the period of observation (age of 53 - 93 years), the basal area was the biggest on series Polička I on control unthinned plot 1k (54.7 m<sup>2</sup>) and on series Polička II on plot 3p with negative selection from below (52.4 m<sup>2</sup>). On control plots of both series, basal area increment was reduced by snow damage and mortality, especially in the third and seventh revision at the age of 63 and 83 years. During the 40-year period of observation, basal area of control plots increased from 40.2 to 54.7 m<sup>2</sup> (Polička I) and from 41.7 to 51.3 m<sup>2</sup> (Polička II). Snags or breaks represented on control plots 20.9 and 30.1 m<sup>2</sup> (i. e. 59 and 76% of basal area increment) on series I and II, respectively (fig. 2, tab. 2 and 3).
- On comparative plot 2ú (positive selection from above), the basal area was reduced by three thinnings on ca 31 m<sup>2</sup> at the age of 53 – 63 years. In the following period, basal area increased to 51.4 m<sup>2</sup> in the last revision at the age of 93 years. During the period of observation (age of 53 – 93 years), periodic basal area increment (including planned and salvage cutting) was 38.0 m<sup>2</sup>, i. e. about 2.6 m<sup>2</sup> (about 7%) higher than on control unthinned plot 1k. Snags or breaks represented only 8.9 m<sup>2</sup> (i. e. 23% of periodic basal area increment).
- On comparative plots 3p and 5p (negative selection from below - 3p lower and 5p higher intensity), the basal area was reduced by three thinnings on ca 30 m<sup>2</sup> at the age of 53 – 63 years. In the following period, basal area increased to control plot level about 51 – 52 m<sup>2</sup>. During the period of observation (age of 53 – 93 years), periodic basal area increment (including planned and salvage cutting) was 39.2 and 38.4 m<sup>2</sup>, i. e. about 0.6 and 1.4 m<sup>2</sup> (about 2 and 4%) higher than on control unthinned plot 1k. Snags or breaks represented only 8.0 and 8.2 m<sup>2</sup> (i. e. 20 and 21% of periodic basal area increment).
- After 40 years of observation, the effect of thinning by the positive selection from above (plot 2ú) and by negative selection from below (plots 3p and 5p) on diameter structure was observed (fig. 3a, 3b and 4). On thinned variants 2ú, 3p and 5p, abundance of small-sized individuals (diameter classes up to 25 cm) decreased and abundance of thickest trees (diameter classes over 35 cm) increased compared with control unthinned plots 1k. Diameter distribution was significantly (by the Kolmogorov-Smirnov two sample tests) different on thinned plots 2ú and 5p compared with particular control plots (at the age of 93 years in 2003).
- Static stability characterized by h/d ratio was unfavourable from the beginning of observation. The h/d ratio of mean stem achieved the values 106 (1k) and 107 (2ú) on series I and 114 (1k), 111 (3p) and 108 (5p) on series II (fig. 5). In both control plots, decrease of this ratio was observed after culmination in the third revision at the age of 63 years (from values 109 – series I and 113 – series II). In following period, h/d ratio of mean stem decreased on control plots, partly as a result of mortality of thin unstable individuals. On the plots with negative selection from below (3p and 5p), h/d ratio decreased after culmination markedly, mainly due to trees number shifts after thinning focused on the thinnest individuals with unfavourable very high h/d ratio. During the period of observation (age of 53 - 93 years), h/d ratio of mean stem on all plots does not decrease below the value 90.
- Quotient of slenderness of dominant trees  $h_{200}/d_{200}$  (200 thickest individuals per hectare), which is not influenced by trees number shift, achieved the values from 90 to 92 on both series and (with the exception of control plot on series I) showed decreasing trend (fig. 5). In the last revision (2004, age of 93 years),  $h_{200}/d_{200}$  ratio came down under (plots 1k - series II, 3p and 2ú) or near (plots 5p and 1k - series I) the value of 80. Effect of thinning on increase of diameter of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) was significant on series I, i. e. for variant 2ú (fig. 6, 7).

Recenzováno



## EXPERIMENT S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO - NASAVRKY (1964)

### Norway spruce thinning experiment – Series Nasavrky (1964)

#### Abstract

Experimental series at Nasavrky was founded in forest region 16 – the Českomoravská vrchovina Mts. in 1964 in 38-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. The series consists of two comparative plots with dimensions 50 m x 50 m, i. e. 0.25 ha each. Comparative plot 1k is the control plot without designed thinning and comparative plot 2ú is the stand with thinning by positive selection from above. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 40-year period of observation.

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

## ÚVOD

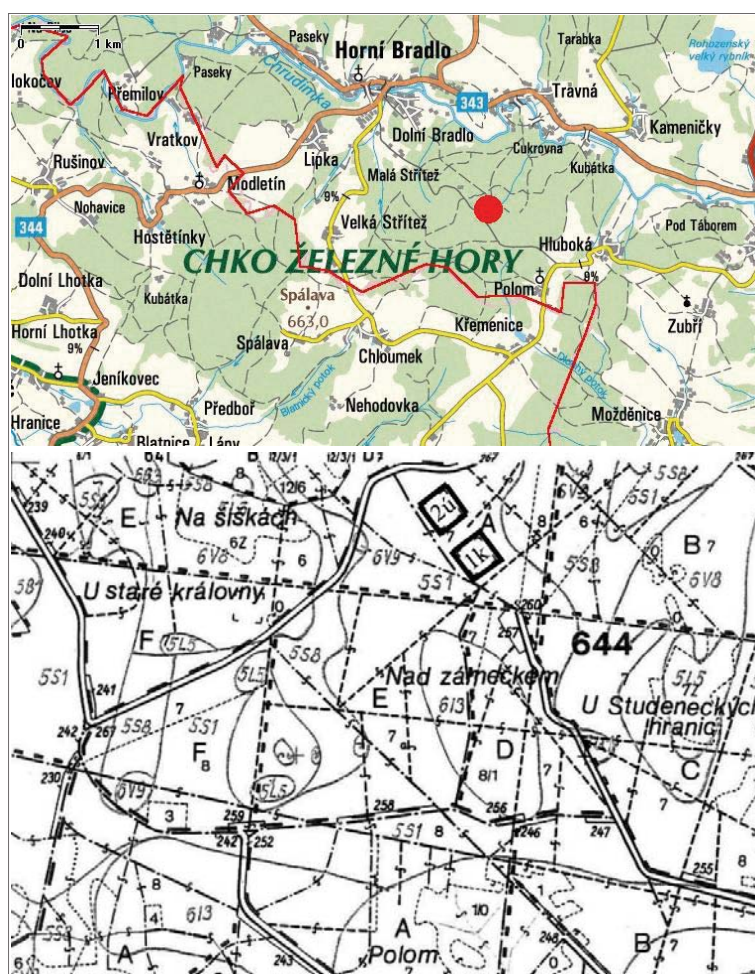
V období 1956 až 1973 bylo v rámci aktivit VÚLHM Jíloviště-Strnady ve čtyřech časových sériích založeno ve smrkových porostech 46 výzkumných řad pro řešení problematiky porostní výchovy (série 1 v letech 1956 – 1958, série 2 v roce 1960, série 4 v letech 1964 – 1969 a série 5 v letech 1971 až 1973, série 3 byla založena v borových porostech). Ze čtvrté série experimentů s výchovou smrkových porostů, založené Ing. Pařezem v letech 1964 až 1969, se dochovalo celkem 9 výzkumných řad (Polička I a II, Nasavrky, Bruntál, Bláník I a II, Planá a Železná Ruda I a II). Předkládaná práce se zabývá hodnocením třetí řady Nasavrky. Další experimentální řady budou hodnoceny individuálně v následujících příspěvcích. Souhrnné vyhodnocení celé 4. série je obdobné jako u 1. a 2. série experimentů (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b) předmětem samostatného sdělení.

Experimentální řada Nasavrky byla založena v lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina v roce 1964 v 38letém smrkovém porostu na LHC Nasavrky, revír Proseč (porost 644 A7 podle LHP 1990). Zeměpisné souřadnice experimentální řady v systému WGS-84 jsou 15°45'29" v. d., 49°47'24" s. š. Porost se nachází na mírném severním svahu se sklonem 5 %, v nadmořské výšce 660 m.

Smrková kultura je hospodářským lesem na LT SS - svěží bučina s ostřicí prstnatou (*Fagetum oligo-mesotrophicum* – *Carex digitata*). Bylinný kryt v porostu tvoří hlavně acidofilní druhy *Avenella flexuosa*, *Carex pilulifera*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Senecio ovatus*, *Athyrium filix femina*, *Dryopteris dilatata*, *Phegopteris connectilis*. Bylinné druhy většinou odrážejí stav humusové vrstvy, která je zde tvořena kyselým smrkovým opadem. O nevýraznosti acidity stanoviště částečně svědčí zmlazování javoru kleny. LT byl určen podle okraje porostu, kde se mimo samozřejmých pasečných druhů vyskytoval i druh *Carex digitata* (VIEWEGH 2002).

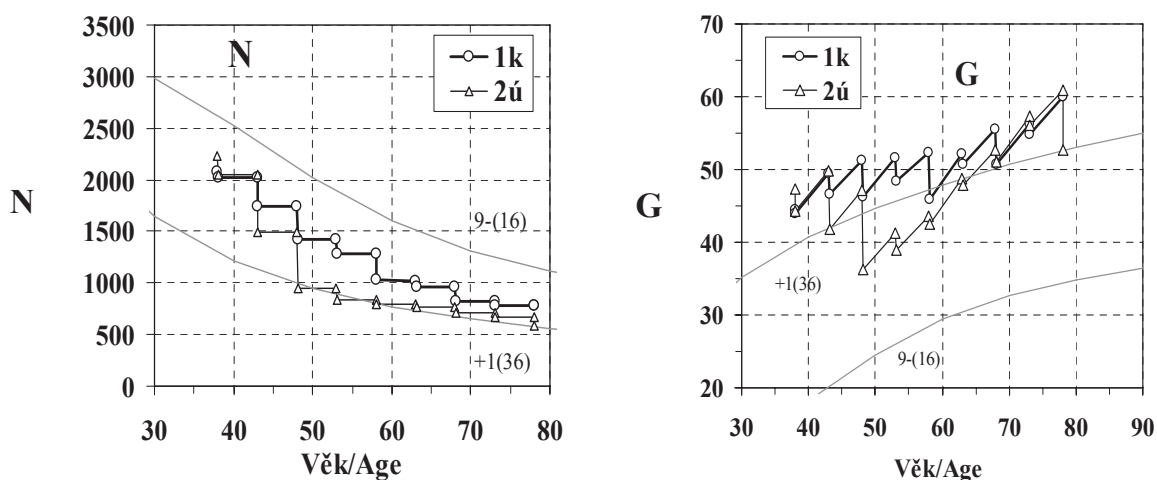
Půdní typ byl charakterizován jako kambizem ranerová. Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 800 mm a průměrná roční teplota vzduchu za stejné období dosahovala 7 °C.

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PAŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků byly již publikovány (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Experimentální řadu Nasavrky tvoří dvě dílčí srovnávací plochy (1k a 2ú), každá o velikosti 50 m x 50 m, tj. 0,25 ha (obr. 1). Srovnávací plocha 1k je kontrolní, bez výchovy.



Obr. 1. Umístění experimentálních řad Nasavrky (Geobáze® 1997 – 2000) a výřez z obrysové mapy LHC Nasavrky (LHP k 1. 1. 1990)  
 Geographic location (Geobáze® 1997 – 2000) and stand map of experimental series Nasavrky on Forest Management Plan (1990)





Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N ( $\text{ks.ha}^{-1}$ ) a výčetní kruhové základny G ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) na srovnávacích plochách experimentální řady Nasavrky ve věku 38 - 78 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N -  $\text{trees.ha}^{-1}$ ) and basal area (G -  $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) on comparative plots of experimental series Nasavrky at the age of 38 - 78 years compared with Growth Tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Odstraňují se zde pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plocha 2ú slouží ke sledování vlivu úrovnových výchovných zásahů s pozitivním výběrem. Při revizi v roce 2004 (věk 78 let) byl na srovnávací ploše 2ú vyznačen těžební zásah (14 % N a 13 % G) s cílem uvolnit zápoj a následně sledovat vývoj ponechaných stromů a výskyt přirozené obnovy.

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 proběhly podle doporučených postupů (MELOUN, MILITKÝ 1998). Pro testování souborů s údaji o výčetní tloušťce ( $d$ ,  $d_{200}$ ) byla využita procedura ANOVA a následně mnohonásobné porovnávání (testy Student-Newman-Keuls, Tukey, Dunnett). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí Kolmogorov-Smirnov dvouvýběrového testu.

## PRŮBĚH EXPERIMENTU

V době založení experimentální řady Nasavrky v roce 1964 dosáhl věk sledovaných porostů 38 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o hustotě ca 2 076 až 2 228 jedinců na 1 hektar. Vyšší hustota porostu na srovnávací ploše 2ú se projevila větší (o ca 3  $\text{m}^2$ ) kruhovou základnou G (44,4  $\text{m}^2$  na kontrole 1k a 47,3  $\text{m}^2$  na 1 ha variantě s výchovou 2ú). Rozdíly v dalších sledovaných parametrech, především ve výčetní tloušťce a výšce středního kmene ( $d$  16,5 a 16,4 cm,  $h$  18,8 a 18,9 m) a ve výčetní tloušťce a výšce 200 nejsilnějších stromů na 1 ha ( $d_{200}$  23,8 cm na obou plochách a  $h_{200}$  21,8 až 22,2 m), byly zanedbatelné a proto byl výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách před prvními zásahy srovnatelný, tj. rozdíly ve všech sledovaných charakteristikách (N, G,  $d$ ,  $h$ ,  $h_{200}$ ,  $d_{200}$ ) byly shledány uvnitř výzkumné řady statisticky nevýznamnými.

Před zahájením experimentu nebyl sledovaný porost vychovávan. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 6 do 37 cm, obr. 3).

### Počet stromů a výčetní kruhová základna řady Nasavrky

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 53 let bylo v porostu srovnávací plochy 2ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 8 % stromů (N) tvořících 6 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3. Patrný je zejména rozdíl mezi průměrnou tloušťkou úmyslně těžných stromů (14,6 cm) s vrcholem kolem střední výčetní tloušťky (16,4 cm) a průměrnou tloušťkou stromů těžných na ploše 1k nahodile (11,2 cm, tab. 1).

Zásahy se opakovaly až do věku 48 let (1974), tedy ještě dvakrát v pětiletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 2ú odebráno pozitivním výběrem v úrovni 27 a 36 % N (16 a 23 % G). Druhý i třetí experimentální zásah v roce byl ovlivněn sněhovým polomem, při kterém bylo na kontrole odebráno 13 a 19 % stromů tvořících 6 a 10 % výčetní kruhové základny. Na srovnávací ploše 2ú bylo rovněž nutné nejprve odstranit polámané nejlabilnější stromy z nižších stromových tříd a potom teprve zásah dokončit pozitivním výběrem v úrovni. Podíl nahodilé těžby již nelze zpětně přesně určit, nicméně porovnání tloušťkové struktury nahodile těžných stromů na kontrole a na srovnávací ploše s výchovou (obr. 3) naznačuje míru aktivního ovlivnění porostu výchovou.

Po třech výchovných zásazích v pětiletých periodách, tj. 10 let po zahájení experimentu (rok 1974, věk 48 let), zůstalo:

- na ploše 1k celkem 1 420 stromů (mortalita 656 stromů),
- na ploše 2ú celkem 952 stromů (při výchově a nahodile odstraněno 1 276 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 48 let:

- na ploše 1k – 46,2  $\text{m}^2$  (zvýšení o 1,8  $\text{m}^2$ ),
- na ploše 2ú – 36,2  $\text{m}^2$  (pokles o 11,1  $\text{m}^2$ ).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 38 – 48 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na ploše 2ú – 10,9  $\text{m}^2$  a byl tedy o 0,4  $\text{m}^2$  větší než na ploše kontrolní 1k (10,5  $\text{m}^2$ ).

Od posledního (třetího) výchovného zásahu ve věku 48 let (1974) se oba porosty výzkumné řady vyvíjely až do roku 2004 bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2004 (věk 78 let) samovolně snížil:

- na ploše 1k na 776 stromů (mortalita ve věku 38 až 78 let 1 300 jedinců),
- na ploše 2ú na 672 stromů (zásahy 1 276 a mortalita 280 jedinců).

Mortalita v posledních 30 letech sledování (věk porostů 48 – 78 let) představovala na kontrolní ploše 644 (45 %) jedinců, zatímco na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni (prováděném ve věku 38 – 48 let) bylo v posledních 30 letech nahodile odstraněno 280 stromů (29 % stavu hlavního porostu ve věku 48 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při třetí a páté revizi ve věku 48 a 58 let (rok 1974 a 1984), kdy ubylo po sněhovém polomu 19 a 20 % počtu (324 a 252 stromů) tvořících 10 a 12 % výčetní kruhové základny G (5,2 a 6,4 m<sup>2</sup>). Poškození experimentálního porostu takového rozsahu se během sledování nevyskytlo. Významný výskyt poškození byl zaznamenán ještě při sedmé revizi ve věku 68 let (1994), počet poškozených stromů však byl ve srovnání s předchozím případem méně než poloviční (144 stromů). Při ostatních revizích se podíl poškozených stromů a souší pohyboval od 3 do 13 % N tvořících 1 až 6 % G.

Celkově byl na srovnávací ploše 2ú s výchovou za období sledování experimentu (38 – 78 let) počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší ve srovnání s kontrolou přibližně pětinaový a tvořil necelých 12 % výčetní kruhové základny G sruženého porostu ve věku 78 let.

Výčetní kruhová základna G sruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 78 let, tj. 40 let po zahájení experimentu, byla větší na srovnávací ploše 2ú s výchovou (60,9 m<sup>2</sup>) a na kontrolní ploše 1k dosáhla 60,0 m<sup>2</sup>. Oproti výchozímu stavu se zvýšila na kontrole o 15,6 m<sup>2</sup> a na ploše 2ú o 13,6 m<sup>2</sup>.

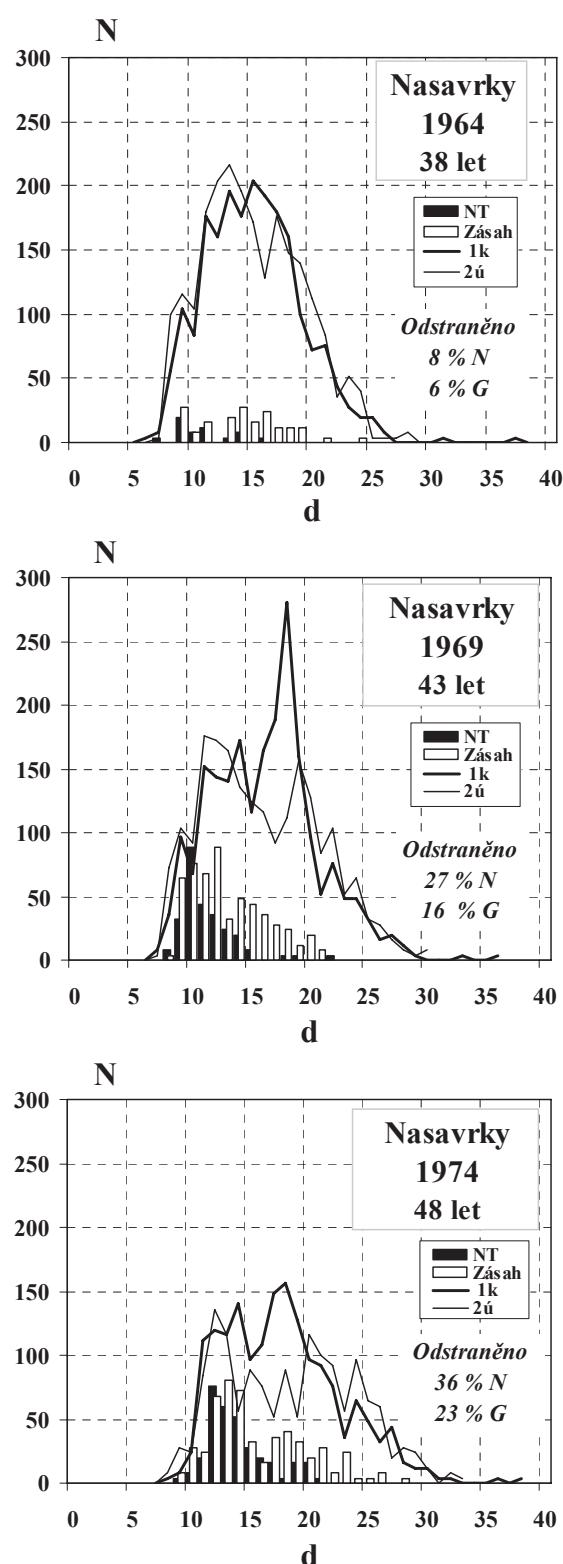
Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 1,3 m<sup>2</sup> menší než na srovnávací ploše s výchovou 2ú (41,3 m<sup>2</sup> na kontrole a 42,6 m<sup>2</sup> na ploše 2ú). Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 25,7 m<sup>2</sup> kruhové základny (62 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávací ploše 2ú s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 7,0 m<sup>2</sup> (16 % periodního přírůstu).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásadách (nahodile těžené souše a zlomy na kontrole nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 38 – 78 let):

- na kontrolní ploše 1k 15,6 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 2ú 35,6 m<sup>2</sup>.

### Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1964 do roku 1974, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pětiletých intervalech vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce).



Obr. 3.

Tloušťková struktura (N - ks.ha<sup>-1</sup>, d - cm) a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou (NT - nahodilá těžba) na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Nasavrky ve věku 38 - 48 let

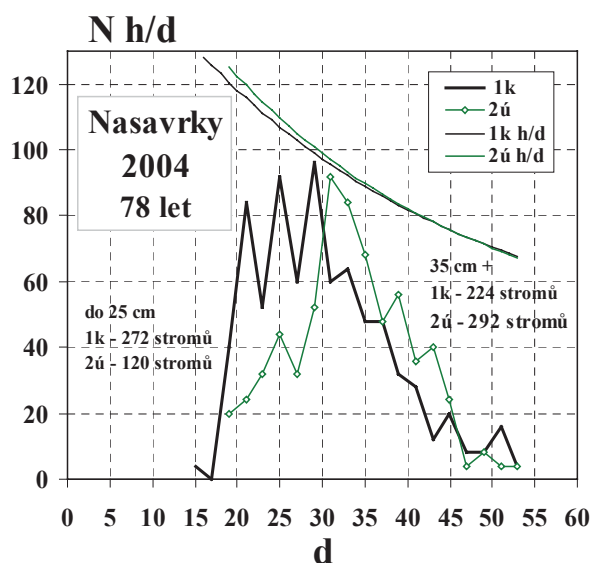
Diameter structure and experimental thinning compared with mortality on control plot 1k without thinning on Nasavrky experimental series at the age of 38 – 48 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, Odstraněno/Removed)

**Tab. 1.**  
Základní údaje o vývoji experimentu Nasavrky  
Basic data on Nasavrky experimental series

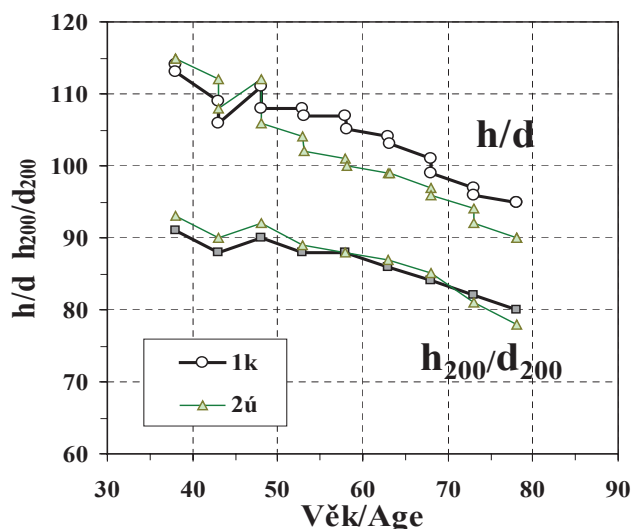
| Nasavrky |                                     | 1964               |      |    |                  | 1969               |      |    |                  | 1974               |      |    |                  | NT<br>49-78<br>let | NT<br>38-78<br>let | 2004               |      |    |                  | Přírůst<br>38-78<br>let | Přírůst<br>- NT | ÚTP<br>38-48<br>let |
|----------|-------------------------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|----|------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|
|          |                                     | 38 let             |      |    |                  | 43 let             |      |    |                  | 48 let             |      |    |                  |                    |                    |                    |      |    |                  |                         |                 |                     |
|          |                                     | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost |                    |                    | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost |                         |                 |                     |
| 1k       | N                                   | 2076               | 60   | 3  | 2016             | 2016               | 272  | 13 | 1744             | 1744               | 324  | 19 | 1420             | 644                | 1300               | 776                | 0    | 0  | 776              | ◇                       | ◇               | ◇                   |
| 2ú       | (ks.ha <sup>-1</sup> )              | 2228               | 184  | 8  | 2044             | 2044               | 556  | 27 | 1488             | 1488               | 536  | 36 | 952              | 280                | 280                | 672                | 92   | 14 | 580              | ◇                       | ◇               | 1276                |
| 1k       | G                                   | 44,4               | 0,6  | 1  | 43,9             | 49,4               | 2,9  | 6  | 46,5             | 51,3               | 5,2  | 10 | 46,2             | 17,0               | 25,7               | 60,0               | 0,0  | 0  | 60,0             | 41,3                    | 15,6            | ◇                   |
| 2ú       | (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 47,3               | 3,1  | 6  | 44,2             | 49,8               | 8,0  | 16 | 41,7             | 47,1               | 10,9 | 23 | 36,2             | 7,0                | 7,0                | 60,9               | 8,2  | 13 | 52,7             | 42,6                    | 35,7            | 22,0                |
| 1k       | d                                   | 16,5               | 11,2 | ◇  | 16,6             | 17,7               | 11,6 | ◇  | 18,4             | 19,4               | 14,2 | ◇  | 20,4             | ◇                  | ◇                  | 31,4               | 0,0  | ◇  | 31,4             | 9,6                     | ◇               | ◇                   |
| 2ú       | (cm)                                | 16,4               | 14,6 | ◇  | 16,6             | 17,6               | 13,6 | ◇  | 18,9             | 20,1               | 16,1 | ◇  | 22,0             | ◇                  | ◇                  | 34,0               | 33,7 | ◇  | 34,0             | 11,4                    | ◇               | ◇                   |
| 1k       | h                                   | 18,8               | 15,4 | ◇  | 18,9             | 19,2               | 15,0 | ◇  | 19,6             | 21,5               | 18,2 | ◇  | 22,0             | ◇                  | ◇                  | 29,8               | 0,0  | ◇  | 29,8             | 8,4                     | ◇               | ◇                   |
| 2ú       | (m)                                 | 18,9               | 17,8 | ◇  | 19,1             | 19,7               | 17,0 | ◇  | 20,4             | 22,4               | 20,2 | ◇  | 23,4             | ◇                  | ◇                  | 30,5               | 30,4 | ◇  | 30,5             | 8,6                     | ◇               | ◇                   |
| 1k       | h/d                                 | 114                | 138  | ◇  | 113              | 109                | 129  | ◇  | 106              | 111                | 128  | ◇  | 108              | ◇                  | ◇                  | 95                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                       | ◇               | ◇                   |
| 2ú       |                                     | 115                | 122  | ◇  | 115              | 112                | 125  | ◇  | 108              | 112                | 125  | ◇  | 106              | ◇                  | ◇                  | 90                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                       | ◇               | ◇                   |
| 1k       | d <sub>200</sub>                    | 23,8               | ◇    | ◇  | ◇                | 26,0               | ◇    | ◇  | ◇                | 28,0               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | ◇                  | 41,2               | ◇    | ◇  | ◇                | 17,4                    | ◇               | ◇                   |
| 2ú       | (cm)                                | 23,8               | ◇    | ◇  | ◇                | 25,9               | ◇    | ◇  | ◇                | 28,1               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | ◇                  | 41,7               | ◇    | ◇  | ◇                | 17,9                    | ◇               | ◇                   |
| 1k       | h <sub>200</sub>                    | 21,8               | ◇    | ◇  | ◇                | 22,8               | ◇    | ◇  | ◇                | 25,1               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | ◇                  | 33,1               | ◇    | ◇  | ◇                | 11,3                    | ◇               | ◇                   |
| 2ú       | (m)                                 | 22,2               | ◇    | ◇  | ◇                | 23,4               | ◇    | ◇  | ◇                | 25,8               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | ◇                  | 32,6               | ◇    | ◇  | ◇                | 10,5                    | ◇               | ◇                   |
| 1k       | h <sub>200</sub> /d <sub>200</sub>  | 91                 | ◇    | ◇  | ◇                | 88                 | ◇    | ◇  | ◇                | 90                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | ◇                  | 80                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                       | ◇               | ◇                   |
| 2ú       |                                     | 93                 | ◇    | ◇  | ◇                | 90                 | ◇    | ◇  | ◇                | 92                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | ◇                  | 78                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                       | ◇               | ◇                   |

Pozn.: P – přírůst, NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah (případně těžba souší a zlomů), ÚTP – úmyslná těžba předmýtní, Sdružený porost – porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě, Hlavní porost – porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů, 1k – kontrolní porost bez výchovy, 2ú – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – štiřlostní kvocient, d<sub>200</sub> – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h<sub>200</sub>/d<sub>200</sub> – štiřlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar

Note: P – increment, NT – salvage cut, T – thinning, ÚTP – planned intermediate cutting, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), 1k – control plot without thinning, 2ú – comparative plot with thinning from above, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d<sub>200</sub> – diameter of 200 thickest trees per 1 ha, h<sub>200</sub>/d<sub>200</sub> – quotient of slenderness of 200 thickest trees per 1 ha



**Obr. 4.** Tloušťková struktura ( $N - \text{ks.ha}^{-1}$ ,  $d - \text{cm}$ ) a štíhlостní kvocient ( $h/d$ ) podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Nasavrky při poslední revizi v roce 2004 ve věku 78 let  
Diameter structure and  $h/d$  ratio for diameter classes on experimental series Nasavrky in 2004 at the age of 78 years ( $N$  – number of trees per hectare,  $d$  – diameter in cm)



**Obr. 5.** Vývoj štíhlостního kvocientu středního kmene ( $h/d$ ) a horního stromového patra ( $h_{200}/d_{200}$ ) na experimentální řadě Nasavrky ve věku 38 - 78 let  
Development of  $h/d$  ratio of mean stem ( $h/d$ ) and upper tree story ( $200$  thickest trees per hectare –  $h_{200}/d_{200}$ ) on experimental series Nasavrky at the age of 38 – 78 years

Jak je patrné z obr. 3, před zahájením experimentu v roce 1964 (věk porostu 38 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách 1k a 2ú téměř identická (bez statisticky signifikantních rozdílů).

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter pozitivního výběru v úrovni na srovnávací ploše

2ú řady Nasavrky byl dodržen při všech třech experimentálních výchovných zásadách. Při úrovních zásadách pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 2ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních, zejména je to patrné při zásahu ve věku 43 let, kdy byly porosty výzkumné řady poškozeny sněhem. Posun výchovných zásahů s pozitivním výběrem v úrovni do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech provedených zásadách ve věku 38 – 48 let.

Při poslední revizi ve věku 78 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 15 do 53 cm (obr. 4). Nejnižší tloušťkové třídy 15 – 25 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štíhlостním kvocientem (107 – 134) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo v přepočtu na 1 hektar těchto jedinců 272. Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm o 56 % nižší (120 jedinců).

Počet stromů s výčetní tloušťkou 35 cm a více s relativně příznivějším štíhlостním kvocientem (66 – 90) byl naopak vyšší na ploše 2ú s výchovou (292 jedinců), zatímco na kontrole bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 224, tj. o 23 % méně než na ploše 2ú s výchovou.

Po 40 letech sledování tak vykazovaly tloušťkové struktury na sledovaných variantách uvedené odlišnosti. Zjištěné rozdíly však nebyly na zvolené hladině významnosti statisticky průkazné. Pozitivní efekt výchovy s pozitivním výběrem v úrovni se na sledované řadě projevil především nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějším štíhlостním kvocientem. Stromy v nižších tloušťkových stupních, které se při úrovních výchovných zásadách úmyslně netěžily, byly většinou v průběhu sledování experimentu poškozeny sněhem a nahodile vytěženy při následných revizích.

#### Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlостním kvocientem středního kmene a štíhlостním kvocientem horního stromového patra ( $d_{200}$ ) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1964 dosahoval štíhlостní kvocient středního kmene hodnot 114 (1k) a 115 (2ú) a nacházel se ve fázi kulminace (tab. 1, obr. 5). V průběhu sledování byl zaznamenán pokles kvocientu již od druhé revize na obou srovnávacích plochách, částečně početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem na kontrole a výchovnými zásahy na ploše 2ú. Štíhlостní kvocient středního kmene se dostal na hodnotu 90 pouze na ploše 2ú s výchovou, a to až při poslední revizi ve věku 78 let.

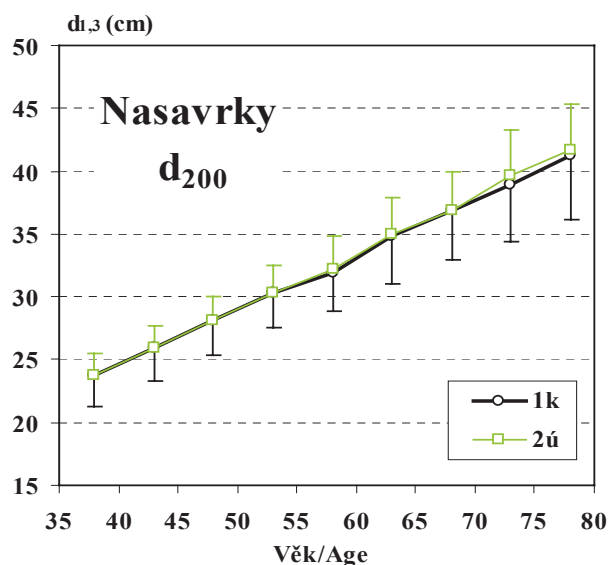
Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štíhlостního kvocientu  $h_{200}/d_{200}$  rovněž vyrovnané (bez statisticky signifikantních rozdílů) a dosahovaly na sledovaných plochách hodnot 91 a 93 a měly od počátku sledování klesající trend. Při poslední revizi v roce 2004 (věk 78 let) klesl štíhlостní kvocient stromů horního patra na ploše 1k na hodnotu 80 a na ploše 2ú až na hodnotu 78, přičemž rozdíly mezi variantami nebyly statisticky průkazné.

Z provedené analýzy  $d_{200}$  (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar) je zřejmé, že výchovné zásahy pozitivním výběrem v úrovni prováděné v porostu srovnávací plochy 2ú v letech 1964 až 1974 (věk 38 až 48 let) nevedly na této řadě k signifikantnímu zvýšení tloušťkového přírůstu nejsilnějších kosterních stromů (obr. 6).



## ZÁVĚRY Z EXPERIMENTU NASAVRKY

- V období sledování (věk 38 – 78 let) byla výčetní kruhová základna na řadě Nasavrky větší na srovnávací ploše 2ú s výchovou ( $60,9 \text{ m}^2$ ), zatímco na kontrolní ploše 1k dosáhla  $60,0 \text{ m}^2$ . Nárůst výčetní kruhové základny byl na kontrolní ploše 1k redukován poškozením porostu a mortalitou zaznamenanou zejména při třetí a páté revizi ve věku 48 a 58 let (rok 1974 a 1984), kdy ubylo po sněhovém polomu 19 a 20 % počtu stromů tvořících 10 a 12 % výčetní kruhové základny G ( $5,2$  a  $6,4 \text{ m}^2$ ).
- Celkově bylo na kontrole 1k bez výchovy za 40 let sledování nahodile vytěženo 1 300 poškozených stromů a souší tvořících  $25,7 \text{ m}^2$  výčetní kruhové základny G, tj. 62 % periodního přírůstu. Na srovnávací ploše 2ú s výchovou byl počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší ve srovnání s kontrolou přibližně pětinnový (280 jedinců) s výčetní kruhovou základnou  $7,0 \text{ m}^2$ , tj. 16 % periodního přírůstu.
- Na srovnávací ploše 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byla výčetní kruhová základna hlavního porostu snížena třemi výchovnými zásahy ve věku 38 až 48 let na úroveň  $36,2 \text{ m}^2$ . Od této doby byl na ploše s výchovou zaznamenán její nárůst až na  $60,9 \text{ m}^2$  při poslední revizi ve věku 78 let. Přírůst G za dobu sledování (věk 38 – 78 let) zde činil  $42,6 \text{ m}^2$  a byl o  $1,3 \text{ m}^2$  (o 3 %) vyšší než na kontrolní ploše 1k bez výchovy.



Obr. 6.

Vývoj výčetní tloušťky  $d_{200}$  (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Nasavrky (porovnání variant 1k a 2ú) v období 1964 - 2004 (věk 38 - 78 let). Rozdíly nesignifikanční na hladině významnosti 0,95.

Development of diameter  $d_{200}$  (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Nasavrky (comparison between variants 1k and 2ú) in the period 1964 - 2004 (age of 38 - 78 years). Differences insignificant on confidence level 0.95.

- Vliv úrovnových výchovných zásahů vedl po 40 letech sledování k určitým změnám rozdělení četností v tloušťkových třídách (rozdíly však nebyly statisticky průkazné). Došlo ke snížení zastoupení nejnižších tloušťkových tříd a ke zvýšení zastoupení stromů v nejvyšších tloušťkových třídách ve srovnání s kontrolní plochou 1k bez výchovy.
- Na variantě 2ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet nejslabších stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm ve srovnání s kontrolou 1k bez výchovy o 56 % nižší (v přepočtu na 1 ha 272 jedinců na ploše 1k a 120 jedinců na ploše 2ú) a počet nejsilnějších stromů s výčetní tloušťkou nad 35 cm o 30 % vyšší (224 jedinců na ploše 1k a 292 jedinců na ploše 2ú).
- Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihllostním kvocientem byla od počátku pokusu nepříznivá. Štihllostní kvocient středního kmene dosahoval hodnot 114 (1k) a 115 (2ú) a nacházel se ve fázi kulminace. V průběhu sledování byl zaznamenán pokles kvocientu již od druhé revize na obou srovnávacích plochách, částečně početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem na kontrole a výchovnými zásahy na ploše 2ú. Štihllostní kvocient středního kmene se dostal na hodnotu 90 pouze na ploše 2ú s výchovou, a to až při poslední revizi ve věku 78 let.
- Štihllostní kvocient horního stromového patra  $h_{200}/d_{200}$ , který není ovlivněn početními posuny, dosahoval na obou hodnocených řadách výchozích hodnot 91 až 93 a měl od počátku sledování klesající trend. Při poslední revizi v roce 2004 (věk 78 let) klesl štihllostní kvocient stromů horního patra na ploše 1k na hodnotu 80 a na ploše 2ú až na hodnotu 78 (rozdíly mezi variantami však nebyly statisticky průkazné).
- Výchovné zásahy pozitivním výběrem v úrovni prováděné v porostu srovnávací plochy 2ú v letech 1964 až 1974 (věk 38 až 48 let) nevedly na této řadě k signifikantnímu zvýšení tloušťkového přírůstu nejsilnějších kosterních stromů.

### 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

- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jilové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s., 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- 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.
- 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. 45-50
- VIEWEGH, J.: Přesné určení SLT výzkumných ploch pro výchovu smrkových porostů. Zpráva FLE ČZU. Praha, FLE ČZU 2002, 1 CD-ROM.

## Norway spruce thinning experiment – Series Nasavrky (1964)

### Summary

Experimental series Nasavrky was founded in forest region 16 – the Českomoravská vrchovina Mts. in 1964 in 38-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. The series consists of two comparative plots with dimensions 50 m x 50 m, i. e. 0.25 ha each (fig. 1). Comparative plot 1k is control plot without designed thinning; comparative plot 2ú is the stand with thinning by positive selection from above. Presented study is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands. After analyses of the results from the 40-year period of observation, we can draw following conclusions:

- In the period of observation (age of 38 - 78 years), the basal area on series Nasavrky was bigger on variant with thinning 2ú (60.9 m<sup>2</sup> in the last revision), whereas the basal area on control unthinned variant represented 60.0 m<sup>2</sup> at the age of 78 years (fig. 2, tab. 1). Basal area increment was reduced on control unthinned plots by the mortality and snow damage mainly. At the age of 48 and 58 years (the third and fifth revision in 1974 and 1984), basal area of 5.2 and 6.4 m<sup>2</sup> (i. e. 19% and 20% of number of trees) was removed as snags or breaks on control plot 1k.
- During the period of observation, totally 1,300 damaged and dead trees were removed (represented basal area of 25.7 m<sup>2</sup>, i. e. 62% of periodic basal area increment) on control plot. On thinned plot 2ú, number of these trees from salvage cutting was approximately five times lower (280 trees per 1 ha represented basal area of 7.0 m<sup>2</sup>, i. e. 16% of periodic basal area increment).
- At the age of 38 – 48 years, the stand on variant 2ú was thinned three times by positive selection from above and basal area came down on level 36.2 m<sup>2</sup>. Since this period, the basal area increased to value of 60.9 m<sup>2</sup> at the age of 78 years (last revision). Periodic (age of 38 – 78 years) basal area increment was 42.6 m<sup>2</sup>, i. e. about 1.3 m<sup>2</sup> (3%) higher compared with control unthinned plot.
- After 40 years of observation, the effect (but differences were not significant) of thinning by the positive selection from above on diameter structure was observed (fig. 3 and 4). On thinned variant 2ú, abundance of small-sized individuals (diameter classes up to 25 cm) decreased and abundance of the thickest trees (diameter classes over 35 cm) increased compared with control unthinned plot 1k.
- Static stability characterized by h/d ratio was unfavourable from the beginning of observation (fig. 5). The h/d ratio of mean stem achieved the values 114 (1k) and 115 (2ú) and this ratio culminated at this age (38 years). In following period, h/d ratio of mean stem decreased on both plot, partly as a result of mortality of thin unstable individuals. At the age of 78 years (last revision), this ratio was 95 and 90 on control plot (1k) and on thinned plot (2ú), respectively.
- Quotient of slenderness of dominant trees  $h_{200}/d_{200}$  (200 thickest individuals per hectare), which was not influenced by trees number shift, achieved initial values from 91 to 93 on both variants and showed decreasing trend (fig. 5). In the last revision (2004, age of 78 years),  $h_{200}/d_{200}$  ratio came down on plots 1k and 2ú to values 80 and 78 (without significant differences), respectively.
- Effect of thinning on increase of diameter of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) was not significant. Diameter increment of dominant trees on thinned variant 2ú was identical compared with control unthinned plot 1k (fig. 6).

Recenzováno

## EXPERIMENT S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO - BRUNTÁL (1964)

## Norway spruce thinning experiment – Series Bruntál (1964)

## Abstract

Experimental series at Bruntál was founded in forest region 29 – the Nízký Jeseník Mts. in 1964 in 38-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. The series consists of three comparative plots, plots 3p and 4ú with dimensions 50 m x 50 m, i. e. 0.25 ha and plot 1k with dimensions 50 m x 28.5 m, i. e. 0.14 ha. Comparative plot 1k is the control plot without designed thinning, comparative plot 3p is the stand with thinning by negative selection from below and comparative plot 4ú is the stand with heavy thinning by positive selection from above. Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 36-year period of observation.

**Klíčová slova:** smrk ztepilý, *Picea abies*, pěstování lesů, porostní výchova

**Key words:** Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

## ÚVOD

Ze čtvrté série experimentů VÚLHM s výchovou smrkových porostů, založené Ing. Pařezem v letech 1964 až 1969, se dochovalo celkem 9 výzkumných řad (Polička I a II, Nasavrky, Bruntál, Blaník I a II, Planá a Železná Ruda I a II). Předkládaná práce se zabývá hodnocením čtvrté řady Bruntál. Další experimentální řady jsou hodnoceny individuálně v následujících příspěvcích. Souhrnné vyhodnocení celé 4. série je obdobné jako u 1. a 2. série experimentů (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b) předmětem samostatného sdělení.

## METODIKA

Experimentální řada Bruntál byla založena v lesní oblasti 29 – Nízký Jeseník v roce 1964 v 38letém smrkovém porostu na LHC Bruntál (v současnosti Městské lesy Bruntál), porost 501 A7 (podle LHP 1992). Zeměpisné souřadnice experimentální řady v systému WGS-84 jsou 17°26'06'' v. d., 49°58'50'' s. š. Porost se nachází na severním svahu se sklonem 10 %, v nadmořské výšce 580 m.

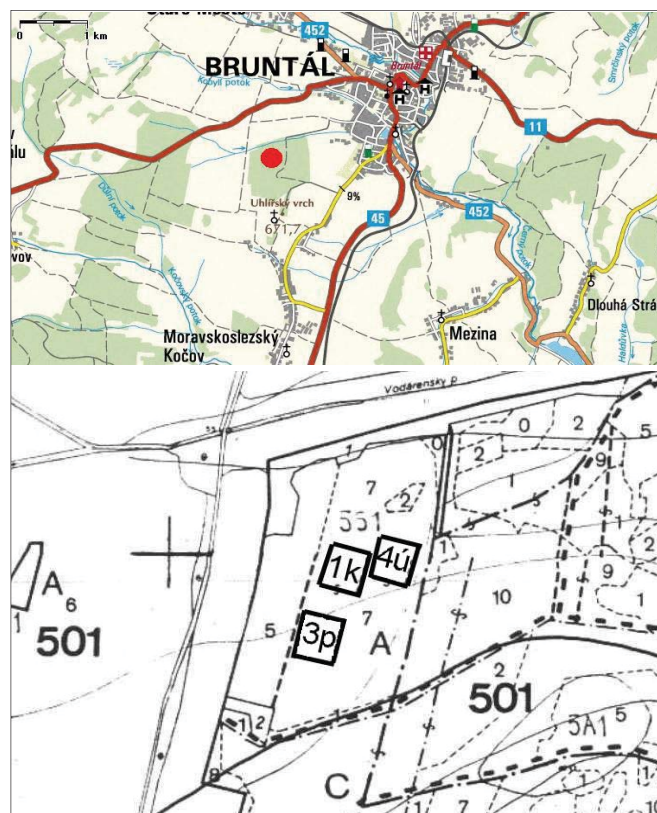
Smrková monokultura je hospodářským lesem na LT 4D5 – obohacená bučina netýkavková (*Fagetum acerosum deluvium* – *Impatiens noli tangere*). Čtvrtý vegetační stupeň byl určen podle zastoupení druhů živých doubrav: *Campanula trachelium* a *C. persicifolia* a absence prvků submontánních (např. *Prenanthes purpurea*), přestože je lokalita na severním svahu (tedy „chladnějším“). Zato jsou významnější přítomny druhy bučinné: *Aruncus vulgaris*, *Galium odoratum*, *Impatiens noli tangere*. Značná přítomnost druhů živinově náročných až nitrofilních (*Aruncus vulgaris*, *Impatiens noli tangere*, *Mercurialis perennis*) byla důvodem k zařazení do kategorie D (VIEWEGH 2002).

Půdní typ byl charakterizován jako kambizem modální a podle výskytu živých až nitrofilních druhů mezotrofní nebo eutrická se slabými náznaky oglejení ve spodní části profilu. Přítomnost vlhkosti naznačily i některé bylinné druhy (*Aruncus vulgaris*, *Impatiens noli tangere*, *Aegopodium podagraria*, *Festuca gigantea*) (VIEWEGH 2002).

Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 - 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 700 mm a průměrná roční teplota vzduchu za stejné období dosahovala 6 °C.

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PAŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů

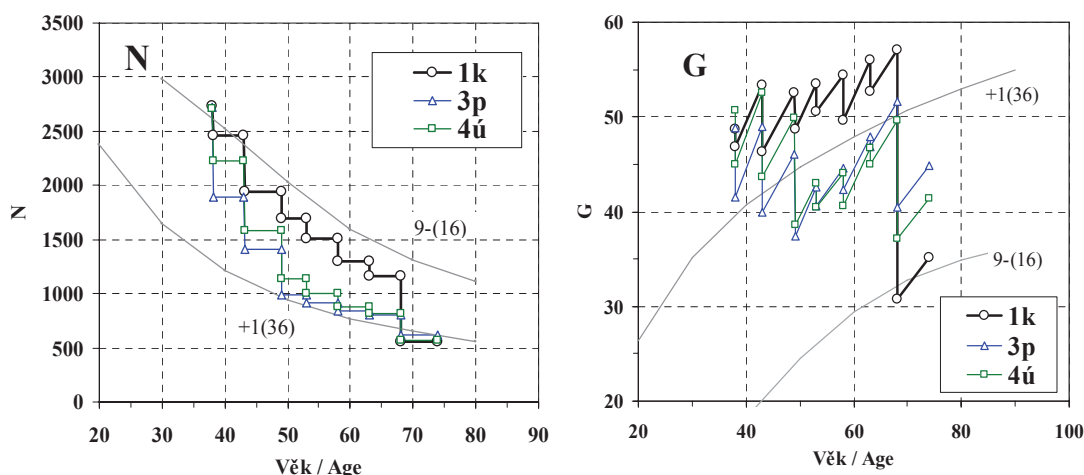
včetně použitých metod při hodnocení výsledků byly již publikovány (SLODIČÁK, NOVÁK 2003). Experimentální řadu Bruntál tvoří tři dílčí srovnávací plochy (1k, 3p a 4ú), plochy 3p a 4ú o velikosti 50 m x 50 m, tj. 0,25 ha a plocha 1k o velikosti 50 m x 28,5 m, tj. 0,14 ha (obr. 1). Srovnávací plocha 1k je kontrolní, bez výchovy. Odstraňují se zde pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plocha 3p slouží ke sledování vlivu podúrovňových výchovných zásahů s negativ-



Obr. 1.

Umístění experimentálních řad Bruntál (Geobáze® 1997 - 2000) a výřez z obrysové mapy LHC Městské lesy Bruntál (LHP k 1.1.1992)

Geographic location (Geobáze® 1997 - 2000) and stand map of experimental series Bruntál on Forest Management Plan (1992)



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N (ks.ha<sup>-1</sup>) a výčetní kruhové základny G (m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) na srovnávacích plochách experimentální řady Bruntál ve věku 38 – 74 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N - trees.ha<sup>-1</sup>) and basal area (G - m<sup>2</sup>.ha<sup>-1</sup>) on comparative plots of experimental series Bruntál at the age of 38 – 74 years compared with Growth Tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

ním výběrem a srovnávací plocha 4ú ke sledování vlivu úrovnových výchovných zásahů s pozitivním výběrem. Při revizi v roce 2000 (věk 74 let) bylo zjištěno, že porosty série Bruntál jsou opakovaně silně poškozeny větrem a proto byl pokus touto revizí ukončen.

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 proběhly podle doporučených postupů (MELOUN, MILITKÝ 1998). Pro testování souborů s údaji o výčetní tloušťce ( $d$ ,  $d_{200}$ ) byla využita procedura ANOVA a následné mnohonásobné porovnávání (testy Student-Newman-Keuls, Tukey, Dunnett). Tloušťkové struktury porostů na dílčích srovnávacích plochách byly analyzovány pomocí Kolmogorov-Smirnov dvouvýběrového testu.

## PRŮBĚH EXPERIMENTU

V době založení experimentální řady Bruntál v roce 1964 dosáhl věk sledovaných porostů 38 let. Jednalo se o smrkovou monokulturu o velmi vyrovnané hustotě od 2 712 do 2 730 jedinců na 1 hektar. Výčetní kruhová základna G se pohybovala od 48,7 m<sup>2</sup> na ploše 1k do 50,8 m<sup>2</sup> na ploše 4ú.

Rozdíly v dalších sledovaných parametrech, především ve výčetní tloušťce a výšce středního kmene ( $d$  15,1 až 15,4 cm,  $h$  18,5 až 19,1 m) byly zanedbatelné a proto byl výchozí stav porostů na dílčích srovnávacích plochách před prvními zásahy srovnatelný, tj. rozdíly ve sledovaných charakteristikách (N, G,  $d$ ,  $h$ ,  $h_{200}$ ) byly shledány uvnitř výzkumné řady statisticky nevýznamnými. Výjimkou byla signifikantně větší průměrná tloušťka  $d_{200}$  na plochách 4ú ( $p \leq 0,01$ ) a 3p ( $p \leq 0,05$ ) oproti ploše 1k na počátku sledování. Naopak horní porostní výška  $h_{200}$  se na jednotlivých plochách na počátku sledování téměř nelišila.

Před zahájením experimentu nebyl sledovaný porost vychovávan. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 6 do 25 cm, obr. 3).

## Počet stromů a výčetní kruhová základna

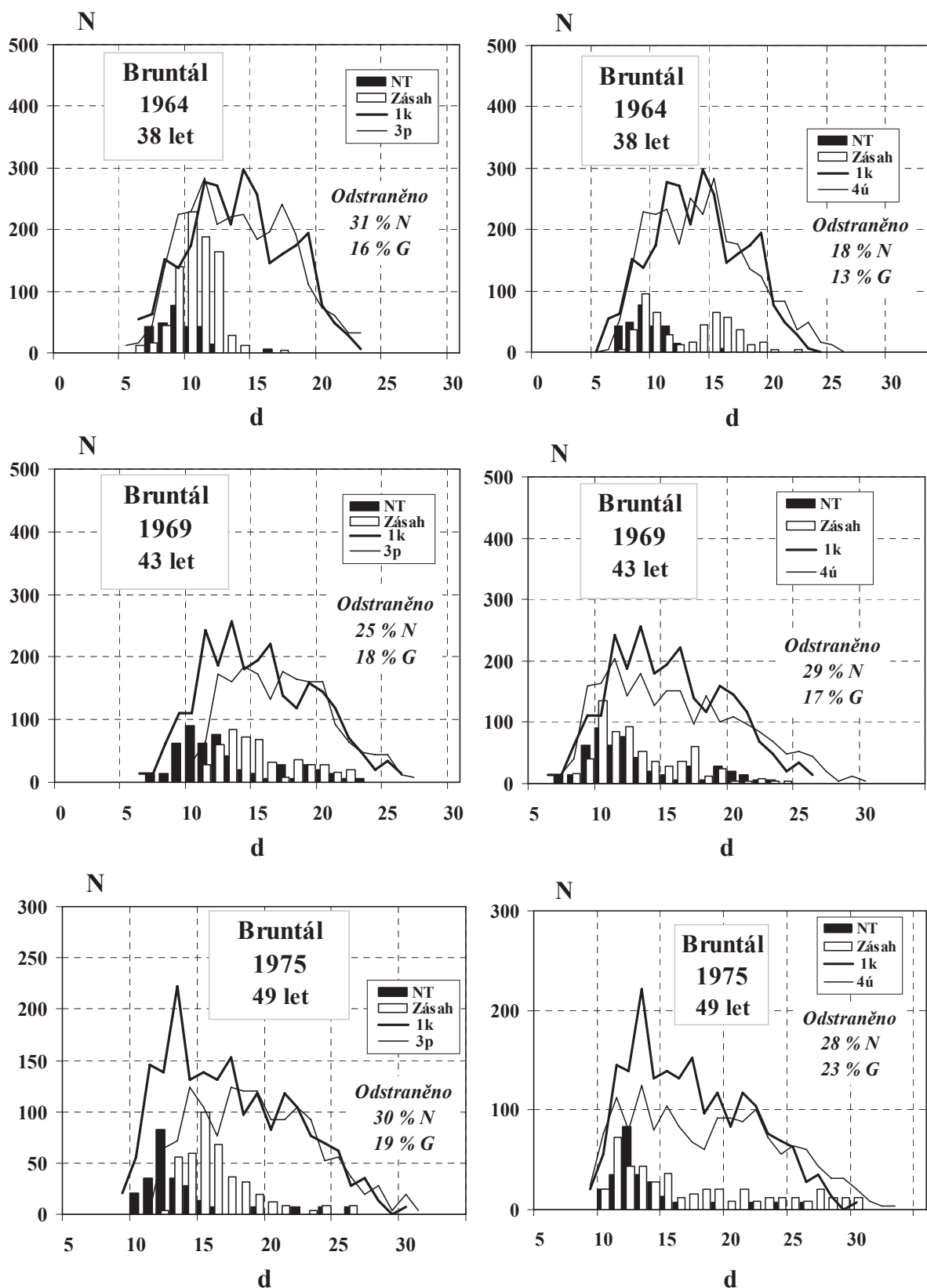
V průběhu sledování experimentu Bruntál byly ve srovnávacích porostech provedeny celkem tři experimentální výchovné zásahy a to ve věku 38, 43 a 49 let.

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 38 let (1964), bylo v porostu srovnávací plochy 3p negativním výběrem v podúrovni odstraněno 31 % stromů (N) tvořících 16 % výčetní kruhové základny (G) a v porostu srovnávací plochy 4ú pozitivním výběrem v úrovni odstraněno 18 % stromů (N) tvořících 13 % výčetní kruhové základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3. Patrný je zejména rozdíl mezi průměrnou tloušťkou úmyslně těžných stromů (11,1 cm na variantě 3p a 13,1 cm na variantě 4ú) a průměrnou tloušťkou stromů těžných na ploše 1k nahodile (9,4 cm, tab. 1). Na variantě 4ú jsou v tloušťkové struktuře těžných stromů zřetelné dva vrcholy. Jeden vrchol je totožný s vrcholem struktury nahodile těžných stromů na kontrole, kdežto druhý vrchol (15 cm) odpovídá střední porostní tloušťce (15,4 cm). Podobné (ne tolik výrazné) dva vrcholy tloušťkové struktury těžných stromů se vyskytly také při dalších dvou zásazích a tak lze usoudit, že spolu s pozitivním výběrem v úrovni byly při zásazích odstraňovány také stromy z nižších tloušťkových tříd (většinou jako souše nebo zlomy). V dalším hodnocení nelze již tuto součást oddělit od záměrně těžných stromů a proto jsou výchovné zásahy hodnoceny souhrnně.

Zásahy se opakovaly až do věku 49 let (1975), tedy ještě dvakrát v pěti a šestileté periodě a bylo při nich na variantě 3p odebráno negativním výběrem v podúrovni 25 a 30 % N (18 a 19 % G) a na variantě 4ú pozitivním výběrem v úrovni 29 a 28 % N (17 a 23 % G). Druhý i třetí experimentální zásah v roce byl ovlivněn sněhovým polomem, při kterém bylo na kontrole odebráno 21 a 13 % stromů tvořících 13 a 7 % výčetní kruhové základny.

Na srovnávací ploše 4ú bylo rovněž nutné nejprve odstranit polámané nejlabilnější stromy z nižších stromových tříd a potom teprve zásah dokončit pozitivním výběrem v úrovni. Podíl nahodilé těžby již nelze zpětně přesně určit, nicméně porovnání tloušťkové struktury nahodile těžných stromů na kontrole a na srovnávací ploše s výchovou (obr. 3) naznačuje míru aktivního ovlivnění porostu výchovou.





Obr. 3.

Tloušťková struktura (N - ks.ha<sup>-1</sup>, d - cm) a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou (NT - nahodilá těžba) na kontrolní ploše 1 bez zásahu na experimentální řadě Bruntál ve věku 38 - 49 let

Diameter structure and experimental thinning compared with mortality on control plot 1k without thinning on Bruntál experimental series at the age of 38 - 49 years (NT - salvage cut, Zásah - thinning, N - number of trees per hectare, d - diameter in cm, Odstraněno/Removed)

Po třech výchovných zásazích v pěti a šestileté periodě, tj. 11 let po zahájení experimentu (rok 1975, věk 49 let), zůstalo:

- na ploše 1k celkem 1 698 stromů (mortalita 1 032 stromů),
- na ploše 3p celkem 992 stromů (při výchově a nahodile odstraněno 1 732 stromů),
- na ploše 4ú celkem 1 132 stromů (při výchově a nahodile odstraněno 1 580 stromů).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 49 let:

- na ploše 1k – 48,7 m<sup>2</sup> (stejná jako na počátku pokusu),
- na ploše 3p – 37,4 m<sup>2</sup> (pokles o 11,4 m<sup>2</sup>),
- na ploše 4ú – 38,6 m<sup>2</sup> (pokles o 12,2 m<sup>2</sup>).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (po dobu provádění zásahů ve věku 38 – 49 let) představoval po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích na ploše 3p – 14,3 m<sup>2</sup> a na ploše 4ú – 14,8 m<sup>2</sup> a byl tedy o 1,5 a 2,0 m<sup>2</sup> větší než na ploše kontrolní 1k (12,8 m<sup>2</sup>).

Od posledního (třetího) výchovného zásahu ve věku 49 let (1975) se všechny tři porosty výzkumné řady vyvíjely až do roku 2000, kdy byl pokus ukončen, bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Počet stromů se do poslední revize v roce 2000 (věk 74 let) samovolně snížil:

- na ploše 1k na 561 stromů (mortalita 2 169 stromů),
- na ploše 3p na 620 stromů (zásahy 1 732 a mortalita 372 jedinců),
- na ploše 4ú na 568 stromů (zásahy 1 580 a mortalita 564 jedinců).

Mortalita v posledních 25 letech sledování (věk porostů 50 – 74 let) na kontrolní ploše 1 představovala 137 (67 %) jedinců, zatímco na variantách s výchovou 3p a 4ú (prováděnou ve věku 38 – 49 let) bylo v posledních 25 letech nahodile odstraněno 372 a 564 stromů (37 a 50 % stavu hlavního porostu ve věku 49 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na všech srovnávacích plochách, zejména však na kontrolní ploše 1k, při sedmé revizi ve věku 68 let (rok 1994), kdy bylo po poškození větrem odstraněno z kontroly 52 % stromů (46 % výčetní kruhové základny). Na variantách s výchovou 3p a 4ú bylo po tomto větrném polomu odstraněno 23 a 30 % stromů tvořících 21 a 25 % výčetní kruhové základny G.

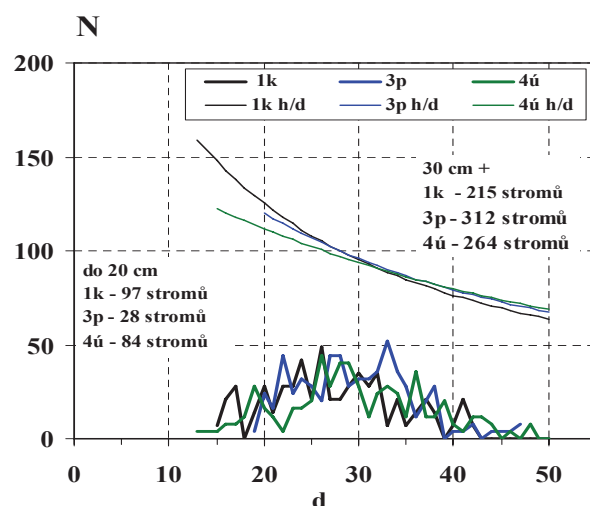
Poškození experimentálního porostu takového rozsahu se během sledování nevyskytlo. Při ostatních revizích se podíl poškozených stromů a souší pohyboval od 4 do 21 % N tvořících 2 až 13 % G.

Celkově byl na variantách s výchovou 3p a 4ú za období sledování experimentu (38 – 74 let) počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší ve srovnání s kontrolou přibližně šestkrát a čtyřikrát menší a tvořil 37 a 49 % výčetní kruhové základny G sdruženého porostu ve věku 74 let.

Výčetní kruhová základna G sdruženého porostu při poslední revizi ve věku porostu 74 let, tj. 36 let po zahájení experimentu, byla největší na variantě 3p s negativním výběrem v podúrovni (44,9 m<sup>2</sup>), následovala varianta 4ú s pozitivním výběrem v úrovni (41,4 m<sup>2</sup>) a na kontrolní ploše 1k byla výčetní základna nejmenší (dosáhla pouze 35,1 m<sup>2</sup>). Oproti výchozímu stavu se základna na všech třech srovnávacích plochách snížila, na kontrole o 13,6 m<sup>2</sup> a variantách s výchovou 3p a 4ú o 3,9 a 9,4 m<sup>2</sup>.

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl periodní přírůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na variantách 3p a 4ú s výchovou 38,3 a 37,9 m<sup>2</sup> a byl tudíž o 1,8 a 1,4 m<sup>2</sup> větší než na kontrole 1k bez výchovy (36,5 m<sup>2</sup>).

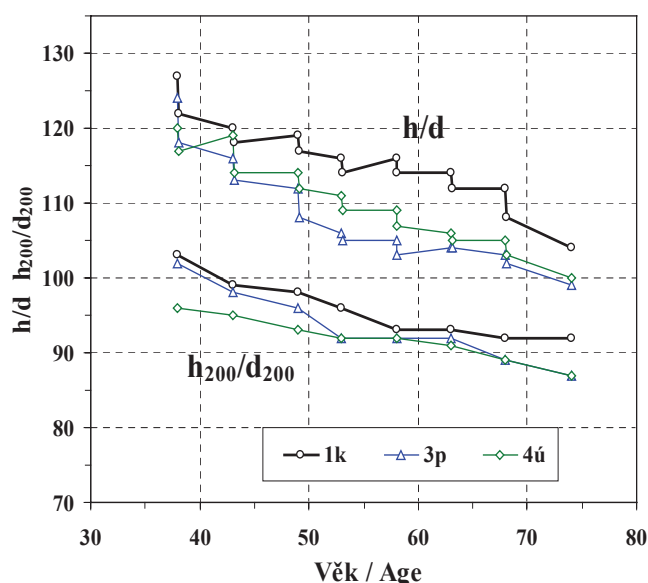
Na kontrolní ploše 1k však bylo v průběhu sledování 50,1 m<sup>2</sup> kruhové základny (137 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy,



Obr. 4.

Tloušťková struktura ( $N - \text{ks.ha}^{-1}$ ,  $d - \text{cm}$ ) a štíhlostní kvocient ( $h/d$ ) podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Bruntál při poslední revizi v roce 2000 ve věku 74 let

Diameter structure and  $h/d$  ratio for diameter classes on experimental series Bruntál in 2000 at the age of 74 years ( $N$  – number of trees per hectare,  $d$  – diameter in cm)



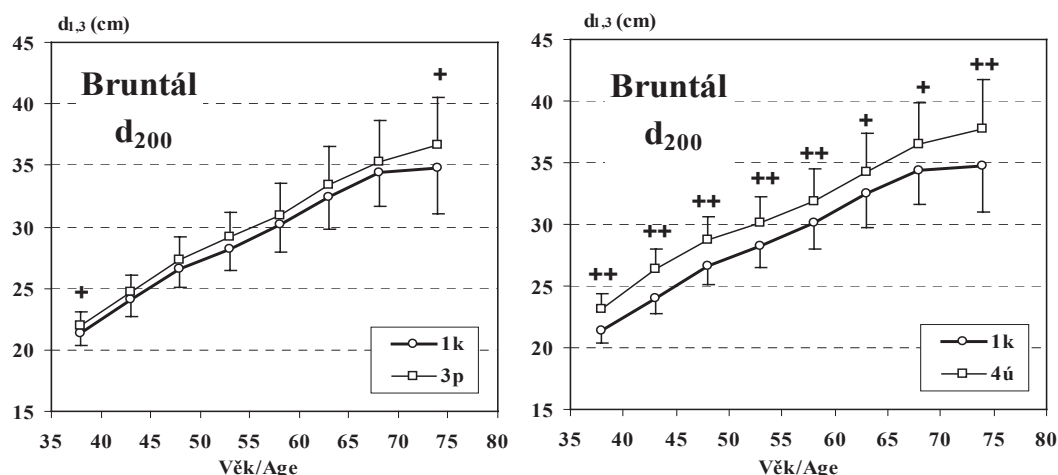
Obr. 5.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene ( $h/d$ ) a horního stromového patra ( $h_{200}/d_{200}$ ) na experimentální řadě Bruntál ve věku 38 - 74 let

Development of  $h/d$  ratio of mean stem ( $h/d$ ) and upper tree story (200 thickest trees per hectare –  $h_{200}/d_{200}$ ) on experimental series Bruntál at the age of 38 – 74 years

zatímco na variantách s výchovou 3p a 4ú zlomy a souše představovaly 16,5 a 20,3 m<sup>2</sup> (43 a 54 % periodního přírůstu).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy na kontrole nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 38 – 74 let):



Obr. 6.

Vývoj výčetní tloušťky  $d_{200}$  (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Bruntál (porovnání variant 1k, 3p a 1k, 4ú) v období 1964 - 2004 (věk 38 - 78 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti  $p \leq 0,05$  (+) a  $p \leq 0,01$  (++)

Development of diameter  $d_{200}$  (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Bruntál (comparison between variants 1k, 3p and 1k, 4ú) in the period 1964 - 2004 (age of 38 - 78 years). Significant differences on confidence level  $p \leq 0.05$  (+) and  $p \leq 0.01$  (++) are showed.

- na kontrolní ploše 1k - ztráta - 13,6 m<sup>2</sup>,
- na variantě 3p - 21,8 m<sup>2</sup>,
- na variantě 4ú - 17,6 m<sup>2</sup>.

#### Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu experimentálních porostů byl sledován od roku 1964 do roku 1975, tj. v období, kdy byly prováděny výchovné zásahy, v pěti a šestiletém intervalu vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 3, před zahájením experimentu v roce 1964 (věk porostu 38 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách 1k a 3p téměř identická (bez statisticky signifikantních rozdílů). Porovnání tloušťkové struktury na kontrole a variantě s pozitivním výběrem ukázalo vyšší podíl silnějších stromů na variantě 4ú, avšak rozdíly nebyly na zvolené hladině významnosti ( $p \leq 0,05$ ) signifikantní.

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter negativního výběru v podúrovni na variantě 3p a charakter pozitivního výběru v úrovni na variantě 4ú řady Bruntál byl dodržen při všech třech experimentálních výchovných zásazích. Při úrovňových zásazích pozitivním výběrem bylo potřebné z porostu 4ú odstranit také jednotlivé zlomy a souše především v nižších tloušťkových stupních.

Posun výchovných zásahů s pozitivním výběrem v úrovni, ale i s negativním výběrem v podúrovni, do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech provedených zásazích ve věku 38 - 49 let.

Při poslední revizi ve věku 74 let byly v experimentálních porostech zastoupeny stromy o tloušťce od 13 do 48 cm (obr. 4). Nejnižší tloušťkové třídy 13 - 20 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihllostním kvocientem (159 - 112) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo v přepočtu na 1 hektar těchto jedinců 97. Na srovnávací ploše 4ú s pozitivním výběrem v úrovni byl počet

stromů s výčetní tloušťkou do 20 cm pouze o 13 % nižší (84 jedinců) a na srovnávací ploše 3p s negativním výběrem v podúrovni o 71 % nižší (28 jedinců).

Počet stromů s výčetní tloušťkou 31 cm a více s relativně příznivějším štihllostním kvocientem (66 - 94) byl naopak nejvyšší na variantě 3p s negativním výběrem v podúrovni (312 jedinců), zatímco na kontrole 1k a na variantě 4ú s pozitivním výběrem v úrovni bylo těchto nejsilnějších a nejstabilnějších jedinců pouze 215 a 264, tj. o 31 a 15 % méně než na ploše 3p s negativním výběrem.

Po 36 letech sledování se však tloušťkové struktury na sledovaných variantách statisticky průkazně nelišily na zvolené hladině významnosti  $p \leq 0,05$ . Určitou výjimkou bylo porovnání variant 1k a 3p, které ukázalo statisticky signifikantní rozdíly na hladině významnosti  $p \leq 0,10$ . Pozitivní efekt výchovy jak úrovňové, tak zejména podúrovňové se na sledované řadě projevil především nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějším štihllostním kvocientem. Stromy v nižších tloušťkových stupních, které se při úrovňových výchovných zásazích na variantě 4ú netěžily, byly většinou v průběhu sledování experimentu poškozeny sněhem a nahodile vytěženy při následných revizích.

#### Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihllostním kvocientem středního kmene a štihllostním kvocientem horního stromového patra ( $d_{200}$ ) byla od počátku pokusu velmi nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1964 (věk 38 let) dosahoval štihllostní kvocient středního kmene hodnot 127 (1k), 124 (3p) a 120 (4ú) a nacházel se ve fázi kulminace (tab. 1, obr. 5). V průběhu sledování byl zaznamenán pokles kvocientu již od druhé revize na všech třech srovnávacích plochách, částečně početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem na kontrole a výchovnými zásahy na plochách 3p a 4ú. Za celou dobu sledování štihllostní kvocient středního kmene poklesl pouze na hodnotu ca 100 na variantě 4ú a na hodnotu 99 na variantě 3p, a to až při poslední revizi ve věku 74 let. Štihllostní kvocient středního kmene na kontrolní ploše 1k

bez výchovy zůstal přes klesající trend nad hodnotou 100 i v době ukončení experimentu.

Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štihlостního kvocientu  $h_{200}/d_{200}$  vyrovnané (bez statisticky signifikantních rozdílů) pouze na kontrole 1k a variantě 3p, kde dosahovaly hodnot 103 a 102. Na variantě 4ú se štihlостní kvocient  $h_{200}/d_{200}$  od počátku signifikantně odlišoval od ostatních dvou ploch zejména v důsledku o 1 až 2 cm větší průměrné výčetní tloušťky  $d_{200}$  stromů horního stromového patra. Na všech třech plochách měl štihlостní kvocient  $h_{200}/d_{200}$  od počátku sledování klesající trend.

Při poslední revizi v roce 2000 (věk 74 let) klesl štihlостní kvocient stromů horního patra na ploše 1k na hodnotu 92, zatímco na plochách s výchovou 3p a 4ú až na hodnotu 87, přičemž rozdíly mezi kontrolní plochou 1k a variantami s výchovou 3p a 4ú byly statisticky průkazné.

Z provedené analýzy  $d_{200}$  (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar) je zřejmé, že výchovné zásahy s negativním výběrem v podúrovni (varianta 3p) vedly na této řadě k signifikantnímu zvýšení tloušťkového přírůstu nejsilnějších kosterních stromů oproti kontrole (obr. 6). Efekt úrovnových zásahů s pozitivním výběrem (varianta 4ú) nemohl být vyhodnocen vzhledem k tomu, že rozdíl v průměrné výčetní tloušťce stromů horního stromového patra ( $d_{200}$ ) byl signifikantní již před zahájením experimentu.

## ZÁVĚRY Z EXPERIMENTU BRUNTÁL

- V období sledování (od věku 38 let) byla výčetní kruhová základna na řadě Bruntál největší na kontrolní ploše 1k, a to až do poškození porostu větrem ve věku 68 let, kdy dosáhla na kontrole 57 m<sup>2</sup>, zatímco na plochách s výchovou 3p a 4ú pouze 51,6 a 49,7 m<sup>2</sup>.
- Nárůst výčetní kruhové základny G byl na kontrolní ploše 1k redukován poškozením porostu především větrem. V průběhu sledování však bylo na kontrolní ploše 1k 50,1 m<sup>2</sup> kruhové základny, tj. 137 % přírůstu G (z toho 26,3 m<sup>2</sup> při polomu ve věku 68 let), odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na variantách s výchovou 3p a 4ú zlomy a souše představovaly 16,5 a 20,3 m<sup>2</sup> (43 a 54 % periodního přírůstu).
- Periodní přírůst výčetní kruhové základny (po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů včetně souší a polomů) byl ve sledovaném období ve věku 38 – 74 let na variantách 3p a 4ú s výchovou 38,3 a 37,9 m<sup>2</sup> a byl tudíž o 1,8 a 1,4 m<sup>2</sup> větší než na kontrole 1k bez výchovy (36,5 m<sup>2</sup>).
- Přírůst výčetní kruhové základny (bez nahodile vytěžených stromů) byl za období sledování experimentu (věk 38 – 74 let) na kontrolní ploše 1k záporný, tj. vytvořila se ztráta 13,6 m<sup>2</sup>, zatímco na variantách s výchovou 3p a 4ú dosáhl přírůst G 21,8 m<sup>2</sup> a 17,6 m<sup>2</sup>.
- Pozitivní efekt výchovy jak úrovnové, tak zejména podúrovnové se na sledované řadě projevil především nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějším štihlостním kvocien-tem. Stromy v nižších tloušťkových stupních, které se při úrovnových výchovných zásazích na variantě 4ú netěžily, byly většinou v průběhu sledování experimentu poškozeny sněhem a nahodile vytěženy při následných revizích.
- Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihlостním kvocien-tem byla od počátku pokusu velmi nepříznivá.

Štihlостní kvocient středního kmene dosahoval ve věku porostu 38 let hodnot 127 (1k), 124 (3p) a 120 (4ú) a nacházel se ve fázi kulminace.

- Za celou dobu sledování štihlостní kvocient středního kmene poklesl pouze na hodnotu ca 100 na variantě 4ú a na hodnotu 99 na variantě 3p, a to až při poslední revizi ve věku 74 let. Štihlостní kvocient středního kmene na kontrolní ploše 1k bez výchovy zůstal přes klesající trend nad hodnotou 100 i v době ukončení experimentu ve věku 74 let.
- Štihlостní kvocient horního stromového patra  $h_{200}/d_{200}$ , který není ovlivněn početními posuny, dosahoval vyrovnaných hodnot 103 a 102 (bez statisticky signifikantních rozdílů) pouze na kontrole 1k a variantě 3p. Na variantě 4ú se štihlостní kvocient  $h_{200}/d_{200}$  od počátku signifikantně odlišoval od ostatních dvou ploch zejména v důsledku o 1 až 2 cm větší průměrné výčetní tloušťky  $d_{200}$  stromů horního stromového patra. Na všech třech plochách měl štihlостní kvocient  $h_{200}/d_{200}$  od počátku sledování klesající trend.
- Při poslední revizi v roce 2000 (věk 74 let) klesl štihlостní kvocient stromů horního patra na ploše 1k na hodnotu 92, zatímco na plochách s výchovou 3p a 4ú až na hodnotu 87, přičemž rozdíly mezi kontrolní plochou 1k a variantami s výchovou 3p a 4ú byly statisticky průkazné.
- Výchovné zásahy negativním výběrem v podúrovni prováděné v porostu srovnávací plochy 3p v letech 1964 až 1975 (věk 38 až 49 let) vedly na této řadě k signifikantnímu zvýšení tloušťkového přírůstu nejsilnějších kosterních stromů.

### 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

- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z.: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky. (Smrk, borovice, buk, dub.) Jilové u Prahy, IFER 1996. 245 s.
- Geobáze® 1997 – 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s., 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- 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.
- 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.
- VIEWEGH, J.: Přesné určení SLT výzkumných ploch pro výchovu smrkových porostů. Zpráva FLE ČZU. Praha, FLE ČZU 2002, 1 CD-ROM.



**Tab. 1.**  
Základní údaje o vývoji experimentu Bruntál  
Basic data on Bruntál experimental series

| Bruntál                                  | 1964<br>38 let     |      |    |                  | 1969<br>43 let     |      |    |                  | 1975<br>49 let     |      |    |                  | NT<br>50-67<br>let | 1994<br>68 let     |      |    |                  | 2000<br>74 let<br>Sdružený<br>porost | Přírůst<br>38-74<br>let | Přírůst<br>38-49<br>let |
|------------------------------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------|--------------------|------|----|------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                                          | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost |                    | Sdružený<br>porost | T    | T% | Hlavní<br>porost |                                      |                         |                         |
| N<br>(ks.ha <sup>-1</sup> )              | 2730               | 270  | 10 | 2460             | 2460               | 513  | 21 | 1947             | 1947               | 249  | 13 | 1698             | 541                | 1157               | 596  | 52 | 561              | 561                                  | ◇                       | ◇                       |
|                                          | 2724               | 836  | 31 | 1888             | 1888               | 480  | 25 | 1408             | 1408               | 416  | 30 | 992              | 188                | 804                | 184  | 23 | 620              | 620                                  | ◇                       | ◇                       |
|                                          | 2712               | 492  | 18 | 2220             | 2220               | 640  | 29 | 1580             | 1580               | 448  | 28 | 1132             | 320                | 812                | 244  | 30 | 568              | 568                                  | ◇                       | ◇                       |
| G<br>(m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 48,7               | 1,9  | 4  | 46,9             | 53,4               | 7,1  | 13 | 46,3             | 52,6               | 3,8  | 7  | 48,7             | 11,0               | 57,0               | 26,3 | 46 | 30,8             | 35,1                                 | -13,6                   |                         |
|                                          | 48,8               | 8,1  | 16 | 41,6             | 48,9               | 9,0  | 18 | 39,9             | 46,0               | 8,6  | 19 | 37,4             | 5,4                | 51,6               | 11,1 | 21 | 40,5             | 44,9                                 | 38,3                    | 21,8                    |
|                                          | 50,8               | 6,7  | 13 | 44,9             | 52,6               | 8,9  | 17 | 43,7             | 49,9               | 11,4 | 23 | 38,6             | 7,8                | 49,7               | 12,5 | 25 | 37,2             | 41,4                                 | 37,9                    | 17,6                    |
| d<br>(cm)                                | 15,1               | 9,4  | ◇  | 15,6             | 16,6               | 13,3 | ◇  | 17,4             | 18,5               | 14,0 | ◇  | 19,1             | ◇                  | 25,1               | 23,7 | ◇  | 26,4             | 28,2                                 | 8,0                     | ◇                       |
|                                          | 15,1               | 11,1 | ◇  | 16,8             | 18,2               | 15,5 | ◇  | 19,0             | 20,4               | 16,3 | ◇  | 21,9             | ◇                  | 28,6               | 27,7 | ◇  | 28,9             | 30,4                                 | 10,0                    | ◇                       |
|                                          | 15,4               | 13,1 | ◇  | 16,1             | 17,4               | 13,3 | ◇  | 18,8             | 20,1               | 18,0 | ◇  | 20,8             | ◇                  | 27,9               | 25,5 | ◇  | 28,9             | 30,5                                 | 9,5                     | ◇                       |
| h<br>(m)                                 | 19,1               | 13,9 | ◇  | 19,0             | 20,0               | 17,6 | ◇  | 20,5             | 22,0               | 18,7 | ◇  | 22,4             | ◇                  | 28,0               | 27,3 | ◇  | 28,7             | 29,5                                 | 8                       | ◇                       |
|                                          | 18,8               | 15,6 | ◇  | 19,8             | 21,0               | 19,2 | ◇  | 21,5             | 22,9               | 20,3 | ◇  | 23,7             | ◇                  | 29,3               | 29,0 | ◇  | 29,4             | 30,0                                 | 8,3                     | ◇                       |
|                                          | 18,5               | 16,9 | ◇  | 18,9             | 20,6               | 17,7 | ◇  | 21,5             | 22,9               | 21,6 | ◇  | 23,3             | ◇                  | 29,3               | 28,1 | ◇  | 29,7             | 30,4                                 | 8,8                     | ◇                       |
| h/d                                      | 127                | 148  | ◇  | 122              | 120                | 132  | ◇  | 118              | 119                | 134  | ◇  | 117              | ◇                  | 112                | 115  | ◇  | 108              | 104                                  | ◇                       | ◇                       |
|                                          | 124                | 141  | ◇  | 118              | 116                | 124  | ◇  | 113              | 112                | 125  | ◇  | 108              | ◇                  | 103                | 105  | ◇  | 102              | 99                                   | ◇                       | ◇                       |
|                                          | 120                | 129  | ◇  | 117              | 119                | 133  | ◇  | 114              | 114                | 120  | ◇  | 112              | ◇                  | 105                | 110  | ◇  | 103              | 100                                  | ◇                       | ◇                       |
| d <sub>200</sub><br>(cm)                 | 21,4               | ◇    | ◇  | ◇                | 24,1               | ◇    | ◇  | ◇                | 26,6               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 34,4               | ◇    | ◇  | ◇                | 34,8                                 | 13,4                    | ◇                       |
|                                          | 22,0               | ◇    | ◇  | ◇                | 24,7               | ◇    | ◇  | ◇                | 27,3               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 35,3               | ◇    | ◇  | ◇                | 36,7                                 | 14,7                    | ◇                       |
|                                          | 23,1               | ◇    | ◇  | ◇                | 26,4               | ◇    | ◇  | ◇                | 28,8               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 36,6               | ◇    | ◇  | ◇                | 37,7                                 | 14,6                    | ◇                       |
| h <sub>200</sub><br>(m)                  | 22,0               | ◇    | ◇  | ◇                | 23,9               | ◇    | ◇  | ◇                | 26,0               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 31,8               | ◇    | ◇  | ◇                | 31,9                                 | 9,9                     | ◇                       |
|                                          | 22,5               | ◇    | ◇  | ◇                | 24,3               | ◇    | ◇  | ◇                | 26,1               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 31,6               | ◇    | ◇  | ◇                | 32,0                                 | 9,5                     | ◇                       |
|                                          | 22,2               | ◇    | ◇  | ◇                | 25,1               | ◇    | ◇  | ◇                | 26,8               | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 32,5               | ◇    | ◇  | ◇                | 32,9                                 | 10,7                    | ◇                       |
| h <sub>200</sub> /d <sub>200</sub>       | 103                | ◇    | ◇  | ◇                | 99                 | ◇    | ◇  | ◇                | 98                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 92                 | ◇    | ◇  | ◇                | 92                                   | ◇                       | ◇                       |
|                                          | 102                | ◇    | ◇  | ◇                | 98                 | ◇    | ◇  | ◇                | 96                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 89                 | ◇    | ◇  | ◇                | 87                                   | ◇                       | ◇                       |
|                                          | 96                 | ◇    | ◇  | ◇                | 95                 | ◇    | ◇  | ◇                | 93                 | ◇    | ◇  | ◇                | ◇                  | 89                 | ◇    | ◇  | ◇                | 87                                   | ◇                       | ◇                       |

Pozn.: P – přírůst, NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah (případně těžba souší a zlomů), ÚTP – úmyslná těžba předmýtní, Sdružený porost – porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě, Hlavní porost – porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů, 1k – kontrolní porost bez výchovy, 3p – srovnávací plocha s negativním výběrem v podúrovni, 4ú – srovnávací plocha s pozitivním výběrem v úrovni, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – stříhlostní kvocient, d<sub>200</sub> – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar, h<sub>200</sub>/d<sub>200</sub> – stříhlostní kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar

Note: P – increment, NT – salvage cut, T – thinning (including the removal of broken and dead trees), ÚTP – planned intermediate cutting, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), 1k – control plot without thinning, 3p – comparative plot with thinning from above, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness, d<sub>200</sub> – diameter of 200 thickest trees per 1 ha, h<sub>200</sub>/d<sub>200</sub> – quotient of slenderness of 200 thickest trees per 1 ha

## Norway spruce thinning experiment – Series Bruntál (1964)

### Summary

Experimental series Bruntál was founded in forest region 29 – the Nizký Jeseník Mts. in 1964 in 38-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. The series consists of three comparative plots with dimensions 50 m x 50 m, i. e. 0.25 ha each (fig. 1). Comparative plot 1k is control plot without designed thinning; comparative plot 3p is the stands with thinning by negative selection from below and comparative plot 4ú is the stand with heavy thinning by positive selection from above. Presented study is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands. After analyses of the results from the 36-year period of observation, we can draw following conclusions:

- In the period of observation (from the age of 38 years), the basal area on series Bruntál was the biggest on control unthinned plot 1k until the wind damage at the age of 68 years (57.0 m<sup>2</sup>), whereas the basal area on variants with thinning 3p and 4ú represented only 51.6 and 49.7 m<sup>2</sup> at this age (fig. 2, tab. 1).
- Basal area increment was reduced on control unthinned plots by the wind damage mainly. During the period of observation (age of 38 – 74 years), basal area of 50.1 m<sup>2</sup> (i. e. 137% of basal area increment) was removed as snags or breaks on control plot 1k (from these values 26.3 m<sup>2</sup> were removed by wind damage at the age of 68 years). On the thinned variants 3p and 4ú, snags or breaks represented 16.5 and 20.3 m<sup>2</sup> (i. e. 43 and 54% of basal area increment).
- During the period of observation (age of 38 – 74 years), periodic basal area increment (including planned and salvage cutting) was 38.3 and 37.9 m<sup>2</sup> on thinned plots 3p and 4ú, i. e. about 1.8 and 1.4 m<sup>2</sup> higher than on control unthinned plot 1k (36.5 m<sup>2</sup>).
- Basal area increment excluding salvage cut during the period of observation (age of 38 – 74 years) was negative, i. e. we found loss of basal area increment 13.6 m<sup>2</sup> on control plot 1k, while the basal area increment on thinned plots 3p and 4ú came up to 21.8 and 17.6 m<sup>2</sup>.
- After 36 years of observation, the effect of thinning (mainly by the negative selection from below) on diameter structure was observed (fig. 3 and 4). On thinned variants 3p and 4ú, abundance of small-sized individuals (diameter classes up to 20 cm) decreased and abundance of thickest trees (diameter classes over 31 cm) increased compared with control unthinned plots 1k. Diameter distribution was significantly (by the Kolmogorov-Smirnov two sample tests,  $p \leq 0.10$ ) different on thinned plot 3p compared with control plot at age of 74 years in 2000.
- Static stability characterized by h/d ratio was unfavourable from the beginning of observation. The h/d ratio of mean stem achieved the values 127 (1k), 124 (3p) and 120 (4ú) at age of 38 years (fig. 5).
- At the last revision (age of 74 years), h/d ratio of mean stem decreased on value ca 100 on variant 4ú and on value 99 on variant 3p only. On control plot 1k, h/d ratio of mean stem (in spite of decreasing trend) did not decrease below the value 100.
- Quotient of slenderness of dominant trees  $h_{200}/d_{200}$  (200 thickest individuals per hectare), which was not influenced by trees number shift, achieved initial values 103 and 102 (without significant differences) on variants 1k and 3p, respectively. On comparative variant 4ú,  $h_{200}/d_{200}$  ratio was significantly lower compared with variants 1k and 3p mainly due to higher (about 1 – 2 cm)  $d_{200}$  values. From the beginning of observation,  $h_{200}/d_{200}$  ratio showed decreasing trend on all variants (fig. 5).
- In the last revision (2000, age of 74 years),  $h_{200}/d_{200}$  ratio came down on plots 1k to value 92, whereas this ratio represented the value 87 on both thinned variants 3p and 4ú (differences between control and thinned variants were significant).
- Effect of thinning on increase of diameter of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) was significant on variant 3p only (fig. 6).

Recenzováno

## EXPERIMENTY S POROSTNÍ VÝCHOVOU SMRKU ZTEPILÉHO - BLANÍK I A BLANÍK II (1965)

### Norway spruce thinning experiments – Series Blaník I and Blaník II (1965)

#### Abstract

Experimental series at Blaník I and Blaník II were founded in forest region 16 – the Českomoravská vrchovina Mts. in 1965 in 31-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. Both series consist of three comparative plots with dimensions 40 m x 50 m, i. e. 0.20 ha each. Comparative plots 1k are control plots without designed thinning, comparative plots 3p and 5p are the stands with thinning by negative selection from below (3p lower and 5p higher intensity). Presented paper is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands during the 39-year period of observation.

**Klíčová slova:** smrč ztepilý, *Picea abies*, pěstování lesů, porostní výchova

**Key words:** Norway spruce, *Picea abies*, silviculture, thinning

#### ÚVOD

Porostní výchova smrku začala být ve VÚLHM komplexně řešena v 50. letech minulého století. Od roku 1956 do roku 1973 bylo postupně založeno 46 výzkumných řad ve čtyřech časových sériích (série 1 v letech 1956 - 1958, série 2 v roce 1960, série 4 v letech 1964 - 1969 a série 5 v letech 1971 až 1973). Série 3 byla založena v borových porostech a je hodnocena samostatně. Ze čtvrté série s výchovou smrkových porostů, založené Ing. Pařezem v letech 1964 až 1969, se dochovalo celkem 9 výzkumných řad (Polička I a II, Nasavrky, Bruntál, Blaník I a II, Planá a Železná Ruda I a II). Předkládaná práce se zabývá hodnocením dvou řad Blaník I a Blaník II. Další experimentální řady budou hodnoceny samostatně v následujících příspěvcích. Souhrnné vyhodnocení celé 4. série je obdobně jako u 1. a 2. série (SLODIČÁK, NOVÁK 2005a, b) předmětem samostatného sdělení.

#### METODIKA

Experimentální řady Blaník I a II byly založeny v lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina v roce 1965 v 31letém smrkovém porostu na LHC Vlašim v porostu 408 B6 podle LHP 1991 - 2000. Porosty jsou obhospodařovány LČR, s. p., LS Kácov.

Zeměpisné souřadnice experimentálních řad v systému WGS-84 jsou 14°51'59" v. d. a 49°38'56" s. š. Porosty se nachází na mírném severozápadním svahu se sklonem 2 - 4 %, v nadmořské výšce 410 m.

Experiment byl založen ve smrkovém porostu vzniklém výsadbou ve sponu 1 m x 1,22 m, tj. v hustotě 8 200 sazenic na 1 ha na bývalé zemědělské půdě. Současný smrkový porost je hospodářským lesem na LT 4S1 – svěží bučina šťavelová (*Fagetum oligo-mesotrophicum* – *Oxalis acetosella*). V dřevinném patře se zmlazuje *Quercus petraea* z okolních vzdálenějších porostů nižších poloh (VIEWEGH 2002).

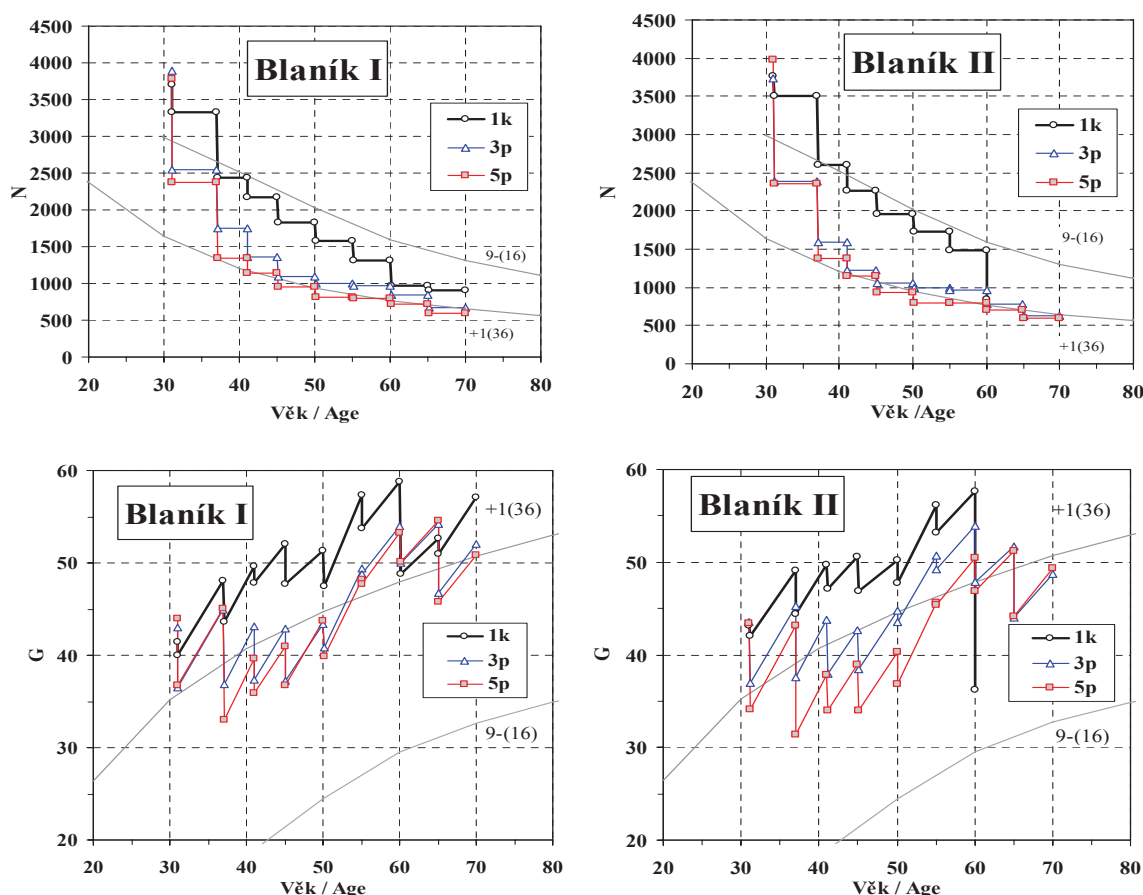
Půdní typ byl charakterizován jako kambizem modální a vzhledem k absenci některých význačných oligotrofních bylinných druhů lze usuzovat, že je mezotrofní. Druh *Oxalis acetosella* je velmi sci-ofytní, takže může růst i v zapojené smrčtině stejně jako v zapojené bučině. Dominance mechu *Plagiomnium affine* je pravděpodobně již důsledek smrkového hospodářství, kdy došlo ke změně chemismu nadložního humusu a tento mech často „doprovází“ vlhčí smrčtiny. Stejně tak velmi druhově chudé bylinné patro je odrazem smrkového

hospodářství. Při okrajích porostů, kde dochází k většímu prosvětlení a v důsledku toho jsou lepší i podmínky teplotní umožňující rychlejší rozklad (nepříznivého) humusu, se objevuje i druh *Poa nemoralis*, který je dost typickým druhem kategorie S nižších LVS (VIEWEGH 2002).

Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 - 1990 představoval podle údajů ČHMÚ 700 mm a průměrná roční teplota za stejné období dosahovala 8 °C.



**Obr. 1.** Umístění experimentálních řad Blaník I a II (Geobáze® 1997 - 2000) a výřez z obrysové mapy LHC Blaník, LHP(1991) Geographic location (Geobáze® 1997 - 2000) and stand map of experimental series Blaník I and Blaník II on Forest Management Plan (1991)



Obr. 2.

Vývoj počtu stromů N ( $\text{ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) a výčetní kruhové základny G ( $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) na srovnávacích plochách experimentální řady Blaník I (vlevo) a Blaník II (vpravo) ve věku 31 - 70 let v porovnání s růstovými tabulkami (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Number of trees (N -  $\text{trees} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) and basal area (G -  $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) on comparative plots of experimental series Blaník I (left) and Blaník II (right) at the age of 31 – 70 years compared with Growth Tables (ČERNÝ, PAŘEZ, MALÍK 1996)

Experimenty byly založeny podle metodiky VÚLHM (PAŘEZ 1958). Popis prací, umístění a charakteristika výchovných zásahů včetně použitých metod při hodnocení výsledků jsou uvedeny v příspěvku SLODIČÁK, NOVÁK (2003). Každá z experimentálních řad je tvořena třemi dílčími plochami (1k, 3p a 5p), každá o velikosti 40 m x 50 m, tj. 0,20 ha (obr. 1).

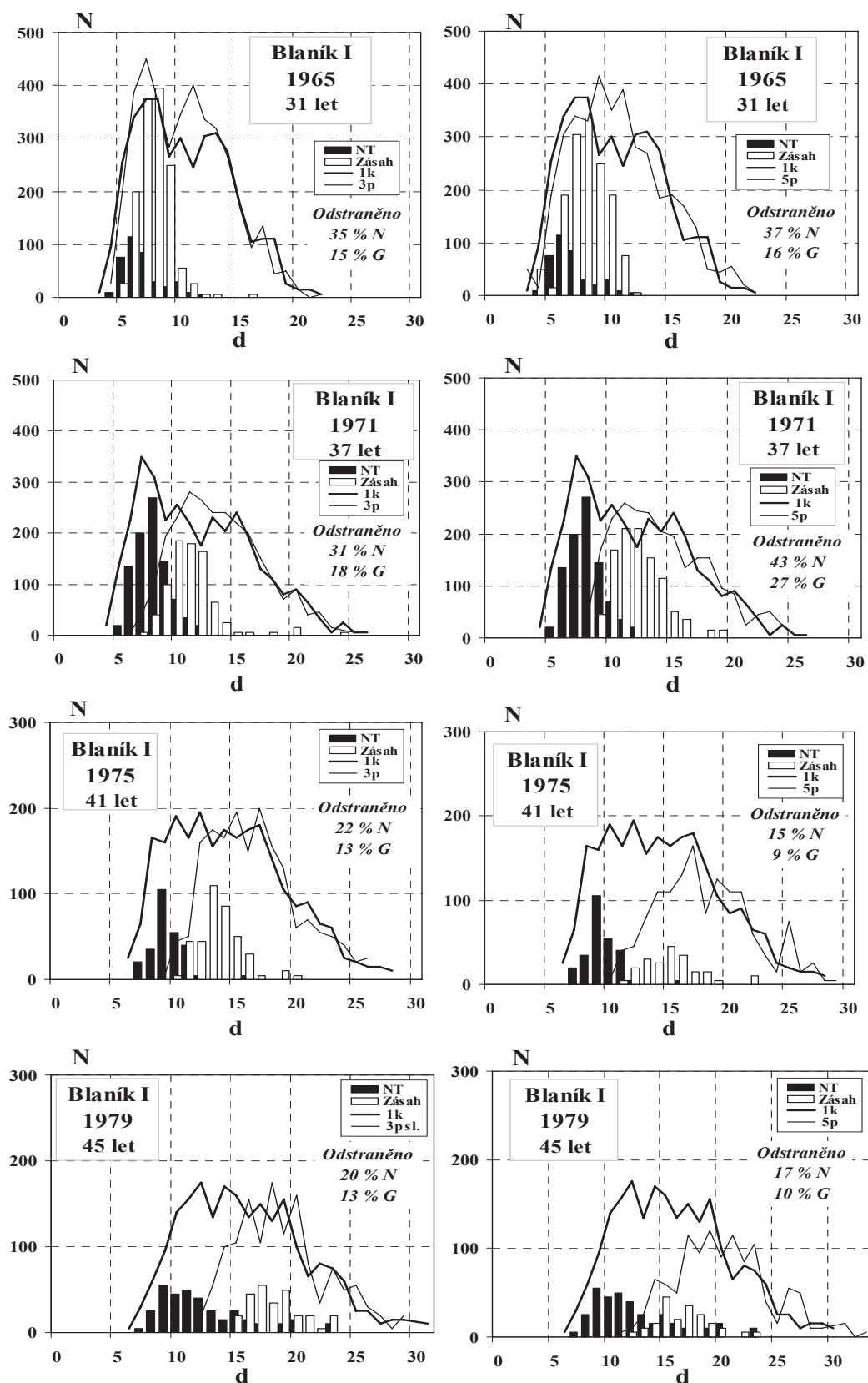
Srovnávací plocha 1k je na obou řadách kontrolní, bez výchovy. Na těchto plochách se odstraňují pouze souše a případné zlomy či vývraty. Srovnávací plochy 3p a 5p jsou na obou řadách zaměřeny na sledování podúrovňových zásahů s negativním výběrem (3p – slabší zásahy, 5p – silnější zásahy).

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 proběhly podle doporučených postupů (MELOUN, MILITKÝ 1998). Pro testování byla využita procedura ANOVA a následné 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.

## PRŮBĚH EXPERIMENTU

V době založení experimentálních řad Blaník I a II v roce 1965 dosáhl věk sledovaných porostů 31 let. V obou případech se jednalo o smrkovou monokulturu o hustotě od 3 710 do 3 975 jedinců na 1 hektar s vyrovnanými taxačními parametry (G od 41,5 do 44  $\text{m}^2$ , d od 11,8 do 12,2 cm, h od 15,1 do 15,8 m). Zjištěné rozdíly nebyly signifikantní také u parametrů horního stromového patra, tj. ve výčetní tloušťce a výšce 200 nejsilnějších stromů na 1 ha ( $d_{200}$  19,1 až 20,4 cm a  $h_{200}$  18,7 až 20,0 m). Určité rozdíly byly zjištěny pouze u hodnot štiřlostního kvocientu  $h_{200}/d_{200}$ , kdy na řadě I na variantě 5p dosahoval signifikantně nižších hodnot a na řadě II na variantě 3p signifikantně vyšších hodnot ve srovnání s příslušnými kontrolními porosty. Výchozí stav porostů před prvními zásahy tak byl až na uvedené výjimky na dílčích srovnávacích plochách v rámci jednotlivých výzkumných řad i mezi řadami srovnatelný. Před zahájením experimentu nebyl sledovaný porost vychovávan. Svědčí o tom výrazná tloušťková diferenciace (v porostu se před prvními experimentálními zásahy vyskytovali jedinci s výčetní tloušťkou od 4 do 25 cm, obr. 3a, 3b).

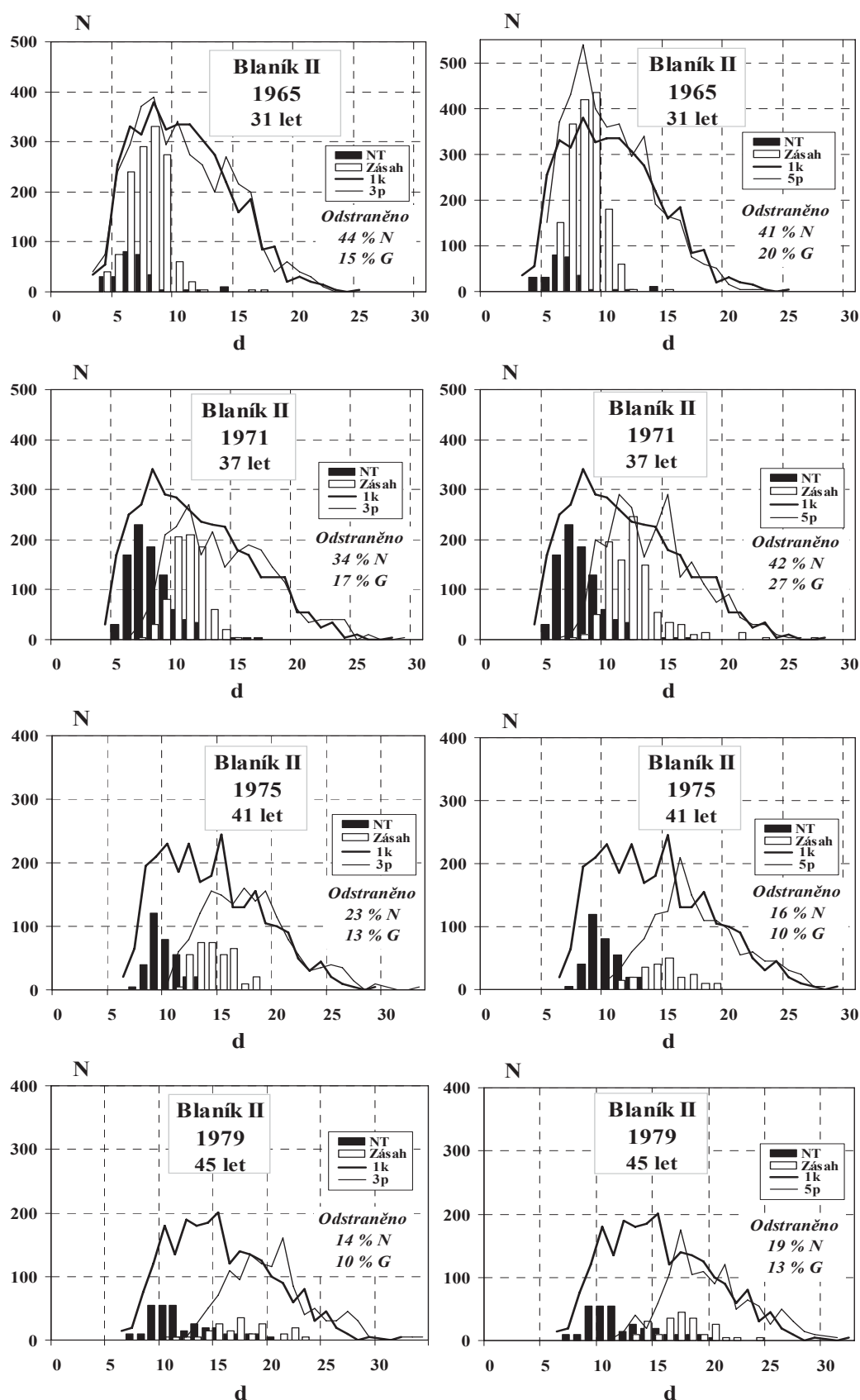




Obr. 3a.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Blaník I ve věku 31 - 45 let (NT - nahodilá těžba, N - počet stromů na 1 ha, d - tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning compared with mortality on control plot 1k without thinning on Blaník I experimental series at the age of 31 - 45 years (NT - salvage cut, Zásah - thinning, N - number of trees per hectare, d - diameter in cm, Odstraněno/removed)



Obr. 3b.

Tloušťková struktura a provedené výchovné zásahy v porovnání s mortalitou na kontrolní ploše 1k bez zásahu na experimentální řadě Blaník II ve věku 31 - 45 let (NT - nahodilá těžba, N - počet stromů na 1 ha, d - tloušťka v cm)

Diameter structure and experimental thinning compared with mortality on control plot 1k without thinning on Blaník II experimental series at the age of 31 - 45 years (NT – salvage cut, Zásah – thinning, N – number of trees per hectare, d – diameter in cm, Odstraněno/removed)

Tab. 1.  
Základní údaje o vývoji experimentu Blaník I  
Basic data on thinning experiment Blaník I

| Blaník I | 1965<br>31 let |      |    | 1971<br>37 let |               |      | 1975<br>41 let |              |               | 1979<br>45 let |    |              | 1994<br>60 let |      |    | 1999<br>65 let |      |      | 2004<br>70 let |                | ÚTP       |
|----------|----------------|------|----|----------------|---------------|------|----------------|--------------|---------------|----------------|----|--------------|----------------|------|----|----------------|------|------|----------------|----------------|-----------|
|          | Sdruž. porost  | T    | T% | Hlavní porost  | Sdruž. porost | T    | T%             | Hlav. porost | Sdruž. porost | T              | T% | Hlav. porost | Hlavní porost  | T    | T% | Sdruž. porost  | T    | T%   | Hlav. porost   | P<br>31-70 let | P<br>- NT |
| 1k       | 3710           | 380  | 10 | 3330           | 3330          | 890  | 27             | 2440         | 2440          | 265            | 11 | 2175         | 1320           | 355  | 27 | 965            | 55   | 6    | 910            | 910            | 0         |
| 3p       | 3895           | 1345 | 35 | 2550           | 2550          | 800  | 31             | 1750         | 1750          | 390            | 22 | 1360         | 975            | 125  | 13 | 850            | 180  | 21   | 670            | 670            | 0         |
| 5p       | 3785           | 1415 | 37 | 2375           | 2375          | 1020 | 43             | 1350         | 1350          | 205            | 15 | 1140         | 790            | 70   | 9  | 720            | 130  | 18   | 590            | 590            | 0         |
| 1k       | 41,5           | 1,4  | 3  | 40,0           | 48,1          | 4,5  | 9              | 43,6         | 49,7          | 1,9            | 4  | 47,8         | 58,8           | 10,0 | 17 | 48,8           | 52,7 | 1,7  | 51,0           | 57,1           | 0         |
| 3p       | 43,0           | 6,5  | 15 | 36,5           | 44,9          | 8,1  | 18             | 36,9         | 43,1          | 5,8            | 13 | 37,4         | 53,9           | 4,0  | 7  | 50,0           | 54,2 | 7,5  | 46,7           | 52,0           | 0         |
| 5p       | 44,0           | 7,2  | 16 | 36,8           | 45,0          | 12,0 | 27             | 33,0         | 39,7          | 3,8            | 9  | 35,9         | 53,2           | 3,1  | 6  | 50,1           | 54,5 | 8,8  | 45,8           | 50,9           | 0         |
| 1k       | 11,9           | 7,0  | 0  | 12,4           | 13,6          | 8,0  | 0              | 15,1         | 16,1          | 9,5            | 0  | 16,7         | 23,8           | 19,0 | 0  | 25,4           | 26,4 | 19,5 | 26,7           | 28,3           | 0         |
| 3p       | 11,9           | 7,8  | 0  | 13,5           | 15,0          | 11,3 | 0              | 16,4         | 17,7          | 13,7           | 0  | 18,7         | 26,5           | 20,1 | 0  | 27,4           | 28,5 | 23,0 | 29,8           | 31,5           | 0         |
| 5p       | 12,2           | 8,1  | 0  | 14,1           | 15,5          | 12,3 | 0              | 17,7         | 19,4          | 15,3           | 0  | 20,0         | 29,3           | 23,6 | 0  | 29,8           | 31,1 | 29,3 | 31,4           | 33,2           | 0         |
| 1k       | 15,2           | 10,5 | 0  | 15,5           | 17,9          | 13,4 | 0              | 18,8         | 20,2          | 15,4           | 0  | 20,6         | 26,7           | 24,4 | 0  | 27,4           | 28,7 | 25,9 | 29,2           | 30,4           | 0         |
| 3p       | 15,5           | 14,1 | 0  | 16,5           | 18,8          | 16,4 | 0              | 19,6         | 21,2          | 19,0           | 0  | 21,7         | 28,0           | 24,9 | 0  | 28,4           | 28,8 | 26,5 | 29,2           | 30,9           | 0         |
| 5p       | 15,8           | 12,8 | 0  | 16,5           | 19,2          | 17,2 | 0              | 20,3         | 21,8          | 19,7           | 0  | 22,1         | 28,6           | 26,2 | 0  | 28,8           | 30,8 | 30,1 | 30,9           | 32,2           | 0         |
| 1k       | 127            | 151  | 0  | 126            | 132           | 167  | 0              | 124          | 126           | 163            | 0  | 123          | 112            | 128  | 0  | 108            | 109  | 0    | 109            | 108            | 0         |
| 3p       | 131            | 180  | 0  | 122            | 126           | 145  | 0              | 119          | 120           | 139            | 0  | 116          | 106            | 124  | 0  | 104            | 101  | 0    | 98             | 98             | 0         |
| 5p       | 130            | 159  | 0  | 118            | 124           | 140  | 0              | 115          | 113           | 129            | 0  | 110          | 98             | 111  | 0  | 97             | 99   | 0    | 98             | 97             | 0         |
| 1k       | 19,5           | 0    | 0  | 0              | 22,6          | 0    | 0              | 0            | 24,8          | 0              | 0  | 0            | 33,8           | 0    | 0  | 0              | 35,5 | 0    | 0              | 38,0           | 0         |
| 3p       | 19,1           | 0    | 0  | 0              | 22,1          | 0    | 0              | 0            | 24,3          | 0              | 0  | 0            | 34,4           | 0    | 0  | 0              | 36,0 | 0    | 0              | 38,2           | 0         |
| 5p       | 20,0           | 0    | 0  | 0              | 23,1          | 0    | 0              | 0            | 25,6          | 0              | 0  | 0            | 35,7           | 0    | 0  | 0              | 37,2 | 0    | 0              | 39,4           | 0         |
| 1k       | 19,4           | 0    | 0  | 0              | 21,8          | 0    | 0              | 0            | 23,7          | 0              | 0  | 0            | 30,0           | 0    | 0  | 0              | 30,8 | 0    | 0              | 33,0           | 0         |
| 3p       | 18,8           | 0    | 0  | 0              | 21,8          | 0    | 0              | 0            | 23,7          | 0              | 0  | 0            | 30,6           | 0    | 0  | 0              | 31,1 | 0    | 0              | 32,7           | 0         |
| 5p       | 19,1           | 0    | 0  | 0              | 22,3          | 0    | 0              | 0            | 24,0          | 0              | 0  | 0            | 30,6           | 0    | 0  | 0              | 32,1 | 0    | 0              | 33,8           | 0         |
| 1k       | 100            | 0    | 0  | 0              | 96            | 0    | 0              | 0            | 95            | 0              | 0  | 0            | 89             | 0    | 0  | 0              | 87   | 0    | 0              | 87             | 0         |
| 3p       | 98             | 0    | 0  | 0              | 99            | 0    | 0              | 0            | 97            | 0              | 0  | 0            | 89             | 0    | 0  | 0              | 86   | 0    | 0              | 86             | 0         |
| 5p       | 96             | 0    | 0  | 0              | 96            | 0    | 0              | 0            | 94            | 0              | 0  | 0            | 86             | 0    | 0  | 0              | 86   | 0    | 0              | 86             | 0         |

Pozn.: P – přírůstek, NT – nahodilá těžba, T – výchovný zásah (případně těžba souší a zlomů), ÚTP – úmyslná těžba předmní, Sdružený porost (porost včetně souší, zlomů a stromů vyznačených k těžbě), Hlavní porost (porost po provedení výchovného zásahu a po odstranění souší a zlomů), I – přírůstek, Ik – kontrolní porost bez výchovy, 3p – srovnávací plocha se slabšími podúrovňovými zásahy s negativním výběrem, 5p – srovnávací plocha se silnějšími podúrovňovými zásahy s negativním výběrem, N – počet stromů, G – výčetní kruhová základna, d – výčetní tloušťka středního kmene, h – střední výška, h/d – střední kvocient,  $d_{200}$  – průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar,  $h_{200}$  – průměrná výška 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar,  $h_{200}/d_{200}$  – střední kvocient 200 nejsilnějších stromů na 1 hektar  
Notes: P – increment, NT – salvage cut, T – thinning, ÚTP – planned intermediate cutting, Sdružený porost – before thinning (including dead individuals and trees marked for thinning), Hlavní porost – after thinning (stand after thinning and after removing of dead individuals), I – increment, Ik – control plot without thinning, 3p – comparative plot with negative selection from below, 5p – heavy thinning from below, N – number of trees, G – basal area, d – diameter breast height of the mean stem, h – mean height, h/d – quotient of slenderness,  $d_{200}$  – diameter of 200 thickest trees,  $h_{200}/d_{200}$  – quotient of slenderness of 200 thickest trees

**Počet stromů a výčetní kruhová základna řady Blaník I**

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 31 let, bylo v porostech srovnávacích ploch 3p a 5p negativním výběrem v podúrovni odstraněno 35 a 37 % stromů (N) tvořících 15 a 16 % výčetní základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3a. Patrný je zejména rozdíl mezi tloušťkou úmyslně těžných stromů s vrcholem kolem výčetní tloušťky 8 cm a tloušťkou stromů těžných nahodile s vrcholem kolem tloušťky 7 cm (tab. 1). Zásahy se opakovaly ještě třikrát až do věku 45 let (1979), v jedné šesti a dvou čtyřletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 3p odebráno negativním výběrem v podúrovni 31, 22 a 20 % N (18, 13 a 13 % G) a na ploše 5p 43, 15 a 17 % N (27, 9 a 10 % G).

Po čtyřech výchovných zásazích v šesti a čtyřletých periodách, tj. 14 let po zahájení experimentu (rok 1979, věk 45 let), zůstalo:

- na variantě 1k celkem 1 830 stromů (mortalita 1 880 stromů, 51 % původního stavu),
- na variantě 3p celkem 1 090 stromů (při výchově odstraněno 2 805 stromů, tj. 72 % N),
- na variantě 5p celkem 950 stromů (při výchově odstraněno 2 835 stromů, tj. 75 % N).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 45 let:

- na variantě 1k – 47,7 m<sup>2</sup> (nárůst o 6,2 m<sup>2</sup>),
- na variantě 3p – 37,2 m<sup>2</sup> (pokles o 5,8 m<sup>2</sup>),
- na variantě 5p – 36,8 m<sup>2</sup> (pokles o 7,2 m<sup>2</sup>).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 31 - 45 let) představoval (po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích a nahodilé těžby na kontrole) na plochách 3p a 5p – 20,3 a 20,0 m<sup>2</sup> a byl tedy o 1,9 a 1,6 m<sup>2</sup> větší než na kontrole (18,4 m<sup>2</sup>).

Od čtvrtého výchovného zásahu ve věku 45 let (1979) se všechny tři porosty výzkumné řady Blaník I vyvíjely 20 let až do roku 1999 bez záměrného ovlivňování. Odstraňovaly se pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Ve věku 65 let byl na této sérii proveden další, v pořadí již pátý výchovný zásah, při kterém bylo z porostů 3p a 5p odstraněno 21 a 18 % N (14 a 16 % G).

Počet stromů se do poslední revize v roce 2004 (věk 70 let) snížil:

- na variantě 1k na 910 stromů (mortalita ve věku 31 – 70 let 2 800 jedinců),
- na variantě 3p na 670 stromů (zásahy 2 985 a mortalita 240 jedinců),
- na variantě 5p na 590 stromů (zásahy 2 960 a mortalita 230 jedinců).

Mortalita v posledních 25 letech sledování (věk porostů 46 - 70 let) představovala na kontrolní ploše 920 (50 %) jedinců, zatímco na srovnávacích plochách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovni bylo ve stejném období nahodile odstraněno 240 a 230 stromů (tj. ca 22 a 24 % stavu hlavního porostu ve věku 45 let).

Největší úbytek stromů byl zaznamenán na kontrolní ploše 1k při druhé revizi ve věku 37 let (1971), kdy ubylo po sněhovém polomu 27 % počtu (890 stromů) a 9 % výčetní základny G (4,5 m<sup>2</sup>). Poškození experimentálního porostu podobného rozsahu (9 % G, tj. 4,4 m<sup>2</sup>) se během sledování vyskytlo ještě jednou ve věku 45 let (1979). Nejvíce byl však kontrolní porost bez výchovy poškozen ve věku 60 let (1994), kdy bylo po polomu odstraněno 27 % stromů (17 % G, tj. 10 m<sup>2</sup>). Na paralelních experimentálních porostech s výchovou byly škody méně než poloviční (varianta 3p – 13 % N a 7 % G) až třetinové (varianta 5p – 9 % N a 6 % G). Při ostatních revizích se podíl poškozených stromů a souší pohyboval na těchto variantách od 6 do 14 % N tvořících 3 až 7 % G. Celkově byl na variantách 3p a 5p s výchovou za

období sledování experimentu (31 – 70 let) počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší ve srovnání s kontrolou méně než desetinný (tab. 1).

Výčetní základna G experimentálních porostů, která se po polomu ve věku 60 let na všech třech variantách 1k, 3p a 5p vyrovnala (48,8, 50,0 a 50,1 m<sup>2</sup>), následně po zásazích na plochách 3p a 5p ve věku 65 let poklesla o 14 a 16 % a při poslední revizi ve věku 70 let byla opět největší na kontrole bez výchovy (57,1 m<sup>2</sup>).

Oproti výchozímu stavu se výčetní základna zvýšila na kontrole o 15,6 m<sup>2</sup> a na variantách s výchovou 3p a 5p o 6,9 a 9,1 m<sup>2</sup> (obr. 2).

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období na kontrole 1k bez výchovy o 2,7 m<sup>2</sup> a o 3,6 m<sup>2</sup> menší než na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou (46,9 m<sup>2</sup> na kontrole a 49,6 a 50,5 m<sup>2</sup> na plochách 3p a 5p). Na kontrolní ploše 1k bylo v průběhu sledování 31,3 m<sup>2</sup> kruhové základny (67 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 7 a 7,5 m<sup>2</sup> (14 a 15 % periodního přírůstu G).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 31 – 70 let):

- na kontrolní ploše 1k 15,6 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 3p 42,6 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 5p 42,9 m<sup>2</sup>.

**Počet stromů a výčetní kruhová základna řady Blaník II**

Při prvním výchovném zásahu, provedeném ve věku 31 let bylo v porostech obou srovnávacích ploch 3p a 5p negativním výběrem v podúrovni odstraněno 44 a 41 % stromů (N) tvořících 15 a 20 % výčetní základny (G). Umístění zásahů v porostní struktuře je zřejmé z obr. 3b. V obou případech se jednalo o klasický podúrovňový zásah, při kterém byly odstraněny stromy tenčí, než byla střední výčetní tloušťka (tab. 2).

Zásahy se podobně jako na řadě Blaník I opakovaly ještě třikrát až do věku 45 let (1979), v jedné šesti a dvou čtyřletých periodách a bylo při nich na srovnávací ploše 3p odebráno negativním výběrem v podúrovni 34, 23 a 14 % N (17, 13 a 10 % G) a na ploše 5p 42, 16 a 19 % N (27, 10 a 13 % G).

Po čtyřech výchovných zásazích v šesti a čtyřletých periodách, tj. 14 let po zahájení experimentu (rok 1979, věk 45 let), zůstalo:

- na variantě 1k celkem 1 955 stromů (mortalita 1 815 stromů, 48 % původního stavu),
- na variantě 3p celkem 1 050 stromů (při výchově odstraněno 2 685 stromů, tj. 72 % N),
- na variantě 5p celkem 935 stromů (při výchově odstraněno 3 040 stromů, tj. 76 % N).

Výčetní kruhová základna G dosáhla ve věku 45 let:

- na variantě 1k – 46,9 m<sup>2</sup> (nárůst o 3,8 m<sup>2</sup>),
- na variantě 3p – 38,5 m<sup>2</sup> (pokles o 5,1 m<sup>2</sup>),
- na variantě 5p – 34,0 m<sup>2</sup> (pokles o 9,4 m<sup>2</sup>).

Periodní přírůst na výčetní kruhové základně (ve věku 31 - 45 let) představoval (po započtení záměrně vytěžených stromů při výchovných zásazích a nahodilé těžby na kontrole) na plochách 3p a 5p – 19,2 a 19,8 m<sup>2</sup> a byl tedy o 3,4 a 4,0 m<sup>2</sup> větší než na kontrole (15,8 m<sup>2</sup>).

Od čtvrtého výchovného zásahu ve věku 45 let (1979) se všechny tři porosty výzkumné řady Blaník II vyvíjely 20 let až do roku 1999



bez záměrného ovlivňování. Byly odstraňovány pouze souše a nahodile vznikající polomy a vývraty. Mortalita se na srovnávacích plochách pohybovala od 1 do 18 % N tvořících 3 až 11 % G. Největší mortalita byla zaznamenána ve věku 60 let (1994) v kontrolním porostu bez výchovy, kde bylo po větrném polomu odstraněno 43 % stromů (37 % G, tj. 21,4 m<sup>2</sup>). V paralelních experimentálních porostech s výchovou byly ve stejném věku škody méně než poloviční (varianta 3p – 18 % N a 11 % G) až čtvrtinové (varianta 5p – 10 % N a 7 % G). Po tomto polomu bylo sledování kontrolní plochy 1k ukončeno.

Po dalších pěti letech, ve věku 65 let (1999), byl na zbylých plochách 3p a 5p proveden další, v pořadí již pátý výchovný zásah, při kterém bylo ze sledovaných porostů odstraněno 20 a 16 % N (15 a 14 % G).

Počet stromů se do poslední revize v roce 2004 (věk 70 let) snížil:

- na variantě 3p na 625 stromů (zásahy 3 145 a mortalita 265 jedinců),
- na variantě 5p na 595 stromů (zásahy 3 160 a mortalita 225 jedinců).

Mortalita v posledních 25 letech sledování (věk porostů 46 - 70 let) představovala na kontrolní ploše, kde bylo sledování ukončeno ve věku 60 let, celkem 1 115 (57 %) jedinců, zatímco na srovnávacích plochách 3p a 5p s negativním výběrem v podúrovni bylo ve stejném období nahodile odstraněno 265 a 225 stromů (tj. ca 25 a 24 % stavu hlavního porostu ve věku 45 let).

Za období sledování experimentu (31 - 70 let) tvořil počet nahodile vytěžených poškozených stromů a souší na variantách 3p a 5p s výchovou ve srovnání s kontrolou necelou desetinu (9 a 8 %). Nahodilá těžba představovala na variantách 3p a 5p ca 19 a 15 % periodního přírůstu G (8,7 a 7,3 m<sup>2</sup>), zatímco na kontrolní ploše 1k výčetní základna vytěžená nahodile (38,8 m<sup>2</sup>) periodní přírůst G přesáhla.

Výčetní základna G zůstala až do rozvrácení porostu ve věku 60 let nejvyšší na kontrolní variantě 1k (57,6 m<sup>2</sup>). Varianty s výchovou 3p a 5p byly poškozeny méně a jejich výčetní základna se po polomu vyrovnala (47,9 a 46,9 m<sup>2</sup>).

Oproti výchozímu stavu se výčetní základna zvýšila na kontrole do rozpadu porostu ve věku 60 let o 14,5 m<sup>2</sup> a na variantách s výchovou 3p a 5p do poslední revize ve věku 70 let o 5,1 a 6,0 m<sup>2</sup>.

Po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů (tedy včetně souší a polomů) byl nárůst výčetní kruhové základny ve sledovaném období (31 až 60 let) na kontrole 1k bez výchovy o 5,2 m<sup>2</sup> a o 8,0 m<sup>2</sup> menší než na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou (32,0 m<sup>2</sup> na kontrole a 37,2 a 40,0 m<sup>2</sup> na plochách 3p a 5p). Na kontrolní ploše 1k bylo v průběhu sledování 38,8 m<sup>2</sup> kruhové základny (121 % přírůstu) odstraněno jako souše a zlomy, zatímco na srovnávacích plochách 3p a 5p s výchovou zlomy a souše představovaly pouze 8,7 a 7,3 m<sup>2</sup> (19 a 15 % periodního přírůstu G).

Po započtení základny G stromů vytěžených při výchovných zásazích (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány) byl přírůst výčetní kruhové základny za období sledování experimentu (věk 31 - 60 let):

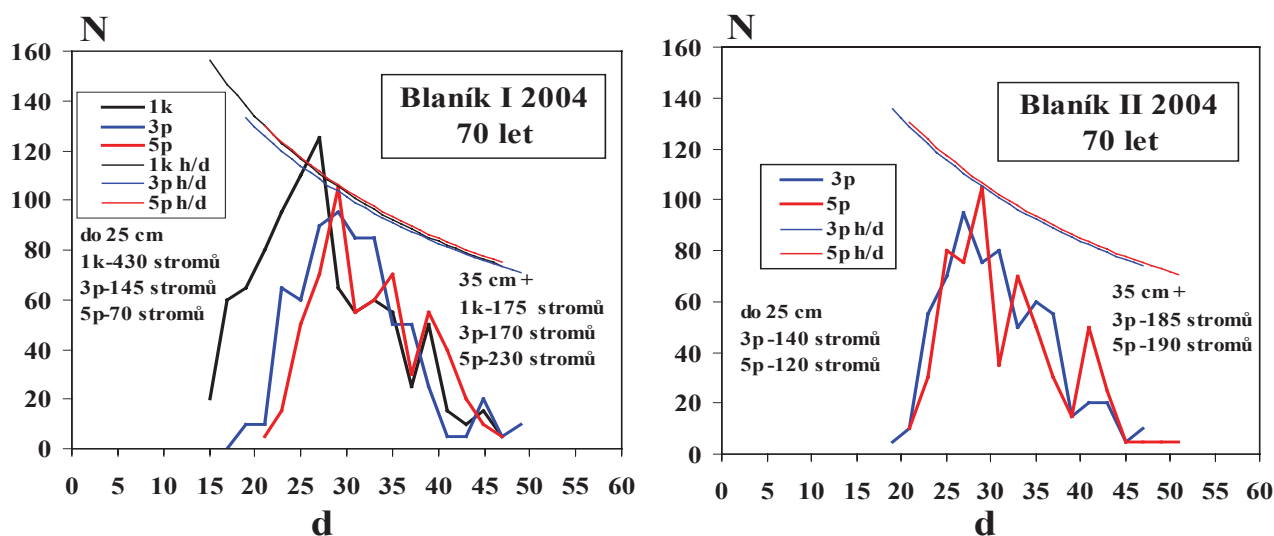
- na kontrolní ploše 1k záporný (ztráta 6,8 m<sup>2</sup>),
- na srovnávací ploše 3p 28,5 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 5p 32,7 m<sup>2</sup>.

Za celé období sledování experimentu (věk 31 - 70 let), tedy včetně dalšího, v pořadí již pátého výchovného zásahu provedeného na zbylých plochách 3p a 5p ve věku 65 let, byl přírůst výčetní kruhové základny (nahodile těžené souše a zlomy nebyly započítány):

- na srovnávací ploše 3p 37,0 m<sup>2</sup>,
- na srovnávací ploše 5p 42,2 m<sup>2</sup>.

#### Tloušťková struktura

Efekt výchovy na tloušťkovou strukturu porostů byl sledován od roku 1965 do roku 1979, tj. v období, kdy byly prováděny experimentální výchovné zásahy, vždy k datu vyznačení a provedení zásahů. Na grafech (obr. 3a, 3b) je znázorněno rozdělení stromů do tloušťkových tříd před provedením zásahů (čárový graf) a vyznačeno jednak umístění výchovného zásahu (bílé sloupce) a jednak mortalita na kontrolní ploše 1k (černé sloupce). Jak je patrné z obr. 3a,



Obr. 4.

Tloušťková struktura (N - ks.ha<sup>-1</sup>, d - cm) a štíhlostní kvocient (h/d) podle tloušťkových stupňů na experimentálních řadách Blaník I (vlevo) a Blaník II (vpravo) při poslední revizi v roce 2004 ve věku 70 let

Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Blaník I (left) and Blaník II (right) at the age of 70 years (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)

před zahájením experimentu v roce 1965 (věk porostu 31 let) byla tloušťková struktura na srovnávacích plochách 1k, 3p a 5p řad Blaník I a Blaník II téměř identická. V rámci obou sledovaných řad nebyly shledány statisticky významné rozdíly mezi srovnávanými variantami. Tloušťková struktura byla levostranně asymetrická.

Z umístění výchovných zásahů v porostní struktuře je zřejmé, že charakter negativního výběru v podúrovni byl dodržen při všech čtyřech experimentálních výchovných zásazích. Posun výchovných zásahů do vyšších tloušťkových stupňů oproti přirozené mortalitě byl patrný při všech provedených zásazích.

Při poslední revizi ve věku 70 let (2004) byly v experimentálních porostech obou řad zastoupeny stromy o tloušťce od 15 do 51 cm (obr. 4).

Na řadě I byly nejnižší tloušťkové třídy 15 - 25 cm s nejvyšším a nejméně příznivým štihllostním kvocieniem (114 - 156) nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 430. Na srovnávacích plochách s negativním výběrem v podúrovni 3p a 5p byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm o 66 a 84 % nižší (145 a 70 jedinců). Na řadě II, kde již při poslední revizi v roce 2004 kontrolní plocha neexistovala, byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 25 cm na variantách 3p a 5p podobný jako u řady I (140 a 120 jedinců), tj. o 67 a 72 % nižší ve srovnání s kontrolou řady I.

Počet stromů s výčetní tloušťkou 35 cm a více s relativně příznivějším štihllostním kvocieniem (71 - 93) byl na variantách 3p a 5p řady I podobný nebo vyšší (170 a 230 jedinců) a na variantách 3p a 5p řady II vyšší (185 a 190 jedinců) než na kontrole řady I (175 jedinců).

Vzhledem k rozpadu kontrolní plochy na řadě II ve věku 60 let (1994) byla na této řadě hodnocena tloušťková struktura před polomem (obr. 5). Nejnižší tloušťkové třídy (zde 11 až 20 cm) s nejvyšším a nejméně příznivým štihllostním kvocieniem (121 - 163) byly nejvíce zastoupeny na kontrolní ploše 1k bez výchovy, kde bylo těchto jedinců v přepočtu na 1 hektar 680. Na srovnávacích plochách s negativním výběrem v podúrovni 3p a 5p byl počet stromů s výčetní tloušťkou do 20 cm o 77 a 96 % nižší (155 a 30 jedinců). Naopak počet silnějších a stabilnějších stromů s výčetní tloušťkou 30 cm a více byl na variantách s výchovou 3p a 5p o 50 a 68 % vyšší než na kontrole (1k - 170 stromů, 3p a 5p 255 a 285 stromů).

Pozitivní efekt výchovy negativním výběrem v podúrovni se na sledovaných řadách projevil především nárůstem počtu stromů ve vyšších tloušťkových stupních s příznivějším štihllostním kvocieniem, patrným především na variantě 5p. Z porovnání tloušťkových struktur v roce 2004 (věk 70 let) vyplývají signifikantní rozdíly mezi variantami řady I (1k se průkazně liší od 3p -  $p \leq 0,01$  a částečně od 5p -  $p \leq 0,10$ ). U řady II, kde bylo z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu provedeno srovnání v roce 1994 (věk 60 let), byly také zjištěny signifikantní rozdíly mezi variantami (1k se průkazně liší od 3p a 5p -  $p \leq 0,05$ ).

#### Statická stabilita

Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štihllostním kvocieniem středního kmene a štihllostním kvocieniem horního stromového patra ( $d_{200}$ ) byla od počátku pokusu nepříznivá. Před zahájením experimentu v roce 1964 dosahoval štihllostní kvocien středního kmene na řadě I hodnot 127 (1k), 131 (3p) a 130 (5p) a na řadě II hodnot 129 (1k), 130 (3p) a 128 (5p) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi, která kulminovala na kontrolních plochách hodnotami 132 (I)

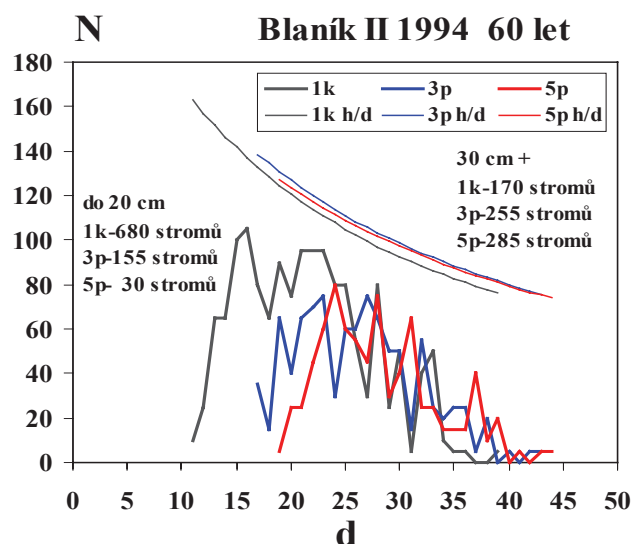
a 133 (II) při druhé revizi ve věku 37 let (tab. 1, 2, obr. 6). Na plochách s výchovou byl zaznamenán pokles kvocientu již od počátku sledování.

V dalším období štihllostní kvocien středního kmene na kontrole klesal, částečně také početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocieniem.

Na srovnávacích plochách 5p s negativním výběrem v podúrovni byl pokles po kulminaci výraznější, především v důsledku početních posunů po odstranění převážně nejslabších stromů při výchovných zásazích, které byly většinou silnější než na variantě 3p.

Na žádné ze sledovaných variant s výchovou neklesl štihllostní kvocien středního kmene po celou dobu sledování pod hodnotu 95, na kontrole řady I se dostal pouze k hodnotě 108 a na rozvrácené kontrole řady II na hodnotu 117.

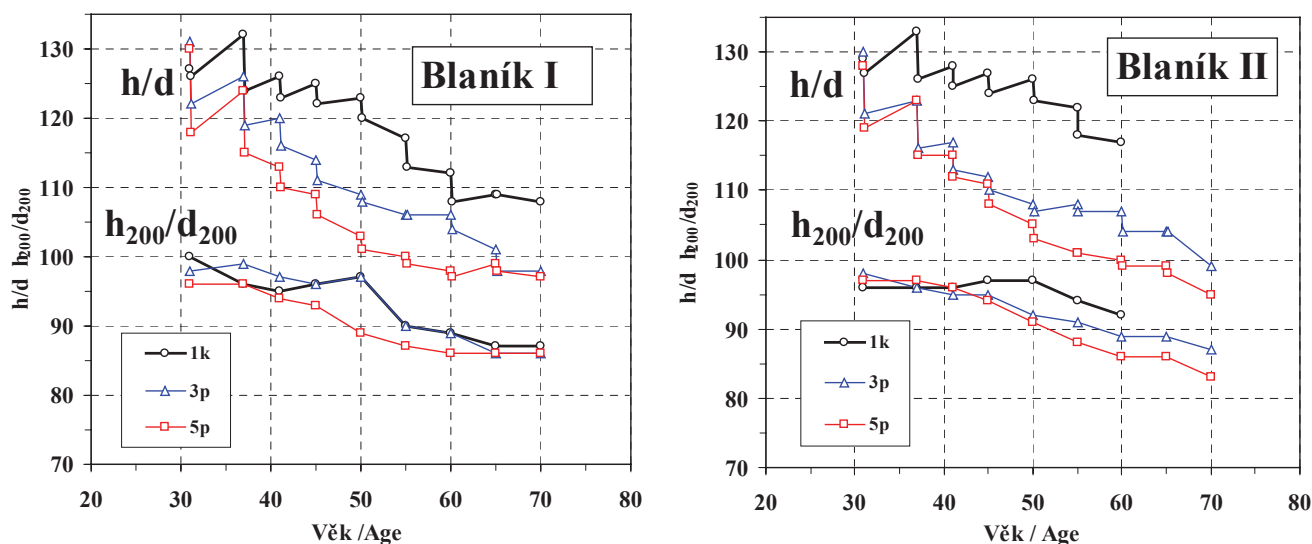
Při hodnocení horního stromového patra, kdy je do výpočtu zahrnut vždy stejný počet nejsilnějších jedinců na srovnávací ploše a tak nedochází k početním posunům, byly výchozí hodnoty štihllostního kvocientu  $h_{200}/d_{200}$  rovněž poměrně vyrovnané. Určité rozdíly byly zjištěny pouze ve dvou případech, kdy štihllostní kvocien  $h_{200}/d_{200}$  na řadě I na variantě 5p dosahoval signifikantně nižších hodnot a na řadě II na variantě 3p signifikantně vyšších hodnot ve srovnání s příslušnými kontrolními porosty. Štihllostní kvocien horního stromového patra dosahoval na sledovaných plochách hodnot 96 až 100 a měl od počátku sledování klesající trend. Při poslední revizi v roce 2004 (věk 70 let) klesl štihllostní kvocien stromů horního patra na všech variantách obou řad pod hodnotu 90. Výjimku tvoří kontrolní porost řady II, který byl rozvrácen větrem po revizi ve věku 60 let.



Obr. 5.

Tloušťková struktura (N - ks.ha<sup>-1</sup>, d - cm) a štihllostní kvocien (h/d) podle tloušťkových stupňů na experimentální řadě Blaník II při revizi v roce 1994 (ve věku 60 let) před poškozením porostů větrem

Diameter structure and h/d ratio for diameter classes on experimental series Blaník II at the age of 60 years, before the wind damage (N – number of trees per hectare, d – diameter in cm)



Obr. 6.

Vývoj štíhlostního kvocientu středního kmene ( $h/d$ ) a horního stromového patra ( $h_{200}/d_{200}$ ) na experimentální řadě Blaník I (vlevo) a Blaník II (vpravo) ve věku 31–70 let

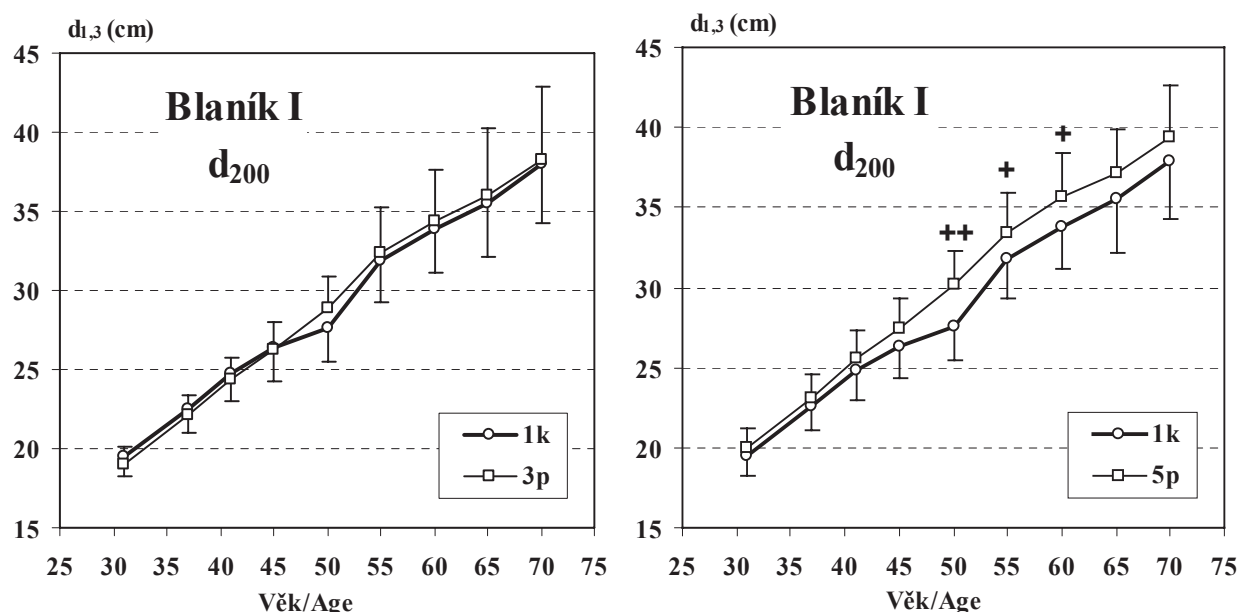
Development of  $h/d$  ratio of mean stem ( $h/d$ ) and upper tree story (200 thickest trees per hectare –  $h_{200}/d_{200}$ ) on experimental series Blaník I (left) and Blaník II (right) at the age of 31–70 years

Uvnitř sledovaných řad nebyl při poslední revizi (2004) nalezen signifikantní rozdíl v hodnotách  $h_{200}/d_{200}$ . U řady II, kde bylo z důvodů pozdějšího rozpadu kontrolního porostu provedeno srovnání také v roce 1994 (věk 60 let), byly zjištěny signifikantní rozdíly (příznivější hodnoty  $h_{200}/d_{200}$  na variantě 5p) mezi variantami 1k a 5p ( $p \leq 0,01$ ) a 3p a 5p ( $p \leq 0,05$ ).

Z provedené analýzy  $d_{200}$  (průměrná výčetní tloušťka 200 nejsilnějších stromů na hektar) je zřejmé, že výchovné zásahy prováděné negativním výběrem v podúrovni v letech 1965 až 1979 (věk 31 až 45 let) se projevily signifikantně zvýšeným tloušťkovým přírůstem nejsilnějších kosterních stromů u řady I pouze na variantě 5p a u řady II na obou variantách 3p a 5p (obr. 7 a 8). Rozdíly v přírůstu kosterních stromů horního stromového patra na variantě 3p řady I nebyly signifikantní při žádné z revizí v období věku 31 až 70 let.

## ZÁVĚRY Z EXPERIMENTŮ BLANÍK I A BLANÍK II

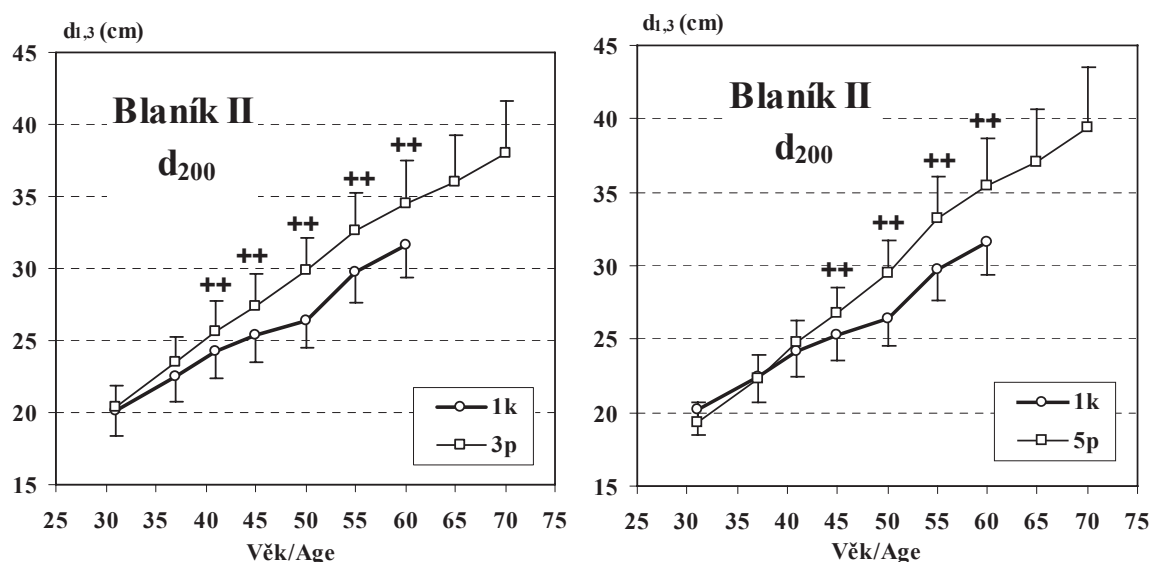
- V období sledování (od věku 31 let až do polomu ve věku 60 let) byla výčetní základna na řadách Blaník I a Blaník II největší na kontrolní ploše 1k bez zásahu (58,8 a 57,6 m<sup>2</sup>), zatímco na variantách s výchovou 3p a 5p dosáhla na řadě I 53,9 a 53,2 m<sup>2</sup> a na řadě II 53,8 a 50,5 m<sup>2</sup>.
- Nárůst výčetní kruhové základny  $G$  byl na kontrolních plochách 1k redukován poškozením porostu především větrem. V průběhu sledování bylo v kontrolních porostech řad I a II odstraněno jako souše a zlomy 31,3 a 38,8 m<sup>2</sup> kruhové základny, tj. 67 a 121 % přírůstu  $G$  (z toho 10,0 a 21,4 m<sup>2</sup> při polomu ve věku 60 let).
- Na variantách s výchovou 3p a 5p zlomy a souše představovaly 7,0 a 7,5 m<sup>2</sup> (14 a 15 % periodního přírůstu) na řadě I a 8,7 a 7,3 m<sup>2</sup> (19 a 15 % periodního přírůstu) na řadě II.
- Periodní přírůst výčetní kruhové základny (po započtení výčetní kruhové základny všech vytěžených stromů včetně souší a polomů) byl ve sledovaném období ve věku 31–70 let na řadě I u variant s výchovou 3p a 5p 49,6 a 50,5 m<sup>2</sup>, tj. o 2,7 a 3,6 m<sup>2</sup> větší než na kontrole 1k bez výchovy (46,9 m<sup>2</sup>) a na řadě II u variant s výchovou 3p a 5p 45,7 a 49,5 m<sup>2</sup> (nelze porovnat s příslušným kontrolním porostem, který se rozpadl po revizi ve věku 60 let při periodním přírůstu  $G$  – 31–60 let – 31,9 m<sup>2</sup>).
- Přírůst výčetní kruhové základny na řadě I (bez nahodile vytěžených stromů) byl za období sledování experimentu (věk 31–70 let) na kontrolní ploše 1k 15,6 m<sup>2</sup>, zatímco na variantách s výchovou 3p a 5p dosáhl přírůst  $G$  42,6 a 42,9 m<sup>2</sup>.
- Přírůst výčetní kruhové základny na řadě II (bez nahodile vytěžených stromů) byl za období sledování experimentu (věk 31–70 let) na kontrolní ploše 1k záporný, tj. vytvořila se ztráta 6,8 m<sup>2</sup>, zatímco na variantách s výchovou 3p a 5p dosáhl přírůst  $G$  37,0 a 42,2 m<sup>2</sup>.
- Vliv podúrovňových výchovných zásahů (varianty 3p, 5p) vedl po 39 letech sledování ke snížení zastoupení nejnižších tloušťkových tříd a ke zvýšení zastoupení stromů v nejvyšších tloušťkových třídách ve srovnání s kontrolními plochami 1k bez výchovy. Z porovnání tloušťkových struktur v roce 2004 (věk 70 let) u řady I a v roce 1994 (věk 60 let) u řady II vyplývají signifikantní rozdíly mezi variantami bez výchovy 1k a s podúrovňovými zásahy 3p a 5p.
- Statická stabilita experimentálních porostů posuzovaná štíhlostním kvocientem byla od počátku pokusu nepříznivá. Štíhlostní kvocient středního kmene dosahoval na řadě I hodnot 127 (1k), 131 (3p) a 130 (5p) a na řadě II hodnot 129 (1k), 130 (3p) a 128 (5p) a nacházel se ještě ve vzestupné fázi, která kulminovala na kontrolních plochách hodnotami 132 (I) a 133 (II) při druhé revizi ve věku 37 let.



Obr. 7.

Vývoj výčetní tloušťky  $d_{200}$  (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Blaník I (porovnání variant 1k, 3p a 1k, 5p) v období 1965 - 2004 (věk 31 - 70 let). Signifikantnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti  $p \leq 0,05$  (+) a  $p \leq 0,01$  (++).

Development of diameter  $d_{200}$  (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Blaník I (comparison between variants 1k, 3p and 1k, 5p) in the period 1965 - 2004 (age of 31 - 70 years). Significant differences on confidence level  $p \leq 0.05$  (+) and  $p \leq 0.01$  (++) are showed.



Obr. 8.

Vývoj výčetní tloušťky  $d_{200}$  (se směrodatnými odchylkami) dominantních stromů (200 nejsilnějších jedinců na 1 hektar) na výzkumné řadě Blaník II (porovnání variant 1k, 3p a 1k, 5p) v období 1965 - 2004 (věk 31 - 70 let). Významnost rozdílů je uvedena na hladině významnosti  $p \leq 0,05$  (+) a  $p \leq 0,01$  (++).

Development of diameter  $d_{200}$  (with standard deviations) of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) on experimental series Blaník II (comparison between variants 1k, 3p and 1k, 5p) in the period 1965 - 2004 (age of 31 - 70 years). Significant differences on confidence level  $p \leq 0.05$  (+) and  $p \leq 0.01$  (++) are showed.



- V dalším období štíhlostní kvocient středního kmene na kontrole klesal, částečně také početními posuny v důsledku mortality stromů s nejvyšším kvocientem. Na srovnávacích plochách 5p s negativním výběrem v podúrovni byl pokles po kulminaci výraznější, především v důsledku početních posunů po odstranění převážně nejslabších stromů při výchovných zásazích, které byly většinou silnější než na variantě 3p.
- Na žádné ze sledovaných variant s výchovou neklesl štíhlostní kvocient středního kmene po celou dobu sledování pod hodnotu 95, na kontrole řady I se dostal pouze k hodnotě 108 a na rozvrácené kontrole řady II na hodnotu 117.
- Štíhlostní kvocient horního stromového patra  $h_{200}/d_{200}$ , který není ovlivněn početními posuny, dosahoval na obou hodnocených řadách výchozích hodnot 96 až 100 a měl od počátku sledování klesající trend. Při poslední revizi v roce 2004 (věk 70 let) klesl štíhlostní kvocient stromů horního patra na všech variantách obou řad pod hodnotu 90 s výjimkou ve věku 60 let rozvrácené kontroly na řadě II.
- Signifikantní efekt výchovy na zvýšení tloušťky dominantních stromů byl prokázán u řady I pouze na variantě 5p a u řady II na obou variantách 3p a 5p. Rozdíly v přírůstu kosterních stromů horního stromového patra na variantě 3p řady I nebyly signifikantní.

#### 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

- 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.
- Geobáze® 1997 - 2000: Česká republika 1 : 100 000. Digitální mapa. Česká Lípa, Geodézie ČS, a. s., 2000. 1 CD-ROM.
- MELOUN, M., MILITKÝ, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha, East Publishing 1998. 839 s.
- PAŘEZ, J.: Návrh postupu při zakládání, sledování a vyhodnocování trvalých pokusných ploch se zvláštním zřetelem k pokusným plochám probírkovým a výnosovým. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1958. 248 s.
- 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
- VIEWEGH, J.: Přesné určení SLT výzkumných ploch pro výchovu smrkových porostů. Zpráva FLE ČZU. Praha, FLE ČŽC 2002, 1 CD-ROM.

**Tab. 2.**  
Základní údaje o vývoji experimentu Blaník II  
Basic data on thinning experiment Blaník II

| Blaník II |                                          |      | 1965<br>31 let   |      |      |                 | 1971<br>37 let   |      |      |                 | 1975<br>41 let   |      |      |                 | 1979<br>45 let   |      |      |                 | NT<br>46-59<br>let |      | 1994<br>60 let |                 |                  |     | 1999<br>65 let |                 |                  |       | NT<br>31-70<br>let |                 | 2004<br>70 let<br>Sdruž.<br>porost |   | P<br>31-70<br>let |      | P -<br>NT |   | ÚTP |  |
|-----------|------------------------------------------|------|------------------|------|------|-----------------|------------------|------|------|-----------------|------------------|------|------|-----------------|------------------|------|------|-----------------|--------------------|------|----------------|-----------------|------------------|-----|----------------|-----------------|------------------|-------|--------------------|-----------------|------------------------------------|---|-------------------|------|-----------|---|-----|--|
|           |                                          |      | Sdruž.<br>porost | T    | T%   | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost | T    | T%   | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost | T    | T%   | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost | T    | T%   | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost   | T    | T%             | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost | T   | T%             | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost | T     | T%                 | Hlav.<br>porost | Sdruž.<br>porost                   | P | P -<br>NT         |      |           |   |     |  |
| 1k        | N<br>(ks.ha <sup>-1</sup> )              | 3770 | 275              | 7    | 3500 | 3500            | 890              | 25   | 2605 | 2605            | 340              | 13   | 2265 | 2265            | 310              | 14   | 1955 | 470             | 1485               | 645  | 43             | 840             | 0                | 0   | 0              | 0               | 2930             | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         | 0 |     |  |
|           |                                          | 3735 | 1645             | 44   | 2390 | 2390            | 805              | 34   | 1585 | 1585            | 360              | 23   | 1225 | 1225            | 175              | 14   | 1050 | 90              | 960                | 175  | 18             | 785             | 785              | 160 | 20             | 625             | 625              | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 3145 |           |   |     |  |
|           |                                          | 3975 | 1620             | 41   | 2355 | 2355            | 985              | 42   | 1375 | 1375            | 225              | 16   | 1150 | 1150            | 215              | 19   | 935  | 145             | 790                | 80   | 10             | 710             | 710              | 115 | 16             | 595             | 595              | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 3160 |           |   |     |  |
| 1k        | G<br>(m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 43,1 | 1,0              | 2    | 42,1 | 49,1            | 4,7              | 10   | 44,4 | 49,7            | 2,6              | 5    | 47,2 | 50,6            | 3,7              | 7    | 46,9 | 5,4             | 57,6               | 21,4 | 37             | 36,3            | 0                | 0   | 0              | 0               | 38,8*            | 0     | 32,0*              | -6,8*           | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 43,6      |                                          | 6,6  | 15               | 37,0 | 45,3 | 7,7             | 17               | 37,6 | 43,8 | 5,8             | 13               | 38,0 | 42,7 | 4,2             | 10               | 38,5 | 2,7  | 53,8            | 6,0                | 11   | 47,9           | 51,7            | 7,6              | 15  | 44,0           | 8,7             | 48,7             | 45,7  | 45,7               | 37,0            | 31,9                               | 0 | 0                 |      |           |   |     |  |
| 43,4      |                                          | 8,7  | 20               | 34,7 | 43,2 | 11,7            | 27               | 31,4 | 37,8 | 3,8             | 10               | 34,0 | 39,0 | 5,0             | 13               | 34,0 | 3,7  | 50,5            | 3,6                | 7    | 46,9           | 51,2            | 7,0              | 14  | 44,2           | 7,3             | 49,4             | 49,5  | 49,5               | 42,2            | 36,2                               | 0 | 0                 | 0    |           |   |     |  |
| 1k        | d<br>(cm)                                | 12,1 | 7,0              | 0    | 12,4 | 13,4            | 8,2              | 0    | 14,7 | 15,6            | 9,9              | 0    | 16,3 | 16,9            | 12,3             | 0    | 17,5 | 0               | 22,2               | 20,5 | 0              | 23,5            | 0                | 0   | 0              | 0               | 0                | 0     | 0                  | 5,5*            | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 12,2      |                                          | 7,9  | 0                | 14,0 | 15,5 | 11,0            | 0                | 17,4 | 18,8 | 14,3            | 0                | 19,9 | 21,1 | 17,5            | 0                | 21,6 | 0    | 26,7            | 20,9               | 0    | 27,9           | 29,0            | 24,7             | 0   | 30,0           | 0               | 31,5             | 11,4  | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 |      |           |   |     |  |
| 11,8      |                                          | 8,3  | 0                | 13,7 | 15,3 | 12,3            | 0                | 17,1 | 18,7 | 14,7            | 0                | 19,4 | 20,8 | 17,2            | 0                | 21,5 | 0    | 28,5            | 23,9               | 0    | 29,0           | 30,3            | 27,9             | 0   | 30,7           | 0               | 32,5             | 13,8  | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    |           |   |     |  |
| 1k        | h<br>(m)                                 | 15,6 | 11,3             | 0    | 15,8 | 17,8            | 13,9             | 0    | 18,6 | 19,9            | 16,0             | 0    | 20,3 | 21,4            | 18,6             | 0    | 21,7 | 0               | 25,9               | 25,2 | 0              | 26,5            | 0                | 0   | 0              | 0               | 0                | 0     | 0                  | 8,0*            | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 15,8      |                                          | 12,1 | 0                | 17,0 | 19,1 | 16,0            | 0                | 20,1 | 21,9 | 19,4            | 0                | 22,4 | 23,6 | 21,8            | 0                | 23,9 | 0    | 28,4            | 25,9               | 0    | 28,9           | 30,2            | 29,4             | 0   | 30,3           | 0               | 31,3             | 11,9  | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 |      |           |   |     |  |
| 15,1      |                                          | 12,3 | 0                | 16,3 | 18,8 | 17,1            | 0                | 19,7 | 21,5 | 19,3            | 0                | 21,8 | 23,0 | 21,1            | 0                | 23,3 | 0    | 28,6            | 26,8               | 0    | 28,8           | 29,9            | 29,1             | 0   | 30,1           | 0               | 31,0             | 12,5  | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    |           |   |     |  |
| 1k        | h/d                                      | 129  | 161              | 0    | 127  | 133             | 169              | 0    | 126  | 128             | 162              | 0    | 125  | 127             | 151              | 0    | 124  | 0               | 117                | 122  | 0              | 113             | 0                | 0   | 0              | 0               | 0                | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 130       |                                          | 153  | 0                | 121  | 123  | 145             | 0                | 116  | 117  | 136             | 0                | 113  | 112  | 125             | 0                | 110  | 0    | 106             | 124                | 0    | 104            | 104             | 0                | 0   | 101            | 0               | 99               | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    |           |   |     |  |
| 128       |                                          | 148  | 0                | 119  | 123  | 139             | 0                | 115  | 115  | 131             | 0                | 112  | 111  | 123             | 0                | 108  | 0    | 100             | 112                | 0    | 99             | 99              | 0                | 0   | 98             | 0               | 95               | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 1k        | d <sub>300</sub><br>(cm)                 | 20,2 | 0                | 0    | 0    | 22,5            | 0                | 0    | 0    | 24,2            | 0                | 0    | 0    | 25,3            | 0                | 0    | 0    | 31,6            | 0                  | 0    | 0              | 0               | 0                | 0   | 0              | 0               | 0                | 11,4* | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 20,4      |                                          | 0    | 0                | 0    | 23,5 | 0               | 0                | 0    | 25,7 | 0               | 0                | 0    | 27,4 | 0               | 0                | 0    | 0    | 34,5            | 0                  | 0    | 0              | 36,0            | 0                | 0   | 0              | 0               | 37,9             | 17,5  | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    |           |   |     |  |
| 19,3      |                                          | 0    | 0                | 0    | 22,3 | 0               | 0                | 0    | 0    | 24,8            | 0                | 0    | 0    | 26,7            | 0                | 0    | 0    | 0               | 35,6               | 0    | 0              | 0               | 37,0             | 0   | 0              | 0               | 0                | 39,4  | 20,1               | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 1k        | h <sub>300</sub><br>(m)                  | 19,3 | 0                | 0    | 0    | 21,5            | 0                | 0    | 0    | 23,2            | 0                | 0    | 0    | 24,5            | 0                | 0    | 0    | 29,1            | 0                  | 0    | 0              | 0               | 0                | 0   | 0              | 0               | 0                | 0     | 9,8*               | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 20,0      |                                          | 0    | 0                | 0    | 22,5 | 0               | 0                | 0    | 24,5 | 0               | 0                | 0    | 25,9 | 0               | 0                | 0    | 0    | 30,8            | 0                  | 0    | 0              | 32,0            | 0                | 0   | 0              | 0               | 33,0             | 13,0  | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    |           |   |     |  |
| 18,7      |                                          | 0    | 0                | 0    | 21,7 | 0               | 0                | 0    | 0    | 23,8            | 0                | 0    | 0    | 25,2            | 0                | 0    | 0    | 0               | 30,7               | 0    | 0              | 0               | 31,8             | 0   | 0              | 0               | 0                | 32,9  | 14,2               | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 1k        | h <sub>300</sub> /d <sub>300</sub>       | 96   | 0                | 0    | 0    | 96              | 0                | 0    | 0    | 96              | 0                | 0    | 0    | 97              | 0                | 0    | 0    | 92              | 0                  | 0    | 0              | 0               | 0                | 0   | 0              | 0               | 0                | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         | 0 |     |  |
| 98        |                                          | 0    | 0                | 0    | 96   | 0               | 0                | 0    | 95   | 0               | 0                | 0    | 95   | 0               | 0                | 0    | 0    | 89              | 0                  | 0    | 0              | 89              | 0                | 0   | 0              | 0               | 87               | 0     | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |
| 97        |                                          | 0    | 0                | 0    | 97   | 0               | 0                | 0    | 0    | 96              | 0                | 0    | 0    | 94              | 0                | 0    | 0    | 0               | 86                 | 0    | 0              | 0               | 86               | 0   | 0              | 0               | 0                | 83    | 0                  | 0               | 0                                  | 0 | 0                 | 0    | 0         |   |     |  |

Pozn.: viz tab. 1, \* - údaj za kratší období (věk 31 - 60 let) z důvodů pozdějšího zničení plochy větrným polomen  
Notes: see tab. 1, \* - value from the shorter period (age of 31 - 60 years) because of following wind damage on this plot

## Norway spruce thinning experiments – Series Blaník I and Blaník II (1965)

### Summary

Experimental series Blaník I and Blaník II were founded in forest region 16 – the Českomoravská vrchovina Mts. in 1965 in 31-year old Norway spruce stands as the parts of the fourth group of thinning series. Both series consist of three comparative plots with dimensions 40 m x 50 m, i. e. 0.20 ha each (fig. 1). Comparative plots 1k are control plots without designed thinning, comparative plots 3p and 5p are the stands with thinning by negative selection from below (3p lower and 5p higher intensity).

Presented study is oriented on evaluation of basal area development, diameter structure and static stability of investigated stands. After analyses of the results from the 39-year period of observation, it can be concluded:

In the period of observation (age of 31 - 60 years, before wind breakage), the basal area on series Blaník I and Blaník II was the biggest on control unthinned plots 1k (58.8 and 57.6 m<sup>2</sup>), whereas the basal area on variants with thinning 3p and 5p represented 53.9 and 53.2 m<sup>2</sup> on series I and 53.8 a 50.5 m<sup>2</sup> on series II (fig. 2, tab. 1, 2).

- Basal area increment was reduced on control unthinned plots by the wind damage mainly. During the period of observation (age of 31 - 70 years), basal area 31.3 and 38.8 m<sup>2</sup> (i. e. 67 and 121% of basal area increment) was removed as snags or breaks on control plots of series Blaník I and II (from these values 10.0 and 21.4 m<sup>2</sup> were removed by wind damage at the age of 60 years).
- On the thinned variants 3p and 5p, snags or breaks represented 7.0 and 7.5 m<sup>2</sup> (i. e. 14 and 15% of basal area increment) on series I and 8.7 and 7.3 m<sup>2</sup> (i. e. 19 a 15% of basal area increment) on series II.
- During the period of observation (age of 31 - 70 years), periodic basal area increment (including planned and salvage cutting) was 49.6 and 50.5 m<sup>2</sup> on thinned plots 3p and 5p, i. e. about 2.7 and 3.6 m<sup>2</sup> higher than on control unthinned plot 1k (46.9 m<sup>2</sup>) on series I. On series II, this periodic basal area increment represented 45.7 and 49.5 m<sup>2</sup> on thinned plots 3p and 5p. Comparison with control plot is not possible because it was destroyed by the wind at the age of 60 years - periodic basal area increment before the damage (age of 31 - 60 years) was 31.9 m<sup>2</sup>.
- On series I, basal area increment excluding salvage cut during the period of observation (age of 31 - 70 years) was 15.6 m<sup>2</sup> on control plot 1k, while the basal area increment on thinned plots 3p and 5p came up to 42.6 and 42.9 m<sup>2</sup>.
- On series II, basal area increment excluding salvage cut during the period of observation (age of 31 - 70 years) was negative, i. e. the loss 6.8 m<sup>2</sup> was created, while the basal area increment on thinned plots 3p and 5p came up to 37.0 and 42.2 m<sup>2</sup>.
- After 39 years of observation, the effect of thinning by the negative selection from below on diameter structure was observed (fig. 3a, 3b, 4, 5). On thinned variants 3p and 5p, abundance of small-sized individuals (diameter classes up to 25 cm) decreased and abundance of thickest trees (diameter classes over 35 cm) increased compared with control unthinned plots 1k. Diameter distribution was significantly (by the Kolmogorov-Smirnov two sample tests) different on thinned plots 3p and 5p compared with control plots (on series I at age of 70 years in 2004 and on series II at age of 60 years in 1994).
- Static stability characterized by h/d ratio was unfavourable from the beginning of observation. The h/d ratio of mean stem achieved the values 127 (1k), 131 (3p) and 130 (5p) on series I and 129 (1k), 130 (3p) and 128 (5p) on series II (fig. 6). This ratio culminated with peaks on values 132 (series I) and 133 (series II) on control unthinned plots at age of 37 years (second revision).
- In following period, h/d ratio of mean stem decreased on control plots, partly as a result of mortality of thin unstable individuals. On heavy thinned plots (5p) with negative selection from below, decreasing of h/d ratio after culmination was more substantial, mainly as a result of removing thin trees by thinning, which was mostly heavy compared with variant 3p.
- During the period of observation (age of 31 - 70 years), h/d ratio of mean stem on thinned plots does not decrease below the value 95. On control plots, minimum values were 108 on series I and 117 on series II (with destroyed control plot).
- Quotient of slenderness of dominant trees  $h_{200}/d_{200}$  (200 thickest individuals per hectare), which is not influenced by trees number shift, achieved the values from 96 to 100 on both series and showed decreasing trend (fig. 6). In the last revision (2004, age of 70 years),  $h_{200}/d_{200}$  ratio came down under the value of 90 on all variants of both series, with only exception of destroyed control plot of series II (at the age of 60 years).
- Effect of thinning on increase of diameter of dominant trees (200 thickest individuals per hectare) was significant on series I (only for variant 5p) and on series II (for both thinned variant 3p and 5p). Differences between diameter increments of dominant trees on variant 3p and control 1k on series I were insignificant (fig. 7, 8).

Recenzováno

## ZMĚNY KVALITY A MNOŽSTVÍ NADLOŽNÍHO HUMUSU PŘI PŘIROZENÉM ZMLAZENÍ BUKOVÝCH POROSTŮ NA ÚZEMÍ ŠKOLNÍHO LESNÍHO PODNIKU KOSTELEK NAD ČERNÝMI LESY

### Changes of the quality and quantity of surface humus at the natural regeneration of beech stands on the territory of the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy

#### Abstract

The article presents original research results of the humus form dynamics in the semi-natural European beech stand in the National Natural Reserve Voděradské bučiny, on the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy (Czech University of Life Sciences Prague) territory. The accumulation and chemical characteristics of particular humus form layers were studied: dry matter amount, pH, soil adsorption and exchangeable acidity characteristics as well as plant available and total nutrient contents. The humus form sampling took place in four replications by particular humus form layers (L, F, H, Ah), the analyses were performed individually. Sampling was oriented in the stand parts with closed canopy, compared with the state in gaps formed during natural and semi-natural forest regeneration (decay stage of the stand left for spontaneous development). Results confirmed considerable changes of quantity and quality of surface humus in the gaps. The amount decreased by ca 25 % several years after canopy opening, especially in the H horizon, the pH, bases content and base saturation increased, as well as the content of macronutrients (with exception of the total calcium). The results described considerable changes of humus forms during the natural and semi-natural forest cycles connected with the stand regeneration.

**Klíčová slova:** humusové formy, bučiny, akumulace humusu, půdní chemismus, obnova buku, přirozené lesy

**Key words:** humus forms, beech stands, humus accumulation, soil chemistry, beech regeneration, semi-natural forests

## ÚVOD

Humusové formy, tj. holorganické vrstvy a nejsvrchnější část minerálního půdního profilu, vykazují řadu klíčových funkcí v ekosystému lesa (GREEN, TROWBRIDGE, KLINKA 1993). Jejich narušení vyvolává rychlou degradaci stanoviště (ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ 2003) a naopak jejich obnova představuje nezbytný předpoklad opětovné revitalizace a obnovy produktivity lesa (REMEŠ, PODRÁZSKÝ 2003).

Dosud byla a prozatím je dynamika humusových forem na okraji zájmu lesnického a ekologického výzkumu a byly studovány pouze některé aspekty vývoje půdního humusu v závislosti na lesnických aktivitách (ŠARMAN 1982, 1985, 1986, WRIGHT 1957). Rovněž tak jsou k dispozici výsledky dokládající negativní dopad některých pěstebních a melioračních opatření na stav svršku lesních půd (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2003).

Zcela mimo zájem výzkumu pak jsou studie týkající se změn v přírodních a přirozených lesích, obecně se však předpokládá negativní antropický dopad na dynamiku nadložního humusu v důsledku vlivů lesního hospodářství (např. holoseče) v lesích hospodářských. K dispozici je pouze omezený rozsah výzkumných výsledků, které však tento předpoklad plně nepodporují a neprokazují tak velký rozdíl v dynamice humusových forem v přírodních, polopřírodních a hospodářských lesích (PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2005, PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005c).

Cílem prezentované studie je doložit vývoj množství a kvality nadložního humusu a humusových forem obecně v polopřírodním (přirozeném) bukovém porostu během počáteční doby obnovy. Kvantita a pedochemické vlastnosti jednotlivých holorganických a nejsvrchnějších minerálních horizontů byla sledována v porostních částech ponechaných od r. 1955 spontánnímu vývoji, srovnávány byly plně zapojené plochy s plochami v mezerách zápoje, kde docházelo ke zmlazování dřevin.

## MATERIÁL A METODY

Experiment byl založen na území Školního lesního podniku v Kostelci nad Černými lesy (KARNET, MALÍK 2006) v porostu 417A16a/8a, věk jednotlivých etází (kohort) je stanoven na 155 a 80 let. Stanovištní podmínky jsou popsány lesním typem 4B1, nadmořská výška lokality je 470 m n. m., průměrná roční teplota je 7,5 - 8,5 °C a průměrné roční srážky 650 mm.

Půdní vzorky byly odebrány 5. listopadu 2003 v mezerách zápoje s přirozeným zmlazením buku a v plně zapojených částech bez přizemní vegetace. Stanoviště odpovídá počátečním fázím stadia rozpadu (PODLASKI 2004). V obou případech byly kvantitativně odebrány vzorky holorganických vrstev s pomocí železného rámečku 25 x 25 cm ve čtyřech opakováních, horizont Ah nebyl odebírán kvantitativně. Byly provedeny individuální analýzy vzorků. Bylo stanoveno:

- množství sušiny holorganických vrstev vážením do konstantní hmotnosti při 105 °C a výpočet zásoby na ploše 1 ha,
- obsah celkového uhlíku (humusu) metodou Springer-Klee, obsah celkového dusíku Kjeldahlovou metodou,
- půdní reakce, jako pH v H<sub>2</sub>O a 1 N KCl, potenciometricky,
- charakteristiky sorpčního komplexu metodou Kappena: S – obsah bázi, T-S (H) – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná acidita a V – nasycení sorpčního komplexu bázemi,
- přístupné živiny byly stanoveny ve výluhu 1% kyselinou citronovou – tato metoda je sice používána pouze v českém lesnictví, ale na druhé straně umožňuje srovnání se staršími výsledky. Výsledky jsou standardně uvedeny jako obsah živin v oxidové formě. Obsah fosforu byl stanoven spektrometricky, draslíku plamennou fotometrií, ostatní prvky pomocí AAS,



- charakteristiky výměnné acidity stanovené ve výluhu KCl,
- obsah celkových živin v holorganických horizontech, po mineralizaci směsí kyseliny sírové a selenu. Analýzy provedla laboratoř Tomáš se sídlem ve VÚLHM-VS Opočno.

Výsledky byly zpracovány programem Statistika, byla využita jednofaktorová analýza variance na 95% hladině významnosti.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Množství povrchového humusu bylo v mezerách zápoje značně sníženo (tab. 1). Rozdíly dosáhly až 25 % zásoby nadložního humusových horizontů ve prospěch prosvětlených míst se zmlazením. Tento jev byl pravděpodobně způsoben různou intenzitou dekompozice opadu, především ve vrstvě H, humifikační. Vytváření mezer v zápoji je tak provázáno zvýšenou mineralizací této vrstvy, zahrnující humifikovaný materiál, zatímco množství méně transformovaných horizontů je mezi oběma typy stanoviště víceméně srovnatelné. Obsah humusu (celkového uhlíku) nevykazoval patrné změny po snížení zápoje, stejně jako obsah celkového dusíku (tendence zvýšeného obsahu ve vrstvách F a H v mezerách není průkazná). Podobná množství akumulovaného nadložního humusu byla doložena v porostech různých lesních dřevin, jehličnatých i listnatých, v nižších, srovnatelných polohách (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005a). V našem případě doložené trendy byly podobné změnám ve vyšších polohách v polopřirozených porostech s obdobným druhovým složením bez ohledu na různou míru akumulace (PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2005). Rovněž při holosečných zásazích docházelo ke změnám v zásobě nadložního humusu a celkového dusíku do zhruba 25% celkového maximálního množství (HEINSDORF et al. 1986). Změny v zastínění půd jsou ale v případě sledovaného porostu pouze dočasné a velikost mezer je velmi malá, takže nelze předpokládat environmentální rizika, na rozdíl od případů velkoplošného odlesnění nebo rozpadů lesů bez následné obnovy (SVOBODA, PODRÁZSKÝ 2005).

Hodnoty půdní reakce aktivní byly vyšší ve vrstvách nadložního humusu v rozvolněných místech (tab. 2). Rozdíly byly v nejsvrchnějších horizontech statisticky významné. Ještě více byl tento trend patrný v případě pH potenciální (v KCl), s výjimkou vrstvy opadu. Podobná tendence byla doložena pro obsah bázi (hodnota S) a ještě výraznější pro nasycení sorpčního komplexu bázemi (hod-

nota V). Tyto změny indikují výrazně intenzivnější mineralizační aktivity ve světlínách, následně pak obohacení nadložního humusu o báze (relativní nárůst koncentrací). Jako důsledek tohoto vývoje byla v holorganických vrstvách světlin vyšší i kationtová výměnná kapacita (hodnota T), v hydrolytické aciditě (hodnota T-S nebo H) nebyly pozorovány rozdíly. Podobné rozdíly, menšího rozsahu, byly doloženy i v probírkových experimentech, na plochách s menší hustotou porostu (HAGER 1988, NAUMANN 1987, PODRÁZSKÝ, MOSER 2003, ŠARMAN 1985), mající za následek intenzivnější rozklad a transformaci opadu. Změny půdního chemismu byly rovněž srovnatelné s variabilitou doloženou pro vývojové cykly polopřirozených lesů v jiných podmínkách (PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2005).

Výměnná titrační acidita byla velice vyrovnaná v substrátech z obou typů stanoviště, ale v případě mezer v zápoji byl zdůrazněn podíl výměnného vodíku (H<sup>+</sup>), zatímco v porostních částech s plnou clonou dominoval mnohem výrazněji výměnný hliník (tab. 3).

Dynamika přístupných živin je shrnuta v tabulce 4. Obsah přístupného fosforu byl významně vyšší v holorganických vrstvách světlin, situace byla právě opačná v nejsvrchnější vrstvě minerální půdy. Translokace či biologická mobilizace náročnějšími dřevinami, jejich intenzivně rostoucími stadii nebo přizemní vegetací, může tento jev docela dobře vysvětlit, stejně jako v jiných případech (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2002). Na stejných mikrostanovištích byly statisticky významně vyšší i obsahy draslíku, zřejmě díky relativnímu obohacení nebo mobilizaci přizemní vegetací. Zejména travní opad je bohatší na tuto živinu, což se projevuje i na jiných typech stanovišť, například buldozerových plochách v Krušných horách tam, kde je dominantní opad travin (PODRÁZSKÝ, ULBRICHOVÁ 2004, ULBRICHOVÁ, PODRÁZSKÝ, SLODIČÁK 2005). Identické trendy, rovněž statisticky významné v případě některých horizontů, byly doloženy i pro dvojmocné kationty vápník a hořčík.

Obsah celkových živin (tab. 5) vykazoval velmi podobný trend, s výjimkou obsahu celkového vápníku. Všechny studované makroelementy byly ve zvýšené míře koncentrovány v substrátech pocházejících z mezer v zápoji. V řadě případů byly rozdíly dokonce statisticky významné. Trend, který byl prokázán pro obsah celkového vápníku, vyžaduje další studium. Je myslitelná zvýšená mobilizace v místech se zvýšenou intenzitou biologických procesů, doprovázená následnými ztrátami v důsledku vyplavení.

Tab. 1.

Akumulace organické hmoty a celkového dusíku v jednotlivých vrstvách humusových forem v různých porostních částech  
Accumulation of organic matter and total nitrogen in particular humus form layers of different stand parts

|                                  |      | Humus/<br>(Springel - Klee)<br>(%) | Celk. dusík/<br>Total nitrogen<br>(Kjeldahl) (%) | Zásoba (g/vzorek)/<br>Supply (g/sample) | Akumulace sušiny/<br>Accumulation of dry matter t/ha |
|----------------------------------|------|------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Mezera/Gap                       | L+F1 | 50,1                               | 1,0                                              | 8,9                                     | 1,424                                                |
|                                  | F2   | 58,5                               | 1,7                                              | 55,2                                    | 8,832                                                |
|                                  | H    | 40,1                               | 1,6                                              | 77,2                                    | 12,352                                               |
|                                  | Ah   | 13,5                               | 0,5                                              | Celkem/Totally                          | 22,608                                               |
| Zapojený porost/<br>Closed stand | L+F1 | 50,5                               | 1,0                                              | 8,8                                     | 1,408                                                |
|                                  | F2   | 54,7                               | 1,6                                              | 52,1                                    | 8,336                                                |
|                                  | H    | 37,6                               | 1,4                                              | 116,4                                   | 18,624                                               |
|                                  | Ah   | 13,4                               | 0,5                                              | Celkem/Totally                          | 28,368                                               |

Tab. 2.

Půdní reakce a charakteristiky půdního sorpčního komplexu v jednotlivých vrstvách humusových forem v různých porostních částech

Soil reaction and adsorption complex characteristics in particular humus form layers of different stand parts

|                                  |      | pH/H <sub>2</sub> O | pH/KCl | S (mval/100g) | T-S (mval/100g) | T (mval/100g) | V (%)  |
|----------------------------------|------|---------------------|--------|---------------|-----------------|---------------|--------|
| Mezera/Gap                       | L+F1 | 5,3a                | 4,8    | 34,6          | 12,1            | 46,7a         | 74,1a  |
|                                  | F2   | 5,1                 | 4,7a   | 74,9a         | 24,0            | 98,8a         | 75,8 a |
|                                  | H    | 4,4                 | 4,0    | 37,7          | 30,4            | 68,0          | 55,6   |
|                                  | Ah   | 3,9                 | 3,4    | 7,5           | 10,4            | 17,9          | 47,8   |
| Zapojený porost/<br>Closed stand | L+F1 | 5,0b                | 4,9    | 38,1          | 14,8            | 52,9b         | 72,0b  |
|                                  | F2   | 4,8                 | 4,4b   | 51,6b         | 28,1            | 79,6b         | 64,2b  |
|                                  | H    | 4,1                 | 3,7    | 27,2          | 30,5            | 57,7          | 47,3   |
|                                  | Ah   | 3,8                 | 3,3    | 6,8           | 16,4            | 23,2          | 28,6   |

Pozn.: S – obsah bází, T-S – hydrolytická acidita, T – kationtová výměnná kapacita, V – nasycení sorpčního komplexu bázemi; Rozdílné indexy u hodnoty sledovaného znaku mezi testovanými porostními částmi znamenají statisticky signifikantní diferencí na hladině významnosti 95 %.

Note.: S – base content, T-S – hydrolytic acidity, T – cation exchangeable capacity, V – saturation of sorption complex by bases

Different indexes for values of observed characteristics among tested stand parts present statistically significant differentiation of significance level 95 %.

Tab. 3.

Charakteristiky výměnné titrační acidity v jednotlivých vrstvách humusových forem v různých porostních částech

Exchangeable titration acidity characteristics in particular humus form layers of different stand parts

|                                  |      | Výměnná titrační acidita/<br>Exchangeable titrable acidity<br>(mval/kg) | Výměnný H <sup>+</sup> /<br>Exchangeable H <sup>+</sup><br>(mval/kg) | Výměnný Al <sup>3+</sup> /<br>Exchangeable Al <sup>3+</sup><br>(mval/kg) |
|----------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Mezera/Gap                       | L+F1 | 39,5                                                                    | 25                                                                   | 14,5                                                                     |
|                                  | F2   | 23,2                                                                    | 10,9a                                                                | 12,2                                                                     |
|                                  | H    | 20,4                                                                    | 8,8                                                                  | 11,9                                                                     |
|                                  | Ah   | 33,1                                                                    | 0,45                                                                 | 32,6                                                                     |
| Zapojený porost/<br>Closed stand | L+F1 | 35,5                                                                    | 18,3                                                                 | 19,4                                                                     |
|                                  | F2   | 22,2                                                                    | 5,9b                                                                 | 16,2                                                                     |
|                                  | H    | 20,7                                                                    | 5,6                                                                  | 15,1                                                                     |
|                                  | Ah   | 39                                                                      | 0,12                                                                 | 38,8                                                                     |

Tab. 4.

Obsah přístupných živin v jednotlivých vrstvách humusových forem v různých porostních částech

Plant available nutrients content in particular humus forms layers of different stand parts

|                                  |      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg) | K <sub>2</sub> O (mg/kg) | CaO (mg/kg) | MgO (mg/kg) | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg/kg) |
|----------------------------------|------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------|----------------------------------------|
| Mezera/Gap                       | L+F1 | 1488                                  | 4427                     | 5600        | 1504        | 96                                     |
|                                  | F2   | 1064a                                 | 2080a                    | 10133       | 1352a       | 102                                    |
|                                  | H    | 878a                                  | 860a                     | 5253        | 590         | 440                                    |
|                                  | Ah   | 278a                                  | 172                      | 717         | 106         | 805                                    |
| Zapojený porost/<br>Closed stand | L+F1 | 1345                                  | 4320                     | 5600        | 1771        | 51                                     |
|                                  | F2   | 560b                                  | 1034b                    | 7213        | 834b        | 158                                    |
|                                  | H    | 559b                                  | 483b                     | 3707        | 352         | 486                                    |
|                                  | Ah   | 414b                                  | 173                      | 692         | 107         | 2541                                   |

Tab. 5.

Obsah celkových živin v jednotlivých vrstvách humusových forem v různých porostních částech

Total nutrients content in particular humus forms layers of different stand parts

|                                          |      | N (%) | P (%) | K (%) | Ca (%) | Mg (%) |
|------------------------------------------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| <b>Mezera/<br/>Gap</b>                   | L+F1 | 1,00  | 0,10  | 0,50a | 1,04   | 0,12   |
|                                          | F2   | 1,69a | 0,14a | 0,24  | 0,92   | 0,11   |
|                                          | H    | 1,47  | 0,14  | 0,26  | 0,04   | 0,09   |
|                                          | Ah   | -     | -     | -     | -      | -      |
| <b>Zapojený porost/<br/>Closed stand</b> | L+F1 | 1,05  | 0,10  | 0,44b | 1,24   | 0,11   |
|                                          | F2   | 1,556 | 0,11b | 0,20  | 0,43b  | 0,08   |
|                                          | H    | 1,43  | 0,13  | 0,26  | 0,05   | 0,06   |
|                                          | Ah   | -     | -     | -     | -      | -      |

Výsledky studie tak potvrzují relativně významné změny humusových forem během iniciačních stadií obnovy po prolomení zápoje a vytváření mezer v rozsahu pouze několika let. Byl doložen příznivější stav půdního chemismu, což zároveň podporuje růst a vývoj semenáčků a pokročilejšího zmlazení buku. Na druhé straně, okolní stromy stále poskytují ekologický kryt proti nepříznivým mikroklimatickým faktorům a podporují rychlejší odrůstání jedinců. Příznivější růst mladých buků ve clonném postavení prokázaly i další práce (PODRÁZSKÝ, REMEŠ 2005b). K dispozici není větší počet srovnatelných údajů v literatuře, nicméně srovnání s holosečně obnovovanými porosty ukazuje na zhruba podobný rozměr změn (HEINSDORF et al. 1986). I v případě dalších přirozených lesních porostů byly rozsah i směr změn půdních charakteristik podobného charakteru (PODRÁZSKÝ, VIEWEGH 2005). Přes relativně značné proměny zásoby nadložního humusu a jeho kvality v průběhu obnovy porostů, umělé a přirozené, tak není ve většině případů zřejmě aktuální nebezpečí negativních a nevratných změn ve sledované složce lesních ekosystémů.

## ZÁVĚR

Humusové formy podléhají v přírodních a přirozených bučinách značným změnám v relativně krátkých časových úsecích. Vytváření mezer v zápoji a počátek přirozené obnovy porostu jsou spojeny rovněž s patrnými a významnými změnami ve stavu povrchového humusu a nejsvrchnější části minerální půdy. Změny mohou být shrnuty následovně:

- pokles zásoby holorganických vrstev až o 25 % během několika let,
- půdní reakce v mezerách roste, v některých případech i průkazně,
- podobný trend byl doložen pro obsah bází a nasycení sorpčního komplexu bázemi, tj. stav sorpčního komplexu sledovaných půdních horizontů se významně zlepšil,
- vzrostl rovněž obsah přístupných i celkových živin na místech se změněnou dynamikou humusových forem,
- lze předpokládat významné změny v pedobiologické aktivitě po vytváření mezer v zápoji, spojené s relativním obohacením povrchových humusových vrstev,
- změny v humusových formách přírodních a přirozených bukových porostů v průběhu obnovy porostů mohou nabýt poměrně značného rozsahu, podobného lesům hospodářským.

## Poznámka:

Tato prezentace vznikla v rámci řešení grantu NAZV č. 1G58031 „Význam přírodě blízkých způsobů pěstování lesů pro jejich stabilitu, produkční a mimoprodukční funkce“. Autoři děkují pracovníkům ŠLP v Kostelci nad Černými lesy za podporu své činnosti a dále slovínským kolegům za spolupráci při společných aktivitách.

## LITERATURA

- GREEN, R. N., TROWBRIDGE, R. L., KLINKA, K.: Towards a taxonomic classification of humus forms. Forest Science, 39, Monograph Nr. 29, 1993, Supplement to Nr. 1, 49 s.
- HAGER, H.: Stammzahlreduktion. Die Auswirkungen auf Wasser-, Energie- und Nährstoffhaushalt von Fichtenjungwüchsen. Wien, Universität für Bodenkultur 1988. 189 s.
- HEINSDORF, D., KRAUSS, H. H., TÖLLE, H.: Entwicklung der C- und N-Vorräte nach Kahlschlag auf ärmeren anhydromorphen Sandböden unter Kiefer. Beiträge für die Forstwirtschaft, 20, 1986, č. 1, s. 8-13.
- NAUMANN, G.: Bodenbeeinflussung durch waldbauliche Massnahmen. Allg. Forstzeitschrift, 42, 1987, č. 6, s. 122-124.
- KARNET, P., MALÍK, V.: Forestry and game management in the north part of Central Bohemian Upland. In: Neuhoferová, P. (ed.): Faculty of Forestry and Environment of CUA Prague. Research and Education. Kostelec nad Černými lesy 20. 6. 2006. Praha, ČZU 2006, s. 137-142.
- PODLASKI, R.: A development cycle of the forest with fir (*Abies alba* MILL.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in its species composition in the Światokrzyski National Park. Journal of Forest Science, 50, 2004, č. 2, s. 55-66.
- PODRÁZSKÝ, V., MOSER, W. K.: Vliv výchovných zásahů na stav humusových forem. In: Vliv hospodářských zásahů a spontánní dynamiky porostů na stav lesních ekosystémů. Kostelec nad Černými lesy 20. – 21. 11. 2003. Praha, ČZU FLE 2003, s. 4.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J.: Dopad pěstování stanovištně nepůvodních dřevin na stav humusových forem v nivě Jalového potoka – Černokostecká oblast. Zprávy lesnického výzkumu, 47, 2002, č. 1, s. 21-24.

- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J.: Effect of tree species on the humus form state at lower altitudes. *Journal of Forest Science*, 51, 2005a, č. 2, s. 60-66.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J.: Effects of the canopy environment and of the nutrition improvement on the beech plantation prosperity. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 36, 2005b, č. 8, s. 108-112.
- PODRÁZSKÝ, V., REMEŠ, J.: Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením. *Zprávy lesnického výzkumu*, 50, 2005c, č. 1, s. 46-48.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I.: Surface liming of immission clear-cuts: benefits and risks. *Ekológia/Ecology*, 22, Supl. 1, 2003, č. 1, s. 277-283.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I.: Restoration of forest soils on reforested abandoned agricultural lands. *Journal of Forest Science*, 50, 2004, č. 6, s. 249-255.
- PODRÁZSKÝ, V., VIEWEGH, J.: Comparison of humus form state in beech and spruce parts of the Žákova hora National Nature Reserve. *Journal of Forest Science*, 51, Special Issue, 2005, s. 29-37.
- REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V.: Effects of preparatory stands on forest site restoration. *Ekológia/Ecology*, 22, Supl. 1, 2003, č. 1, s. 291-293.
- SVOBODA, M., PODRÁZSKÝ, V.: Forest decline and pedobiological characteristics of humus forms in the Šumava National Park. *Journal of Forest Science*, 51, 2005, č. 4, s. 141-146.
- ŠARMAN, J.: Vliv probírky na povrchový humus ve smrkovém porostu. *Lesnictví/Journal of Forest Science*, 28, 1982, č. 1, s. 31-42.
- ŠARMAN, J.: Vliv probírky na humusový profil v bukovém porostu. *Lesnictví/Journal of Forest Science*, 31, 1985, č. 4, s. 341-349.
- ŠARMAN, J.: Vliv různé intenzity prořezávky v dubové mlazině na některé půdní vlastnosti. *Lesnictví/Journal of Forest Science*, 32, 1986, č. 7, s. 637-644.
- ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V.: Mechanised site preparation and restoration of degraded site. *Ekológia/Ecology*, 22, Supl. 1, 2003, č. 1, s. 388-391.
- ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., SLODIČÁK, M.: Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal of Forest Science*, 51, Special Issue, 2005, s. 54-58.
- WRIGHT, T. W.: Some effects of thinning on soil of a Norway spruce plantation. *Forestry*, 30, 1957, č. 2, s. 123-133.

## **Changes of the quality and quantity of surface humus at the natural regeneration of beech stands on the territory of the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy**

### *Summary*

The article presents original research results of the humus form dynamics in the semi-natural European beech stand in the National Natural Reserve Voděradské bučiny, on the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy (Czech University of Life Sciences Prague) territory. The study was performed in the forest stand 417A16a/8a, the age of particular age classes (cohorts) is around 155 and 80 years. The site conditions are characterized by the forest type 4B1, altitude 470 m, average year temperature 7.5 - 8.5 °C, mean annual precipitation 650 mm. The soil samples were taken in November 5, 2003 in the gaps with beech regeneration and in fully closed stand parts without vegetation cover. In both cases, 4 replications were taken quantitatively by a steel frame 25 x 25 cm, separately for horizons: L + F1, F2, H (holorganic), as well as for the uppermost mineral horizon Ah. Individual analyses of particular samples were provided. Following chemical analyses were performed in particular samples: DM content and amount at 105 °C, the total humus (Springer-Klee) and nitrogen (Kjeldahl) contents, soil reaction in water and 1 N KCl solution, soil adsorption complex characteristics by Kappen, the plant available nutrients (citric acid) and total nutrients content (mineralization by sulphuric acid and selenite), the parameters of exchangeable acidity in the KCl solution.

The results are summarized in Tables 1 – 5. Humus forms in the semi-natural beech stand underwent considerable changes in a relatively short time. The gap formation and the beginning of the stand regeneration are connected also with visible and significant changes in the state of surface humus, as well as the uppermost part of the mineral soil body. The changes can be summarized:

- decrease in the quantity of the surface humus by ca 25 %,
- the soil reaction, expressed as pH values, increased significantly in the gaps,
- the same tendency was documented for the base content and base saturation, so the adsorption complex was improved considerably,
- the content of plant available nutrients and total nutrients was higher in the humus layers in gaps too,
- we can suppose significant changes in the soil biological activity after gap formations, connected with the relative enrichment of the surface humus layers.

In the natural and semi-natural forests, the shifts in the soil (humus form) status can be of considerable extent. The results are comparable with the changes at artificial as well as natural regeneration of forest stands in other cases, available in the literature.

Recenzováno



## RŮST A VÝVOJ VÝPĚSTKŮ IN VITRO TŘEŠNĚ PTAČÍ (*PRUNUS AVIUM* /L./ L.) A DUBU LETNÍHO (*QUERCUS ROBUR* L.) NA DEMONSTRAČNÍCH PLOCHÁCH

### Growth and development of wild cherry (*Prunus avium* /L./ L.) and pedunculate oak (*Quercus robur* L.) plantlets on the demonstration plots

#### Abstract

The ontogenetic development of in vitro wild cherry plantlets was investigated on the research plots Kluky, Polná, Trutnov, and plantlets of pedunculate oak were observed on the plots Kluky, Polná, Zbiroh. The permanent research plots of different natural conditions were established within the Bohemian territory, where growth and morphological parameters of plantlets cultured in the FGMRI Department of Forest Tree Species Biology and Breeding were evaluated. For plantlets and seedlings parameters of development and growth were compared and calculated by analysis of variance; morphological parameters were compared as well.

**Klíčová slova:** mikropropagace, výpěstky in vitro, semenáčky, růstové a morfologické parametry, výzkumné plochy

**Key words:** micropropagation, plantlets, seedlings, growth and morphological parameters, research plots

## ÚVOD A CÍL PRÁCE

Potřeba zachování genových zdrojů lesních dřevin a současně rychlého klonového množení vhodných produktivních a rezistentních odrůd vedou šlechtitelská pracoviště k orientaci koncepcí výzkumu na využití moderních biotechnologických přístupů, které doplňují běžné šlechtitelské postupy a navíc umožňují rychlé klonové množení vyselektovaných genotypů a překonání fyziologických bariér (např. dlouhověkost, prodlužující se mnohaleté intervaly mezi semennými roky nebo pozdní nástup reprodukce).

Přestože hlavním úkolem současného lesnictví je zachování, stabilizace a obnova reziduálních původních populací lesních dřevin a udržení druhové pestrosti lesních porostů, nelze opomenout nezanedbatelnou produkční vlastnost lesa jako obnovitelného zdroje energie. Současným trendem, který má zajistit dostatečnou produkci dřevní hmoty, je „klonové lesnictví“, tedy pěstování elitních genotypů namnožených biotechnologickými postupy. U jehličnatých dřevin je s tímto cílem intenzivně studována především somatická embryogeneze. Lignikultury s krátkou dobou obměty, založené z několika málo klonů, jsou běžně pěstovány na Novém Zélandu, v Austrálii, ve Spojených státech, Japonsku a v Evropě především ve Francii.

Mikropropagační postupy umožňují namnožení v podstatě neomezeného počtu identických jedinců z jediného kvalitního dárce, přičemž množství odebíraného rostlinného materiálu pro založení primárních kultur (většinou meristematická pletiva zimních pupenů) je minimální a dárcovský strom neohrožuje. Zárukami genetické kvality mikropropagovaných výpěstků je sběr rostlinného zdrojového materiálu pouze z rodičovských stromů (klonů – zákon č. 149/2003 Sb.) nebo dalších kvalitních stromů s význačnými cennými znaky a rovněž dodržení vhodného počtu klonů při přípravě syntetické populace. Pro lesnické účely je nevyhnutelné, aby regenerované potomstvo bylo geneticky totožné s donorovým stromem tzv. „true-to-type“ (AHUJA 1987).

Sledování růstu a vývoje lesních dřevin namnožených mikropropagací probíhá ve venkovních podmínkách s ohledem na dlouhověkost těchto organismů teprve relativně krátkou dobu, 20 - 30 let. V České republice započalo sledování vývoje a růstu výpěstků in vitro v roce 1994 v rámci výzkumných projektů VÚLHM Jiloviště-

Strnady na výsadbách venkovních ploch lokalizovaných na školním polesí VOŠL a SLŠ Bedřicha Schwarzenberga v Písku (výpěstky in vitro smrku ztepilého a douglasky tisolisté). Další výsadby materiálu in vitro původu byly následně uskutečněny i pro další druhy dřevin (dub letní, třešně ptačí, jilm vaz, jeřáb oskeruše, jeřáb břek, jeřáb ptačí, lípa srdčitá, topol osika aj.) v různých částech ČR.

Cílem tohoto příspěvku je zhodnocení vývoje a růstu výpěstků in vitro a sazenic generativního původu třešně ptačí a dubu letního na demonstračních výzkumných plochách založených pracovištěm VÚLHM Jiloviště-Strnady v Klukách, Polné, Trutnově a Zbirohu.

## MATERIÁL A METODIKA

Pro získání sazenic původu in vitro byly vybrány mikropropagované klony třešně ptačí a dubu letního z archivu explantátů tehdejšího VÚLHM Jiloviště-Strnady. Na úspěšné dopěstování výsadbyschopných výpěstků in vitro byl využit dříve rozpracovaný systém, který spočívá v indukci rhizogeneze u mikrořízků v agarovém médiu, dále v přesazení zakořeněných mikrořízků do sadbovačů s perlitem (kde dochází již k funkční strukturalizaci kořenového systému) a v přesazení sazenic do zahradnického substrátu. Současně je snižována vzdušná vlhkost na 70 %. Pro tuto vývojovou fázi výpěstků je nejvhodnější konstantní teplota 22 °C a vysoká intenzita osvětlení (24hodinové osvětlení bílým fluorescenčním světlem 30  $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) (MALÁ 2001).

Pro vytvoření kvalitního kořenového systému je nutné použít vhodný typ sadbovačů. Byly využity osvědčené sadbovače kónického tvaru bez pevného dna s podélnými nálitky na vnitřní straně, které napomáhají správnému vývoji kořenové soustavy.

Výpěstky in vitro byly dopěstovány a adaptovány na venkovní prostředí v experimentální školce VÚLHM Baně. Kvalita sadebního materiálu byla hodnocena na základě stejných kritérií, která jsou požadována u sadebního materiálu generativního původu (ČSN 48 2115). Některé klony výpěstků in vitro třešně ptačí byly rovněž napěstovány v provozních podmínkách Laboratoře biotechnologií Olešná z kultur in vitro, dodaných z archivu explantátů VÚLHM Jiloviště-Strnady.

Výsadby výpěstků in vitro na demonstrační plochy byly zahájeny v roce 1998. Jako srovnávací materiál byly rovněž vysazeny sazenice generativního původu. Rozmístění klonů bylo po výsadbě zaznamenáno do schematického plánu výsadeb. Demonstrační plochy jsou oploceny a označeny informační tabulí s popisem plochy. Výpěstky in vitro jsou na trvalých výzkumných plochách hodnoceny z hlediska jejich růstových a morfologických parametrů. Jednou z možností ověření kvality výpěstků in vitro jsou srovnávací pokusy s dřevinami generativního původu. Statisticky byl hodnocen výškový růst a vizuálně byla posuzována morfologie výpěstků in vitro ve srovnání s dřevinami generativního původu. U všech stromů na ploše byla měřena výška měřickou latí s přesností na 1 cm a tloušťka kořenového krčku posuvným měřítkem s přesností na 1 mm. Rozdíly mezi růstem sazenic vegetativního a generativního původu (výška v roce 2005) byly hodnoceny metodou analýzy variance pomocí statistického programu UNISTAT v. 5.6.

V roce 2003 navíc na dvou plochách (Kluky, Polná) proběhlo hodnocení tvárnosti kmene a zdravotního stavu podle následujících klasifikačních stupnic. Tvárnost kmene byla posuzována vizuálně, přičemž každý jedinec byl zařazen do příslušné třídy.

1. Strom, který má přímý kmen s minimální netvárností v horní třetině kmene, větve jsou podle jednotlivých druhů přiměřeně silné a celý strom nevykazuje větší abnormality vývoje tvárnosti.
2. Strom má viditelné horizontální či vertikální nerovnosti kmene, větší je výskyt dvojáků v horní části kmene či vytváření náhradního terminálu, větší výskyt silných větví.
3. Strom vykazuje keřovitý růst, jde o dvoják či strom výrazně netvárný, časté abnormality v průběhu růstu.

Analogicky jako u tvárnosti kmene byly jednotlivé stromy zařazeny z hlediska svého zdravotního stavu podle níže uvedené stupnice.

1. strom zdravý, vitální, bez příznaků jakýchkoliv poškození
2. strom zdravý, méně vitální nebo s menšími, blíže zatím nedefinovanými (nepodstatnými) příznaky
3. strom s výraznými příznaky poškození, výrazně sníženou vitalitou či chřadnoucí

Dále jsou uvedeny podrobnější charakteristiky hodnocených výzkumných ploch.

#### Výzkumná plocha Kluky

Lokalita Kluky v přírodní lesní oblasti 15 – Jihočeské pánve spadá pod správu Lesů města Písku. Nachází se v porostu 103F, hospodářském souboru 45 – živná stanoviště středních poloh, lesním typu 4B1 (bohatá bučina mařinková). Geologický podklad tvoří zvětralé hrubozrnné žuly a granodiority, půda náleží k mezotrofním hnědým lesním půdám (kambizem modální). Nadmořská výška je 520 m n. m., expozice je severovýchodní s mírným svahem do 5 %. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 7 °C, průměrné roční srážky činí 600 mm, průměrná délka vegetační doby je 165 dní. Lokalita spadá do klimatické oblasti mírně teplé, okrsku mírně vlhkého.

S realizací výsadby bylo započato v dubnu 1998 explantátovými výpěstky třešně ptačí a dubu letního vegetativního i generativního původu, o rok později byl na plochu vysazen i srovnávací materiál generativního původu třešně ptačí. Sazenice byly rozděleny po 25 kusech do čtverců o velikosti 10 x 10 m, spon výsadby byl zvolen 2 x 2 m. K výsadbě bylo použito 200 kusů výpěstků třešně ptačí in vitro, 100 kusů třešně generativního původu,

41 kusů výpěstků dubu letního in vitro a 50 kusů dubu letního generativního původu.

#### Výzkumná plocha Polná

Výzkumná plocha se nachází v přírodní lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina na lokalitě Březina, která spadá do polesí lesního družstva Polná. Nachází se v porostu 436 J14, hospodářském souboru 53 – kyselá stanoviště vyšších poloh, lesním typu 5S1. Geologický podklad tvoří biotitické pararuly, půda patří k mezotrofním až oligotrofním hnědým lesním půdám. Nadmořská výška činí 560 m n. m., expozice je severozápadní, sklon do 2 %. Průměrná roční teplota je 7 °C, průměrné roční srážky dosahují 650 – 700 mm, výzkumná plocha se nachází v klimatické oblasti mírně teplé, v okrsku vlhkém, průměrná délka vegetační doby je 153 dní.

Na jaře 1998 byly vysazeny explantátové výpěstky třešně ptačí, dubu letního a sazenice generativního původu dubu letního, na podzim pak generativní sazenice třešně ptačí. Výsadba byla z důvodu nepravidelného tvaru plochy provedena formou volně navazujících pruhů. Použitý spon výsadby byl 2 x 2 m. Vysazeno bylo 200 ks výpěstků in vitro třešně ptačí, 48 ks výpěstků in vitro dubu letního, 100 kusů třešně ptačí a 50 kusů dubu letního generativního původu.

V roce 2003 bylo stejně jako na ploše Kluky realizováno terénní šetření zaměřené na hodnocení tvárnosti kmene a zdravotního stavu, viz výše.

#### Výzkumná plocha Trutnov II

Na jaře roku 2000 bylo vysazeno 50 ks výpěstků in vitro třešně ptačí na demonstrační objekt Trutnov II – U Příkopu, který se nachází v přírodní lesní oblasti 23 – Podkrkonoší v porostu 23 C10, hospodářském souboru S 541, v nadmořské výšce 520 m n. m., lesní typ 5S1. Expozice je jižní, pásmo ohrožení imisemi D, půdní typ kambizem typická se střední zásobou živin na permských sedimentech. Výsadba výpěstků in vitro třešně ptačí na tento demonstrační výzkumný objekt představovala rekonstrukci umělé obnovy smrkem ze 7. a 8. lesního vegetačního stupně z let 1993 – 1994. Na ploše o výměře 70 x 70 m, která je oplocena, bylo použito jamkové sadby.

#### Výzkumná plocha Zbiroh – Habr

Na jaře roku 2000 byly vysazeny výpěstky dubu letního in vitro a sazenice dubu letního i zimního generativního původu na demonstrační objekt Zbiroh, který se nachází v přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina v revíru Habr, v hospodářském souboru 43. Plocha je umístěna v nadmořské výšce 430 m n. m., soubor lesních typů 4I, expozice jihozápadní, sklon 1 %. Geologický podklad tvoří pleistocenní hlíny, půda je hlinitá, mírně oglejená. Na této výzkumné ploše je ontogenetický vývoj výpěstků dubu letního in vitro porovnáván s třemi proveniencemi dubu generativního původu. Byly vysazeny výpěstky dubu letního in vitro (190 ks) a sazenice (2/0) generativního původu – 190 ks sazenic dubu zimního (Dub A), 190 ks sazenic dubu letního (Dub B) a 240 ks sazenic místní proveniencie dubu zimního (Dub H). Sazenice dubu zimního byly použity pro orientační srovnání. Plocha slouží i jako východisko pro šlechtitelské práce s dubem. Sleduje se zde mortalita, výškový a tloušťkový růst, zdravotní stav, morfologické vlastnosti kmene, koruny apod. V rámci dalších šetření se registrují i růstový rytmus, stupeň napadení hmyzem a houbovými chorobami, případně škody dalšími činiteli.

## VÝSLEDKY SLEDOVÁNÍ ONTOGENETICKÉHO VÝVOJE VÝPĚSTKŮ Z IN VITRO KULTUR

Na demonstračních objektech VÚLHM Jíloviště-Strnady byl sledován růst a vývoj výpěstků in vitro třešně ptačí a dubu letního, byla zjišťována míra přežívání a probíhala měření výšek a tloušťky kořenového krčku. Shodné charakteristiky byly také hodnoceny u vysazených dřevin generativního původu.

### Hodnocení třešně a dubu na výzkumné ploše Kluky

Růstové charakteristiky třešně ptačí za jednotlivé roky na venkovní ploše Kluky jsou uvedeny v tabulce 1 pro výpěstky in vitro a v tabulce 2 pro třešně generativního původu. Stejné charakteristiky sledované u dubu letního jsou uvedeny pro výpěstky in vitro v tabulce 3 a pro duby generativního původu v tabulce 4. Podle zjištěných hodnot lze konstatovat, že podzimní ztráty výpěstků třešně ptačí in vitro v roce výsadby činily 1,5 %, u generativních sazenic, které byly vysazeny o rok později, k žádným ztrátám nedošlo. Celkové ztráty od výsadby do současné doby činí u výpěstků 9,5 %, u třešní generativního původu 5 %. U výpěstků in vitro dubu letního nebyl na podzim

v roce výsadby zaznamenán žádný úhyn a generativní sazenice uhynula jedna. V současnosti činí celkové ztráty u výpěstků dubu 17,1 % a u generativně namnožených jedinců 20 %. Porovnání růstu generativně a vegetativně namnožených dřevin ukázalo statisticky výsoce významné rozdíly u třešně ptačí ve prospěch materiálu in vitro na hladině významnosti  $\alpha = 0,01$ , u dubu letního statisticky významné rozdíly zjištěny nebyly. Variační koeficient průměrné výšky u dřevin původu in vitro byl pro třešně ptačí 27,4 % a pro dub letní 32,9 %. U třešně generativního původu činila hodnota variačního koeficientu 23,3 % a u generativně namnoženého dubu 27,7 %. Při hodnocení tvárnosti kmene v r. 2003 byly zařazeny stromy generativního i vegetativního původu do příslušných tříd klasifikační stupnice uvedené v metodice, přičemž u obou sledovaných skupin bylo shodně cca 60 % stromů zařazeno do třídy tvárnosti 1 a cca 40 % do třídy 2. Z těchto výsledků tedy nevyplývá, že by příčinou horší tvárnosti kmene byl způsob reprodukce. Na této ploše nebyla pozorována retardace růstu výpěstků in vitro ani jejich zvýšená mortalita. Zdravotní stav výpěstků in vitro byl zařazen z 96 % do třídy 1 a ze 4 % do třídy 2. U dřevin generativního původu bylo 98 % jedinců zařazeno do třídy 1 a 2 % do třídy 2.

Tab. 1.

Růstové charakteristiky výpěstků in vitro třešně ptačí na venkovní ploše Kluky  
Growing characteristics of in vitro wild cherry plantlets on research plot Kluky

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |     | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušť'ka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|-----|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1998         | 200                                              | 197 | 1,5                            | 52,2                                      | 5,9                                                   |
| 1999         |                                                  | 183 | 8,5                            | 125,4                                     | 11,3                                                  |
| 2000         |                                                  | 183 | 8,5                            | 175,0                                     | 22,4                                                  |
| 2001         |                                                  | 183 | 8,5                            | 227,0                                     | 37,4                                                  |
| 2002         |                                                  | 181 | 9,5                            | 261,2                                     | -                                                     |
| 2003         |                                                  | 181 | 9,5                            | 295,8                                     | -                                                     |
| 2004         |                                                  | 181 | 9,5                            | 333,2                                     | -                                                     |
| 2005         |                                                  | 181 | 9,5                            | 424,0                                     | -                                                     |

Tab. 2.

Růstové charakteristiky třešně ptačí generativního původu na venkovní ploše Kluky  
Growing characteristics of wild cherry seedlings on research plot Kluky

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |     | Mortalita/Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|-----|----------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1999         | 100                                              | 100 | 0,0                        | 51,7                                      | 5,0                                                  |
| 2000         |                                                  | 98  | 2,0                        | 102,7                                     | 11,5                                                 |
| 2001         |                                                  | 97  | 3,0                        | 148,2                                     | 21,8                                                 |
| 2002         |                                                  | 95  | 5,0                        | 191,3                                     | -                                                    |
| 2003         |                                                  | 95  | 5,0                        | 236,4                                     | -                                                    |
| 2004         |                                                  | 95  | 5,0                        | 294,4                                     | -                                                    |
| 2005         |                                                  | 95  | 5,0                        | 314,8                                     | -                                                    |

**Tab. 3.**

Růstové charakteristiky výpěstků in vitro dubu letního na venkovní ploše Kluky

Growing characteristics of in vitro pedunculate oak plantlets on research plot Kluky

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1998         | 41                                               | 41 | 0,0                            | 26,2                                      | -                                                    |
| 1999         |                                                  | 39 | 4,9                            | 34,9                                      | 4,2                                                  |
| 2000         |                                                  | 38 | 7,3                            | 62,0                                      | 9,6                                                  |
| 2001         |                                                  | 36 | 12,2                           | 119,5                                     | 19,4                                                 |
| 2002         |                                                  | 36 | 12,2                           | 160,3                                     | -                                                    |
| 2003         |                                                  | 36 | 12,2                           | 196,7                                     | -                                                    |
| 2004         |                                                  | 36 | 12,2                           | 244,0                                     | -                                                    |
| 2005         |                                                  | 34 | 17,1                           | 280,0                                     | -                                                    |

**Tab. 4.**

Růstové charakteristiky dubu letního generativního původu na venkovní ploše Kluky

Growing characteristics of pedunculate oak seedlings on research plot Kluky

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1998         | 50                                               | 49 | 2,0                            | 50,5                                      | -                                                    |
| 1999         |                                                  | 44 | 12,0                           | 63,5                                      | 6,5                                                  |
| 2000         |                                                  | 42 | 16,0                           | 89,6                                      | 11,4                                                 |
| 2001         |                                                  | 42 | 16,0                           | 147,2                                     | 19,0                                                 |
| 2002         |                                                  | 42 | 16,0                           | 177,3                                     | -                                                    |
| 2003         |                                                  | 42 | 16,0                           | 214,3                                     | -                                                    |
| 2004         |                                                  | 42 | 16,0                           | 268,9                                     | -                                                    |
| 2005         |                                                  | 40 | 20,0                           | 288,3                                     | -                                                    |

#### Hodnocení třešně a dubu na výzkumné ploše Polná

Zjišťované charakteristiky třešně ptačí na demonstračním objektu Polná jsou v tabulce 5 uvedeny pro výpěstky in vitro, v tabulce 6 pro třešně ptačí generativního původu. Růstové charakteristiky sledované u dubu letního jsou uvedeny pro výpěstky in vitro v tabulce 7 a pro duby generativního původu v tabulce 8. Z uvedených hodnot v tabulkách vyplývá, že ztráty po jarní výsadbě u výpěstků in vitro třešně ptačí činily 56 %. Velká mortalita byla podle příznaků poškození způsobena hlodavcem, s největší pravděpodobností norníkem rudým. Proti dalšímu poškození byl úspěšně aplikován přípravek Aversol. U generativních sazenic, které byly vysazeny na podzim, činily ztráty 8 %. Celkové ztráty od výsadby do současné doby dosáhly u výpěstků 66,5 %, u třešně generativního původu 23 %. U výpěstků in vitro dubu letního byly v prvním roce po výsadbě ztráty 4,2 % a u generativních sazenic 4 %. V současnosti činí celkové ztráty u výpěstků dubu 8,3 % a u generativně namnožených jedinců 6 %. Pro třešně ptačí i dub letní byly u dosažených výšek v roce 2005 zjištěny mezi materiálem s odlišným způsobem vypěstování statisticky vysoce významné

rozdíly, v případě třešně ptačí ve prospěch sazenic in vitro, v případě dubu letního ve prospěch materiálu generativního původu. Variační koeficient průměrné výšky u dřevin původu in vitro byl pro třešně ptačí 20,3 % a pro dub letní 23,6 %. U třešně generativního původu činila hodnota variačního koeficientu 25,9 % a u generativně namnoženého dubu 20,8 %. Při porovnání morfologických kritérií mezi výpěstky in vitro a jedinci generativního původu nebyly zjištěny rozdíly ve tvaru kmene nebo větvení nadzemní části a nebyly pozorovány abnormality růstu výpěstků in vitro. Tvárnost kmene 87 % jedinců generativního původu byla zařazena do třídy 1, zbývajících 13 % pak do třídy 2. U výpěstků in vitro bylo do 1. třídy tvárnosti zařazeno 85 % stromů a do 2. třídy 15 %. Z hlediska zdravotního stavu byla většina materiálu zařazena do klasifikační třídy 1, procento stromů zařazených do 2. třídy bylo nevýznamné. U dřevin generativního původu nepřesáhl tento podíl 2 %, u výpěstků in vitro 3 %. Vysoká mortalita výpěstků in vitro třešně ptačí vysazených s půlročním předstihem byla způsobena biotickým poškozením hlodavci a nesouvisí s rozdílným způsobem namnožení sazenic.



**Tab. 5.**

Růstové charakteristiky výpěstků in vitro třešně ptačí na venkovní ploše Polná

Growing characteristics of in vitro wild cherry plantlets on research plot Polná

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušť'ka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1998         | 200                                              | 88 | 56,0                           | 50,5                                      | 5,6                                                   |
| 1999         |                                                  | 69 | 65,5                           | 124,8                                     | 11,5                                                  |
| 2000         |                                                  | 68 | 66,0                           | 159,5                                     | 18,4                                                  |
| 2001         |                                                  | 68 | 66,0                           | 216,0                                     | 32,7                                                  |
| 2002         |                                                  | 67 | 66,5                           | 264,5                                     | -                                                     |
| 2003         |                                                  | 67 | 66,5                           | 298,1                                     | -                                                     |
| 2004         |                                                  | 67 | 66,5                           | 329,5                                     | -                                                     |
| 2005         |                                                  | 67 | 66,5                           | 445,6                                     | -                                                     |

**Tab. 6.**

Růstové charakteristiky třešně ptačí generativního původu na venkovní ploše Polná

Growing characteristics of wild cherry seedlings on research plot Polná

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1999         | 100                                              | 92 | 8,0                            | 47,5                                      | 4,7                                                  |
| 2000         |                                                  | 85 | 15,0                           | 81,3                                      | 9,7                                                  |
| 2001         |                                                  | 81 | 19,0                           | 135,0                                     | 15,6                                                 |
| 2002         |                                                  | 79 | 21,0                           | 177,0                                     | -                                                    |
| 2003         |                                                  | 78 | 22,0                           | 223,6                                     | -                                                    |
| 2004         |                                                  | 77 | 23,0                           | 272,0                                     | -                                                    |
| 2005         |                                                  | 77 | 23,0                           | 345,4                                     | -                                                    |

**Tab. 7.**

Růstové charakteristiky výpěstků in vitro dubu letního na venkovní ploše Polná

Growing characteristics of in vitro pedunculate oak plantlets on research plot Polná

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks / pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušť'ka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|----------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1998         | 48                                                 | 46 | 4,2                            | 26,1                                      | -                                                     |
| 1999         |                                                    | 45 | 6,3                            | 40,0                                      | 4,0                                                   |
| 2000         |                                                    | 45 | 6,3                            | 66,6                                      | 9,0                                                   |
| 2001         |                                                    | 45 | 6,3                            | 118,4                                     | 14,6                                                  |
| 2002         |                                                    | 45 | 6,3                            | 161,6                                     | -                                                     |
| 2003         |                                                    | 45 | 6,3                            | 205,6                                     | -                                                     |
| 2004         |                                                    | 45 | 6,3                            | 257,4                                     | -                                                     |
| 2005         |                                                    | 44 | 8,3                            | 338,8                                     | -                                                     |

#### Hodnocení třešně ptačí na výzkumné ploše Trutnov II

Sledované charakteristiky vývoje a mortality in vitro výpěstků třešně ptačí vysazených na ploše Trutnov jsou zaznamenány v tabulce 9. Tato plocha byla vybrána v rámci spolupráce s Výzkumnou stanicí VÚLHM Opocno s úmyslem otestovat vývoj tohoto druhu dřeviny v extrémnějších podmínkách. V prvním roce po výsadbě byla mortalita sazenic pouze 4 %, avšak v dalších letech

došlo k výraznějším ztrátám, především vlivem námraz. Ty také způsobily poškození terminálů a celkové snížení průměrné výšky sledované kultury. Ztráta výpěstků dosáhla od výsadby do současnosti 32 %. Vývoj kultury se nadále bude sledovat i z hlediska klonových rozdílů.

**Tab. 8.**

Růstové charakteristiky dubu letního generativního původu na venkovní ploše Polná

Growing characteristics of pedunculate oak seedlings on research plot Polná

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1998         | 50                                               | 48 | 4,0                            | 50,1                                      | -                                                    |
| 1999         |                                                  | 48 | 4,0                            | 71,3                                      | 5,5                                                  |
| 2000         |                                                  | 48 | 4,0                            | 100,9                                     | 10,9                                                 |
| 2001         |                                                  | 48 | 4,0                            | 177,6                                     | 16,8                                                 |
| 2002         |                                                  | 48 | 4,0                            | 224,8                                     | -                                                    |
| 2003         |                                                  | 48 | 4,0                            | 276,6                                     | -                                                    |
| 2004         |                                                  | 48 | 4,0                            | 343,7                                     | -                                                    |
| 2005         |                                                  | 47 | 6,0                            | 402,6                                     | -                                                    |

**Tab. 9.**

Růstové charakteristiky in vitro výpěstků třešně ptačí na demonstračním objektu Trutnov II

Growing characteristics of in vitro wild cherry plantlets on research plot Trutnov II

| Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |    | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|--------------|--------------------------------------------------|----|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 2000         | 50                                               | 50 | 0,0                            | 90,5                                      | 10,1                                                 |
| 2001         |                                                  | 48 | 4,0                            | 99,9                                      | -                                                    |
| 2002         |                                                  | 48 | 4,0                            | 135,7                                     | -                                                    |
| 2003         |                                                  | 43 | 14,0                           | 93,7                                      | -                                                    |
| 2005         |                                                  | 34 | 32,0                           | 100,7                                     | -                                                    |



**Obr. 1.**

Pohled na část demonstrační plochy Zbiroh - Habr s různými testovanými variantami dubu (J. INEMAN, září 2006)

Part of research plot Zbiroh – Habr with tested variants of oak (J. INEMAN, Sept. 2006)

#### Hodnocení dubu na výzkumné ploše Zbiroh – Habr

Na této výzkumné ploše je ontogenetický vývoj výpěstků dubu letního porovnáván s třemi populacemi generativního potomstva rozdílného původu. Hodnoty sledovaných růstových charakteristik a mortality jsou uvedeny v tabulce 10. Z tabulky vyplývá, že nejrychlejšího růstu dosahují sazenice dubu letního (skupina B) generativního

původu. Je známo, že dynamika růstu jednotlivých klonů se může v průběhu ontogenetického vývoje měnit a teprve dlouhodobé sledování může ukázat případnou retardaci růstu. Při porovnání morfologických vlastností kmene u rostoucích stromků dubu různého původu nebyl shledán rozdíl ve tvaru nadzemní části dřevin (obr. 1).

Tab. 10.

Růstové charakteristiky dubu na výzkumné ploše Zbiroh - Habr

Oaks growing characteristics on research plot Zbiroh – Habr

| Původ/<br>Origin | Rok/<br>Year | Vysazeno/přežívá<br>Planted/survived<br>[ks/pcs] |     | Mortalita/<br>Mortality<br>[%] | Průměrná výška/<br>Average height<br>[cm] | Tloušťka koř. krčku/<br>Root collar diameter<br>[mm] |
|------------------|--------------|--------------------------------------------------|-----|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| In vitro         | 2000         | 190                                              | 187 | 1,6                            | 37,8                                      | 7,6                                                  |
| Gen. A           |              | 190                                              | 189 | 0,5                            | 38,7                                      | 9,3                                                  |
| Gen. B           |              | 190                                              | 186 | 2,1                            | 36,2                                      | 8,9                                                  |
| Gen. H           |              | 240                                              | 235 | 2,1                            | 34,9                                      | 6,0                                                  |
| In vitro         | 2001         | -                                                | 187 | 1,6                            | 58,4                                      | 12,6                                                 |
| Gen. A           |              |                                                  | 185 | 2,6                            | 65,4                                      | 12,7                                                 |
| Gen. B           |              |                                                  | 186 | 2,1                            | 85,3                                      | 15,0                                                 |
| Gen. H           |              |                                                  | 231 | 3,8                            | 54,3                                      | 11,0                                                 |
| In vitro         | 2002         | -                                                | 177 | 6,8                            | 71,2                                      | -                                                    |
| Gen. A           |              |                                                  | 169 | 11,1                           | 75,4                                      | -                                                    |
| Gen. B           |              |                                                  | 183 | 3,7                            | 99,6                                      | -                                                    |
| Gen. H           |              |                                                  | 229 | 4,6                            | 76,5                                      | -                                                    |
| In vitro         | 2003         | -                                                | 163 | 14,2                           | 90,6                                      | -                                                    |
| Gen. A           |              |                                                  | 163 | 14,2                           | 100,3                                     | -                                                    |
| Gen. B           |              |                                                  | 183 | 3,7                            | 136,1                                     | -                                                    |
| Gen. H           |              |                                                  | 223 | 7,1                            | 102,3                                     | -                                                    |
| In vitro         | 2004         | -                                                | 161 | 15,3                           | 111,6                                     | -                                                    |
| Gen. A           |              |                                                  | 162 | 14,7                           | 119,8                                     | -                                                    |
| Gen. B           |              |                                                  | 183 | 3,7                            | 165,3                                     | -                                                    |
| Gen. H           |              |                                                  | 223 | 7,1                            | 116,9                                     | -                                                    |
| In vitro         | 2005         | -                                                | 161 | 15,3                           | 135,7                                     | -                                                    |
| Gen. A           |              |                                                  | 156 | 17,9                           | 151,1                                     | -                                                    |
| Gen. B           |              |                                                  | 183 | 3,7                            | 204,2                                     | -                                                    |
| Gen. H           |              |                                                  | 223 | 7,1                            | 145,0                                     | -                                                    |

## DISKUSE A ZÁVĚR

Pro sledování a ověřování kvality výpěstků in vitro jsou ve světě zakládány srovnávací venkovní pokusy pro řadu druhů dřevin. Například ve Francii se sleduje topol, třešeň, ořešák, douglaska, v Anglii třešeň, bříza, dub, v Brazílii blahovičník, ve Švédsku bříza, v Norsku dub apod. Na Novém Zélandě založil Fletcher Challenge plantáže borovice paprskité (*Pinus radiata* D. DON) pocházející z in vitro kultur (PILATE et al. 2002). Srovnání růstu a dalších charakteristik dvacetiletých stromů douglasky tisolisté pěstovaných z explantátů a ze semen neukázalo významné rozdíly (BOULAY, FRANCLÉ 1977). Rovněž při kultivaci třešně ptačí a ořešáku královského ve Francii nebyly mezi těmito dvěma skupinami výpěstků pozorovány žádné rozdíly. Pokud byl zaznamenán rychlejší růst potomstev z explantátů, byl podmíněn genetickými vlastnostmi výchozích klonů (CORNU, CHAIX 1981). Ke stejným výsledkům při pěstování třešně ptačí dospěl i HAMMAT (1999) v Anglii. V roce 1988 byly rovněž v Anglii zahájeny také koordinované pokusy s břízou, kdy byla srovnávána rychlost růstu a rejuvenilizace výpěstků generativního původu s mikropropagovanými rostlinami z kalusů, z axilárních a adventivních prýtlů. V Anglii je studována i

variabilita a rejuvenilizace generativních výpěstků, výpěstků z řízků a rostlin získaných mikropropagací u třešně ptačí. Tato dřevina je současně sledována v Německu, Anglii a ve Francii. Mezi další společně studované dřeviny patří dub letní. Explantáty získané z rozdílných klonů dubu různého stáří jsou od r. 1993 pěstovány současně výzkumnými pracovišti v Norsku, Anglii a Francii. V rámci polních zkoušek se sledují fáze změny při rejuvenilizaci, růstové a morfologické parametry a testují se i genetické vlastnosti. Tento společně koordinovaný výzkum má poskytnout informace potřebné k uvedení mikropropagačních postupů do praktického využívání. Získané údaje jsou nezbytné pro odpovědná rozhodnutí s dalekosáhlými ekologickými a ekonomickými důsledky (MALÁ 1998).

Od zahájení intenzivního výzkumu mikropropagačních technologií lesních dřevin bylo o vývoji výpěstků in vitro ve venkovních podmínkách dosaženo významných poznatků a bylo prokázáno, že rychlost a jiné parametry růstu jsou srovnatelné se sazenicemi generativního původu (BOULAY, FRANCLÉ 1977, CORNU, CHAIX 1981, JURÁSEK, MALÁ 2000). Při porovnání generativně a vegetativně namnožených dřevin na plochách v Polné a v Klukách byly růstové a morfologické charakteristiky

z dosavadních pozorování také srovnatelné. Porovnáním vývoje generativních sazenic, řízkovanců a výpěstků in vitro se mimo jiných autorů zabýval i HAMMAT (1999) a shledal, že u třešně ptačí mají mikropřepagované rostliny oproti semenáčkům i řízkovancům rychlejší růst, větší přírůst a sníženou větevnatost. V souladu s poznatkem HAMMATA (1999) byl zjištěn rychlejší růst třešně ptačí in vitro i na plochách Kluky a Polná.

Na plochách v Polné a v Klukách nebyl při morfologickém srovnání výpěstků in vitro a vysazených dřevin generativního původu shledán rozdíl ve tvaru kmene, větvení nadzemní části, ani nebyla pozorována retardace růstu výpěstků in vitro či jejich zvýšená mortalita. Zvýšená mortalita výpěstků in vitro třešně ptačí na výzkumné ploše v Polné byla způsobena hlodavci a nebyla tedy ovlivněna způsobem namnožení dřevin.

Získané poznatky o ontogenetickém vývoji výpěstků in vitro u třešně ptačí a dubu letního ukazují na možnost použití postupů mikropřepagace pro namnožení žádaných genotypů sledovaných druhů dřevin. Měření výškového růstu, posuzování morfologických vlastností a zdravotního stavu bude kontinuálně pokračovat za účelem doplňování poznatků o vývoji výpěstků in vitro s přibývajícím věkem dřevin. Na dalších lokalitách České republiky (např. Oldřichov, Drahenice, Drahenice – lokalita Hostišovice, Březka) byly založeny výzkumné plochy rozšířené o nové druhy a klony výpěstků in vitro.

#### Poznámka:

Výzkum byl podpořen projekty MŠMT COST č. OC 843.60 a 1P050C039 a výzkumným záměrem č. MZe - 0002070202.

## LITERATURA

- AHUJA, M. R.: Somaclonal variation. In: Bonga, J. M., Durzan, D. J. (eds.): Cell and Tissue Culture in Forestry, 1, 1987, s. 272-285.
- BOULAY, M., FRANCLLET, A.: Recherches sur la propagation vegetative de Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO. Possibilités d'obtention de plante viables a partir de la culture in vitro de bourgeons de pieds – meres juveniles. CR Acad. Sci., 284, 1977, s. 1405-1407.
- CORNU, D., CHAIX, C.: Multiplication par culture in vitro de merisiers adultes (*Prunus avium*). In: Proc. IUFRO Sect S2 01. 5th Int. Workshop „In Vitro“ Cultivation for Tree Species, Fontainebleau, France, 1981, s. 71-79.
- HAMMATT, T.: Delayed flowering and reduced branching in micropropagated mature wild cherry (*Prunus avium*, L.) compared with rooted cuttings and seedlings. Plant Cell Rep., 18, 1999, s. 478-484.
- JURÁSEK, A., MALÁ, J.: Zkušenosti s kvalitou sadebního materiálu z autovegetativního množení při pěstování ve školce a při obnově lesa. In: Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Opočno 7. - 8. 3. 2000, s. 81-90.
- MALÁ, J.: Biotechnologické metody množení a šlechtění lesních dřevin. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 1998. 52 s.
- MALÁ, J.: Zpracování a aktualizace biotechnologických metod množení a šlechtění lesních dřevin. Výroční zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2001. 11 s., přílohy.
- PILATE, G., PAQUES, M., LEPLÉ, J.-C., PLOMION, C.: Outils et méthodes. Les biotechnologies chez les arbres forestiers. Revue forestiere francaise, 54, 2002, č. 2, s. 161-180.
- Zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnický významných druhů a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin). Sbírka zákonů Česká republika, 2003, č. 57, s. 3279-3294.



## Growth and development of wild cherry (*Prunus avium* /L./ L.) and pedunculate oak (*Quercus robur* L.) plantlets on the demonstration plots

### Summary

The biotechnological processes are important for preservation of biodiversity of endangered or valuable forest tree species. The bank with explants of threatened tree species serves for creation of synthetic populations, which represent a source material for forestry breeding and reforestation

This contribution is aimed at investigating the ontogenetic development of plantlets of wild cherry and pedunculate oak planted on the research plots. The obtained results can be taken as the base for using micropropagation technology for forest tree reproduction.

The primary cultures were established from apical meristem isolated from winter buds collected during spring. Advantage of this method is, among others, that donor trees are not damaged. Applied micropropagation technology of observed species is based on induction of organogenesis in primary explants that are consequently cultivated into complete plants. Rooting methodology was elaborated for clones established in explant banks. Investigations show that morphological features of plantlets depend on precise cultivation procedures.

After cultivation and acclimatization of in vitro plantlets in the forest tree nursery, the plantlets were placed onto the established research plots within various natural localities of Bohemia. Wild cherry is observed on the research plots Kluky, Polná, Trutnov and pedunculate oak on the research plots Kluky, Polná, Zbiroh. The growth and morphological parameters of plantlets are evaluated on these permanent research plots. For comparison of growth and morphological parameters, the seedlings of wild cherry tree were planted on research plots Kluky and Polná, while the pedunculate oak seedlings were growing on the research plots Kluky, Polná and Zbiroh. Growth of plantlets and seedlings was compared and evaluated by means of analysis of variance. Based on this analysis some differences occurred in height growth between plantlets and seedlings on 1% significance level. However, differences of morphological parameters between in vitro plantlets and seedlings were not observed.

The disquisition of morphological characteristics and state of health on the research plots Kluky and Polná was realized in 2003. Results of classification of both in vitro plantlets and seedlings were similar. Acquired data about the morphological and growth qualities of in vitro plantlets of wild cherry and pedunculate oak show the possibility to use the micropropagation methods for fast reproduction of selected clones of forest trees.

Recenzent: Prof. Ing. J. Kobliha, CSc.

## CHEMISMUS VODY DROBNÝCH VODNÍCH TOKŮ VE VODOHOSPODÁŘSKY VÝZNAMNÝCH LESNÍCH OBLASTECH ČR

### Water chemistry of small water streams economically important in forest areas of CR

#### Abstract

In 2000 – 2005, within the project on monitoring of the forest ecosystems in connection to the food chain, evaluation of water quality in small water sources with respect to chemical composition was done. Water samples of 447 localities in 37 forest regions in the whole Czech Republic were analysed.

**Klíčová slova:** lesní oblast, drobný vodní tok, monitoring, povodí, chemismus vody

**Key words:** forest areas, small water stream, monitoring, catchment, water chemistry

## ÚVOD

Voda má v lesním ekosystému své nezastupitelné místo. Koloběh vody je jedním z ekologických faktorů, který se zcela zásadním způsobem podílí na formování výsledných stanovištních a růstových podmínek pro lesní vegetaci. Vstup vody do lesního ekosystému závisí převážně na klimatických podmínkách – na množství a časovém rozložení srážek, jejich intenzitě, době trvání, výparu a podobně. Chemické složení srážek je do značné míry ovlivněno znečištěním ovzduší a je odrazem celkové depozice imisních látek. Fáze pohybu vody ve vegetačním pokryvu a zejména pak v půdním prostředí je ještě více závislá na lokálních faktorech. Pohyb vody v tomto prostředí je možno hodnotit buď kvantitativně, z hlediska celkových množství a směru proudění, nebo kvalitativně, z hlediska chemického složení. V tomto příspěvku se zaměříme na chemické složení vody, odtékající z lesních ekosystémů v podobě drobných vodních toků.

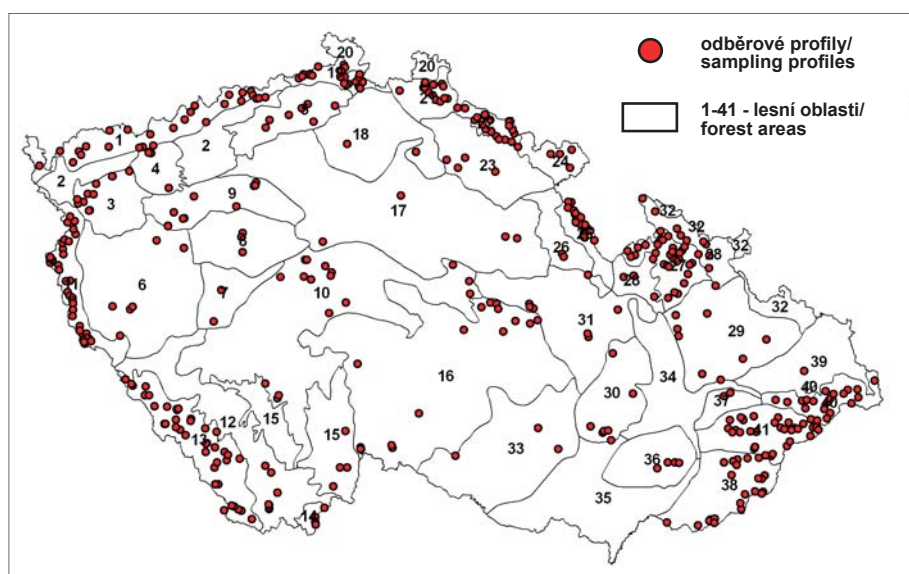
Sledování drobných vodních zdrojů v lesích je od roku 2000 zařazeno také do programu monitoringu lesních ekosystémů s vazbou na potravní řetězec, který garantuje Odbor bezpečnosti potravin Ministerstva zemědělství. V rámci tohoto programu jsou v lesním prostředí monitorovány i další složky, které jsou významné z hlediska kontaminace cizorodými látkami. Jako indikátory zatížení těžkými kovy, organochlorovými pesticidy, polycyklickými aromatickými uhlovodíky a polychlorovanými bifenoly jsou využívány jedlé houby, lesní plody a případně i některé druhy mechorostů.

Voda ze zalesněných povodí je důležitým zdrojem pro další využití v systému zásobení obyvatelstva pitnou vodou. Povodí většiny vodárenských nádrží tvoří lesní porosty, zanedbatelné nejsou ani drobné zdroje pro lokální využití. Voda je jednou z komodit, u níž jsou sledovány některé její ukazatele nejen při technologické úpravě a dodávce ke spotřebiteli, ale již přímo v prostředí, kde se tyto zdroje přirozeně vytvářejí. Udržení dobré jakosti

vody v přirozeném prostředí je také mnohonásobně ekonomicky efektivnější než její dodatečná úprava a čištění v technologickém procesu.

## METODIKA

Sledování vodních zdrojů v rámci programu monitoringu cizorodých látek je založeno na plošném pokrytí nejdůležitějších lesních oblastí (LO) České republiky (obr. 1). Od roku 2000 probíhalo základní orientační šetření, v jehož rámci byly v naprosté většině lesních oblastí vybrány reprezentativní profily a provedeny odběry vzorků s následnou analýzou chemického složení vody. V této fázi šlo o přibližně 5 lokalit v každé z hodnocených lesních oblastí. Lesní oblasti byly jako základ pro hodnocení vybrány záměrně proto, že toto geografické rozčlenění nejlépe vystihuje oblasti s obdobnými stanovištními, růstovými i dalšími ekologickými podmínkami.



Obr. 1.  
Přehled lesních oblastí a lokalizace odběrů  
Forest areas and sampling localization

Výběr konkrétních lokalit (odběrních profilů) byl zaměřen přednostně do povodí s maximálním podílem lesní půdy a s minimem bodových zdrojů kontaminace vody (komunální znečištění v okolí sídel). Převážnou část vybraných zdrojů tvořily drobné vodní toky a bystřiny, menší část prameny a jiné zdroje podpovrchové vody. Pod pojmem „vodní zdroj“ jsou v tomto šetření chápány zejména neupravené drobné vodní toky, bystřiny, prameny a pramenní vývěry a jen v ojedinělých případech k přímému odběru pitné vody upravené prameny a studny. Jednotlivé profily jsou charakterizovány v zeměpisných souřadnicích, které slouží následně i pro zpracování výsledků rozborů v systému GIS.

V následujícím období byla soustava profilů postupně dále zahušťována a na základě výsledků tohoto šetření dochází postupně k podrobnějšímu hodnocení jednotlivých vodohospodářsky a lesnický významných oblastí. V této fázi je rozšířen počet odběrů na cca 20 - 30 v rámci jedné lesní oblasti a cílem je postihnout širší spektrum konkrétních podmínek. To umožňuje mnohem lépe charakterizovat sumárně vlastnosti odtékající vody v jednotlivých oblastech a zejména regionální specifika a trendy. Celkem bylo koncem roku 2005 analyzováno již 447 profilů (obr. 1).

Pozornost byla věnována i časovému měřítku, resp. potřebné frekvenci odběrů. V rámci orientačního šetření byly vybrány profily, kde byly prováděny opakované odběry během roku v různých klimaticko-hydrologických podmínkách. Již na základě dlouhodobých výsledků předchozích výzkumů existoval předpoklad, že kolísání hodnot jednotlivých hlavních parametrů v průběhu roku bude pro daný účel nevýznamné. To potvrdilo i provedené vyhodnocení podrobných opakovaných rozborů a proto je i nadále preferováno hodnocení většího množství profilů v jednorázovém termínu před analýzami opakovaných odběrů. K těm se přistupuje pouze v odůvodněných případech při zjištění nadlimitních hodnot nebo z jiných důvodů.

Vzorky vody byly analyzovány v útvaru zkušebních laboratoří Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti Jiloviště–Strnady podle metodiky, užívané v rámci mezinárodního programu ICP Forests. Výjimku tvořila v roce 2000 rtuť, jejíž analýza byla provedena v laboratoři Slovákých vodáren a kanalizací, a. s., v Uherském Hradišti (podle TNN 71 74 40 a ČSN EN 1483). Na základě negativních výsledků z roku 2000 již nebyla v dalších letech rtuť analyzována.

Základem hodnocení byly v letech 2000 – 2001 vybrané ukazatele ČSN 757111 z hlediska chemického složení vody. Nebyly hodnoceny fyzikální, biologické a mikrobiologické ukazatele. V roce 2002 byl celý soubor výsledků přehodnocen podle ukazatelů vyhlášky MZd č. 376/2000 Sb. Do tohoto hodnocení byly zahrnuty i výsledky roku 2002. V roce 2003 bylo v souladu s metodikou odebráno a analyzováno 100 vzorků a v roce 2004 to byly 104 vzorky. V roce 2004 byla platná vyhláška nahrazena novou vyhláškou MZd č. 252/2004 Sb. Ta již ale nepřinesla výraznější změny u ukazatelů, sledovaných v rámci tohoto monitoringu. Přesto také v tomto případě došlo k dílčí úpravě a aktualizaci hodnocení celého dosavadního souboru a ten byl postupně dále rozšiřován - v roce 2005 o dalších 80 vzorků. Odběry byly zaměřeny převážně na podrobnější vyhodnocení vybraných lesních oblastí. Protože výsledky z předchozích let ukázaly, že termíny odběru nejsou z hlediska prováděného hodnocení významné, naopak je mnohem důležitější plošné pokrytí příslušných oblastí, jsou i nadále hodnoceny výsledky v celém souboru. Z tohoto důvodu také i vyhodnocení za rok 2005 shrnuje zároveň celý dosavadní soubor 447 lokalit.

Ukazatele, dané vyhláškami MZd č. 376/2000 Sb. a následnou č. 252/2004 Sb., zpřísnily hodnocení oproti dříve použité ČSN 757111 zejména u reakce vody (pH), kde to mělo přímý dopad na výsledky hodnocení. Dále pak k určitým změnám ukazatelů došlo i u manganu, mědi a železa, zde však s výjimkou železa leží zjišťované koncentrace hluboko pod mezními hodnotami. Specifickou otázkou je vápník a hořčík, kde nová legislativa reagovala na skutečný zdravotně-hygienický význam těchto prvků a stanovila pro ně naopak spodní minimální hranice koncentrací (mezní hodnotu) a doporučenou hodnotu.

Cílem probíhajícího monitoringu je postupně analyzovat stav jednotlivých významných lesních oblastí. A to nejen jako informaci o stavu přirozených vodních zdrojů, ale i jako odraz antropogenního ovlivnění lesního prostředí.

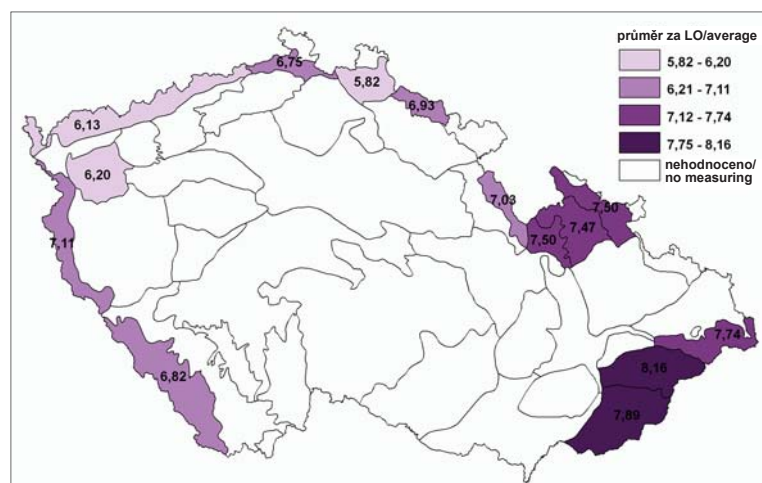
## VÝSLEDKY A DISKUSE

Předložené vyhodnocení se vztahuje k celému souboru výsledků z let 2000 – 2005 a hodnocení je provedeno podle ukazatelů vyhlášky MZd č. 252/2004 Sb.

Postupným zahušťováním sítě profilů došlo k podrobnějšímu pokrytí většího počtu lesních oblastí. Proto je možno, vedle obecných výsledků platných pro celé území ČR, vylíčit i některé specifické rysy jednotlivých vodohospodářsky významných lesních oblastí.

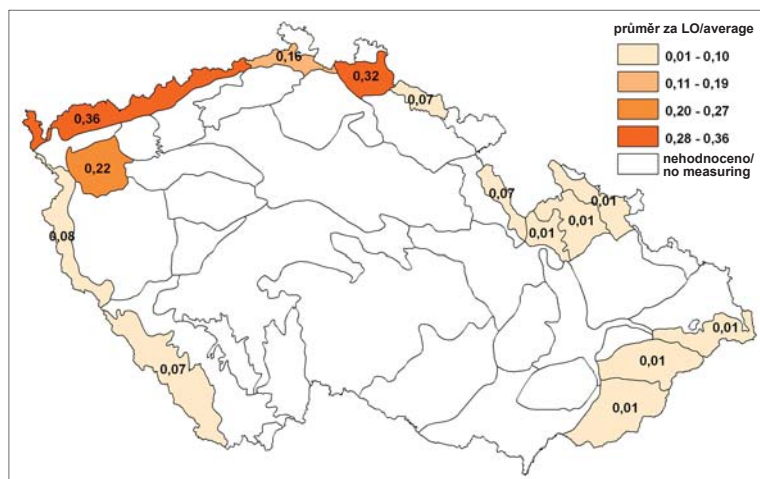
Průměrné hodnoty některých významných ukazatelů jsou znázorněny v obrázcích - mapkách. Plošně vyjádřené průměrné hodnoty jsou v mapách znázorněny pouze u podrobněji hodnocených lesních oblastí s větším počtem odběrních lokalit.

U všech vzorků byla měřena reakce – hodnota pH (obr. 2). Průměrná hodnota pH vody byla 7,16; 82,3 % vzorků leželo v rozpětí poměrně vysokých normovaných hodnot pH 6,5 – 9,5, naopak u 17,7 % vzorků bylo zjištěno pH nižší než 6,5 (minimální hodnota pH 3,83) Jako závažný je nutno hodnotit výskyt nízkých hodnot pH, často nižších než 5,0 které v mnoha případech navíc korespondují s vysokým obsahem hliníku. Z dosavadních výzkumů lesního prostředí vyplývá, že hliník je

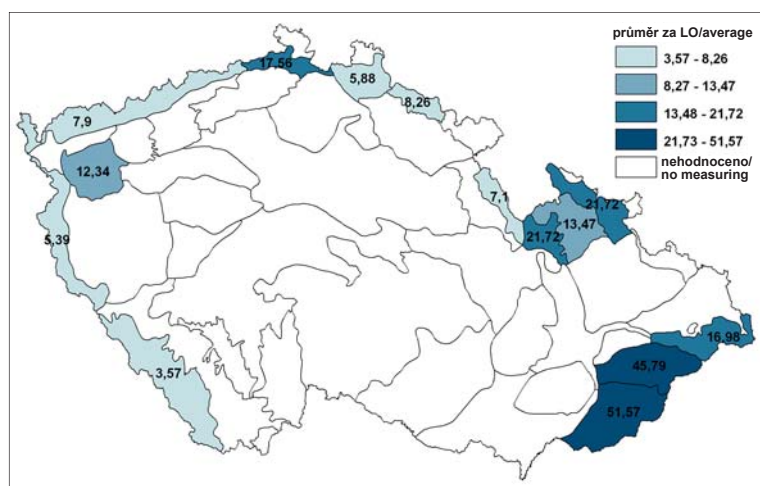


**Obr. 2.**  
Průměrné hodnoty pH vody vybraných lesních oblastí  
Average values of water pH in chosen forest areas





**Obr. 3.**  
Průměrné koncentrace Al ve vodě (mg.l<sup>-1</sup>)  
Average Al concentrations in water (mg.l<sup>-1</sup>)



**Obr. 4.**  
Průměrné koncentrace Ca ve vodě (mg.l<sup>-1</sup>)  
Average Ca concentrations in water (mg.l<sup>-1</sup>)

uvolňován z půdního prostředí právě v důsledku oxyseleni a narušení pevných chemických vazeb. Z pohledu kyselosti byla nejkritičtější LO 21 - Jizerské hory (94,1 % vzorků s pH nižším než 6,5), kde byla zároveň vypočtena jedna z nejnižších průměrných hodnot pH - 5,82. Dále to byla LO 1 - Krušné hory (60,9 % vzorků s pH nižším než 6,5) - průměrná hodnota pH 6,13. Rovněž v LO 15 - Jihočeské pánve je vysoký podíl velmi kyselých zdrojů (průměr pH 5,60), zde však jde především o vliv přirozeně kyselých slatinných a zrašelinělých půd zkoumaných povodí.

U většiny vzorků, u nichž je pH nižší než 6,5, byla zároveň překročena mezní hodnota pro hliník ( $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Průměrná hodnota koncentrací Al byla  $0,11 \text{ mg.l}^{-1}$  (obr. 3). Celkem byla mezní hodnota Al překročena u 13,2 % vzorků. Výrazné to bylo zejména u LO 15 - Jihočeské pánve (100 % vzorků – zde je to ale především dáno výše uvedeným výběrem profilů), LO 21 - Jizerské hory (70,6 %), LO 1 - Krušné hory (56,5 %), LO 16 - Českomoravská vrchovina (57,1 %), LO 22 - Krkonoše (15 %).

Z dalších prvků bylo také zjištěno překročení normovaných ukazatelů u železa (13,6 %) a manganu. U těchto dvou prvků ale zvýšené hodnoty nejsou výraznějším problémem, neboť i ve vyhlášce je uvedeno, že u surové vody koncentrace do 0,5 mg.l<sup>-1</sup> u Fe a 0,2 mg.l<sup>-1</sup> u Mn, způsobené geologickým prostředím, jsou považovány za vyhovující. To již splní naprostá většina vzorků. Průměrná hodnota koncentrací Fe je 0,11 mg.l<sup>-1</sup> a Mn 0,02 mg.l<sup>-1</sup>. Lokálně zvýšené koncentrace železa mohou mít také souvislost s vyššími obsahy organických (humusových) látek ve vodách, zejména v rašelinných půdách.

Hodnoty sodíku a mědi nepřekročily mezní hodnoty v žádném případě. Vždy v jednom případě byla překročena vyhláškou stanovená mezní hodnota u fluoridů, chloridů a síranů. Koncentrace rtuti byla zjišťována na omezeném souboru 44 lokalit v roce 2000. Ve všech případech byly výsledky negativní – koncentrace pod mezí detekce použité metody stanovení, tedy menší než 0,05 mg.l<sup>-1</sup>. Proto bylo od roku 2001 od tohoto sledování upuštěno. Přesto jde o významný údaj, neboť u analyzovaných vzorků hub bylo naproti tomu překročení obsahu rtuti zaznamenáno v řadě případů.

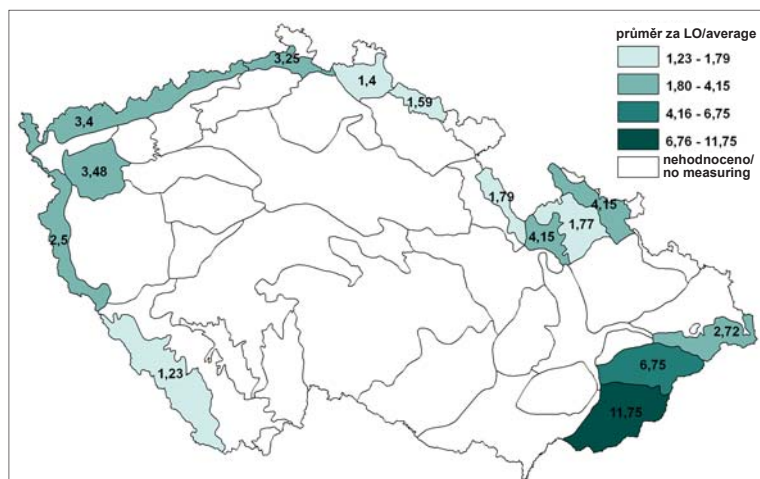
Koncentrace dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) byly v odebraných vzorcích velmi nízké (průměr  $4,84 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Mezní hodnota  $50 \text{ mg.l}^{-1}$  pro pitnou vodu nebyla překročena v žádném případě (obr. 6). Hodnoty amoniakálního dusíku ( $\text{NH}_4^+$ ) byly rovněž nízké a překročení mezní hodnoty  $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$  nebylo zaznamenáno.

Rovněž velmi nízké byly obsahy fosforu (průměr 0,03 mg.l<sup>-1</sup>), pro který není stanovena mezní hodnota, mírně zvýšené koncentrace oproti požadovým hodnotám byly zaznamenány pouze v lokalitách, kde je pravděpodobné určité okrajové ovlivnění splachem ze zemědělských půd.

Specifickými prvky jsou z hlediska prováděného hodnocení vápník a hořčík. U Mg uvádí vyhláška minimální mezní hodnotu 10 mg.l<sup>-1</sup> a doporučenou hodnotu 30 mg.l<sup>-1</sup>, u Ca pak minimální mezní hodnotu 30 mg.l<sup>-1</sup> a doporučenou hodnotu 40 - 80 mg.l<sup>-1</sup>. Zjištěné hodnoty u Mg jsou velmi nízké (obr. 5). Průměrná hodnota skutečně zjištěných koncentrací Mg je pouze 4,98 mg.l<sup>-1</sup>, nedosahuje tedy ani poloviny minimální mezní hodnoty. Celkem dokonce 85,5 % vzorků má koncentraci Mg menší než minimálních 10 mg.l<sup>-1</sup>. Nejnižší průměrné koncentrace vykazují LO 13 - Šumava (průměr 1,23 mg.l) a LO 14 - Novohradské hory (průměr 1,24 mg.l<sup>-1</sup>), velmi nízké jsou i průměrné koncentrace v LO 21 - Jizerské hory (průměr 1,39 mg.l<sup>-1</sup>), 22 - Krkonoše (průměr 1,59 mg.l<sup>-1</sup>), 27 - Hrubý Jeseník (průměr 1,77 mg.l<sup>-1</sup>), Orlické hory (průměr 1,79 mg.l<sup>-1</sup>), 11 - Český les (průměr 2,50 mg.l<sup>-1</sup>) a další. Poněkud vyšší a tím příznivější obsahy jsou naopak v lesních oblastech na jihovýchodě Moravy (Bílé Karpaty a Vizovické vrchy, Středomoravské Karpaty), v Moravském krasu a také v oblastech s bohatším minerálním podložím ve vnitrozemí Čech (České středohoří, Křivoklátsko a Český kras).

Hodnoty vápníku nedosahující minimální mezní hodnoty 30 mg.l<sup>-1</sup> byly zjištěny v 76,1 % vzorků, převážně opět v lesních oblastech pohraničních pohoří Čech. Oblast jihovýchodní Moravy byla nejprů-





**Obr. 5.**  
Průměrné koncentrace Mg ve vodě (mg.l<sup>-1</sup>)  
Average Mg concentrations in water (mg.l<sup>-1</sup>)

znivější (obr. 4). I zde jde, stejně jako u hořčíku, největší měrou o vliv složení minerálního podloží a půd. Průměrná hodnota je 23,21 mg.l<sup>-1</sup>, obdobně jako u hořčíku nedosahuje ani minimální mezní hodnoty.

Podrobné šetření (v rozsahu cca 20 - 30 lokalit v rámci jedné LO) bylo provedeno v letech 2002 - 2003 v LO 1 - Krušné hory, 21 - Jizerské hory a Ještěd, 22 - Krkonoše, 13 - Šumava a 25 - Orlické hory, v roce 2004 pak v LO 11 - Český les, 19 - Lužická pískovcová vrchovina, 27 - Hrubý Jeseník, 28 - Předhoří Hrubého Jeseníku, 38 - Bílé Karpaty a Vizovické vrchy, 40 - Moravskoslezské Beskydy, 41 - Hostýnsko-vsetínské vrchy a Javorníky. To potvrdilo trendy, zjištěné orientačním šetřením v předchozích letech na menším počtu vzorků. Jako první byly zpracovány tradiční tzv. imisní oblasti, zejména Krušné hory a Jizerské hory. Postupně jsou dále zpracovávány lesnický a vodohospodářsky významné lesní oblasti po celé ČR, přednostně horské oblasti s vysokým podílem lesů.

U LO 1 - Krušné hory byly hlavním problémem nízké hodnoty pH (60,9 % vzorků s pH nižším než 6,5 a průměrná hodnota pH 6,13), vyšší obsah Al (překročení mezní hodnoty u 56,5 % vzorků a průměrná hodnota 0,36 mg.l<sup>-1</sup>) a současně také velmi nízký obsah Ca (průměr 7,90 mg.l<sup>-1</sup>) a Mg (průměr 3,40 mg.l<sup>-1</sup> a 95,7 % vzorků pod minimálními mezními hodnotami). Geologické podloží má vliv i na relativně vyšší koncentrace manganu (koncentrace vyšší než 0,05 mg.l<sup>-1</sup> u 65,2 % vzorků). U železa (koncentrace vyšší než 0,2 mg.l<sup>-1</sup> u 34,8 % vzorků) jde navíc i o vliv humusových látek, které urychlují jeho pohyb.

V LO 21 - Jizerské hory je situace po stránce kyselosti vody a nízkého obsahu vápníku a hořčíku ještě nepříznivější. Zde dokonce 94,1 % vzorků má pH nižší než 6,5 (průměrná hodnota pH 5,82) a u Ca a Mg nedosahuje minimálních mezních hodnot celých 100 % vzorků. Také překročení mezních hodnot Al bylo zaznamenáno u 70,6 % vzorků. Vysvětlení této situace je třeba hledat v pokračující atmosférické depozici v této oblasti, kde se doposud projevují vlivy dálkového přenosu kyselých depozic (zřejmě převážně ze zahraničních zdrojů). Přirozená pufrací schopnost půdního prostředí je zde velmi nízká, vyskytuje se vysoký podíl přirozeně kyselých rašelinných a zrašelinělých půd a jde i o vliv kyselého horninového podloží (žuly).

V LO 22 - Krkonoše bylo průměrné pH poněkud vyšší (6,93) a podíl vzorků s pH nižším než 6,5 byl 30 %. Naopak velmi nízké byly zjištěné koncentrace Mg (průměr 1,59 mg.l<sup>-1</sup>) a celých 100 % vzorků nedosahovalo minimální mezní hodnoty. U Ca pak byl podíl nedosažení mezní hodnoty 95 %. Překročení mezních hodnot u Al bylo zaznamenáno u 15 % vzorků (průměr 0,32 mg.l<sup>-1</sup>).

LO 25 - Orlické hory je charakteristická také zejména nízkými koncentracemi Mg (průměr 1,79 mg.l<sup>-1</sup>) a Ca (průměr 7,1 mg.l<sup>-1</sup>), naopak hodnoty pH jsou poměrně příznivé (průměr 7,03) a jen 9,5 % vzorků s pH nižším než 6,5. Také překročení koncentrací Al bylo zaznamenáno pouze u 4,8 % vzorků. Vzhledem k tomu, že jde v současné době v rámci ČR o jednu z oblastí, kde dochází k relativně nejrychlejšímu nárůstu poškození lesa, bude vhodné tuto oblast i nadále monitorovat.

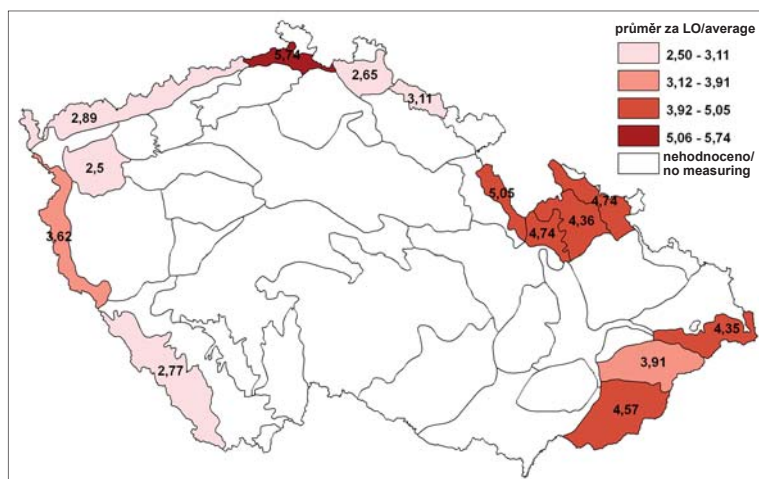
Velmi zajímavé jsou výsledky z LO 13 - Šumava. Tam byl zaznamenán prakticky nejnižší obsah Mg a Ca ve vodách ze všech sledovaných oblastí

(u Mg spolu s Novohradskými horami). U obou prvků celých 100 % vzorků nedosahovalo minimálních mezních hodnot a průměrné koncentrace byly pouhých 1,23 mg.l<sup>-1</sup> u Mg a 3,57 mg.l<sup>-1</sup> u Ca. Relativně příznivější bylo pH (průměr 6,82) a jen 5 vzorků (12,5 %) mělo pH nižší než 6,5. Koncentrace Al přesáhla mezní hodnotu jen u 5,0 % vzorků. Přesto je z vyhodnocení patrné, že půdy v této lesní oblasti mají malou pufrací kapacitu a velmi snadno by v případě vyšší antropogenní zátěže mohlo dojít k výraznému narušení ekologické stability lesních porostů se všemi negativními důsledky.

V LO 11 - Český les je výrazná zejména nízká průměrná koncentrace Ca 5,38 mg.l<sup>-1</sup>, což je po Šumavě druhý nejnižší průměr ze všech lesních oblastí. Také zde celých 100 % vzorků nedosahovalo minimálních mezních hodnot. Obsah Mg je zde také nízký (průměr 2,50 mg.l<sup>-1</sup>) a také 100 % vzorků nedosahovalo minimálních mezních hodnot. Příznivější jsou zde ale hodnoty pH s průměrem 7,1 a také koncentrace Al byla překročena pouze u 5,4 % vzorků.

LO 19 - Lužická pískovcová vrchovina neměla výrazně extrémní hodnoty v žádném z hodnocených ukazatelů, nicméně i zde je patrný zejména nízký obsah Mg (průměr 3,24 mg.l<sup>-1</sup> a nedodržení minimálních mezních hodnot v 94,7 % vzorků) a také relativně vyšší koncentrace Al (průměr 0,16 mg.l<sup>-1</sup>, překročení mezní hodnoty v 15,8 % vzorků). Průměrné pH je zde 6,75. V této oblasti byly zjištěny i relativně vyšší koncentrace Mn u některých vzorků (koncentrace nad 0,2 u 31,6 % vzorků). Stejně jako u LO Krušné hory je to dáno geologicky a nepředstavuje to problém z hlediska antropogenního zatížení prostředí.

LO 27 - Hrubý Jeseník má relativně příznivé hodnoty ve většině ukazatelů. Ale i zde je možno zaznamenat velmi nízkou průměrnou koncentraci Mg (pouze 1,77 mg.l<sup>-1</sup>) a nedodržení minimální mezní hodnoty ve 100 % vzorků, stejně tak i nízké hodnoty Ca (průměr 13,47 mg.l<sup>-1</sup>), které jsou ale téměř dvojnásobné oproti srovnatelným horským oblastem v českých zemích (Krkonoše, Šumava, Jizerské hory). Naproti tomu hodnoty ostatních ukazatelů, které jsou v těchto srovnávaných oblastech kritické (pH - průměr 7,47, Al - průměr 0,01 mg.l<sup>-1</sup>), jsou v LO Hrubý Jeseník velmi příznivé.



**Obr. 6.**  
Průměrné koncentrace  $\text{NO}_3$  ve vodě ( $\text{mg.l}^{-1}$ )  
Average  $\text{NO}_3$  concentrations in water ( $\text{mg.l}^{-1}$ )

Obdobný charakter má i LO 28 - Předhoří Hrubého Jeseníku. Zde ale dosahují příznivějších vyšších hodnot i koncentrace Mg (průměr  $4,15 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a zejména Ca (průměr  $21,7 \text{ mg.l}^{-1}$ ), což je dáno hlavně geologickým podložím (vápence) v oblasti Rychlebských hor. Průměrná hodnota pH je zde 7,50. Zaznamenané překročení mezní hodnoty u síranů v jednom případě je pozůstatkem důlní činnosti v oblasti Zlatých Hor a není z širšího hlediska významné.

Z lesních oblastí na východě Moravy má nejpříznivější hodnoty sledovaných ukazatelů LO 38 – Bílé Karpaty a Vizovické vrchy. Ty jsou důsledkem minerálně bohatšího horninového podloží. Průměrná hodnota pH je 7,89. Koncentrace Ca jsou příznivé – průměrná hodnota  $51,57 \text{ mg.l}^{-1}$  (nedodržení minimální mezní hodnoty jen u 30,4 % vzorků), stejně tak i u Mg – průměr  $11,75 \text{ mg.l}^{-1}$  (což je nejvíce z dosud podrobně hodnocených lesních oblastí) a nedodržení minimální mezní hodnoty u 39,1 % vzorků.

Obdobná situace je i u LO 41 – Hostýnsko-vsetínské vrchy a Javorníky. Zde jsou ještě příznivější hodnoty u pH (průměr dokonce 8,16 jako nejvyšší z dosud podrobně hodnocených LO) a u Ca (průměr  $45,8 \text{ mg.l}^{-1}$  a nedodržení minimální mezní hodnoty u pouhých 18,8 % vzorků). U Mg je naopak průměr poněkud nižší ( $6,75 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a nedodržení minimální mezní hodnoty 10  $\text{mg.l}^{-1}$  bylo zaznamenáno u 84,4 % vzorků.

LO 40 – Moravskoslezské Beskydy se odlišuje od dvou předchozích oblastí jak stanovištními podmínkami (vyšší nadmořská výška pohoří), tak i geologicky. To podmiňuje i relativně nižší průměrnou hodnotu pH (7,74), která je však stále nad průměrem ostatních horských lesních oblastí ve vyšších vegetačních stupních. Také průměrná hodnota koncentrací Ca je nižší ( $16,98 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a minimální mezní hodnota není dosažena u celých 100 % vzorků. Stále ale zůstávají příznivě nízké koncentrace Al (průměr  $0,007 \text{ mg.l}^{-1}$ ) a ostatních prvků.

## ZÁVĚR

Výsledky sledování chemismu vody ukazují, že v zalesněných povodích je voda v drobných vodních tocích velmi málo kontaminovaná látkami antropogenního původu. Po stránce chemického složení dokonce ve většině případů splňuje přísná kritéria, daná vyhláškami pro pitnou vodu. Pokud je v části případů zaznamenáno nedodržení některých ukazatelů, jde zejména o nízké obsahy vápníku a hořčíku. Ty jsou podmíněny nízkým obsahem těchto prvků v horninovém podloží i půdním substrátu. Negativní antropogenní působení se projevuje hlavně prohlubováním kyselosti vody – snižováním hodnot pH. Ty jsou ve většině lesních oblastí přirozeně nízké a jejich další snižování je důsledkem kyselých spadů. S tím souvisí i lokálně zvýšené koncentrace hliníku, uvolňovaného z půdních vazeb v důsledku okyselení.

Přes výše uvedené trendy lze konstatovat, že z hlediska jakosti vody v krajině jsou lesní porosty tím nejvhodnějším a nejpříznivějším působícím typem vegetačního pokryvu.

Široké spektrum naznačených ekologických a dalších mezioborových souvislostí je nutno brát v úvahu i při plánování, projektování a realizaci jakýchkoli zásahů do vodních toků, a to nejen na vlastních tocích, bystřinách a vodních nádržích, ale i v širším krajiněm prostoru, zejména v pramenných oblastech.

### Poznámka:

Příspěvek byl zpracován s využitím výsledků, získaných v rámci výzkumného záměru MZE č. 0002070201 „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnicích se podmínkách prostředí“ a výzkumného projektu NAZV č. QF3013 „Vývoj hydrického působení lesů malých horských povodí“, řešených ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

## LITERATURA

- ANDREAE, H.: Ecological Impacts of Some Heavy Metals related to Long-range Atmospheric Transport. Materiál UN/ECE ICP Forests, Sächsische Landesanstalt für Forsten 1996.
- BĚLSKÝ, J., BÍBA, M., VANČURA, K.: National report on the Management of Mountain Watersheds - Czech Republic. Environmental Documentation No. 165, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Berne, 2003, s. 139-147
- BÍBA, M.: Dlouhodobý lesnicko-hydrologický výzkum v lesních povodích. In: Sborník Lesy a povodně. Praha, Česká lesnická společnost 2003, s. 9-16. ISBN 80-02-01564-9
- BÍBA, M.: Poznatky z monitoringu jakosti drobných vodních zdrojů v zalesněných povodích. Zprávy lesnického výzkumu, 50, 2005, č. 1, s. 49-52
- BÍBA, M., JAŘABÁČ, M., VÍCHA, Z.: Poznatky z padesátiletého lesnicko-hydrologického výzkumu v Beskydských experimentálních povodích. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006, č. 1, s. 44-56.
- BÍBA, M., VÍCHA, Z., OCEÁNSKÁ, Z., JAŘABÁČ, M.: Zalesněná povodí a jejich vliv na vodní režim krajiny. In: Sborník příspěvků z mezinárodní konference „Krajinné inženýrství 2005 - Voda v krajině 21. století“, Česká společnost krajinných inženýrů, Pardubice 8. - 9. 12. 2005, s. 230-236, ISBN 80-903258-4-X
- BÖHM, S. et al.: Hodnocení stavu životního prostředí. Monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích v roce 1995. Praha, VŠCHT 1996. 171 s.
- DE VRIES, W., REINDS, G. J., DEELSTRA, H. D., KLAAP, J. M., VEL, E. M.: Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe. Technical report. EC-UN/ECE. Brussels, Geneva, 1998. 193 s.
- LOCHMAN, V., BÍBA, M., FADRHOŇSOVÁ, V.: Air pollution load of forest stands in Vojvířov and the impact on soil and run-off water chemistry. Journal of Forest Science, 48, 2002, č. 7, s. 292-309
- UHLÍŘOVÁ, H., FADRHOŇSOVÁ, V., BÍBA, M., LOCHMAN, V.: Depozice a pohyb vybraných látek v lesních ekosystémech s vazbou na potravní řetězec. Chemické listy, 96, 2002, s. 598-606
- UN-ECE, 1998. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. 4th edition. Hamburg, Germany.
- VANMECHELEN, L., GROENEMANS, R., VAN RANST, E.: Forest Soil Condition in Europe, Forest Soil Co-ordinate Centre, EC - UN/ECE. Brussels, Geneva, 1997. 261 s.

## Water chemistry of small water streams economically important in forest areas of CR

### Summary

Acidity of water was one of the parameters. The average pH value was 7.16. In total 82.3 % samples were within the standard values of pH 6.5 – 9.5, in 17.7 % samples values of pH were lower than 6.5 (minimum pH value 3.83). Low pH values, in many cases corresponding to high aluminium content are of importance. Aluminium is released from the soil due to acidification and disturbance of chemical bonds. Forest region LO 21 - Jizerské hory (94.1 % samples with pH under 6.5 and average pH value only 5.82) was the most critical with respect to acidity.

In most of the samples with pH under 6.5 also the threshold value for Al was exceeded (0.2 mg.l<sup>-1</sup>). In total the critical Al value was exceeded in 13.2 % samples.

Of the other element, in much lower extent, overexceeding of the standard parameters was measured for Fe (13.6 %). Values of Na and Cu did not exceed the standards given by the Regulation no. 252/2004 in any case, in fluorides, chlorides and sulphates always in one case only.

Concentrations of nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) were comparatively low in the samples taken (the average 4.84 mg.l<sup>-1</sup>). Thresholds value of 50 mg.l<sup>-1</sup> for drinking water was not exceeded in any case. Values of NH<sub>4</sub><sup>+</sup> were also low, critical value of 0.5 mg.l<sup>-1</sup> was not recorded.

The values measured for Mg are very low. The average value of the concentrations measured was only 4.98 mg.l<sup>-1</sup>, i. e. less than a half of minimum thresholds value of 10 mg.l<sup>-1</sup>. In total even 85.5 % of the samples had the Mg concentration under 10 mg.l<sup>-1</sup>.

Values of Ca under the minimum threshold value of 30 mg.l<sup>-1</sup> were measured in 76.1 % samples, mostly again in the border mountains of CR. The region of SE Moravia was the most favourable. Also here, same as for Mg, composition of mineral bedrock and soils was the most important factor. The average value was 23.21 mg.l<sup>-1</sup>, same as for Mg, it was lower than the minimum threshold values.

Recenzent: doc. Ing. V. Švihla, CSc.

Vít Šrámek<sup>1</sup> - Radek Novotný<sup>1</sup> - Hana Uhlířová<sup>1</sup> - Emilie Bednářová<sup>2</sup> - Iva Hůnová<sup>3</sup>, <sup>1</sup>Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady <sup>2</sup>Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno, <sup>3</sup>Český hydrometeorologický ústav

## VLIV OZONU NA LESNÍ POROSTY - MECHANISMUS PŮSOBNÍ, VLIV NA DŘEVINY, UKAZATELE POŠKOZENÍ

### Ozone impact on forest stands – mechanism, effect on trees, damage markers

#### Abstract

Forests in Central Europe were, and, in certain level, they still are, negatively influenced by air pollution. As the impact of sulphur dioxide decreased significantly, besides acid deposition affecting gradual degradation of the forest soils, mainly ozone could be the most important factor, exceeding regularly the limits in most of the Czech Republic. The ozone impact on forest stands is rather complicated for many different reasons. This gas is not directly produced – it means the production cannot be easily decreased. In the plant cells no residua of the ozone influence can be revealed - so its impact can be hardly distinguished from the natural oxidation stressors. Its impact on the plants depends on the stomata behaviour - high O<sub>3</sub> concentrations in the atmosphere do not necessarily mean high level of damage. Other stressors can either increase or minimise the ozone effects. Mainly for the above mentioned reasons, the risk of increased O<sub>3</sub> concentrations for the forest stands still cannot be specified. The article reviews today knowledge of the ozone impact on forest stands, ways of investigation and proving of the changes, and of the possible effect on tree health and timber production. The aim is, besides references survey, to inform on the criteria, including visual assessment of the ozone effect, biochemical and structural markers, which can be used in the monitoring of the ozone impact on forest in Central Europe.

**Klíčová slova:** znečištění ovzduší, ozon, vliv na dřeviny, vizuální symptomy, ukazatele poškození

**Key words:** air pollution, ozone, impact on tree species, visual symptoms, damage markers

## ÚVOD

Lesy ve střední Evropě byly a v určité míře dosud jsou negativně ovlivňovány znečištěním ovzduší. Tento fenomén byl nejvýraznější v 70. a 80. letech 20. století, kdy v nejsilněji poškozených oblastech docházelo k výraznému poškození a odumírání lesních porostů vlivem přímého působení oxidu siřičitého. V průběhu 90. let se díky odsiřování emise SO<sub>2</sub> do atmosféry výrazně snižovaly a v současné době pro vegetaci v České republice nepředstavují přímé, plošně významné ohrožení. Další plynnou škodlivinou s potenciálním dopadem na zdravotní stav lesů jsou oxidy dusíku. I u nich jsou ovšem limitní hodnoty pro působení na ekosystémy (zatím) překračovány pouze na asi jednom procentu území ČR. Je tomu tak převážně v průmyslových aglomeracích a v blízkosti liniových zdrojů, kterými jsou dálnice a frekventované silnice první třídy. Vedle kyselých depozic, které stále přispívají k postupné degradaci lesních půd, může být velmi významným imisním faktorem, působícím přímé škody na lesích, ozon, jehož limity jsou pravidelně překračovány na významné části našeho území.

Lze tvrdit, že oproti „klasickým“ plynným škodlivinám je problematika ozonu plná paradoxů. Tento plyn není přímo produkován člověkem – nelze tedy jednoduše redukovat jeho produkci. Negativním jevem je jak úbytek ozonu v ozonoféře, tak jeho nárůst v přízemní troposféře. Působení v rostlinných buňkách nezanechává rezidua, podle kterých by bylo možné odlišit jeho vliv od přirozených oxidačních stresů. Vysoké koncentrace O<sub>3</sub> v atmosféře nemusí nutně znamenat vysokou míru poškození. Jiné typy stresů mohou vliv ozonu jak umocňovat, tak minimalizovat. Právě z těchto a dalších důvodů není dosud možné jednoznačně stanovit rizika, která zvýšené koncentrace O<sub>3</sub> pro lesy představují, a to i přes obrovský objem prací, které věda v posledních třiceti letech tomuto problému věnovala.

Cílem této práce je rešeršním způsobem shrnout současný stav znalostí o vlivu ozonu na lesní porosty, o možnosti pozorování a prokázání těchto změn a o předpokládaných efektech na zdravotní stav a produkci dřevin.

## OZON V ATMOSFÉŘE

Ozon je složen ze tří atomů kyslíku. Jeho molekula je nestabilní a má velmi silné oxidační účinky. Ve zvýšených koncentracích je ozon toxický. Většina atmosférického ozonu (cca 90 %) se nachází ve stratosféře, 12 - 50 km nad zemským povrchem, přičemž koncentrovaný je zejména ve výškách 20 - 30 km (ozonoféra). V této vrstvě hraje ozon důležitou roli při pohlcování ultrafialového záření pronikajícího na zemský povrch a jeho úbytek je negativním jevem. Zbytek ozonu se nachází v přízemní vrstvě atmosféry - troposféře, kde jeho zvýšené koncentrace mohou nepříznivě působit na živé organismy i na materiály.

Přízemní ozon je v evropském měřítku v současné době považován za nejvýznamnější plynnou škodlivinu ovlivňující zdravotní stav lesů (ASHMORE 2003, 2005, MATYSSEK, INNES 1999). Jeho koncentrace za posledních 100 let několikanásobně vzrostly (KRAPPEN BAUER, HOLTERMAN 1993). V předindustriální době se koncentrace přízemního ozonu pohybovaly v rozsahu 20 - 30 µg.m<sup>-3</sup>, dnes jsou dvakrát až třikrát vyšší a trend nárůstu pokračuje (PRIWITZER, ČABOUN, PAVLEDOVÁ 2004). Předpokládá se, že v roce 2100 bude negativnímu vlivu ozonu vystaveno 49 % lesních ekosystémů na Zemi (PERCY, FERRETTI 2004).

Přízemní ozon je tzv. sekundární znečišťující látkou. Nemá tedy, na rozdíl od jiných typů škodlivin, jako je oxid siřičitý či oxidy dusíku, vlastní významný emisní zdroj v ovzduší, ale vzniká fotochemickými reakcemi v atmosféře za spolupůsobení ultrafialového záření. Jeho prekursory jsou oxidy dusíku NO<sub>x</sub> a těkavé organické látky VOC (Volatile Organic Compounds) pocházející z antropogenních i přiro-





Obr. 1.

Poškození listů buku (*Fagus sylvatica*) účinky přízemního ozonu. Typické pro buk je hnědnutí a „bronzování“ listů, dobře viditelný je „stínový efekt“, kdy zakryté části listů jsou poškozeny méně nebo nejsou poškozeny vůbec. Někdy může být toto poškození vyvoláno spolupůsobením ozonu a přímého intenzivního slunečního záření, hnědé skvrny (dobře patrné hlavně na rubové straně listů), navíc některé zasahující i listovou žilnatinu, nejsou způsobeny ozonem.

Damage of the beech leaves (*Fagus sylvatica*) by ground ozone. Brown and bronze colour is typical for beech, “shadow effect” is clearly visible, when the shaded parts of the leaves are less affected or not damaged. Sometimes the injury can be caused by cumulated effect of ozone and intensive sun radiation, brown spots (visible on the reverse side of the leaves) and partly affecting also the leaf venation are not caused by ozone.

zených zdrojů. Na reakcích se podílí celá řada dalších složek v atmosféře, klíčovou roli hraje volný radikál OH<sup>-</sup>. Ozon je základní složkou tzv. fotochemického smogu (COLBECK, MACKENZIE 1994, SEINFELD 1996, WARNECK 1988).

Koncentrace přízemního ozonu vykazují významnou časovou a prostorovou variabilitu. Ta závisí na mnoha faktorech: zeměpisné poloze, nadmořské výšce, ročním období, synoptické situaci. Za ideální podmínky pro fotochemický vznik ozonu se všeobecně pokládá vysoká teplota, vysoká intenzita solární radiace, nízká rychlost větru, nízká relativní vlhkost a absence atmosférických srážek (FINLAYSON-PITTS, PITTS 2000).

Ozon je typicky letní škodlivinou s maximálními koncentracemi dosahovanými v období od dubna do září. Posledních asi dvacet let je zřejmé, že roční cyklus ozonu ve středních zeměpisných šířkách vykazuje dva základní typy sezonního chování. Jde o výskyt jarních maxim, která jsou typická pro oblasti vzdálené od zdrojů emisí, a letních maxim charakteristických pro obydlené a průmyslové oblasti, která jsou důsledkem lokální fotochemické produkce způsobené dostatkem prekurzorů ozonu (MONKS 2000, VINGARZAN 2004). Meziroční změny koncentrací ozonu způsobené meteorologickými podmínkami jsou v současné době mnohem větší než změny způsobené koncentracemi jeho prekurzorů (GARDNER, DORLING 2000).

Denní chod ozonu je charakteristický minimálními hodnotami před východem slunce a zvyšujícími se koncentracemi v průběhu dne. Špičkové hodnoty O<sub>3</sub> jsou dosahovány v odpoledních

hodinách. Ve městech je výrazný denní chod koncentrace ozonu, protože se zde vyskytuje i dostatek sloučenin, které ozon odbourávají (SUNDBERG et al. 2006). V lokalitách vzdálených od zdrojů znečištění a ve vyšších polohách není denní chod tak výrazný, zato se zde vyskytují zvýšené koncentrace delší dobu.

Protože se v působení ozonu na vegetaci předpokládá kumulativní efekt, je jeho vliv často hodnocen různými expozičními indexy, které kombinují koncentraci a dobu působení. V Evropě je v současné době nejpoužívanější index AOT40, který představuje sumu rozdílů mezi hodinovými koncentracemi vyššími než prahová hodnota 40 ppb (80 µg.m<sup>-3</sup>) a hodnotou 40 ppb. Jeho výpočet se provádí pro vegetační období, případně pro období květen - červen a to většinou pouze od východu do západu slunce.

## PŮSOBNÍ OZONU NA ROSTLINY

Ozon proniká do rostliny průduchy a již v mezibuněčných prostorech se v kontaktu s vlhkými buněčnými stěnami velmi rychle rozkládá. Průnik ozonu přes plazmatickou membránu je stěží možný (GLOSER, PRÁŠIL 1998), ale byly zaznamenány určité reakce s epidermálními buňkami smrkového jehličí a nová tvorba epikutikulárních vosků o změněném složení během fumigace O<sub>3</sub> (KERFOURN, GARREC 1992).

Příjem rostlinami je tedy přímo ovlivněn koncentrací ozonu v ovzduší, vlastnostmi laminární vrstvy vzduchu okolo asimilačních orgánů a vodivosti průduchů. Jejich uzavření umožňuje rostlinám vyhnout se stresu (PILEGAARD, JENSEN, HUMMELSHØJ 1995), tento mechanismus je však spouštěn jinými faktory, než je zvýšená koncentrace O<sub>3</sub> v ovzduší. Po vstupu ozonu do listu či jehlice dochází k jeho reakci s vodním prostředím apoplastu a k rozkladu na velké množství chemických sloučenin, včetně velmi reaktivního hydroxylového radikálu (OH<sup>-</sup>), četných volných organických radikálů, superoxidového aniontu (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) a peroxidu vodíku (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Tyto sloučeniny negativně ovlivňují mezofýlové buňky (BELL, THESHOW 2002).

Zvýšená koncentrace těchto látek vyvolává obrannou antioxi-dační reakci - tvorbu etylénu, polyaminů a flavonoidů, které jsou také součástí obranných mechanismů. Probíhá také tvorba stresových proteinů, které jsou téměř shodné s proteiny tvořenými při napadení rostliny patogenními organismy. Pokud koncentrace ozonu převyšuje obrannou kapacitu rostlin, dochází k narušení transportních cest a iontové homeostáze buněk (SKARBY et al. 1998). Výsledkem je snížení množství chlorofylu a ztráta efektivity fotosyntézy, zejména v přímo osluněné části asimilačních orgánů (MIKKELSEN, RO-POULSEN 1994). Při dlouhodobém působení vyšších koncentrací ozonu dochází již k poškození buněčných součástí. V buňkách bývají patrné strukturální změny charakteristické pro senescenci, jako je zvýšení hustoty cytoplazmy, ztmav-



Obr. 2.

Poškození smrku (*Picea abies*) ozonem. Na smrkových jehlicích se účinek přizemního ozonu projevuje jako světlé (zelené, žluté, žlutozelené) skvrny (body, tečky). Tyto tečky mají neostré hranice - ostře ohraničené jsou způsobené sáním hmyzu nebo houbovými chorobami. Na jehlicích se hromadění produktů vyvolaných oxidačním stresem může kumulovat, to znamená, že na starších jehlicích lze pozorovat silnější poškození.

Damage of spruce (*Picea abies*) by ozone. Affected spruce needles show light spots (green, yellow, yellow-green dots) of not clearly shaped outlines. Sharply outlined spots are caused by insects or fungi. Products caused by oxidation stressors can be cumulated on the needles, so the older needles can be more damaged.

nutí a zmenšení chloroplastů, zmenšení či absence škrobových zrn, redukce membrán thylakoidů a zvýšené množství plastoglobulů. Některé rysy se ovšem od běžné senescence odlišují – v tonoplastu se formují vesikuly, obsah vakuol přestává být homogenní a dochází k jeho kondenzaci či k vysrážení fenolických látek. S postupujícím poškozením dochází k plazmolýze jednotlivých buněk a k celkovému narušení buněčných struktur (GÜNTHARDT-GOERG et al. 2000). Epidermální buňky kolapsují později než buňky mezofylu. Při odumírání buněk svrchního mezofylu se poškození viditelně projevuje chlorózami a nekrotickými skvrnami na listech. Následuje předčasné stárnutí a opad asimilačních orgánů.

Toxicita ozonu je výsledkem souboru chemických reakcí, které nejsou specifické a nezanechávají rezidua. Jisté úrovně oxidačního stresu jsou rostliny vystaveny přirozeně, narůstat může i v případě biotického poškození či sucha. Škodlivost ozonu závisí na detoxifikační schopnosti rostliny. Rostliny mají celou řadu mechanismů ochrany před oxidačním působením. Na přímé deaktivaci ozonu se

mohou podílet například karotenoidy, zeaxantin a v membránách také  $\alpha$ -tokoferol (vitamin E).

Nejuniverzálnější ochranu před poškozením buňky poskytují některé specializované enzymy a enzymatické systémy. K těm patří především superoxiddismutáza (SOD), která katalyzuje přeměnu superoxidu na peroxid vodíku. Peroxid vodíku je dále rozkládán buď katalázou (především v peroxizomech a glyoxyzomech), nebo askorbátperoxidázou (AP) (v chloroplastech, někdy i v cytozolu). Klíčovou úlohu v antioxidační ochraně hraje pravděpodobně askorbát a glutathion, neboť obou sloučenin bývá zejména v chloroplastech velké množství (GLOSER, PRÁŠIL 1998). U antioxidačních systémů, jako je kyselina askorbová, apoplastické askorbáty či glutathion, bývají zaznamenány denní i sezonní změny. Přeměny kyseliny askorbové jsou rychlé, tvorba může dosáhnout až 7 % celkového obsahu za hodinu. Tyto jevy mohou vést i k aklimatizaci na stres ozonem (HABERER, JÄGER, RENNENBERG 2006). Rostliny z vyšších poloh mohou mít větší odolnost, neboť jsou adaptovány na vyšší oxidační stres prostředí (nízké teploty, vysoké záření). Koncentrace askorbátů v apoplastu je na hranici lesa o 25 % vyšší oproti 1 000 m n. m.

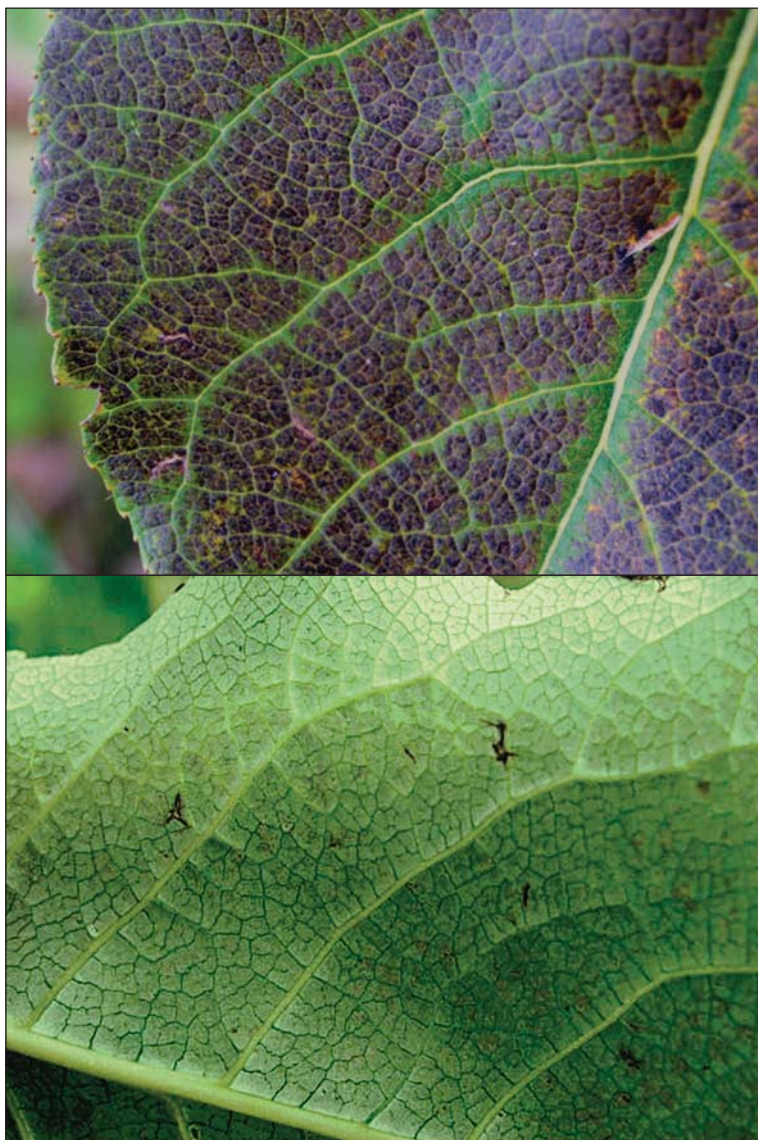
## CITLIVOST DŘEVIN NA ZVÝŠENÉ KONCENTRACE OZONU

Vůči ozonu jsou citlivější listnaté dřeviny než jehličnaté. V experimentech se prokázala relativně vysoká citlivost třešně *Prunus serotina* (SCHAUB et al. 2005), břízy (SKELLY et al. 1998, TOWNSEND 1974, PÄÄKKÖNEN et al. 1998), olše a topolů (SKÄRBY et al. 1998). Za citlivé jsou považovány také jasan, javor klen a buk (DITTMAR et al. 2004). GÜNTHARDT-GOERG et al.

(2000) považují habr, jeřáb a jasan za relativně odolné listnáče. V podmínkách střední Evropy je u buku výskyt vizuálních symptomů běžný, u smrků jsou nekrózy jehlic spíše vzácné a vyskytují se pouze v letech s vysokou zátěží ozonem. Z jehličnatých dřevin je relativně citlivější borovice (MATYSSEK et al. 1997). Kromě poškození listů ozon nepříznivě ovlivňuje celkovou energetickou bilanci stromů. Značná část fotosyntetické produkce i rezerv je uvolňována na odstraňování oxidačního stresu a snižuje se tak celková odolnost vůči dalším nepříznivým faktorům (JONES et al. 2004). Kromě celkového snížení produkce je také blokován např. rozvoj kořenů a ukládání zásobních látek (LUX et al. 1997), což může vést k poškození dalšími stresovými faktory (ŠRÁMEK 1999). UDDLING et al. (2006) prokázali negativní vliv ozonu na resorpci dusíku z listů břízy před jejich podzimním opadem.

Studie vlivu ozonu na produkci biomasy dřevin byly z velké části prováděny ve fumigačních komorách či v částečně otevřených fumigačních systémech (OTC – open top chamber). Ty prokázaly pokles listové plochy, snížení výškového přírůstu, snížení suché





**Obr. 3.** Poškození topolu (*Populus tremula*) ozonem. Silné poškození listů osiky se projevuje červeným až červenohnědým zbarvením plochy listu, žilnatina není zasažena. Na rubu listu se poškození zpravidla neprojevuje. Damage of poplar (*Populus tremula*) by ozone. Strong damage of poplar resulted in reddening or red-brown colour of the leaf; veining is not affected. Usually it is not visible in the reverse part of the leaf.

váhy letorostů, snížení celkové biomasy rostlin a také snížení poměru biomasy kořenů k nadzemní části rostlin při reálných koncentracích ozonu v ovzduší. Změny v intenzitě růstu různých částí rostlin mohou způsobit výraznou změnu v architektuře stromů i změny struktury porostu (PEARSON, MANSFIELD 1994).

Tyto typy experimentů jsou zatíženy několika potenciálními zdroji chyb (MATYSSEK et al. 1997). V první řadě byla většina z nich pouze krátkodobých s fumigací po jednu až dvě vegetační sezony a mohla tak opomenout možný efekt „saturace“. Vliv ozonu je pravděpodobně odlišný při mnohaleté chronické zátěži. Při ní může i mírné, ale pravidelné narušování energetické a látkové bilance vést k významnému poškození vitality a ke snížení odolnosti vůči dalším stresorům, jako je působení nízkých teplot nebo biotických škůdců.

Dalším nedostatkem je, že ve většině experimentů byly používány z praktických důvodů hlavně sazenice či mladé rostliny, jejichž reakce se může od dospělých stromů odlišovat (NUNN et al. 2005). Například BRAUN et al. (1999) prokázali vyšší citlivost dospělých buků k ozonu, než by odpovídalo výsledkům s mladými sazenicemi. Rozdílnou fyziologickou a biochemickou odezvu dvouletých a šedesátiletých buků na zvýšené koncentrace ozonu prokázali také HERBINGER et al. (2005).

Nejzávažnější je zřejmě skutečnost, že ve většině případů jsou dřeviny v experimentech stresovány pouze zvýšenými koncentracemi ozonu – vlhkostní režim půdy, výživa a kvalita dalších environmentálních faktorů bývají udržovány v optimálních hodnotách. Pro studium vlivu ozonu je tato skutečnost obzvláště významná, neboť v uvedených podmínkách dochází k maximálnímu otevření průduchů a tedy minimální rezistenci dřevin vůči vstupu ozonu do asimilačních orgánů. Tento fakt jasně dokládají experimenty, ve kterých byl vliv ozonu kombinován s působením dalších stresových faktorů. PEARSON a MANSFIELD (1994) dokládají u nádobových pokusů s bukem, že ozon nepůsobí s vodním stresem synergicky. Negativní vliv ozonu se výrazněji projevil u zavlažovaných sazenic. KARLSSON et al. (1995) prokázali, že v suchých letech 1993 a 1994 byla redukce celkové biomasy při fumigaci sazenic smrku ozonem 18% u zavlažovaných sazenic, u sazenic vystavených suchu pouze 5%. Přitom i reakce průduchů na suchu je ovlivňována ozonem. PEARSON a MANSFIELD (1993) dokládají, že mladé sazenice buku ovlivněné ozonem vykazovaly o 15 % nižší odpor průduchů než stromy stresované pouze suchem. V reálných podmínkách je ovšem chování průduchů daleko výrazněji ovlivněno mikroklimatickými podmínkami a vodním režimem stromu než ozonem (WIESER, HAVRANEK 1996). Redukce vodivosti průduchů při zvýšeném deficitu vodní páry je typická zejména pro lesní porosty v nižších nadmořských výškách (UHLÍŘOVÁ et al. 2003).

STRIBLEY a ASHMORE (2002) při studiu vlivu ozonu na kvalitu korun volně rostoucích bukových porostů v jižní Anglii zjistili, že negativní vliv ozonu bylo možno doložit pouze u porostu s příznivějším vodním režimem půdy. To, že jsou vysoké koncentrace ozonu při současném stresu suchem pro dřeviny poměrně málo nebezpečné, dokládají např. DITTMAR et al. (2004) či MATYSSEK et al.

(2006) na příkladu roku 2003, kdy se v Bavorsku vyskytovaly vysoké koncentrace ozonu v období výrazného sucha. Poškození se projevilo pouze v Alpské oblasti, kde byly úhrny srážek relativně příznivější. Další příklady uvádějí MATYSSEK et al. (1997), kteří dokládají, že v přirozených podmínkách jsou průkazné škody zjišťovány až při daleko vyšší zátěži ozonem než při fumigačních experimentech. K poškození paradoxně dochází spíše v letech s vlhčím průběhem počasí (a tedy otevřenými průduchy), přestože koncentrace ozonu v ovzduší bývají nižší. Rezistence porostu pro příjem ozonu se extrémně zvyšuje v teplých slunečných dnech, kdy se rostliny zavřením průduchů snaží zamezit ztrátám vody, jak prokázali např. pro dospělý porost douglasky DUYZER, WESTRATE, WALTON (1995), pro porosty smrku a modřínu WIESER a HAVRANEK (1996). Z hlediska

studia vlivu ozonu na přírůst ve vyšších nadmořských výškách je určitou komplikací, že meteorologické faktory, které umožňují nárůst vysokých koncentrací  $O_3$ , jsou zároveň příznivé pro růst dřevin (MORTENSEN, BATRUP-BIRK, RO-POULSEN 1996). Působení ozonu tak může být překryto působením příznivých meteorologických podmínek. Další významnou skutečností je, že k působení ozonu dochází v současném období globálně rostoucích koncentrací oxidu uhličitého v atmosféře.  $CO_2$  může do jisté míry redukovat vliv ozonu ovlivněním hustoty a chování průduchů (PAOLETTI, GRULKE 2005). Zvýšenou fotosyntézu při společné fumigaci  $O_3$  a  $CO_2$  u čtyřletých smrků prokázali např. EAMUS et al. (1990). GRAMS et al. (1999) potvrdili ochranný vliv zvýšených koncentrací oxidu uhličitého proti negativnímu vlivu ozonu u bukových semenáčků, OKSANEN et al. (2005) u mladých bříz. KULL, TULVA a VAPAAVUORI (2005) dokládají, že  $CO_2$  zabraňuje negativnímu vlivu ozonu na listovou plochu bříz. LIU XIPING et al. (2004) i KOZOVITS et al. (2005) pozorovali u smrku příznivější vliv  $CO_2$  při spolupůsobení ozonu než u buku a vyvozují, že poznatky získané pro dřeviny rostoucí v monokulturách se mohou kvůli ovlivnění konkurenceschopnosti odlišovat od reakcí smíšených porostů. THOMAS, BRAUN a FLÜCKIGER (2006) dokládají, že u mladých buků současné koncentrace ozonu mohou zvyšovat negativní účinky vysokého vstupu dusíku.

Kvantifikace vlivu ozonu na produkci dospělých stromů je tedy obtížná, přesto řada autorů dochází k závěru, že trvalé vystavení jeho zvýšeným koncentracím má negativní vliv na dlouhodobou produkci (PEARSON, MANSFIELD 1994). Ve studii BRAUNOVÉ et al. (1999) byl ozon jedním ze čtyř významných faktorů, který vysvětloval 32 % variability přírůstu dospělých bukových porostů ve Švýcarsku. Dalšími z těchto faktorů byla saturace půd bázemi, depozice dusíku a kyselá depozice.

MATYSSEK et al. (1997) nepovažuje ozon za dominující stres pro lesní dřeviny v oblasti Rakouska a Švýcarska, nevylučuje však, že zvýšené koncentrace  $O_3$  mohou pro vývoj lesa představovat riziko. Také WIESER a HAVRANEK (1996) nepředpokládají zásadní vliv ozonu na chřadnutí lesních porostů. EWALD (2005) upozorňuje, že poškození smrku v Bavorských Alpách připisované ozonu je nutno hodnotit velmi opatrně a s přihlédnutím k půdnímu chemismu a věku porostů, což jsou zde hlavní faktory ovlivňující zdravotní stav této dřeviny.

Přesto např. KARLSSON et al. (2005) odhaduje, že v letech 1993 - 2003 vliv ozonu způsobil snížení růstu lesa o 2,2 % a snížení ekonomické návratnosti lesní produkce o 2,6 %. Při extrapolaci na Švédsko je roční potenciální ztráta na lesní produkci 56 milionů euro (v cenách z roku 2004), roční ztrátu na produkci dřeva pro EU lze odhadnout na 361 milionů eur ročně. KARLSSON et al. (2006) dokládá, že v jižním Švédsku je ozon po výčetní základně, teplotě a vlhkostním režimu půdy čtvrtým nejvýznamnějším fakto-



Obr. 4.

Poškození lípy (*Tilia* sp.) ozonem. Poškození má formu červených až červenohnědých nekroz. Opět je poškozena plocha listu mezi nervaturou na osluněných listech.

Damage of lime (*Tilia* sp.) by ozone. Damage results in reddish or red-brown necroses. Again the leaf area in between veins of the exposed side is affected.

rem, který ovlivňuje přírůst dospělých smrkových porostů. WIPFLER et al. (2005) uvádějí, že stres působený současnými koncentracemi ozonu může způsobovat potenciální ztrátu na tloušťkovém přírůstu vzrostlých smrků až ve výši 22 %. SKÄRBY et al. (2004) dokládají možnost 6% redukce růstu smrku při současné úrovni zatížení ozonem.

Závislost příjmu ozonu na otevřenosti průduchů v reálných podmínkách potvrzuje zvýšené riziko pro horské lesní ekosystémy. Koncentrace ozonu v těchto lokalitách nedosahují tak vysokých hodnot jako v průmyslových oblastech, mají však vyrovnanější chod a často jsou dlouhodobě zvýšené. Stromy zde navíc nejsou často stresované nedostatkem vláhy a vodivost průduchů je zde vyšší než v nižších nadmořských výškách (WIESER, HAVRANEK 1995, 1996). Ve vysokých nadmořských výškách není transpirace často primárně ovlivňována dostupností vody, ale především teplotou a zářením – tedy faktory, které přispívají ke vzniku zvýšených koncentrací ozonu (DITTMAR et al. 2005). Na druhou stranu je pravda, že dřeviny rostoucí v těchto podmínkách mají vyšší přirozenou detoxifikační kapacitu pro oxidační stres a kratší vegetační období, ve kterém ozon přijímají (WIESER et al. 2000).

## VIZUÁLNÍ HODNOCENÍ POŠKOZENÍ OZONEM, BIOCHEMICKÉ A MORFOLOGICKÉ UKAZATELE

Poškození ozonem se viditelně projevuje změnami zbarvení asimilačních orgánů a nekrozami. U listnatých dřevin mají vizuální symptomy poškození nejčastěji podobu nepravidelných chlorotických skvrn a bronzového zbarvení listů (obr. 1, 3, 4). Nejříve se poškození objevuje na středně starých a starších listech, teprve později i na mladších. U jehličnatých dřevin jsou na jehlicích patrné



bezbarvé až žlutavé nebo zelenožluté bodové chlorózy, které nejsou ostře ohraničené (obr. 2). Četnější jsou na starších ročnících jehličí, nacházejí se zpočátku na svrchní, později i na spodní straně jehlic. Zvýšený výskyt je možné pozorovat na osluněných částech korun či větví. Bodové chlorózy mohou při intenzivním nebo dlouhodobém působení přejít do plošek až nekrotických na větší ploše jehlic (HARTMAN, NIENHAUS, BUTIN 1988, SKELLY et al. 1998, UHLÍŘOVÁ, KAPITOLA 2004). Tyto vizuální symptomy nejsou jednoznačně specifické pro ozon a mohou být způsobeny i jiným typem stresu. Přesto se poškození způsobená ozonem vyznačují některými typickými rysy. Mezi ně patří zejména fakt, že k výraznějšímu poškození dochází na osluněných částech rostlin. To se projevuje tzv. stínovým efektem – zastíněné části listů zůstávají zelené, bez viditelných příznaků poškození. Symptomy se rozvíjejí nejvíce na osluněných větvích, zpočátku pouze na svrchní straně listů, při silném poškození mohou být skvrny, chlorózy nebo nekrózy patrné i na spodní straně listů. Chronické poškození ozonem se může projevovat i tvorbou menších jehlic (listů) nebo výhonů (KELLER 1981).

Při hodnocení viditelného poškození dospělých stromů a v lesních porostech je zásadním problémem postavení pozorovatele, který nemůže hodnotit svrchní část koruny, kde se viditelné změny projevují nejčastěji. Proto hodnocení ozonu probíhá většinou na přízemní vegetaci (obr. 5), která odráží procesy probíhající v korunové vrstvě a v řadě případů reaguje i citlivěji než dospělé stromy (VOLLENWEIDER, OTTINGER, GÜNTARDT-GOERG 2003, MANNING, GODZIK 2004). Metodika sledování a hodnocení přízemního poškození byla rozpracována i v síti ploch evropského monitoringu zdravotního stavu lesů ICP Forests (UNECE 2004). Plošné hodnocení vlivu ozonu na přízemní vegetaci je však komplikováno variabilitou floristického složení v různých podmínkách a také tím, že vyhodnocování symptomů u většiny bylinných druhů nebylo experimentálně testováno (BUSSOTI, COZZI, FERRETTI 2006). Kvalita hodnocení tak do jisté míry závisí na zkušenostech pozorovatele (BUSSOTI et al. 2006).



**Obr. 5.** Poškození ostružiníku (*Rubus fruticosus*) ozonem. Typické poškození vyvolané účinky ozonu. Dobře patrný je stínový efekt a rubová strana listů bez poškození. Damage of blackberry (*Rubus fruticosus*) by ozone. Typical damage caused by ozone. Shadow effect well visible, reverse side not affected.

Vzhledem k tomu, že oxidativní stress může být způsoben řadou faktorů, neexistuje žádný jednoznačný marker působení ozonu na biochemické bázi. Například smrky z různých lokalit mohou vykazovat zcela odlišné úrovně antioxidantů i při podobné zátěži (MATYSSEK et al. 1997). Vliv ozonu je navíc kumulativní, intenzita reakce tedy závisí nejen na intenzitě, ale také na délce trvání stresu. V průběhu posledních dvaceti let byla testována řada morfologických a biochemických markerů, které mohou v různé míře působení ozonu identifikovat.

Jedním z často využívaných markerů imisního poškození je množství a struktura epikutikulárních vosků, které ochraňují povrch listů a jehlic. Degradace vosků je ovlivněna řadou přírodních i antropogenních stresorů. Přes jejich poměrně uniformní chemické složení jsou považovány za citlivý indikátor změn zdravotního stavu lesních porostů (CAPE, PERCY 1998). V práci MATYSSEK et al. (1997) narůstala degradace vosků u smrku s věkem jehlic a s transparentností koruny. Tato tendence byla zřetelnější na výše položené lokalitě s vyšší zátěží ozonem. Fumigace mladých smrků ozonem v koncentraci 100 a 300  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  po jednu vegetační sezonu ovšem degradaci vosků nevyvolala. To potvrzuje teorii, že epikutikulární vosky jsou k působení chemických látek relativně odolné. Jejich produkce však může být narušena například vlivem ultrafialového (UVB) záření (GORDON, PERCY 1999), což vede k následnému zvýšení citlivosti rostlin vůči působení ozonu.

Přes nespecifičnost oxidativních reakcí lze působení ozonu identifikovat charakteristickou kombinací mikroskopických změn způsobenou oxidativním stresem při vyloučení biotického poškození rostlin (VOLLENWEIDER, OTTINGER, GÜNTARDT-GOERG 2003, KIVIMÄENPÄÄ et al. 2004). Pro diagnostiku je významný jak cytochemický původ (kombinace projevů hypersenzitivní reakce a stárnutí buněk), tak lokalizace mikroskopických symptomů. Indikativní změny se vytvářejí v asimilačním mezofylu, občas se rozšiřují do epidermis, struktura vodivých pletiv zůstává nezměněná. Poškozené jsou buňky více vystavené osvětlení. KIVIMÄENPÄÄ, SELLDÉN a SUTINEN (2005) uvádějí jako charakteristickou kombinaci symptomů 1) redukovanou velikost chloroplastů, 2) vyšší elektronovou hustotu stromatu a 3) lokalizaci těchto změn především ve vnějším mezofylu a na svrchní straně jehlic. Z morfologických markerů lze také uplatnit změny buněčné stěny, které mohou být ovšem indukovány i suchem či působením těžkých kovů.

Při četných peroxidačních pochodech se v buňkách hromadí metabolity, které je možné využít k biochemické indikaci oxidačního stresu vyvolaného přízemním ozonem. Jedním z peroxidačních produktů, které se v buňkách hromadí, je malondialdehyd (MDA). MDA je dobře znám jako produkt peroxidace lipidů, včetně rostlinných (TEIGE, MC MANUS, MUDD 1974, SAKAKI, KONDO, SUGAHARA 1984). V opakovaných fumigačních experimentech s ozonem aplikovaným vedle oxidu siřičitého na několik druhů dřevin bylo ověřeno, že smrk ztepilý patří k méně citlivým druhům v reakcích na ozon (PASUTHOVÁ et al. 1987), ale i přesto ozonem ovlivněné smrky vykazovaly přibližně 40% zvýšení obsahu MDA v nejmladším ročníku jehličí v porovnání s kontrolou (UHLÍŘOVÁ, PASUTHOVÁ 1993).

Slibnými biochemickými ukazateli pro působení ozonu jsou změny obsahu fenolických látek, například proanthocyanidinu (VOLLENWEIDER, OTTINGER, GÜNTARDT-GOERG 2003).

Možnosti využití obsahu sacharidů jako indikátorů působení ozonu testovali BRAUN et al. (2004). U jednoletých semenáčků buku

klesala koncentrace monosacharidů v jemných kořincích buku společně s rostoucí zátěží ozonem. U smrku vliv ozonu koreloval pouze s koncentrací škrobu v pletivech. U silnějších kořenů a v kmeni obsah škrobu se zvyšujícím se vlivem  $O_3$  klesal, v jehličí stoupal. Obsahy sacharidů však mohou být také významně ovlivněny zvýšenými koncentracemi oxidů dusíku

GOLDBOLD et al. (1993) testovali jako biochemické ukazatele imisního poškození obsahy chlorofylu, škrobu, prolinu a aktivitu peroxidázy. Žádný z těchto faktorů se neukázal jako specifický a obecně použitelný indikátor poškození ozonem.

## ZÁVĚRY

Problematika poškození lesních ekosystémů ozonem je velmi komplexní. Na rozdíl od většiny jiných škodlivin u ozonu neexistuje přímá závislost mezi jeho koncentrací v ovzduší a vznikem poškození. Řada skutečností napovídá tomu, že současné imisní limity založené na kumulativním indexu AOT40 představují pouze „potenciální možnost vzniku poškození“ a že reálný vliv ozonu na rostliny je v přírodních podmínkách často omezen dalšími faktory, které limitují jeho vstup do listů uzavřením průduchů. Na druhou stranu je velmi málo známo o významu dlouhodobého narušování energetické bilance dřevin, které ozon nesporně způsobuje, či o jeho působení na různé složky lesních ekosystémů. Viditelné poškození listů a jehlic tak zdaleka nemusí být tím nejzávažnějším problémem, který zvýšené koncentrace ozonu způsobují.

V současné době lze za jednu z priorit výzkumu považovat studium vlivu ozonu na lesní porosty v přírodních podmínkách. Jednou z možných cest jsou vysoce sofistikované vědecké systémy, které umožňují fumigaci celých porostů, jako je projekt CASIROZ (<http://www.casiroz.de>) nebo projekt FACE (<http://aspenface.mtu.edu>). Druhou možností je monitoring působení ozonu ve vhodně zvolené síti porostů. Kritickými body tohoto přístupu je výběr vhodné kombinace vizuálních, strukturálních a biochemických markerů, které mohou působení této škodliviny prokázat. Navíc je nutné zajistit sledování řady dalších faktorů s jejichž pomocí bude možné vztáhnout působení  $O_3$  k obecným charakteristikám lesních dřevin, jako je jejich zdravotní stav, růst nebo produkce.

### Poznámka:

Příspěvek byl zpracován v rámci výzkumného projektu NAZV č. 1G57045 a s podporou projektu Ministerstva zemědělství č. 0002070201.

## LITERATURA

- ASHMORE, M.: Air pollution impacts on vegetation in Europe. In: Emberson, L., Ashmore, M., Murray, F. (eds.): Air pollution impacts on crops and forests. A global assessment. London, Imperial College Press 2003, s. 59-88
- ASHMORE, M. R.: Assessing the future global impacts of ozone on vegetation. *Plant, Cell and Environment*, 28, 2005, s. 949-964
- BRAUN, S., RIHM, B., SCHINDLER C., FLÜCKIGER, W.: Growth of mature beech in relation to ozone and nitrogen deposition: an epidemiological approach. *Water, Air and Soil Pollution*, 116, 1999, s. 357-364
- BRAUN, S., ZUGMAIER, U., TOMAS, V., FLÜCKIGER, W.: Carbohydrate concentrations in different plant parts of young beech and spruce along a gradient of ozone pollution. *Atmospheric Environment*, 38, 2004, s. 2399-2407
- BUSSOTTI, F., COZZI, A., FERRETTI, M.: Field surveys of ozone symptoms on spontaneous vegetation. Limitations and potentialities of the European programme. *Environmental Monitoring and Assessment*, 115, 2006, s. 335-348
- BUSSOTTI, F., SCHAUB, M., COZZI, A., GEROSA, G., NOVAK, K., HUG, C.: Sources of errors in assessing ozone visible symptoms on native vegetation. *Environmental Pollution*, 140, 2006, s. 257-268
- CAPE, J. N., PERCY, K. E.: Use of needle epicuticular wax chemical composition in the early diagnosis of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) decline in Europe. *Chemosphere*, 36, 1998, č. 4/5, s. 895-900
- COLBECK, I., MACKENZIE, A. R.: Air Pollution by Photochemical Oxidants. Amsterdam, Elsevier 1994. 244 s.
- DITTMAR, C., ELLING, W., GÜNTARDT-GOERG, M., MAYER, F. J., GILGE, S., WINKLER, P., FRICKE, W.: Ozonbelastung und Schadsymptome im Extremsommer 2003. *AFZ-Der Wald B*, 1089, 2004, s. 683-685
- DITTMAR, C., PFAFFELMOSER, K., RÖTZER, T., ELLING, W.: Quantifying ozone uptake and its effects on the stand level of common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Southern Germany. *Environmental Pollution*, 134, 2005, s. 1-4
- DUYZER, J., WESTRATE, H., WALTON, S.: Exchange of ozone and nitrogen oxides between the atmosphere and coniferous forest. *Water Air and Soil Pollution*, 85, 1995, s. 2065-2070
- EAMUS, D., BARNES, J. D., MORTENSEN, L., RO-POULSEN, H., DAVIDSON, A. W.: Persistent stimulation of  $CO_2$  assimilation and stomatal conductance by summer ozone fumigation in Norway spruce. *Environmental Pollution*, 63, 1990, s. 365-379
- EWALD, J.: Ecological background of crown condition, growth and nutritional status of *Picea abies* (L.) KARST. in the Bavarian Alps. *Eur. J. For. Res.*, 124, 2005, s. 9-18
- FINLAYSON-PITTS, B. J., PITTS, J. N. Jr.: Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere. San Diego, Academic Press 2000. 969 s.
- GARDNER, M. W., DORLING, S. R.: Meteorologically adjusted trends in UK daily maximum surface ozone concentrations. *Atmospheric Environment*, 34, 2000, s. 171-176
- GLOSER, J., PRÁŠIL, I.: Fyziologie stresu. In: Procházka, S., Macháček, I., Krekule, J., Šebánek, J. a kol.: Fyziologie rostlin. Praha, Academia 1998, s. 412-431

- GODBOLD, D. L., FEIG, R., CREMER-HERMS, A., HUTTERMANN, A.: Determination of stress bioindicators in three Norway spruce stands in northern Germany. *Water, Air and Soil Pollution*, 66, 1993, s. 231-237
- GORDON, D. C., PERCY, K. E.: Effect of UV-B dose on biosynthesis of epicuticular waxes in blue spruce (*Picea pungens* ENGELMANN.) primary needles: preliminary investigation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 116, 1999, č. 1/2, s. 429-436
- GRAMS, T. E. E., ANEGG, S., HÄBERLE, K. H., LANGEBAEELS, C., MATYSSEK, R.: Interactions of chronic exposure to elevated CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> levels in the photosynthetic light and dark reactions of European beech (*Fagus sylvatica*). *New Phytologist*, 144, 1999, s. 95-107
- GÜNTHARDT-GOERG, M. S., MCQUATTIE, C. J., MAURER, S., FREY, B.: Visible and microscopic injury in leaves of five deciduous tree species related to current critical ozone levels. *Environmental Pollution*, 109, 2000, s. 89-500
- HABERER, K., JÄGER, L., RENNENBERG, H.: Seasonal patterns of ascorbate in the needles of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees: correlation analyses with atmospheric O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> gas mixing ration and meteorological parameters. *Environmental Pollution*, 139, 2006, s. 224-231
- HARTMAN, G., NIENHAUS, F., BUTIN, H.: Farbatlas Waldschäden, Diagnose von Baumkrankheiten. Stuttgart, Ulmer 1998.
- HERBINGER, K., THEN, C., LÖW, M., HABERER, K., ALEXOUS, M., KOCH, N., REMELE, K., HEERDT, C., GRILL, D., RENNENBERG, H., HÄBERLE, K. H., MATYSSEK, R., TAUSZ, M., WIESER, G.: Tree age dependence and within-canopy variation of leaf gas exchange and antioxidative defence in *Fagus sylvatica* under experimental free-air ozone exposure. *Environmental Pollution*, 137, 2005, s. 476-482
- JONES, M. E., PAINE, T. D., FENN, M. E., POTH, M. A.: Influence of ozone and nitrogen deposition on bark beetle activity under drought conditions. *For. Ecol. and Manag.*, 200, 2004, s. 67-76
- KARLSSON, P. E., ÖRLANDER, G., LANGVALL, O., UDDLING, J., HJORTH, U., WIKLANDER, K., ARESKOU, B., GRENNFELT, P.: Negative impact of ozone on the stem basal area increment of mature Norway spruce in south Sweden. *For. Ecol. and Manag.*, 232, 2006, s. 146-151
- KARLSSON, P. E., PLEIJEL, H., BELHAJ, M., DANIELSSON, H., DAHLIN, B., ANDERSSON, M., HANSSON, M., MUNTHE, J., GRENNFELT, P.: Economic assessment of the negative impacts of ozone on crop yields and forest production. A case study of the estate Östads Säteri in Southwestern Sweden. *Ambio*, 34, 2005, č. 1, s. 32-40
- KELLER, T.: Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Pflanzen. Berichte Nr. 225, Januar 1981. Sonderdruck aus Heizung und Lüftung, 48, 1981, č. 1, s. 22-24
- KERFOURN, C., GARREC, J. P.: Modifications in the alkane composition of cuticular waxes from spruce needles (*Picea abies*) and ivy leaves (*Hedera Helix*) exposed to ozone fumigation and acid fog: comparison with needles from declining spruce trees. *Can. J. Bot.*, 1992, 70, s. 861-869
- KIVIMÄENPÄÄ, M., JÖNSSON, A. M., STJERNQUIST, I., SELLDÉN, G., SUTINEN, S.: The use of light and electron microscopy to assess the impact of ozone on Norway spruce needles. *Environmental Pollution*, 127, 2004, s. 441-453
- KIVIMÄENPÄÄ, M., SELLDÉN, G., SUTINEN, S.: Ozone-induced changes in the chloroplast structure of conifers needles, and their use in ozone diagnostics. *Environmental Pollution*, 137, 2005, s. 466-475
- KOZOVITS, A. R., MATYSSEK, R., BLASCHKE, H., GÖTTLEIN, A., GRAMS, T. E. E.: Competition increasingly dominates the responsiveness of juvenile beech and spruce to elevated CO<sub>2</sub> and/or O<sub>3</sub> concentrations throughout two subsequent growing seasons. *Global Change Biology*, 11, 2005, s. 1387-1401
- KRAPFENBAUER, A., HOLTERMANN, C.: Ozon in der Troposphäre – trotz Reduktion von Vorläufersubstanzen unvermindert oder weiter steigend. Wien, 1993. 26 s.
- KULL, O., TULVA, I., VAPAAVUOVORI, E.: Consequences of elevated CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> on birch canopy structure: implementation of a canopy growth model. *For. Ecol. and Manag.*, 212, 2005, s. 1-13
- LIU XIPING, KOZOVITS, A. R., GRAMS, T. E. E., BLASCHKE, H., RENNENBERG, H., MATYSSEK, R.: Competition modifies effects of enhanced ozone/carbon dioxide concentrations on carbohydrate and biomass accumulation in juvenile Norway spruce and European beech. *Tree Physiology*, 24, 2004, s. 1045-1055
- LUX, D., LEONARDI, S., MÜLLER, J., WIEMKEN, A., FLÜCKIGER, W.: Effects of ambient ozone concentrations on contents of non-structural carbohydrates in young *Picea abies* and *Fagus sylvatica*. *New Phytologist*, 1997, 137, s. 399-409
- MANNING, W. J., GODZIK, B.: Bioindicator plants for ambient ozone in Central and Eastern Europe. *Environmental Pollution*, 130, 2004, s. 33-39
- MATYSSEK, R., HAVRANEK, W. M., WIESER, G., INNES, J. L.: Ozone and the forests in Austria and Switzerland. In: Sandermann, H., Wellburn, A. R., Heath, R. L.: Forest decline and ozone: a comparison of controlled chamber and field experiments. Springer Ecological Studies, 127, 1997, s. 95-134
- MATYSSEK, R., INNES, J. L.: Ozone – a risk factor for trees and forests in Europe. *Water, Air and Soil Pollution*, 116, 1999, s. 199-226
- MATYSSEK, R., THIEC, D., LÖW, M., DINZENGREMEL, P., NUNN, A. J., HÄBERLE, K. H.: Interactions between drought and O<sub>3</sub> stress in forest trees. *Plant Biology*, 8, 2006, s. 11-17
- MIKKELSEN, T. N., RO-POULSEN, H.: Exposure of Norway spruce to ozone increases the sensitivity of current year needles to photoinhibition and desiccation. *New Phytologist*, 128, 1994, s. 153-163
- MONKS, P. S.: A review of the observations and origins of the spring ozone maximum. *Atmospheric Environment*, 34, 2000, s. 3545-3561.
- MORTENSEN, L., BASTRUP-BIRK, A., RO-POULSEN, H.: Critical levels of O<sub>3</sub> for wood production of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Water, Air and Soil Pollution*, 85, 1996, s. 1349-1354
- NUNN, A. J., KOZOVITS, A. R., REITER, I. M., HEERDT, C., LEUCHNER, M., LÜTZ, C., LIU, X., LÖW, M., WINKLER, J. B., GRAMS, T. E. E., HÄBERLE, K. H., WERNER, H., FABIAN, P., RENNENBERG, H., MATYSSEK, R.: Comparison of ozone uptake and sensitivity between a phytotron study with young beech and a field experiment with adult beech (*Fagus sylvatica*). *Environmental Pollution*, 137, 2005, s. 494-506
- OKSANEN, E., RIIKONEN, J., KAAKINEN, S., HOLOPAINEN, T., VAPAAVUORI, E.: Structural characteristics and chemical composition of birch (*Betula pendula*) leaves are modified by increasing CO<sub>2</sub> and ozone. *Global Change Biology*, 11, 2005, s. 732-748
- PÄÄKKÖNEN, E., VAHALA, J., HOLOPAINEN, T., KÄRENlampi, L.: Physiological and ultrastructural responses of birch clones exposed to ozone and drought stress. *Chemosphere*, 36, 1998, č. 4/5, s. 679-684



- PAOLLETTI, E., GRULKE, N. E.: Does living in elevated CO<sub>2</sub> ameliorate tree response to ozone? A review on stomatal responses. *Environmental Pollution*, 137, 2005, s. 483-493
- PASUTHOVÁ, J., RYŠKOVÁ, L., UHLÍŘOVÁ, H.: Poškození lesních dřevin ozonem. *Práce VÚLHM*, 70, 1987, s. 181-201
- PEARSON, M., MANSFIELD, T. A.: Effects of exposure to ozone and water stress on the following season's growth of beech (*Fagus sylvatica* L.). *New Phytologist*, 126, 1994, s. 511-515
- PEARSON, M., MANSFIELD, T. A.: Interacting effects of ozone and water stress on the stomatal resistance of beech (*Fagus sylvatica* L.). *New Phytologist*, 123, 1993, s. 351-358
- PERCY, K., FERRETTI, M.: Air pollution and forest health: toward new monitoring concept. *Environmental Pollution*, 130, 2004, s. 113-126
- PILEGAARD, K., JENSEN, N. O., HUMMELSHØJ, P.: Seasonal and diurnal variation in the deposition velocity of ozone over a spruce forest in Denmark. *Water, Air and Soil Pollution*, 85, 1995, s. 2223-2228
- PRIWITZER, T., ČABOUN, V., PAVLENDOVÁ, H.: Depozice ozónu a její vliv na lesné dřeviny. In: Šír, Tesař (eds.): *Atmosférická depozice 2004*, sborník ze semináře. Praha, 2004
- SAKAKI, I., KONDO, N., SUGAHARA, K.: Breakdown of photosynthetic pigments in lipids in spinach leaves with ozone fumigation: Role of active oxygens. *Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud. Jpn.*, 65, 1984, s. 219-230.
- SCHAUB, M., SKELLY, J. M., ZHANG, J. W., FERDINAND, J. A., SAVAGE, J. E., STEVENSON, R. E., DAVIS, D. D., STEINER, K. C.: Physiological and foliar symptom response in the crowns of *Prunus serotina*, *Fraxinus americana* and *Acer rubrum* canopy trees to ambient ozone under forest conditions. *Environmental Pollution*, 133, 2005, s. 553-567
- SEINFELD, J. H.: *Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution*. New York, John Wiley & Sons 1996.
- SKÄRBY, L., RO-POULSEN, H., WELLBURN, F. A. M., SHEPPARD, L. J.: Impact of ozone on forests: a European perspective. *New Phytol.*, 139, 1998, s. 109-122
- SKÄRBY, L., OTTOSSON, S., KARLSSON, P. E., WALLIN, G., SELLDÉN, G., MEDIN, E. L., PLEIJEL, H.: Growth of Norway spruce (*Picea abies*) in relation to different ozone exposure indices: a synthesis. *Atmospheric Environment*, 38, 2004, s. 2225-2236
- SKELLY, J. M., INNES, J. L., SNYDER, K. R., SAVAGE, J. E., HUG, C., LANDOLT, W., BLEUER, P.: Investigation of ozone induced injury in forests of southern Switzerland: field surveys and open-top chamber experiments. *Chemosphere*, 36, 1998, s. 995-1000
- STRIBLEY, G. H., ASHMORE, M. R.: Quantitative changes in twig growth pattern of young woodland beech (*Fagus sylvatica* L.) in relation to climate and ozone pollution over 10 years. *For. Ecol. Manag.*, 157, 2002, s. 191-204
- SUNDBERG, J., KARLSSON, P. E., SCHENK, L., PLEIJEL, H.: Variation in ozone concentration in relation to local climate in West Sweden. *Water, Air and Soil Pollution*, 173, 2006, s. 339-354
- ŠRÁMEK, V.: Potenciální vliv ozonu na poškození březových porostů v Krušných horách. *Zprávy lesnického výzkumu*, 44, 1999, č. 2, s. 5-10
- TEIGE, B., MC MANUS, T. T., MUDD, J. B.: Reaction of ozone with phosphatidylcholine liposomes and the lytic effect of products on RBC. *Chem. Phys. Lipids*, 12, 1974, s. 153-171
- THOMAS, V. F. D., BRAUN, S., FLÜCKIGER, W.: Effects of simultaneous ozone exposure and nitrogen loads on carbohydrate concentrations, biomass, growth, and nutrient concentrations of young beech trees (*Fagus sylvatica*). *Environmental Pollution*, 143, 2006, s. 341-354
- TOWNSEND, A. M.: Sorption of ozone by nine shade tree species. *J. Amer. Soc. for Horticultural Science*, 99, 1974, č. 3, s. 206-208
- UDDLING, J., KARLSSON, P. E., GLORVIGEN, A., SELLDÉN, G.: Ozone impairs autumnal resorption of nitrogen from birch (*Betula pendula*) leaves, causing an increase in whole-tree nitrogen loss through litter fall. *Tree Physiology*, 26, 2006, s. 113-120
- UHLÍŘOVÁ, H., HŮNOVÁ, I., NOVOTNÝ, R., LOMSKÝ, B., HORÁLEK, J.: Oxidační stres v podmínkách horských smrčín. *Zprávy lesnického výzkumu*, 48, 2003, č. 4, s. 200-205.
- UHLÍŘOVÁ, H., KAPITOLA, P. (eds): *Poškození lesních dřevin*. Lesnická práce, 2004, 288 s.
- UHLÍŘOVÁ, H., PASHUTOVÁ, J.: Hodnocení vlivu ozonu na biochemické procesy u sazenic smrku. *Práce VÚLHM*, 78, 1993, s. 51-60.
- UN-ECE: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, CLRTAP, 2004.
- VINGARZAN, R.: A review of surface ozone background levels and trends. *Atmospheric Environment*, 38, 2004, s. 3431-3442
- VOLLENWEIDER, P., OTTINGER, M., GUNHARDT-GOERG, M. S.: Validation of leaf ozone symptoms in natural vegetation using microscopical methods. *Environmental Pollution*, 124, 2003, s. 101-118
- WARNECK, P.: *Chemistry of the Natural Atmosphere*. San Diego, Academic Press, Inc., 1988.
- WIESER, G., HÄSLER, R., GÖTZ, B., KOCH, W., HAVRANEK, W. M.: Role of climate, crown position, tree age and altitude in calculated ozone flux into needles of *Picea abies* and *Pinus cembra*: a synthesis. *Environmental Pollution*, 109, 2000, č. 3, s. 415-422
- WIESER, G., HAVRANEK, W. M.: Environmental control of ozone uptake in *Larix decidua*: a comparison between different altitudes. *Tree Physiology*, 15, 1995, s. 235-258
- WIESER, G., HAVRANEK, W. M.: Evaluation of ozone impacts on mature spruce and larch in the field. *J. Plant Physiol.*, 148, 1996, s. 189-194
- WIPFLER, P., SEIFERT, T., HEERDT, C., WERNER, H., PRETZSCH, H.: Growth of adult Norway spruce (*Picea abies* [L.] KARST.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) under free-air ozone fumigation. *Plant Biology*, 7, 2005, s. 611-618



## Ozone impact on forest stands – mechanism, effect on trees, damage markers

### Summary

The article is a review of the current knowledge on the impact of ozone on forests. In European scale, ground-level ozone is considered to be the most important harmful gas, affecting the forest vitality and production. During the last 100 years its concentrations have increased significantly. In pre-industrial period the concentrations of ground ozone were about 20 - 30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , today they are twice or three times higher and the increasing trend is ongoing. It is supposed that in 2100 about 49% of the forest ecosystem on the Earth will be imposed to negative impact of ozone.

The problem of the ozone impact on forest stands is quite complicated for many reasons, however. This gas is not directly produced by man – its production so cannot be easily reduced. There are no ozone residua in the plant cells, making possible to distinguish the ozone impact from other oxidation stresses. Plants are in different level adapted to the “natural” oxidation stress. Thus the energy demand, necessary to develop protective, anti-oxidative reactions, is primarily effect of the increased ozone concentrations. Long-term effect of higher ozone can result in the damage of the cell parts. Structural changes in the cells which can be observed are often characteristic for the senescence. Some parameters and localization pattern, however, are different, allowing to identify the influence of ozone. Ongoing damage can result in the total disturbance of the cell structure. The epidermal cells collapse later than the mesophyll. During the decline of the upper mesophyll cells the damage is clearly visible as chloroses and necrotic spots on the leaves.

Uptake of ozone by plants is directly influenced by the ozone concentration in the air, characteristics of the laminar layer of leaves and conductance of stomata. Closing of stomata protects the plant against the ozone stress. This fact can, in certain level, disarray the results, gained during the fumigation experiments using the system of open top chambers (OTC). Besides the fact that mostly young plants are used, and the time of fumigation is relatively short, usually the optimal water and nutritional regime have been kept, under which the stomatal input of ozone is maximal. Under the real conditions, the resistance of the stand during the warm, sunny days, to high  $\text{O}_3$  concentrations could be significantly increased, as the plants close stomata to prevent water loss. Currently also the concentrations of carbon dioxide in the atmosphere is increasing.  $\text{CO}_2$  is assumed, in certain level, reduce the impact of ozone, due to the effect on stomata density and behaviour.

Recently, for the above mentioned and other reasons, the opinions on the ozone effect on forest stands are variable. E. g. MATYSSEK et al. (1997) did not consider ozone to be dominant stress for the forest tree species in Austria and Switzerland, however, he did not rule the possibility, that increased  $\text{O}_3$  concentrations can mean a risk for the forest development. Also WIESER and HAVRANEK (1996) did not suppose decisive effect of ozone on the forest decline. EWALD (2005) pointed, that the Norway spruce damage in Bavarian Alps, supposed to be caused by ozone, is to be considered carefully, with respect to the soil chemistry and stand age, which may be the main factors affecting here the health state of this species.

In spite of that e. g. KARLSSON et al. (2005) estimate, that in 1993 - 2003 ozone might cause decrease of the forest growth in 2.2%, lowering the economic return of the forest production in 2.6%. Extrapolating these estimates to Sweden, potential year loss in forest production could be 56 million Euro (prices of the 2004); year loss in timber production for the whole EU can be estimated as 361 million Euro per year. KARLSSON et al. (2006) exemplify that in Southern Sweden, ozone is, besides stand basal area, temperature, and soil moisture, the fourth most important factor, affecting growth of the adult spruce stands. WIPFLER et al. present, that the stress, caused by today ozone concentrations, can cause potential decrease in diameter growth of adult spruce even in 22%. SKÄRBY et al. (2004) suppose possible 6% reduction of the spruce growth under today ozone load.

Recenzenti: Ing. J. Materna, CSc.  
Ing. J. Šantroch, CSc.

## PŘÍSPĚVEK K CHARAKTERISTIKÁM REGIONÁLNÍCH POPULACÍ - EKOTYPŮ BOROVICE LESNÍ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) V ČESKÉ REPUBLICE

### Towards the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) regional populations (ecotypes) characteristics in the Czech Republic

#### Abstract

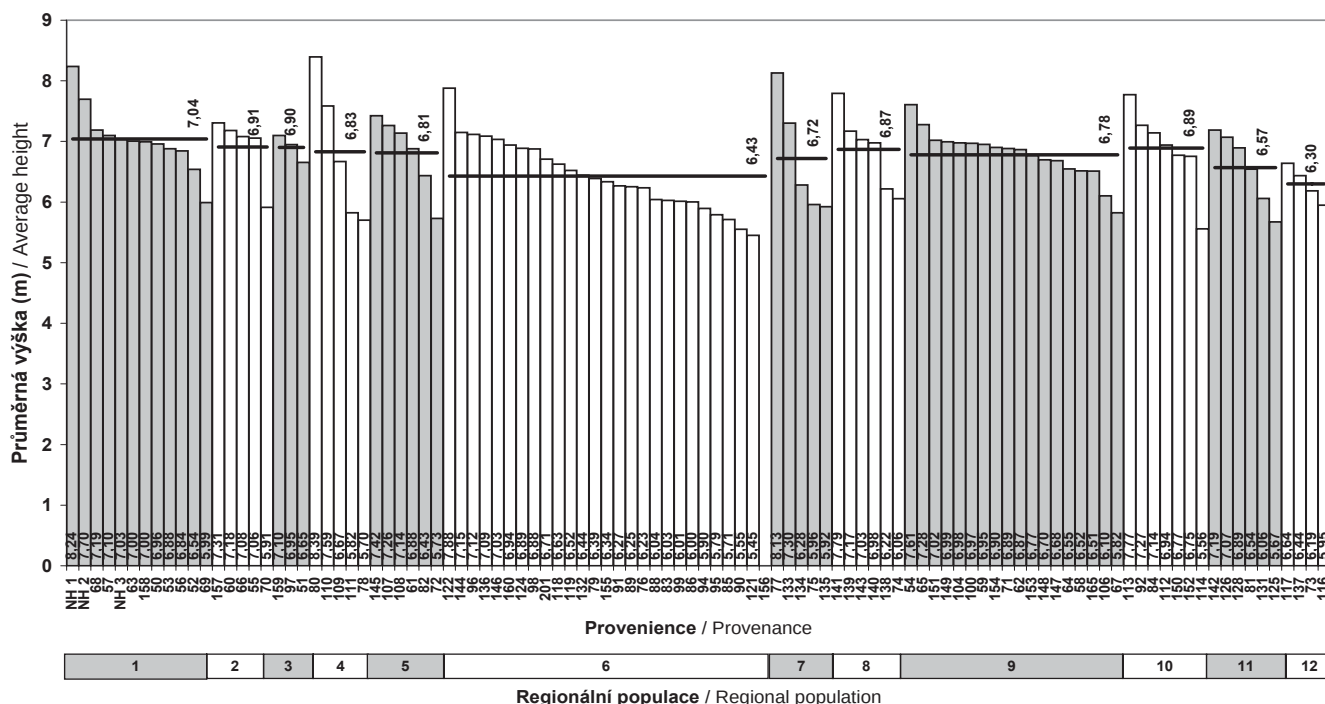
There are differentiated some regionally populations (ecotypes) of Scots pine in the Czech Republic, which were characterized on the base of empirical practice. According to observation of Scots pine partially population progenies on 5 research plots at the age of 17 years, their characteristics are verified.

**Klíčová slova:** borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.), ekotyp, Česká republika, semenářské oblasti, regionální populace  
**Key words:** Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), ecotype, Czech Republic, seed zones, regional populations

## PŮVODNÍ ZASTOUPENÍ BOROVICE LESNÍ V ČESKÉ REPUBLICE

SVOBODA (1953) rozčlenil dílčí populace borovice lesní, která má rozsáhlý areál původního rozšíření a zaujímá velkou část Evropy a severní Asie, na řadu klimatypů. Východiskem byla skutečnost, že borovice je dřevina velice proměnlivá, adaptovaná na rozmanité podmínky prostředí. Je proto jednou z nejlépe prostudovaných euroasijských lesních dřevin a souhrn existujících poznatků tak umožňoval vylíčení relativně zřetelně vyhraněných klimatypů. Pokud jde o základní klasifikaci, rozlišuje zmíněný autor borovici severskou s četnými klimatypy a dále borovici lesní

horskou. Ke klimatypům borovice horské řadí i borovici hercynskou. Tato kategorie představuje populace rostoucí v pahorkatinách a horských oblastech hercynsko-sudetského regionu České republiky. Borovice lesní se mohla v podmínkách České republiky uplatňovat jako původní dřevina jen ve víceméně specifických až extrémních podmínkách (odhad původního zastoupení pouze ca 3 až 4 % podle plochy, např. ŠINDELÁŘ 1995), hojněji pak v nižších polohách jako příměs v kyselých doubravách, např. v pískovcové severočeské oblasti, v lesních vegetačních stupních buku, jedle a smrku převážně jen na skalách, sutích nebo rašelinných půdách a rašeliništích. Ve společenstvech s přirozeným výskytem habru a dubu, ve vyšších polohách pak buku a jedle, případně i smrku, se borovice v přiroze-



Graf 1.

Průměrné výšky potomstev borovice lesní z ČR seřazené podle regionálních populací

Average heights of the Czech Republic Scots pine progenies arranged according to regional populations

**Tab. 1.**

Přehled regionálních populací borovice lesní podle SVOBODY (1953) upravený Šindelářem s uvedeným počtem zastoupených dílčích populací v ČR

Survey of Scots pine regional populations according to SVOBODA (1953), modified by Šindelář, with number of the Czech Republic partial populations represented

| Počet zastoupených dílčích populací z ČR<br>v regionálních populacích borovice lesní/<br>Number of the Czech Republic partial populations<br>represented in Scots pine regional populations |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 - jihočeská (třeboňská)                                                                                                                                                                   | 12 |
| 2 - šumavská                                                                                                                                                                                | 5  |
| 3 - západočeská                                                                                                                                                                             | 3  |
| 4 - polabská                                                                                                                                                                                | 5  |
| 5 - severočeská                                                                                                                                                                             | 6  |
| 6 - svratecká (oblast Českomoravské vrchoviny)                                                                                                                                              | 27 |
| 7 - záhorská (hodonínská)                                                                                                                                                                   | 5  |
| 8 - heraltická (oblast Nizkého Jeseníku)                                                                                                                                                    | 6  |
| 9 - středočeská                                                                                                                                                                             | 18 |
| 10 - východočeská (týnišťská)                                                                                                                                                               | 7  |
| 11 - středomoravská                                                                                                                                                                         | 6  |
| 12 - karpatská                                                                                                                                                                              | 4  |

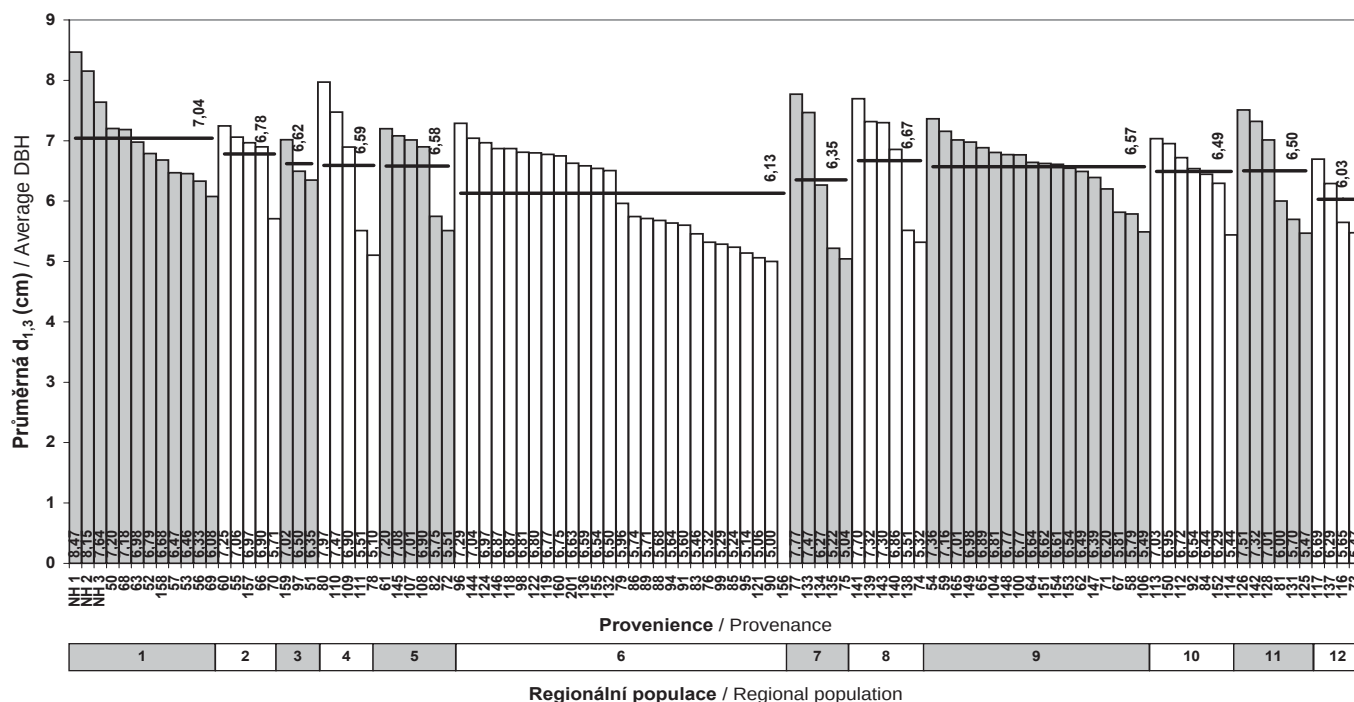
ných lesích mohla uplatnit jen jako krajní článek ve „stupni“ borů. Jde zejména o skalnaté hřbety a sutě na různých horninách (zvláště vápencích, dolomitech a hadcích), nejsušší pisky a rašeliniště, kde v některých oblastech vystupuje společně s *Pinus mugo*. Zbytky takovýchto reliktních borů se dosud zachovaly na řadě lokalit, počínaje bavorsko-saským Vogtlandem, dále na Chebsku, ve Slavkov-

ském lese, na Šumavě, Třeboňsku, v Polabí a jinde, na Moravě pak např. v serpentinitové oblasti Mohelna.

Lidskými vlivy, specificky pak lesním hospodařením zejména během posledních dvou století, byla borovice lesní v České republice značně rozšířena a vznikly tak menší i větší borové oblasti zejména na místech původních kyselých doubrav, které mohly v přirozeném složení obsahovat na zvláště chudých a suchých půdách určitou příměs borovice.

## REGIONÁLNÍ POPULACE (EKOTYPY) BOROVICE LESNÍ V ČR

V současnosti tvoří borovice lesní v České republice několik samostatných obvodů, sdružených většinou kolem původních hojnějších výskytů. V lesnické praxi jsou proto někdy vylišovány regionální populace, které se vyznačují určitými typickými vlastnostmi a jsou hodnoceny se zřetelem na některé růstové charakteristiky, příp. i jakost dřeva. Tyto populace se tak rozlišují a označují jako borovice jihočeská (třeboňská), která se cení zejména s ohledem na tvárnost kmene a jakost dřeva (stejněměrné letokruhy), dále např. borovice šumavská (stožeká), polabská, týnišťská (východočeská), západočeská, severočeská, na Moravě svratecká (oblast Českomoravské vrchoviny), heraltická (oblast Nizkého Jeseníku), záhorská (rohatecká, hodonínská), dále karpatská (z oblasti Ždánického lesa a nižších poloh Bílých Karpat). Tyto posledně jmenované oblastní populace borovice lesní se řadí již spíše k borovici karpatské, jejíž ostrůvkovitě výskyty jsou zastoupeny ve větším podílu ve Slovenské republice. Pokud jde o borovici lesní označovanou jako středočeská, jde zejména o lesní porosty této dřeviny v přírodních lesních oblastech 8 – Křivoklátsko a Český kras a 9 – Rakovnicko-kladenská pahorkatina se značným podílem borovice lesní v druhové skladbě

**Graf 2.**

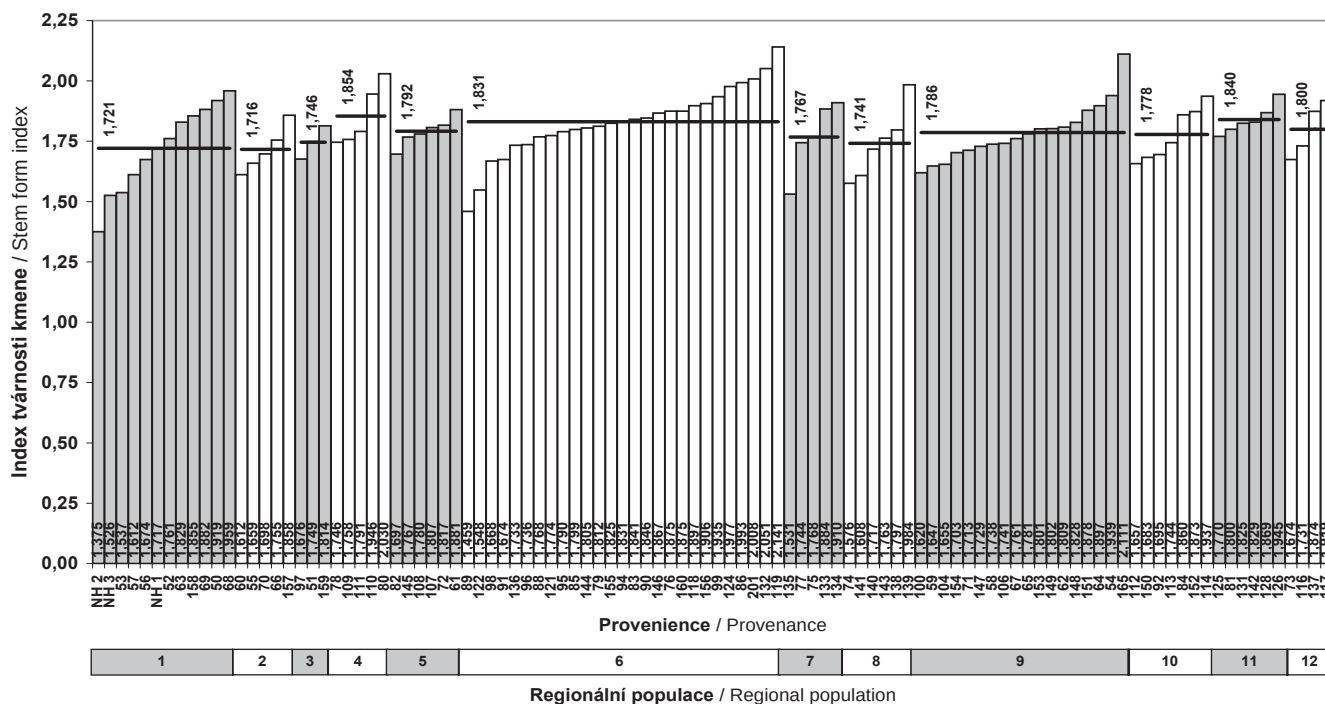
Průměrné výčetní tloušťky potomstev borovice lesní z ČR seřazené podle regionálních populací

Average DBH values of the Czech Republic Scots pine progenies arranged according to regional populations

Tab. 2.

Přehled bývalých semenářských oblastí borovice lesní s uvedením počtu zastoupených sledovaných jednotek  
Survey of former Scots pine seed zones with number of experimental units represented

| Semenářská oblast/Seed zone | PLO/Natural forest zone | Počet jednotek/ Number of units |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| I                           | západočeská             | 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11      |
| II                          | šumavská                | 12, 13, 14                      |
| III                         | třeboňská               | 15                              |
| IV                          | severočeská             | 5, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24   |
| V                           | východočeská            | 17                              |
| VI                          | středočeská             | 10                              |
| VII                         | Českomoravské vrchoviny | 16, 30, 31, 33                  |
| VIII                        | východosudetská         | 25, 26, 27, 28, 29, 32          |
| IX                          | beskydská               | 39, 40                          |
| X                           | jihomoravská            | 34, 35a, 36, 37, 38, 41         |
| XI                          | rohatecko - záhorská    | 35b                             |



Graf 3.

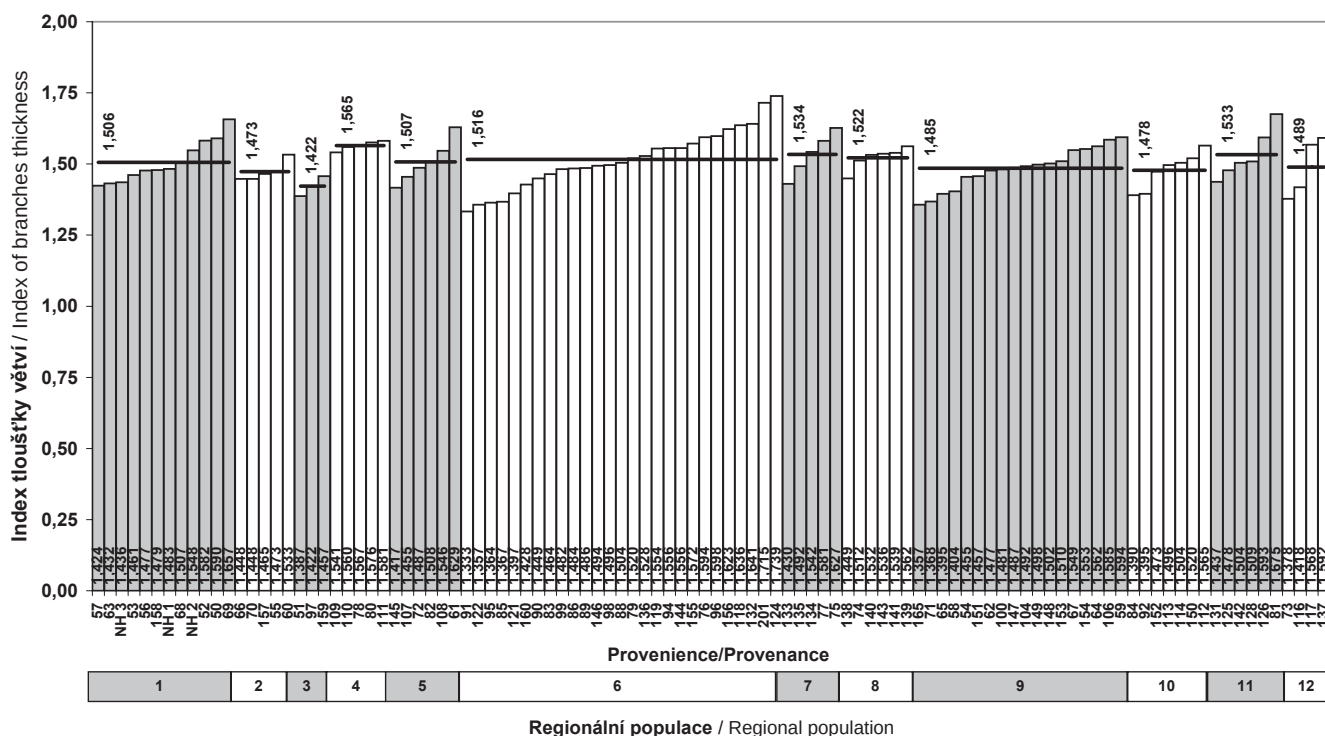
Průměrné indexy tvárnosti kmene potomstev borovice lesní z ČR seřazené podle regionálních populací  
Average stem form indexes of the Czech Republic Scots pine progenies arranged according to regional populations

lesních porostů, dále o některé části přírodní lesní oblasti 10 – Středočeská pahorkatina (např. Vlašimsko aj.). Jmenované obvody s výskyty borovice lesní, v některých případech s tradovanými charakteristickými vlastnostmi, nejsou ovšem zcela původní. V rámci lesního hospodářství byly zejména v souvislosti s tzv. borovou a smrkovou máníí do těchto lokalit zaváděny i některé populace cizího původu, např. z alpských oblastí, Pruska, Horního Porýní nebo z Panonské pánve, takže nynější rozšíření původní borovice je dnes již těžko identifikovatelné. V některých případech lze současné regionální

populace s ohledem na původ (i když většinou neznámý) a adaptaci na místní podmínky prostředí označit jako nezáměrně vzniklé kulturní odrůdy (např. borovice třeboňská, heraltická, rohatecká).

Regionální populace borovice lesní v České republice byly v minulosti již stručně charakterizovány (ŠINDELÁŘ 1981). V tomto případě byly ztotožněny se soubory porostů, rostoucími v předpokládaných semenářských oblastech. Semenářské oblasti byly později pro vybrané dřeviny (smrk ztepilý, borovici lesní a modřín opadavý) právně zakotveny ve Směrnících pro uznávání a zabezpečení





Graf 4.

Průměrné indexy tloušťky větví potomstev borovice lesní z ČR seřazené podle regionálních populací  
Average branches thickness indexes of the Czech Republic Scots pine progenies arranged according to regional populations

zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin a pro jeho přenos (1988) vydaných Ministerstvem zemědělství jako základní kritérium pro rajonizaci reprodukčního materiálu těchto dřevin. Ustanovení o semenářských oblastech bylo později zahrnuto i do vyhlášky MZe č. 82/1996 Sb., o genetické klasifikaci, obnově lesa, zalesňování a o evidenci při nakládání se semeny a sazenicemi lesních dřevin. V souvislosti s vydáním nové vyhlášky MZe č. 139/2004 Sb. byl systém semenářských oblastí zrušen, základní princip rajonizace reprodukčního materiálu však zůstal zachován s tím, že ustanovení o semenářských oblastech bylo nahrazeno možnými přesuny reprodukčního materiálu mezi jednotlivými přírodními lesními oblastmi.

O systematické zpracování a částečnou charakteristiku místních a regionálních populací (ekotypů, ekodemů) některých dřevin včetně borovice lesní se pokusil Ústav pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem. Interní elaborát byl využit při zařazování vylišených jednotek do bioregionů ČR (CULEK et al. 1996). Počet uváděných místních a regionálních populací borovice lesní je značný, přičemž kritéria pro jejich vylišení nejsou jednotná. S ohledem na tyto skutečnosti mohou být některé konkrétní případy předmětem diskusí.

Vedle regionálních populací borovice lesní vylišovaných na základě geografických charakteristik míst původu bývají navíc podle lesního vegetačního stupně, resp. nadmořské výšky lokality původu rozlišovány na jedné straně tzv. borovice pahorkatin a na druhé straně borovice náhorní (horská). Oba typy jsou charakterizovány zejména vlastnostmi kmene, koruny, příp. některými dalšími morfologickými charakteristikami, dále růstem a adaptací na podmínky prostředí.

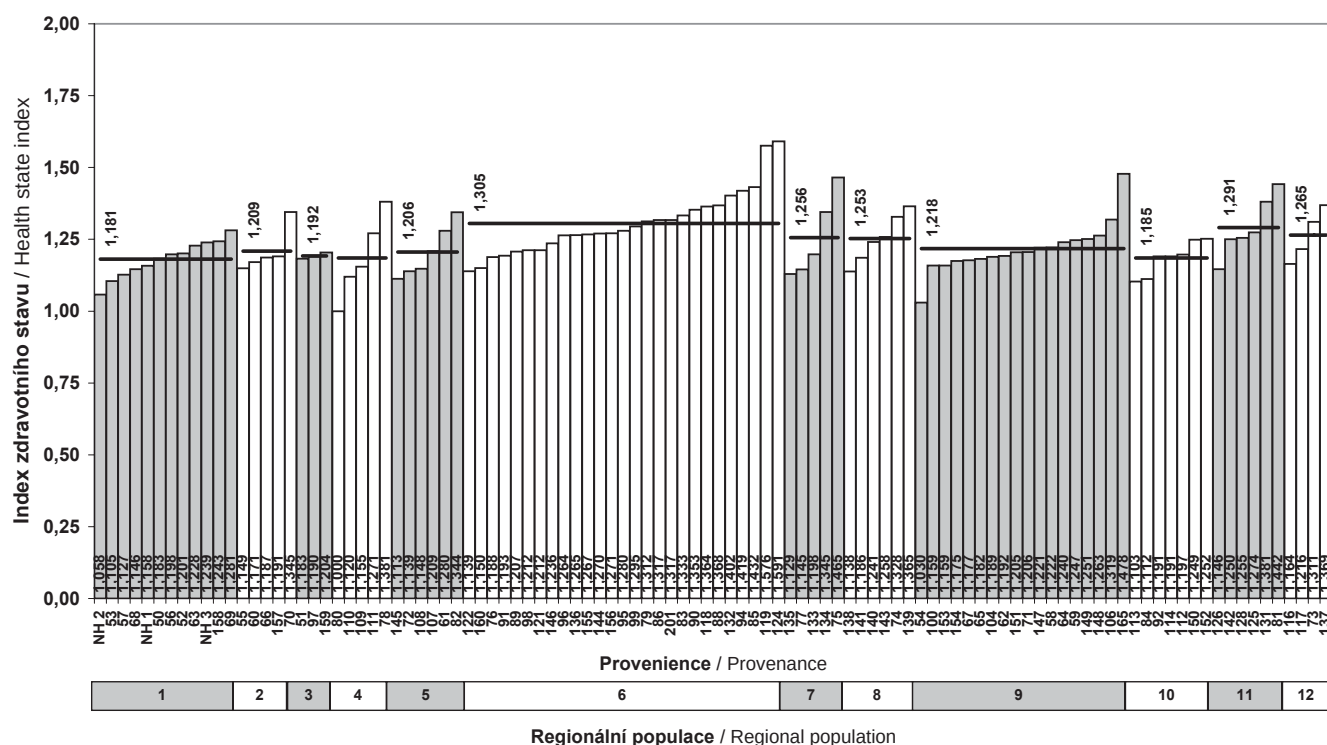
Tyto znaky lze do určité míry spojovat s ustanovením o vegetačním stupňovitosti původu zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin, především porostů uznaných ke sklizni semenného materiálu.

Na rozdíl od charakteristiky regionálních populací borovice lesní z roku 1981 jsou informace shrnuté v tomto příspěvku rozšířeny o výsledky pozorování výškového, resp. tloušťkového růstu a některých kvalitativních charakteristik kmene a koruny potomstev vybraných porostů jednotlivých regionálních populací (ekotypů) ve věku 17 let.



Foto 1.

Plocha č. 47 - Mělník, Dvorce (P. NOVOTNÝ, 2004)  
Plot no. 47 – Mělník, Dvorce (P. NOVOTNÝ, 2004)



## VÝZKUMNÉ PLOCHY S POTOMSTVY BOROVICE LESNÍ

Charakteristika výzkumných ploch, které jsou základem pro posouzení dílčích populací borovice lesní z hlediska jejich příslušnosti k regionálním populacím, byla již publikována (ŠINDELÁŘ, PÁV, HOFMAN 1991, ŠINDELÁŘ 1992) a bude podrobněji přiblížena i v následujícím čísle Zpráv lesnického výzkumu, kde bude uveřejněn samostatný příspěvek týkající se proměnlivosti borovice lesní na základě geografických charakteristik.

Značný podíl proveniencí z České republiky soustředěný na pěti ověřovacích výsadbách (foto 1 a 2) se zastoupením dílčích populací z 22 přírodních lesních oblastí umožňuje na základě výsledků pozorování do určité míry jejich rozčlenění podle předpokládaných a zejména v lesnické praxi tradovaných regionálních populací (tab. 1). Základem pro členění je pojetí SVOBODY (1953), které bylo s ohledem na disponibilní materiály v určitých případech doplněno na základě některých poznatků z poslední doby (např. v případě heraltické borovice z oblasti Nízkého Jeseníku). Jde celkem o 12 souborů, z nichž některé jsou v ověřovacích výsadbách zastoupeny relativně značným počtem dílčích populací, např. borovice jihočeská (12), svratecká (27), středočeská (18), jinde jde pouze o několik málo jednotek – západočeská (3), šumavská (5) aj.

Předkládaný příspěvek představuje pokus charakterizovat a hodnotit zmíněné soubory dílčích populací tak, jak jsou uvedeny v tabulce 2, a to na základě výškového růstu,  $d_{1,3}$ , tvárnosti kmene, tloušťky větvi a zdravotního stavu. Kvalitativní charakteristiky byly posuzovány podle tříčtných stupnic, ve kterých klasifikace 1 představuje optimální stav. Základem pro výzkum proměnlivosti borovice lesní je hodnocení potomstev 126 dílčích populací – porostů uznaných ke sklizni semenného materiálu z České republiky (104 mateřských porostů) a ze Slovenské republiky (22 jednotek), viz tabulka 3 a obrázek 1. Potomstva byla vysazena na pěti ověřovacích plochách v České republice a hodnocena ve věku 17 let.

## CHARAKTERISTIKA REGIONÁLNÍCH POPULACÍ

Regionální populace 1 – jihočeská (třeboňská) je ve výsadbách na výzkumných plochách zastoupena celkem 12 jednotkami – potomstvy porostů uznaných ke sklizni semenného materiálu. Jedná se převážně o soubor dílčích populací z přírodní lesní oblasti 15 – Jihočeské pánve (část východní – třeboňská), 2 jednotky pocházejí z PLO 16 – Českomoravská vrchovina, z lokalit v hraniční oblasti navazující na třeboňskou pánev, konečně 1 jednotka (69 – Milevsko, Ostrovec) pochází z PLO 10 – Středočeská pahorkatina. Třeboňská pánev je charakteristická geologickým podložím (převážně svrchnokřídové písky s pomístními překryvy mladších útvarů). Zvětráním geologického podloží vznikají většinou silně kyselé půdy, často ovlivňované vyšší hladinou podzemní vody. Na přechodových rašeliništích se vyskytují rašelinné půdy. Na krystalinických útvarech matečných hornin vznikají i půdy hlinitopísčité až skeletovité. S ohledem na značný podíl chudých písčitých půd a půd rašeliništních bylo i původní zastoupení borovice lesní v těchto podmínkách pravděpodobně značné. Borovice se vyskytovala většinou v typech kyselých doubrav a borových doubrav ve směsi s dubem, břízou, na podmačených a rašelinných půdách i se smrkem ztepilým.

Zastoupení borovice lesní v přírodní lesní oblasti 15 – Jihočeské pánve bylo 45,6 % v roce 2001 (Oblastní plány rozvoje lesů. Pří-

rodní lesní oblasti ČR. Stručný přehled – stav k 30. 6. 2001.). Je pochopitelné, že nejde ve všech případech o provenienci autochtonní, ale rovněž o provenienci cizího původu, které byly uplatňovány v souvislosti s holosečným hospodářstvím a následnou umělou obnovou. Potomstva, jejichž mateřské porosty pocházejí z lokalit s nadmořskou výškou 340 až 640 m n. m., převyšují průměrnou hodnotou ostatní regionální populace a to ve výškách i ve výčetních tloušťkách. Ukazatelé pro tvárnost kmene a zdravotní stav jsou vesměs nižší, než je tomu u ostatních regionálních populací, od nichž se tedy odchylují v pozitivním smyslu, u tloušťky větvi k předstihu vždy nedochází. Většina ukazatelů pozitivně předstihuje rovněž průměrné úrovně celého pokusu, pouze ukazatel pro tloušťku větvi se hodnotě průměru těsně blíží. Celkem lze konstatovat, že soubor potomstev dílčích populací, které lze zařadit do rámce regionální populace jihočeské – třeboňské, naznačuje ve srovnání s ostatními soubory z České republiky i v mladém věku nadprůměrné kvantitativní i kvalitativní ukazatele.

Takzvaná borovice šumavská (2) je v sortimentu soustředěném na výzkumných plochách zastoupena potomstvy pěti jednotek a to z lokalit 55 – Horní Planá, Boletice; 60 – Horšovský Týn, Mělnice; 66 – VLS Sušice, Křemelná; 70 – Tachov, Lesná a 157 – Český Krumlov, Nová Ves. Stanoviště mateřských porostů se pohybují v intervalu nadmořských výšek 490 – 990 m n. m. a lze je tedy zařadit do kategorie tzv. borovice náhorní. Borovice šumavská, s centry rozšíření v oblasti Vimperka a Horní Plané, označovaná také jako borovice stožeká, roste především v přírodních lesních oblastech 13 – Šumava, 12 – Předhoří Šumavy a Novohradských hor a částečně i v PLO 11 – Český les. Tyto přírodní lesní oblasti jsou z hlediska lesního prostředí charakterizovány v řadě publikací, mimo jiné např. v publikaci „Oblastní plány rozvoje lesů. Přírodní lesní oblasti ČR. Stručný přehled – stav k 30. 6. 2001“, která byla vydána v roce 2002 Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem. Na tento pramen lze v této souvislosti odkázat. Borovice se v uvedených přírodních lesních oblastech vyskytuje v současnosti v relativně dosti vysokém podílu – PLO 11 – Český les (7,0 %), 12 – Předhoří Šumavy a Novohradských hor (30,2 %) a 13 – Šumava (7,9 %). Zastoupení lze považovat za poměrně vysoké zejména s ohledem na převážný podíl středních a vyšších lesních vegetačních stupňů, především jedlobukového až smrkobukového a bukosmrkového. Borovice roste v těchto porostech až na výjimky (některé lokality v PLO 12) většinou jako složka nebo jen menší příměs smíšených porostů, zejména se smrkem ztepilým, částečně jedlí bělokorou a bukem lesním. S ohledem na lokality, které lze v některých případech ve středohorských polohách považovat pro borovici lesní až za extrémní, by bylo možno teoreticky předpokládat, a to i v mládí, pomalejší výškový a tloušťkový růst, poměrně dobrou tvárnost kmene a jemné ovětvení se zřetelem na převážné zastoupení této dřeviny ve smíšených porostech. Zdravotní stav by měl být poněkud horší, zejména se zřetelem na škody znečištěním ovzduší, které jsou ve vyšších polohách předmětných přírodních lesních oblastí zřetelné. Z připojených grafů 1 až 5 je patrné, že potomstva borovice „šumavské“ ve věku 17 let přirůstají na výzkumných plochách do výšky a výčetní tloušťky mírně nadprůměrně. Předstihují průměr celého pokusu a většinu ostatních regionálních populací. Ve znacích kvalitativních se sumární přehledy, které charakterizují tuto regionální populaci, pohybují mírně pod průměrem celého pokusu a jsou v řadě případů typické příznivějšími ukazateli než některé další porovnávané soubory.



Zatímco regionální populace 3 – západočeská, 4 – polabská a 5 – severočeská s relativně méně početným zastoupením potomstev se v kvantitativních i kvalitativních ukazatelích pohybují s výjimkou negativně se odchylojící tvárnosti kmene kolem průměru pokusu, předmětem zvýšené pozornosti může být regionální populace 6 – svratecká z PLO 16 – Českomoravská vrchovina. Velmi variabilní soubor „svratecké“ borovice je při syntetickém posuzování charakteristický zřetelně podprůměrným výškovým i tloušťkovým růstem. Kvalitativní ukazatelé vykazují v tvárnosti kmene a zdravotním stavu oproti průměru pokusu i ve srovnání s dalšími soubory regionálních populací horší úroveň, zatímco průměrná hodnota tloušťky větví se přibližuje průměru celého pokusu. Soubor svratecké borovice z Českomoravské vrchoviny je navíc charakteristický velmi značnou proměnlivostí, podobně jako ve většině dalších případů mimo jiné v důsledku uplatňování reprodukčního materiálu různého původu. Zastoupení borovice lesní bylo v roce 2001 v přírodní lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina 11 % a lze předpokládat, že by se i do budoucna mělo s ohledem na plánování relativně vysokého zastoupení smrku ztepilého, buku lesního, ale i jedle bělokoré udržovat přibližně na stejné úrovni.

V rámci výzkumu fenotypové proměnlivosti některých druhů lesních dřevin byla mimo jiné věnována pozornost a konstatována vysoká hospodářská hodnota borovice lesní v PLO 29 – Nízký Jeseník. V této přírodní lesní oblasti zachycující značnou část severní Moravy a jižní okraje Slezska, které jsou charakteristické většinou půdním typem kambizem, vzniklým větráním kulmských drob a břidlic, na některých lokalitách se sprašovými překryvy, má borovice lesní v porostech relativně malé zastoupení (4,4 %). Až na ojedinělé výjimky se vyskytuje jako příměs ve smíšených porostech smrku ztepilého, buku lesního, modřínu opadavého (sudetského ekotypu), v nižších polohách i dubu zimního a lípy velkolisté. Za centrum rozšíření lze považovat obvod nynější lesní správy Lesů České republiky Opava, zejména její jižní oblast – revír Velké Heraldice. S ohledem na tuto skutečnost je tato regionální populace označována jako „heraltická“ (8). V lesních porostech, kde borovice roste jako příměs, v některých případech i ve větším zastoupení, je vedle dobrého růstu a produkce charakteristická přímým kmenem a relativně jemným ovětvením. V sortimentu potomstev dílčích populací vysazených na výzkumných plochách je tato borovice zastoupena šesti jednotkami. V kvantitativních ukazatelích, tj. výškách a výčetních tloušťkách, převyšuje tato regionální populace jako soubor mírně průměr pokusu i řadu porovnávaných regionálních populací. Kvalitativní ukazatelé se pohybují těsně kolem průměru pokusu. I když je soubor relativně málo početný, je proměnlivost mezi jednotlivými zastoupenými potomstvy značná, např. u výškového růstu v mezích od 6,06 do 7,79 m.

V lesnické praxi se obvykle pozitivně hodnotí tzv. borovice východočeská, týništská (10), viz tabulku 1. Její výskyt je lokalizován na východní část PLO 17 – Polabí. Za centrum výskytu této regionální populace lze považovat lesní majetky (objekty) v prostoru Týniště nad Orlicí, Opočna (část) a Vysokého Chvojna. Geologický substrát tvoří převážně sedimenty křídových pískovců, vyskytují se i jíly, břidlice aj. Vedle toho se značným podílem uplatňují říční terasy, nivy větších řek a údolní nánosy potoků. Pokud jde o typy lesních půd, jsou rozmanité podle horninových substrátů. Z hlediska uplatnění borovice v druhové skladbě lesních porostů jsou významné podzoly a podzolované kambizemě na šterkopiscích a křídových pískovcích. Současné zastoupení borovice lesní v druhové sklad-

bě lesních porostů je značné (37 % porostní plochy). Tato dřevina se uplatňuje v západní i centrální části Polabí a je někdy souborně označována jako borovice „polabská“ (4). Borovice východočeská – týništská je typická pro východní část Polabí. Na výzkumných plochách se ve věku 17 let vyznačuje ukazateli, které se pohybují kolem průměru celého pokusu. Ve srovnání s ostatními regionálními populacemi se projevuje v celkovém průměru velmi dobrým zdravotním stavem. Na výzkumných plochách je zastoupena sedmi dílčími populacemi vesměs z prostoru Opočna, Týniště nad Orlicí a Vysokého Chvojna.

Pokud jde o ostatní „regionální“ populace borovice lesní, pak tzv. borovice záhorská (7), v literatuře a praxi též označovaná jako borovice hodonínská nebo rohatecká, zastoupená na srovnávacích plochách pěti potomstvy jednotek uznaných ke sklizni semenného materiálu, roste částečně ve formě nesmíšených porostů nebo ve směsi s listnáči, zejména dubem letním, habrem, břízou a lípou srdčitou, většinou na kyselých písčitých půdách zejména na šterkopiscích řeky Moravy v okolí Hodonína, Strážnice, Valtic a Poštorné. Pokud jde o potomstva pěti jednotek, vesměs z oblasti Strážnice, všechny průměrné ukazatele sledované na výzkumných plochách se pohybují ve velmi úzkých mezích kolem průměru pokusu.

Jako borovice středočeská (9) jsou označovány velmi proměnlivé populace z přírodních lesních oblastí 10 – Středočeská pahorkatina, 8 – Krivoklátsko a Český kras a dále 9 – Rakovnicko-kladenská pahorkatina. Velká variabilita populací, tedy i porostů uznaných ke sklizni semenného materiálu a v návaznosti i proměnlivost potomstev na výzkumných plochách, je podmíněna jednak tím, že jde většinou o populace neznámého původu a dále o proměnlivé ukazatele ekologických charakteristik, zejména lesních půd. „Středočeská“ borovice je na výzkumných plochách zastoupena celkem 18 jednotkami. Průměrné hodnoty ukazatelů sledovaných na výzkumných plochách (grafy 1 až 5) se při celkové značné proměnlivosti hodnot jednotlivých potomstev pohybují kolem průměru celého pokusu.

Analogické výsledky lze konstatovat i pro seskupení jednotek sdružených do souboru označovaného jako borovice středomoravská (11). V rámci této kategorie je zastoupeno celkem 6 potomstev. Matěřské porosty pocházejí z přírodních lesních oblastí 30 – Dražanská vrchovina a 31 – Českomoravské mezihorí. I v tomto případě je proměnlivost hlavně důsledkem toho, že jde vesměs o kulturní populace z umělé obnovy rozmanitého původu. Potomstva porostů a jejich souborů zařazených do této oblastní kategorie jsou charakteristická ve všech sledovaných ukazatelích (s výjimkou indexu zdravotního stavu) hodnotami, které se v úzkých mezích pohybují kolem průměru pokusu.

Populace borovice označované jako karpatské pocházejí z nižších poloh Bílých Karpat (přírodní lesní oblast 38 – Bílé Karpaty a Vízovické vrchy), především z prostoru kolem Brumova nad Vlárrou a Luhačovic. Jsou charakteristické zřetelně podprůměrnými hodnotami kvantitativních ukazatelů (výšky, výčetní tloušťky), zatímco charakteristiky kvalitativní se pohybují kolem průměru celého pokusu. Zastoupení borovice lesní, uplatňované v druhové skladbě lesních porostů vesměs uměle, bylo 12 % v roce 2001.

Analýzu charakteristik potomstev borovice lesní vysazených na výzkumných plochách lze se zřetelem na členění podle regionálních populací - ekotypů ve smyslu SVOBODY (1953) - stručně shrnout v dále uvedená konstatování. Pokud jde o proměnlivost průměrných veličin vypočtených pro jednotlivé regionální populace,



je variabilita mezi soubory jak v kvantitativních veličinách, tj. výškách a výčetních tloušťkách, tak v okulárně hodnocených kvalitativních ukazatelích relativně malá. Diference mezi maximální a minimální hodnotou je u výšek výrazně menší než 1 m, u výčetních tloušťek přibližně 1 cm. Pokud jde o tvárnost kmene a tloušťku větví, je rozdíl mezi minimem a maximem pouze 0,14 bonitačního stupně, u zdravotního stavu 0,12.

## ZÁVĚR

Pokud bychom měli na základě sledovaných znaků hodnotit jednotlivé regionální populace, pak v kvantitativních i kvalitativních ukazatelích vyniká soubor jednotek borovice 1 – jihočeské, třeboňské. Z hlediska hodnocení lze pak dále sestupně řadit potomstva borovice 2 – šumavské, 3 – západočeské a 8 – heraltické. Nejnížší výkonnost vykazují u kvantitativních znaků soubory dílčích populací ze střední a východní Moravy, tj. tzv. borovice 6 – svratecká, 11 – středomoravská a 12 – karpatská. Podobné pořadí lze registrovat i u charakteristik kvalitativních.

Významnou vlastností zkoumaného materiálu je velmi značná individuální proměnlivost nejen v rámci celého souboru ve všech zkoumaných charakteristikách, ale i v dílčích souborech podle regionálních populací. Diference jsou velmi výrazné a kolísají např. u výšek v rámci regionální populace 4 – polabská v mezích od 5,70 do 8,39 m, u výčetních tloušťek u regionální populace 7 – záhorská v intervalu 5,04 až 7,77 cm aj. Pokud jde o kvalitativní charakteristiky, pak u tvárnosti kmene se jeví maximální difference u regionální populace 6 – svratecká a to 1,46 až 2,14, tedy 0,68 klasifikačního stupně.

Tyto skutečnosti tedy naznačují značnou různorodost a tím i proměnlivost ověřovaných a hodnocených dílčích populací borovice lesní, resp. jejich potomstev, především s ohledem na to, že se jedná z největší části o potomstva kulturního, vesměs rozmanitého a neznámého původu. Tyto výsledky ukazují, že dosavadní postupy založené na logických předpokladech, zejména ekologických, mohou vést v lesnické praxi k relativně značně proměnlivým výsledkům. V této souvislosti vystupuje do popředí značný význam ověřování (testování) vybraných dílčích populací prostřednictvím jejich potomstev, selekce nejhodnotnějších jednotek se zařazením do kategorie testovaných a přednostní

využívání reprodukčního materiálu z těchto populací v lesnické praxi. Tento postup, který lze posuzovat jako metodu prakticky orientovaného šlechtění lesních dřevin, může přispět ke zvýšení stability a produkce lesních porostů.

Na základě výsledků měření a pozorování na ověřovacích plochách je možné pokusit se zaujmout stanovisko ještě k některým otázkám.

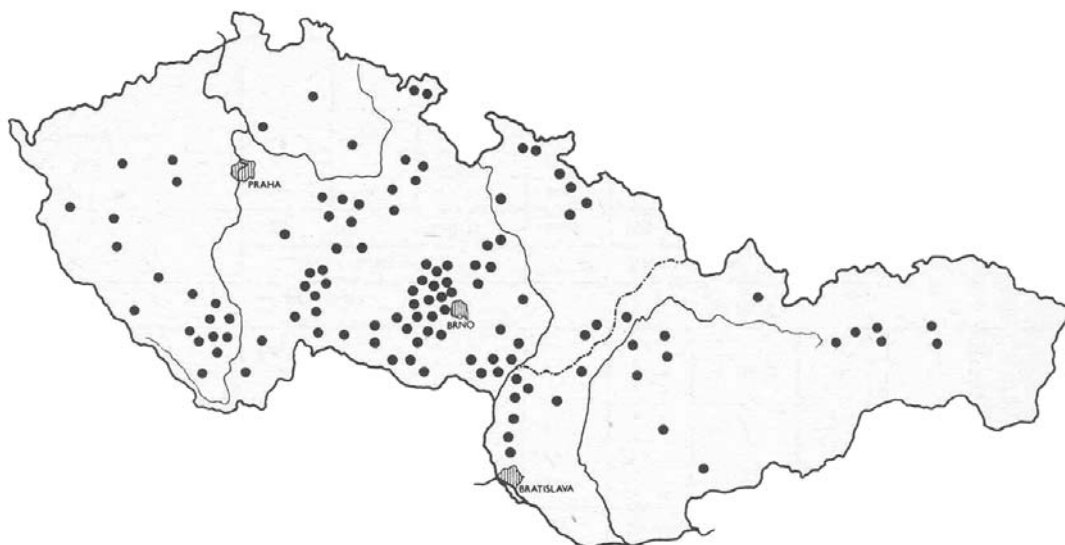
Výsledky šetření naznačují, že zejména se zřetelem na rozdílné ekologické podmínky regionů nelze na území České republiky a Slovenské republiky vyloučit existenci dvou rozdílných klimatypů borovice lesní v pojetí SVOBODY (1953) označovaných v lesnické praxi a literatuře jako borovice hercynská (*Pinus sylvestris hercynica* MÜNCH.) a borovice karpatská (*Pinus sylvestris carpatica* KLICKA). Ve věku 17 let jsou však potomstva relativně početných dílčích populací z těchto regionů, zastoupená na výzkumných plochách, v průměrných ukazatelích, které byly sledovány, jen málo rozdílná a to jak v kvantitativních ukazatelích (výškový a tloušťkový růst), tak i ve sledovaných morfologických charakteristikách kmene a koruny a ve zdravotním stavu.

S ohledem na rozdílnosti souborů potomstev z jednotlivých přírodních lesních oblastí, i když jsou difference v jednotlivých charakteristikách významné jen v některých případech, se považuje z praktického hlediska za možné nadále označovat ve smyslu SVOBODY (1953) vhodné regionální populace (borovice třeboňská, šumavská, východočeská, heraltická aj.).

Rozlišování borovice lesní tzv. nížinné, resp. pahorkatinné na straně jedné a borovice náhorní na straně druhé vyplývá zejména z porovnání a posuzování lesních porostů v dospělosti (růstový rytmus, druhová skladba porostů, charakteristika kmene a koruny). Některé rozdílnosti jsou však patrné i na ověřovacích plochách ve věku 17 let, zejména tendence pomalejšího růstu se stoupající nadmořskou výškou stanovišť mateřských porostů v rámci jednotlivých přírodních lesních oblastí.

### Poznámka:

Příspěvek vznikl s podporou výzkumného záměru MZe 0002070202 a výzkumného projektu NPV 1G46093 „Využití šlechtitelských metod při testování zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin“ řešeného ve VÚLHM Jíloviště-Strnady.



Obr. 1.

Lokality ověřovaných jednotek borovice lesní z ČR a SR

Localities of Scots pine verified units from the Czech Republic and Slovak Republic

Tab. 3.

Základní charakteristika jednotek zastoupených na plochách č. 47, 48, 49, 74 a 75

Basic characteristics of units represented in plots no. 47, 48, 49, 74 and 75

| Číslo provenience/<br>Provenance<br>no. | Provenience /<br>Provenance        | Země<br>původu/<br>Origin | Nadm.<br>výška/<br>Altitude<br>(m n. m.) | Region <sup>1)</sup> | Regionální<br>populace <sup>2)</sup> /<br>Regional<br>population | PLO/<br>Natural<br>forest<br>zone | Semenářská<br>oblast/<br>Seed zone | LVS/<br>Altitudinal<br>vegetation<br>zone |
|-----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1                                       | Habovka - Vitanová                 | Slovensko/Slovakia        | 720                                      | 6064                 |                                                                  | 33                                | 5                                  |                                           |
| 2                                       | Hrabušice - Koryto                 | Slovensko/Slovakia        | 680                                      | 6064                 |                                                                  | 29                                | 4                                  |                                           |
| 3                                       | Kláštorec pod Znievom - Slovany    | Slovensko/Slovakia        | 800                                      | 6064                 |                                                                  | 26                                | 2                                  |                                           |
| 4                                       | Poprad - Kvetnica                  | Slovensko/Slovakia        | 800                                      | 6064                 |                                                                  | 46                                | 2                                  |                                           |
| 5                                       | Povážska Bystrica - Trstie         | Slovensko/Slovakia        | 560                                      | 6063                 |                                                                  | 16                                | 5                                  |                                           |
| 6                                       | Spišské Podhradie - Spišské Vlachy | Slovensko/Slovakia        | 770                                      | 6061                 |                                                                  | 29                                | 4                                  |                                           |
| 7                                       | Spišské Podhradie - Branisko       | Slovensko/Slovakia        | 770                                      | 6061                 |                                                                  | 40                                | 4                                  |                                           |
| 8                                       | Stupava - Lozorno                  | Slovensko/Slovakia        | 200                                      | 6070                 |                                                                  | 13                                | 7                                  |                                           |
| 9                                       | Stupava - Vysoká pri Morave        | Slovensko/Slovakia        | 150                                      | 6070                 |                                                                  | 01                                | 7                                  |                                           |
| 10                                      | Šaštín-Stráže - Šaštín (1)         | Slovensko/Slovakia        | 200                                      | 6070                 |                                                                  | 01                                | 7                                  |                                           |
| 11                                      | Bánovce nad Bebravou - Uhrovec     | Slovensko/Slovakia        | 300                                      | 6070                 |                                                                  | 25                                | 5                                  |                                           |
| 12                                      | Humenné - Kamenica                 | Slovensko/Slovakia        | 340                                      | 6061                 |                                                                  | 30                                | 8                                  |                                           |
| 13                                      | Malacky - Lakšárska Nová Ves       | Slovensko/Slovakia        | 200                                      | 6070                 |                                                                  | 01                                | 7                                  |                                           |
| 14                                      | Modrý Kameň - Šaštín               | Slovensko/Slovakia        | 200                                      | 6070                 |                                                                  | 10                                | 8                                  |                                           |
| 15                                      | Nové Mesto nad Váhom - Vaďovce     | Slovensko/Slovakia        | 320                                      | 6070                 |                                                                  | 14                                | 5                                  |                                           |
| 16                                      | Piešťany - Planinka                | Slovensko/Slovakia        | 350                                      | 6070                 |                                                                  | 02                                | 8                                  |                                           |
| 17                                      | Prešov - Križovany                 | Slovensko/Slovakia        | 600                                      | 6061                 |                                                                  | 22                                | 4                                  |                                           |
| 18                                      | Rajecké Teplice - Rajec            | Slovensko/Slovakia        | 550                                      | 6070                 |                                                                  | 34                                | 5                                  |                                           |
| 19                                      | Topoľčany - Bojná                  | Slovensko/Slovakia        | 300                                      | 6070                 |                                                                  | 02                                | 8                                  |                                           |
| 20                                      | Trenčín - Omšenie                  | Slovensko/Slovakia        | 300                                      | 6070                 |                                                                  | 15                                | 5                                  |                                           |
| 21                                      | Šaštín-Stráže - Šaštín (2)         | Slovensko/Slovakia        | 200                                      | 6070                 |                                                                  | 01                                | 7                                  |                                           |
| 22                                      | Šaštín                             | Slovensko/Slovakia        | 200                                      | 6070                 |                                                                  | 01                                | 7                                  |                                           |
| 50                                      | Jindřichův Hradec - Lovětín        | ČR/CR                     | 505 - 640                                | 3130                 | 1                                                                | 16                                | VII                                | 4                                         |
| 51                                      | Žlutice - Smilov                   | ČR/CR                     | 540                                      | 3060                 | 3                                                                | 3                                 | I                                  | 4                                         |
| 52                                      | Jindřichův Hradec - Dírná          | ČR/CR                     | 485                                      | 3130                 | 1                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 53                                      | Jindřichův Hradec - Kolence        | ČR/CR                     | 436                                      | 3051                 | 1                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 54                                      | Rožmitál pod Třemšínem - Smolotely | ČR/CR                     | 340 - 450                                | 3120                 | 9                                                                | 10                                | I                                  | 3                                         |
| 55                                      | Horní Planá - Boletice             | ČR/CR                     | 590 - 990                                | 3054                 | 2                                                                | 12                                | II                                 | 6                                         |
| 56                                      | Třeboň - Hamr                      | ČR/CR                     | 445 - 460                                | 3054                 | 1                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 57                                      | Třeboň - Zámecké                   | ČR/CR                     | 440 - 460                                | 3054                 | 1                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 58                                      | Protivín - Skočice                 | ČR/CR                     | 400 - 580                                | 3120                 | 9                                                                | 12                                | II                                 | 4                                         |
| 59                                      | Protivín - Libějovice              | ČR/CR                     | 550                                      | 3120                 | 9                                                                | 15                                | III                                | 4                                         |
| 60                                      | Horšovský Týn - Mělnice            | ČR/CR                     | 490 - 540                                | 3054                 | 2                                                                | 6                                 | I                                  | 3                                         |
| 61                                      | Doksy - Valdštýn                   | ČR/CR                     | 320                                      | 3120                 | 5                                                                | 18                                | IV                                 | 1                                         |
| 62                                      | Nepomuk - Horažďovice              | ČR/CR                     | 530 - 680                                | 3054                 | 9                                                                | 10                                | VI                                 | 5                                         |
| 63                                      | Český Rudolec - Český Rudolec      | ČR/CR                     | 510 - 540                                | 3130                 | 1                                                                | 16                                | VII                                | 3                                         |
| 64                                      | Tábor - Strkov                     | ČR/CR                     | 430 - 440                                | 3130                 | 9                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 65                                      | Hluboká nad Vltavou - Nová Obora   | ČR/CR                     | 400 - 470                                | 3070                 | 9                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 66                                      | VLS Sušice - Křemelná              | ČR/CR                     | 820                                      | 3054                 | 2                                                                | 13                                | II                                 | 6                                         |
| 67                                      | Strakonice - Štěkeň                | ČR/CR                     | 410 - 450                                | 3120                 | 9                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 68                                      | Třeboň - Halámky                   | ČR/CR                     | 480                                      | 3054                 | 1                                                                | 15                                | III                                | 3                                         |
| 69                                      | Milevsko - Ostrovec                | ČR/CR                     | 340 - 375                                | 3070                 | 1                                                                | 10                                | VI                                 | 2                                         |
| 70                                      | Tachov - Lesná                     | ČR/CR                     | 530 - 650                                | 3054                 | 2                                                                | 11                                | I                                  | 5                                         |
| 71                                      | Lužná - Pšovky                     | ČR/CR                     | 380 - 429                                | 3070                 | 9                                                                | 9                                 | I                                  | 3                                         |
| 72                                      | Liberec - Sychrov                  | ČR/CR                     | 320 - 420                                | 3051                 | 5                                                                | 18                                | IV                                 | 2                                         |
| 73                                      | Kroměříž - Halenkovice             | ČR/CR                     | 290 - 320                                | 3140                 | 12                                                               | 36                                | X                                  | 1                                         |
| 74                                      | Jeseník - Mikulovice (I)           | ČR/CR                     | 370                                      | 3051                 | 8                                                                | 32                                | VIII                               | 2                                         |
| 75                                      | Strážnice - Soboňky (I)            | ČR/CR                     | 197 - 207                                | 6130                 | 7                                                                | 35                                | XI                                 | 1                                         |

|     |                                                  |       |           |      |    |    |      |   |
|-----|--------------------------------------------------|-------|-----------|------|----|----|------|---|
| 76  | Kuřim - Vohančice (1)                            | ČR/CR | 480       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 77  | Strážnice - Vracov (1)                           | ČR/CR | 195 - 200 | 6130 | 7  | 35 | XI   | 1 |
| 78  | Chlumec nad Cidlinou - Hlavečnick (1)            | ČR/CR | 210       | 3110 | 4  | 17 | V    | 1 |
| 79  | Rosice - Lukovany                                | ČR/CR | 420       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 80  | Chlumec nad Cidlinou - Kladruby (1)              | ČR/CR | 215       | 3130 | 4  | 17 | V    | 1 |
| 81  | Litovel - Mírov (1)                              | ČR/CR | 410       | 3140 | 11 | 31 | VII  | 3 |
| 82  | Broumov - Koruna (1)                             | ČR/CR | 460 - 500 | 3051 | 5  | 24 | IV   | 3 |
| 83  | Jaroměřice nad Rokytou - Dukovany                | ČR/CR | 300 - 390 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 2 |
| 84  | Vysoké Chvojno - Poběžovice u Holic (1)          | ČR/CR | 280       | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 85  | Náměšť nad Oslavou - Kladruby nad Oslavou (1)    | ČR/CR | 410 - 440 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 86  | Náměšť nad Oslavou - Kladruby nad Oslavou (2)    | ČR/CR | 420       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 88  | Jaroměřice nad Rokytou - Radkovic u Hrotovic (1) | ČR/CR | 410 - 490 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 89  | Kuřim - Doubravník                               | ČR/CR | 320       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 1 |
| 90  | Kuřim - Deblín                                   | ČR/CR | 490       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 91  | Ruda nad Moravou - Ruda nad Moravou              | ČR/CR | 420       | 3051 | 6  | 28 | VIII | 3 |
| 92  | Opočno - Týniště nad Orlicí (1)                  | ČR/CR | 260 - 270 | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 94  | Telč - Horní Dubenky (1)                         | ČR/CR | 615       | 3130 | 6  | 16 | VII  | 5 |
| 95  | Lomnice - Dolní Rožinka                          | ČR/CR | 500 - 530 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 96  | Lomnice                                          | ČR/CR | 515       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 97  | Stříbro - Sulislav                               | ČR/CR | 380 - 450 | 3060 | 3  | 6  | I    | 3 |
| 98  | Znojmo - Višňové                                 | ČR/CR | 330 - 350 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 1 |
| 99  | Rosice - Oslavany                                | ČR/CR | 320 - 350 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 1 |
| 100 | Petrohrad - Kryry (1)                            | ČR/CR | 400       | 3120 | 9  | 9  | I    | 3 |
| 104 | Konopiště - Neveklov                             | ČR/CR | 340 - 450 | 3070 | 9  | 10 | VI   | 3 |
| 106 | Petrohrad - Kryry (2)                            | ČR/CR | 400       | 3120 | 9  | 9  | I    | 3 |
| 107 | Broumov - Koruna (2)                             | ČR/CR | 460 - 500 | 3051 | 5  | 24 | IV   | 3 |
| 108 | Dvůr Králové - Kocbeře                           | ČR/CR | 470 - 495 | 3120 | 5  | 23 | IV   | 3 |
| 109 | Chlumec nad Cidlinou - Štít                      | ČR/CR | 217       | 3110 | 4  | 17 | V    | 1 |
| 110 | Chlumec nad Cidlinou - Kladruby (2)              | ČR/CR | 210       | 3110 | 4  | 17 | V    | 1 |
| 111 | Chlumec nad Cidlinou - Hlavečnick (2)            | ČR/CR | 210       | 3110 | 4  | 17 | V    | 1 |
| 112 | Opočno - Týniště nad Orlicí (2)                  | ČR/CR | 270       | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 113 | Opočno - Bědovice                                | ČR/CR | 260 - 270 | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 114 | Vysoké Chvojno - Poběžovice u Holic (2)          | ČR/CR | 280 - 320 | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 116 | Brumov - Slavičín (1)                            | ČR/CR | 370 - 420 | 6130 | 12 | 38 | X    | 3 |
| 117 | Brumov - Slavičín (2)                            | ČR/CR | 370 - 420 | 6130 | 12 | 38 | X    | 3 |
| 118 | Jaroměřice nad Rokytou - Radkovic u Hrotovic (2) | ČR/CR | 410 - 490 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 119 | Buchlovice - Kvasice                             | ČR/CR | 300 - 320 | 6130 | 6  | 36 | X    | 1 |
| 121 | Kuřim - Svinošice                                | ČR/CR | 350       | 3130 | 6  | 30 | VII  | 2 |
| 122 | Kuřim - Vohančice (2)                            | ČR/CR | 420       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 124 | Nové Město na Moravě - Horní Rožinka             | ČR/CR | 500 - 530 | 3130 | 6  | 16 | VII  | 3 |
| 125 | Prostějov - Ptení (1)                            | ČR/CR | 400 - 470 | 3140 | 11 | 30 | VII  | 3 |
| 126 | Prostějov - Seloutky                             | ČR/CR | 225 - 230 | 3140 | 11 | 30 | VII  | 1 |
| 128 | Prostějov - Ptení (2)                            | ČR/CR | 400 - 470 | 3140 | 11 | 30 | VII  | 3 |
| 131 | Rájec-Jestřebí - Punkva                          | ČR/CR | 470 - 480 | 3140 | 11 | 30 | VII  | 3 |
| 132 | Náměšť nad Oslavou - Lukovany                    | ČR/CR | 420       | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 133 | Strážnice                                        | ČR/CR | 205       | 6130 | 7  | 35 | XI   | 1 |
| 134 | Strážnice - Vracov (2)                           | ČR/CR | 200 - 215 | 6130 | 7  | 35 | XI   | 1 |
| 135 | Strážnice - Soboňky (2)                          | ČR/CR | 197 - 208 | 6130 | 7  | 35 | XI   | 1 |
| 136 | Telč - Horní Dubenky (2)                         | ČR/CR | 615       | 3130 | 6  | 16 | VII  | 5 |
| 137 | Luhačovice - Malenovice                          | ČR/CR | 240 - 340 | 6130 | 12 | 38 | X    | 1 |
| 138 | Hradec nad Moravicí - Bor                        | ČR/CR | 270 - 280 | 3051 | 8  | 29 | VIII | 1 |
| 139 | Jeseník - Mikulovice (2)                         | ČR/CR | 370       | 3051 | 8  | 32 | VIII | 2 |
| 140 | Krnov - Cvilín (1)                               | ČR/CR | 330 - 340 | 3051 | 8  | 32 | VIII | 1 |
| 141 | Krnov - Cvilín (2)                               | ČR/CR | 380 - 400 | 3051 | 8  | 32 | VIII | 2 |

|      |                                         |       |           |      |    |    |      |   |
|------|-----------------------------------------|-------|-----------|------|----|----|------|---|
| 142  | Litovel - Mírov (2)                     | ČR/CR | 410       | 3140 | 11 | 31 | VII  | 3 |
| 143  | Opava - Chuchelná                       | ČR/CR | 250       | 3054 | 8  | 32 | VIII | 1 |
| 144  | Jemnice - Kosová                        | ČR/CR | 470 - 530 | 3054 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 145  | Lomnice nad Popelkou - Střeleč          | ČR/CR | 300 - 310 | 3130 | 5  | 18 | IV   | 1 |
| 146  | Přibyslav - Nové Veselí                 | ČR/CR | 550 - 575 | 3130 | 6  | 16 | VII  | 4 |
| 147  | Písek - Údraž                           | ČR/CR | 420       | 3070 | 9  | 10 | VI   | 3 |
| 148  | Písek - Nová Ves                        | ČR/CR | 450       | 3070 | 9  | 10 | VI   | 3 |
| 149  | Písek - Ostrovec                        | ČR/CR | 340 - 375 | 3070 | 9  | 10 | VI   | 2 |
| 150  | Vysoké Chvojno - Poběžovice u Holic (3) | ČR/CR | 280 - 320 | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 151  | Ronov nad Doubravou - Chlumeck          | ČR/CR | 400 - 480 | 3070 | 9  | 10 | VI   | 3 |
| 152  | Vysoké Chvojno - Svinary                | ČR/CR | 249 - 255 | 3110 | 10 | 17 | V    | 1 |
| 153  | Kácov - Psáře                           | ČR/CR | 440       | 3070 | 9  | 10 | VI   | 3 |
| 154  | Ronov nad Doubravou - Morašice          | ČR/CR | 300       | 3070 | 9  | 10 | VI   | 1 |
| 155  | Znojmo - Zálesí                         | ČR/CR | 380 - 430 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 156  | Znojmo - Čížov                          | ČR/CR | 400 - 450 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| 157  | Český Krumlov - Nová Ves                | ČR/CR | 500       | 3054 | 2  | 12 | II   | 3 |
| 158  | Tábor - Černice                         | ČR/CR | 435 - 475 | 3070 | 1  | 15 | III  | 3 |
| 159  | Červené Poříčí - Merklín                | ČR/CR | 380 - 450 | 3060 | 3  | 6  | I    | 3 |
| 160  | Český Rudolec - Lipnice                 | ČR/CR | 550 - 600 | 3130 | 6  | 16 | VII  | 4 |
| 165  | Písek - Hůrky - Obůrka                  | ČR/CR | 450       | 3070 | 9  | 15 | III  | 3 |
| 201  | Kuřim                                   | ČR/CR | 350 - 420 | 3130 | 6  | 33 | VII  | 3 |
| NH 1 | Třeboň, Zámecký                         | ČR/CR | 450       | 3031 | 1  | 15 | III  | 3 |
| NH 2 | Třeboň, Staňkov                         | ČR/CR | 450       | 3031 | 1  | 15 | III  | 3 |
| NH 3 | Nové Hradky, Jakule                     | ČR/CR | 470       | 3031 | 1  | 15 | III  | 3 |

1) Podle RUBNER et REINHOLD (1953) / According to Rubner et Reinhold (1953)

2) Podle SVOBODY (1953), upraveno ŠINDELÁŘ (2003)/According to SVOBODA (1953), modified by ŠINDELÁŘ (2003)



## LITERATURA

- CULEK, M. et al.: Biogeografické členění České republiky. Praha, ENIGMA 1996. 347 s.
- Oblastní plány rozvoje lesů. Přírodní lesní oblasti ČR. Stručný přehled – stav k 30. 6. 2001. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce 2002. 104 s.
- Směrnice pro uznávání a zabezpečení zdrojů reprodukčního materiálu lesních dřevin a pro jeho přenos. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství a dřevozpracujícího průmyslu ČSR, 1988. 22 s., přílohy.
- SVOBODA, P.: Lesní dřeviny a jejich porosty. Část I. Praha, SZN 1953. 411 s.
- ŠINDELÁŘ, J.: Stručný přehled některých nových poznatků o ekotypu borovice lesní *Pinus sylvestris* L. v ČSSR. Zprávy lesnického výzkumu, 26, 1981, č. 2, s. 3-7.
- ŠINDELÁŘ, J.: Orientační představa o původním druhovém složení lesů na území České republiky. Lesnictví-Forestry, 41, 1995, č. 6, s. 293-299.
- ŠINDELÁŘ, J.: Proměnlivost borovice lesní (*Pinus sylvestris* L.) na území České a Slovenské republiky z hlediska rajonizace reprodukčního materiálu. Lesnický průvodce, 1992, č. 2, 58 s., přílohy.
- ŠINDELÁŘ, J., PÁV, B., HOFMAN, V.: Brief survey of new findings of the variability of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in the CSFR. Communicationes Instituti Forestalis Cechoslovaca, 17, 1991, s. 7-22.
- Vyhláška MZe ČR č. 82/1996 Sb., o genetické klasifikaci, obnově lesa, zalesňování a o evidenci při nakládání se semeny a sazenicemi lesních dřevin. In: Zákon o lesích a příslušné vyhlášky. Praktická příručka, 2003, č. 48, s. 39-54.
- Vyhláška MZe ČR č. 139/2004 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o přenosu semen a sazenic lesních dřevin, o evidenci o původu reprodukčního materiálu a podrobnosti o obnově lesních porostů a o zalesňování pozemků prohlášených za pozemky určené k plnění funkcí lesa. Sbírka zákonů Česká republika, 2004, č. 46, s. 1955-1963.

### Towards the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) regional populations (ecotypes) characteristics in the Czech Republic

#### Summary

At present, Scots pine presentation consists in several independent limits having mostly been concentrated around Scots pine original numerous occurrence localities, in the Czech Republic. From this reason, regional populations of some typical traits (growth characteristics, wood quality, etc.) used to be occasionally identified in forest management.

Presented paper contains description of these regional populations characteristics, together with results both of height and DBH growth evaluation, including results of some qualitative characteristics (stem and crown form) evaluation. Altogether, there have been evaluated progenies of 126 Czech and Slovak partial populations, which represent 12 of mentioned regional populations (ecotypes). These progenies had been planted on five research plots, in the Czech Republic.

As for variability of individual regional populations, it has been found as relatively small for both quantitative and qualitative characteristics, at the age of 17 years. Differences between maximal and minimal values of height growth have been found as lower than 1 m, or 1 cm in case of DBH evaluation, respectively. As for stem form and thickness of branches, there has been found difference between minimum and maximum values in sense of site index 0.14, and 0.12 in case of health state evaluation. From the viewpoint of individual regional populations' evaluation, there exceeded in both quantitative and qualitative characteristics especially following populations: no. 1. South Bohemian pine (Třeboň pine), no. 2. Bohemian Forest pine, no. 3. Western Bohemian pine and no. 8. Hrástice pine. The lowest performance has been found in case of populations no. 6. Svratecká pine, no. 11. Middle Moravian pine and no. 12. Carpathian pine. Similar order of populations has been registered in case of just qualitative characteristics evaluation, too. Considerable individual variability in case of all tested characteristics, it has been found as the important characteristics, not only in the frame of whole populations set, but in case for partial sets of regional populations, as well.

These findings have indicated considerable heterogeneity of Scots pine partial populations, having been tested and evaluated in experiment. The main reason of this consists in fact, that progenies of cultural origin used to be often tested. Obtained results have pointed, that previous methodological principals based especially on ecological presumptions could bring very variable results, in forest practice. In this connection, verification of selected partial populations by testing of their progenies, selection of the most valuable units and their enlistment to category of tested (verified) units, together with preferential using of reproduction material from these populations, used to be characterized as methodology of still growing importance, in forest management. It is possible to characterize these methodological principles as way of practically oriented breeding and improvement of forest tree species, which can contribute to increasing stability and production of forest stands.

Recenzováno

## PŘÍSPĚVEK K PROBLEMATICE DRUHOVÉ SKLADBY LESNÍCH POROSTŮ SE ZVLÁŠTNÍM ZŘETELEM K DŘEVINÁM MELIORAČNÍM A ZPEVNŮJÍCÍM

### Towards a forest stands species composition in consideration of soil-improving and reinforcement forest tree species

#### Abstract

Biologically conditioned traits of individual forest tree species (especially growth rate, both intraspecific and interspecific competition ability, shading tolerance, vitality, sprouting capacity, natural regeneration ability, etc.) are the basic criterion for their use in forest stands. Soil-improving and reinforcement function of forest tree species, especially its effectiveness, is contingent not only on their quantitative composition, but also on their both structure and texture allocation in forest ecosystems. In paper presented, there is taken a course both to soil-improving and reinforcement function of forest tree species, and to problems of appropriate way to create stand mixtures, in connection with need to ensure desirable diversity of forest tree species.

**Klíčová slova:** lesní dřeviny, struktura a textura lesních porostů, meliorační a zpevňující funkce, lesní ekosystémy, druhová diverzita

**Key words:** forest tree species, structure and texture of forest stands, soil-improving and reinforcement function, forest ecosystems, species diversity

#### ÚVOD

Základním kritériem způsobu uplatňování jednotlivých dřevin v lesních porostech jsou jejich biologicky podmíněné vlastnosti, zejména rychlost růstu, vnitrodruhová i mezidruhová konkurenční schopnost, schopnost snášet zástín, dočasně či trvale vegetovat v porostní meziúrovni až podúrovni, výmladnost, schopnost vytvářet podmínky pro přirozenou reprodukci aj. Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin jsou zejména z hlediska své účinnosti podmíněny nejen kvantitativním zastoupením, ale i strukturálním a texturálním rozmištěním těchto dřevin v lesních ekosystémech. V příspěvku je věnována pozornost jak jednotlivým melioračním a zpevňujícím funkcím lesních dřevin, tak i problematice vhodného způsobu tvorby porostních směsí ve vztahu k potřebě zajištění žádoucí druhové diverzity dřevin.

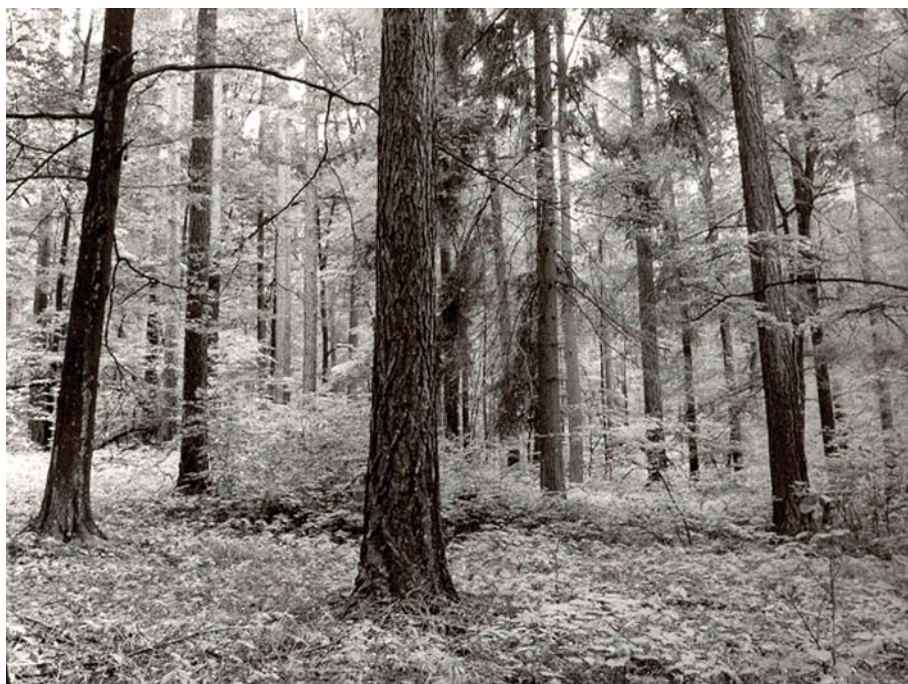
#### MECHANISMY PŮSOBNÍ MELIORAČNÍ A ZPEVNŮJÍCÍ FUNKCE LESNÍCH DŘEVIN

Meliorační funkce lesních dřevin je v užším smyslu většinou chápána jako schopnost zlepšování půdních podmínek především opadem, zejména asimilačních orgánů. Dochází k obohacování svrchních půdních vrstev o některé především dusíkaté živné látky a současně i k indukci humifikačních procesů vhodného druhu ve svrchních půdních vrstvách. Důsledkem toho je zlepšování předpokladů pro výživu lesních porostů a souběžně tak i pozitivní ovlivňování zdravotního stavu a přírůstu. Další kladný vliv melioračních dřevin, zvláště těch, které jsou z tohoto hlediska zvláště účinné (lípy, habr, buk), je dán jejich vhodným působením na lesní prostředí, zejména pokud jde o porostní klima. Vytvářejí se tak vhodné podmínky pro čištění kmenů stromů od suchých větví a urychlení rozkladných procesů jejich opadu a dochází i ke zlepšování kvality produkované biomasy a vyšší potenciální produkci hodnotných sortimentů. Pokud jde o poměry půdní, nelze v souvislosti s melioračními dřevinami opomenout možnosti zlepšování fyzikálních vlastností lesních půd s ohledem na více či méně účinné prokořeňování těmito dřevinami. Za určitý smysl

a efekt příměsí lesních dřevin, tedy i druhů melioračního charakteru, ve vztahu k dřevinám hlavním, lze považovat i zvýšení diverzity v nejširším smyslu, tedy druhové, pokud jde o dřeviny a další organismy, ale i ekologické, zejména v rámci struktury a textury lesních porostů. Vyšší stupeň diverzity v lesních ekosystémech bývá většinou spojen i se zlepšováním alespoň některých složek porostního prostředí a dále v řadě případů i s vyšší stabilitou.

Problematika dřevin se zpevňující funkcí v lesních porostech je komplikovaná, neboť existuje řada škodlivých faktorů abiotických, biotických a antropogenních, které ohrožují a poškozují jednotlivé stromy a celé porosty specifickými způsoby. Jestliže se obecně uvažuje o zpevňující funkci lesních dřevin, jde v první řadě o odolnost k působení vzdušného proudění – větru. Tato primární orientace je v lesním hospodářství České republiky pochopitelná s ohledem na to, že největší podíl škod představují vývraty a polomy v lesních porostech smrkových nebo převážně smrkových, které v současnosti na území ČR převládají. Pokud jde o jednotlivé druhy dřevin, které mohou jako příměs ve smrkových porostech přispívat ke zpevnění proti působení větru, jde převážně o dřeviny relativně hluboko kořenící a tím i stabilní. Ke stabilitě lesních porostů může u některých druhů dřevin dále přispívat i vhodné uvolňování korun a relativně značná pevnost dřeva, zejména v ohybu. Ke dřevinám, které mohou splňovat tyto podmínky, lze s menšími či většími výhradami zařadit prakticky všechny ostatní domácí dřeviny jehličnaté a dále některé listnáče. Z nich jako příměs do porostů, kde na základě stanovištních podmínek má představovat významnou druhovou složku smrk ztepilý, přicházejí v úvahu jako druhy podmíněně zpevňující buk lesní, javor klen, v lesních vegetačních stupních dubobukovém a bukovém může přicházet v úvahu i dub, zpravidla zimní.

Dalším významným škodlivým faktorem, který působí v podmínkách České republiky značné škody na lesních porostech, hlavně s převahou smrku, ale i borovice a částečně i modřínu a některých dalších druhů, patří sněhový tlak, resp. zátěž mokrým sněhem. V těchto případech přicházejí v úvahu jako zpevňující dřeviny zejména některé listnáče, které v době vegetačního klidu, jsou-li v porostech smrkových nebo borových přimíšeny jednotlivě až v hloučcích,



**Foto 1.**

Smíšený porost smrku ztepilého, modřínu opadavého, dubu zimního, lípy srdčité ve stadiu obnovy. Porost vyhovující z hlediska produkce, stability i půdních poměrů. LHC Znojmo, revír Kravsko

Mixed stand with Norway spruce, European larch, sessile oak, small-leaved linden in regeneration stage. This stand is convenient from viewpoint of production, stability and soil conditions. Working-plan area Znojmo, forest district Kravsko

případně i v menších skupinách, propouštějí částečně sníh a zabráňují tím do určité míry vzniku souvislých sněhových vrstev. Listnaté dřeviny, zejména relativně husté mlaziny, tyčkoviny a další převážně mladé porosty, bývají sněhovým tlakem ohroženy a mnohdy výrazně poškozovány zejména tehdy, jestliže mokrá sněžná pokrývka ve větším množství napadne v pozdním podzimu nebo na začátku zimy v období, kdy ještě neproběhl opad listů, eventuálně, spíše výjimečně, v jarním období po vyrašení listů. Z listnáčů jsou ohrožovány zejména duby, které déle, až do zimy, podržují často listy v korunách. Pokud jde o mechanismus zátěže kmene a korun stromů, uplatňuje se dále námraza a ledovka. I když i v těchto případech patří ke dřevinám zvláště ohroženým opět smrk ztepilý a borovice lesní, mohou být při extrémní tvorbě těchto hydrometeorologických útvarů ohroženy i další dřeviny. Z jehličnanů jde zejména o modřín opadavý a dále pak o dřeviny listnaté. Jako příklad lze uvést právě škody působené chronicky námrazou a ledovkou v modřínových porostech nebo na modříněch rostoucích jako příměs v lesních porostech v oblasti Krušných hor.

Pokud jde o škody působené biotickými faktory (hmyz, parazitické houby), nelze zpravidla specifikovat některé druhy dřevin jako vysloveně zpevňující. Určitým, a to významným předpokladem zvýšené odolnosti lesních porostů, resp. celých ekosystémů, je dostatečná biodiverzita, tj. zakládání a pěstování smíšených porostů v souladu s místními ekologickými předpoklady. Jestliže v těchto případech je určitým škodlivým faktorem poškozena jedna nebo dvě dřeviny ze souboru druhů tvořících porosty, nedochází i při letálním poškození k úplnému, nýbrž jen částečnému rozpadu lesních porostů. Nenastává tak vznik větších souvislých holin, přičemž rekonstrukce

a obnova poškozených porostů je zpravidla snadnější a méně nákladná ve srovnání s analogickými pracemi na větších souvislých holých plochách. I když v podmínkách České republiky mohou být a bývají hmyzími škůdci a chorobami napadány a poškozovány jak dřeviny jehličnaté, tak i listnaté, jsou listnáče, snad s výjimkou dubů, méně ohrožovány a poškozovány než druhy jehličnaté, zejména smrk ztepilý a borovice lesní. Z naznačených důvodů je proto v převážně borových a smrkových lesních porostech podle stanovištních podmínek žádoucí vhodné přiměřené zastoupení listnáčů. Pokud jde o škody působené spárkatou zvěří loupáním zejména v porostech smrku ztepilého, také zde se jako prevence výrazných až totálních destrukcí uplatňuje přiměřená druhová diverzita, tj. zakládání smíšených porostů.

K významným abiotickým škodlivým vlivům, které působí na lesy střední Evropy, patří, i když s méně výrazným projevem než v lesích boreálních oblastí, lesní požáry. V našich podmínkách jsou opět v největší míře ohrožovány lesní porosty jehličnaté nebo převážně jehličnaté, tj. především smrkové a borové. Ohrožení je variabilní mimo jiné i podle vývojového stadia lesních porostů. V oblastech, kde je nebezpečí vzniku lesních požárů zvláště výrazné, jsou obvykle již v souvislosti s obnovou a zakládáním lesních porostů do systému zařazovány protipožární pásy. Pro jejich tvorbu v žádoucím směru (zpravidla kolmo na převládající vítr) jsou v závislosti na šířce a rozestupu pásů voleny vesměs listnaté lesní dřeviny, se zřetelem na místní ekologické podmínky. Naznačeným způsobem se postupuje např. v oblasti polských nížin a Severoněmecké nížiny, ve Skandinávii, v severním Rusku aj. Ve zmíněných



boreálních oblastech, zvláště na chudých písčitých půdách s převahou borovice lesní, se velmi často volí břízy, osika, eventuálně duby. Je pochopitelné, že z hlediska odolnosti k lesním požárům je dále třeba, ve srovnání s nesmíšenými porosty smrkovými a borovými, pozitivně hodnotit porosty smíšené se zastoupením vhodných listnáčů. V České republice se opatření k prevenci lesních požárů objevují zejména v oblastních plánech rozvoje lesů a v některých hospodářských plánech v regionech, kde nebezpečí vzniku lesních požárů může být zvláště aktuální (oblasti s převahou borových porostů např. v přírodních lesních oblastech 15 – Jihočeské pánve, 17 – Polabí aj.).

Pro účely analýzy některých aspektů lesních dřevin s možnou funkcí meliorační a zpevňující je třeba poukázat na to, že každá dřevina představuje z těchto hledisek specifikum a její potenciál meliorační nebo zpevňující se může uplatňovat v různých směrech a interakcích. Některé druhy lesních dřevin mohou za určitých podmínek plnit obě funkce. Ke dřevinám této kategorie lze řadit s určitými výhradami zejména jedli bělokorou, douglasku tisolistou, z listnáčů zejména buk lesní, javor klen. U některých druhů dřevin mohou být tyto funkce předmětem diskusí (např. břízy, vrby, třešeň aj.). Je nutno ovšem obecně zdůraznit, že zejména zpevňující potenciál lesních dřevin je relativní. Do jaké míry se uplatní, záleží mimo jiné na intenzitě působení škodlivého faktoru. Jestliže jde např. o vítr intenzity vichřice, či orkánu, mohou být postiženy až likvidovány i druhy dřevin,

kteří jsou považovány potenciálně za odolné, dokonce až zpevňující. Příkladem mohou být např. vývraty a polomy i v porostech bukových a v porostech smíšených s účastí této dřeviny, které byly typické pro rozsáhlou kalamitu počátkem zimy 2000 ve Francii a některých dalších oblastech západní a střední Evropy.

## FUNKCE MELIORAČNÍCH A ZPEVNŮJÍCÍCH DŘEVIN SE ZŘETELEM NA JEJICH ROZMÍSTĚNÍ

Meliorační a zpevňující funkce lesních dřevin v porostech, zejména jejich účinnost, je podmíněna nejen kvantitativním zastoupením, ale i rozmístěním těchto dřevin v lesních ekosystémech. Jde o otázku, které se dotkl dosti podrobně ve svých příspěvcích KOŠULÍČ (2003). V souvislosti se zastoupením dřevin s těmito funkcemi nejde pouze o horizontální rozmístění v lesních porostech, ale jedná se jak o strukturu, tak i o texturu porostů. Je pochopitelné, že primárním kritériem způsobu uplatňování jednotlivých dřevin v lesních porostech jsou jejich biologicky podmíněné vlastnosti, zejména rychlost růstu, konkurenční schopnost vnitrodruhová i ve vztahu k dalším dřevinám zastoupeným v porostu, schopnost snášet zástin, vegetovat dočasně či trvale v porostní meziúrovni až podúrovni, dále výmladnost, schopnost vytvářet podmínky pro přirozenou reprodukci aj.

V souvislosti s rozmístěním druhů dřevin s potencionální a požadovanou funkcí meliorační je třeba vycházet, jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, z mechanismu melioračních funkcí. Jde především o opad asimilačních orgánů jako o jeden z potenciálních zdrojů výživy lesních porostů, dále o prokořenění a tím udržování, případně zlepšování zejména některých fyzikálních vlastností lesních půd. Za meliorační funkci lze považovat i příspěvek k udržování příznivého porostního klimatu vhodným uplatněním v porostním profilu, včetně podpory čištění kmenů (zástin, opad odumřelých větví), především v rámci hlavního porostu. Teoreticky i prakticky je potřebné, aby účinek melioračních dřevin byl celoplošný. Z tohoto požadavku by jako důsledek vyplývala zásada celoplošného, podle možností stejnoměrného, rozmístění melioračních dřevin po ploše celého porostu ve formě více či méně jednotlivého přimíšení. V této souvislosti je vhodné rozlišovat situace, kdy se jedná o umělou obnovu nebo zakládání lesních porostů nebo kdy se jedná o různé způsoby a formy přirozené obnovy.

Princip celoplošné funkce melioračních dřevin v lesním porostu lze podmíněně dodržet nejen tehdy, kdy jsou tyto dřeviny uplatňovány jako jednotlivá příměs, ale i tehdy, jde-li o hloučky nebo menší skupiny relativně stejnoměrně rozmístěné po ploše celého porostu. Jak známo, jednotlivá směs dřevin v lesních porostech je typická některými specifickými charakteristikami, k nimž patří v první řadě značný stupeň mezidruhové konkurence. V těchto případech může docházet k výrazné nežádoucí eliminaci dřevin s menší konkurenční schopností a k jejich ústupu z porostní druhové skladby. V našich podmínkách s nejčastějšími hlavními dřevinami smrkem ztepilým, borovicí lesní, bukem lesním nebo dubem patří do této skupiny většina dřevin, které přicházejí v úvahu jako dřeviny meliorační.

Jednotlivé rovnoměrné přimíšení má smysl v případech, jde-li o dřeviny, které jsou schopny vegetovat v zástině a mohou tak tvořit jako podúroveň a meziúroveň trvalou složku porostní skladby. V České republice se jedná zejména o habr obecný, oba druhy lip, v určitých podmínkách i o buk, případně i o některé dřeviny keřovitěho růstu. Tento princip, tj. tvorba porostní podúrovně ve formě trvale existujícího spodního patra s využitím dřevin s potenciálním melioračním účinkem, se v řadě případů záměrně sleduje např. podsadbami dubo-



**Foto 2.** Smíšený porost smrku ztepilého, jedle bělokoré, buku lesního s vysokou biodiverzitou a stabilitou. Národní park Šumava, lokalita Lipka



vých porostů s perspektivou produkce cenných sortimentů, někdy i podsadbami hodnotných porostů borovice lesní, případně i modřínu opadavého. V praxi se tento postup uplatňuje zejména s poukazem na řadu příkladů známých ze zahraničí. Např. v SRN se meliorační dřeviny, zpravidla buk nebo lípa, vysazují rovnoměrně po ploše celého porostu jako podsadby v relativně řídkém sponu 2 x 2 až 3 x 3 m. Tento postup se v našich podmínkách s pozitivními výsledky aplikoval na dnes již čtyřicetiletých výsadbách modřínu opadavého série IUFRO 1959/62. Poměrně rozsáhlé, několikahektarové plochy byly podsázeny celoplošně ve sponu 2 x 2 m sazenicemi lípy srdčité. Např. na lokalitě Třebotov (stanoviště svěží habrové doubravy) se spodní patro lípy uspokojivě vyvíjí a dnes již, zatím alespoň do určité míry, plní žádoucí funkci.

V některých případech se meliorační dřeviny při umělém zakládání lesních porostů uplatňují jako příměs řadová. Jde např. o umělou obnovu a zakládání porostů dubů. Na některých lokalitách v oblasti Spessart (SRN, spolková země Hesensko) se postupuje tím způsobem, že se vysazují např. tři řady dubu a alternují se systematicky s jednou řadou dřeviny meliorační, konkrétně zejména lípy. Sazenice lípy se v případě, že předstihují a ohrožují dub, stínají na pařez a stávají se tak žádoucí podružnou meliorační součástí lesních porostů.

Přes tyto zkušenosti lze mimo jiné v souladu s názorem KOŠULIČE (2003) považovat za vhodné uplatňovat dřeviny meliorační v hloučcích až menších skupinách. Tento postup má tu výhodu, že se omezí mezidruhová konkurence s ostatními dřevinami, zpravidla jen na obvod skupin. Tím se zajistí podmínky pro udržení melioračních dřevin jako součástí druhové skladby v porostní úrovni. Hloučková až skupinová příměs má při umělé obnově nebo při zakládání lesních porostů některé výhody provozně technického charakteru. Jde zejména o vlastní výsadby, organizaci práce, evidenci, ošetřování, ochranu a v pokročilejších fázích o výchovu porostů. Nelze opomenout aspekty genetické, jako zejména uplatňování jedinců s vyšší konkurenční a adaptační schopností ve vnitrodruhové konkurenci, procesy probíhající v souvislosti s fruktifikací a případnou přirozenou obnovou ve fázi mytní zralosti a dále možnosti záměrného pěstebního výběru v rámci péče o lesní porosty.

Funkce melioračních dřevin v lesních porostech má být dlouhodobá. Má se, a prakticky se může, uplatňovat již od fáze založení až do mytní zralosti porostu. Dále je žádoucí, aby meliorační dřeviny vytvořily vhodné podmínky i pro obnovu lesních porostů, ať již přirozenou nebo umělou, a tím i pro následnou porostní generaci.

Z hlediska rozmístění zpevňujících dřevin v porostu a jejich funkce ve vztahu k větru je rozhodující složka lesního porostu, která má být zpevněna (v podmínkách ČR převážně smrk ztepilý), dalším faktorem jsou druhy zpevňující a jejich charakteristiky a konečně i intenzita a způsob působení větru. Pokud jde o zpevňující dřeviny, je z hlediska jejich volby a rozmístění třeba uvážit jejich pěstební vlastnosti. Způsob jejich volby a rozmístění může zpravidla sledovat více hledisek, nejen funkci zpevňovací. Vedle smrku ztepilého může jít v našich podmínkách podle intenzity a způsobu působení větru částečně i o ohrožení jedle bělokoré, douglasky tisolisté, z listnáčů buku lesního. Jednotlivá příměs dřevin zpevňujících a příměs hloučková nebo skupinová nemusí mít vždy pozitivní výsledky. Tuto skutečnost dokládají některé praktické zkušenosti a výsledky výzkumu, realizované zejména ve Spolkové republice Německo. V podmínkách spolkové země Dolní Sasko bylo mimo jiné při běžných rychlostech větru zjištěno, že smíšené porosty smrku s jednotlivou příměsí buku nebyly výrazně poškozeny vývraty a polomy,

ve srovnání s nesmíšenými smrkovými porosty. Hloučkové, skupinové, příp. i jednotlivé směsi v lesních porostech někdy vznikají spontánně v průběhu přirozené obnovy. Lze je, vedle ostatních charakteristik, posuzovat i z hlediska stability lesních porostů pozitivně. Zkušenosti naznačují především efektivnost bočního krytu ve vztahu k možným škodám větrem. Problematika ochrany proti větru se v lesním hospodářství, specificky v podmínkách střední Evropy, sleduje v souvislosti s výrazným zastoupením smrku v druhové skladbě porostů již prakticky od počátku organizovaného lesního hospodářství. Tuto skutečnost, tj. snahu chránit lesní porosty před škodami větrem, dokládají v pěstování a hospodářské úpravě lesů obvyklá opatření k boční ochraně, tj. systémy odluk, rozluk a závor. Jedná se o pásy lesních porostů, zakládané většinou uměle, zpravidla kolmo na směr převládajících větrů, s využitím dřevin relativně hlouběji kořenících a k větru odolných.

V našich podmínkách mají jmenované útvary většinou průběh od severu k jihu jako překážka působení zejména západních větrů. V horských oblastech jsou analogické útvary zakládány v podmínkách, kde je nebezpečí přepadových větrů, zpravidla po vrstevnici kolmo na možné směry vzdušných proudů. V systémech smrku se v rámci hospodářské úpravy obvykle navrhoval i systém sečí, především ve vztahu k možným škodám větrem. V souvislosti s tímto postupem je propracován mimo jiné i systém ochrany před větrem vhodným řazením lesních porostů z hlediska výškového složení (ochrana krytem).

V souvislosti s problematikou ochrany lesních porostů je vedle druhového složení významná struktura těchto porostů. V tomto případě se nejedná pouze o již zmíněné rozluky, odluky a závory, ale i o okraje lesů a okraje lesních porostů. Lesní a porostní okraje mají z hlediska ochrany porostů před škodami větrem specifický význam a je proto žádoucí, aby dřeviny vykazující relativní odolnost k větru a které mohou působit jako zpevňující prvky v lesních porostech, byly v okrajích přednostně uplatňovány. Některé zkušenosti z větrných kalamit (MITSCHERLICH 1968), např. z katastrof, ke kterým došlo v letech šedesátých a pozdějších ve Spolkové republice Německo, prokazují, že lesní a porostní okraje včetně některých uměle vytvářených zábran náporu větru odolávaly, ale docházelo ke zhroucení porostů za těmito okraji. Příčina je vysvětlována tím, že stromy jsou často v těchto útvarech, zejména v okrajích, hluboce zavětveny, často přehoustlé a proto představují pro vítr těžko proniknutelnou překážku. K tomu dochází zejména tehdy, jestliže jsou vlivem větru koruny a větve stromu do sebe vtlačovány. Tento jev, který byl pozorován zejména v porostních okrajích tvořenými smrkem, ale i hustými jednopatrovými porosty některých dalších dřevin, je označován jako žaluziový efekt (GEIGER 1969) a je charakteristický tím, že jen malý podíl vzdušných mas, které jsou v pohybu, proniká do porostů za tuto překážku. Důsledkem této situace je zpomalení rychlosti pohybu vzduchu před okrajem či závorou, zvednutí vzdušných mas, jejich přepadávání přes překážku vysokou rychlostí a nápor na stromy za překážkou.

Tento proces má nepravidelný, někdy pulzující ráz a může vést k výrazným, někdy katastrofálním škodám ve formě vývrátů, někdy i polomů. Aby se těmto škodám zabránilo, navrhuje se (MITSCHERLICH 1968), aby lesní a porostní okraje, případně uměle vytvářené zábrany (především na lokalitách exponovaných) měly specifické utváření. Z hlediska ochrany před bořivým větrem je žádoucí, aby útvary, které mají škody omezovat, představovaly víceméně propustnou překážku. Okraj má nápor větru sice do určité míry

zadržet, má však umožnit částečné pronikání vzdušných mas dovnitř lesních porostů. Tím se rychlost a rozsah přepadání vzdušných mas přes překážky omezí. Tato zásada by měla být platná i pro tvorbu zábran případně i celých porostů na svazích ohrožených přepadovými větry. S ohledem na uvedené skutečnosti by měly být zpevňující útvary (okraje, odluky aj.) dostatečně členité, široké, se zastoupením relativně odolných zpevňujících dřevin a keřového patra. Zápoj by neměl být, zejména v prostoru pod korunami stromů, příliš těsný a měl by umožňovat částečné pronikání větru do porostu (SPERBER 1990, OTTO 1994, ŠINDELÁŘ 2003 aj.). Pokud jde o zpevňující druhy dřevin, které by měly být ve zmíněných útvarech zastoupeny, jsou rozhodující místní stanovištní poměry, dále obecné vlastnosti, zejména však kořenové systémy. Prakticky všechny druhy, které v podmínkách ČR přicházejí v úvahu, jsou zmíněny ve vyhlášce č. 83/1996 Sb. Ministerstva zemědělství, resp. v její příloze č. 4. V podmínkách, kde je to s ohledem na stanovištní poměry možné, jsou vhodné dřeviny hluboko kořenící, např. duby, javor a některé další listnaté dřeviny, z jehličnanů pak borovice lesní a modřín opadavý. Tyto dřeviny obvykle umožňují vznik a trvalou existenci žádoucího keřového patra. Specifické přednosti mohou mít některé listnáče a modřín, které se projevují v době vegetačního klidu jako prostředí, které je do značné míry pro proudící masy vzduchu propustné a může být proto účinné i při prudkých bouřích (ŠINDELÁŘ 2003).

## ZÁVĚR

V podmínkách České republiky prakticky každý porost, má-li být stabilní, vyžaduje přítomnost složek, které zajišťují udržení a podle možností i zlepšení stanovištních podmínek. Příměs melioračních dřevin a v návaznosti i dřevin přispívajících k této stabilitě je významná mimo jiné i z hlediska biodiverzity lesních ekosystémů. Z obou těchto důvodů je žádoucí, aby byly ve smíšených porostech uplatňovány i další druhy, zejména ty, jejichž existence je ohrožena a také druhy keřovitěho růstu. Vedle volby vhodných dřevin jsou žádoucí úpravy a udržování vhodné struktury a textury lesních porostů. Pro sortiment lesních dřevin s účastí druhů s funkcí meliorační a zpevňující je žádoucí volit nejen druhy klimaxového typu, ale akceptovat, byť i dočasně, uplatnění dřevin pionýrských, zejména tehdy, jestliže je jejich zastoupení výsledkem přirozené obnovy.

Příměs melioračních dřevin v druhové skladbě lesních porostů je zvláště aktuální v lesních porostech se zastoupením základních dřevin, tj. smrku ztepilého, borovice lesní a dubů. Je však důležité, aby i převážně bukové porosty byly smíšené, jako tomu bylo na relativně značné ploše původních přirozených porostů této dřeviny. Meliorační účinek dřevin by se měl projevovat na ploše celého porostu. I když z teoretického hlediska by tomuto požadavku mělo zvláště vyhovovat jednotlivé rozmístění, je přijatelné i uplatnění melioračních dřevin ve formě rovnoměrně rozmístěných hlouček až skupin, které je výhodné z řady jiných důvodů.

Je žádoucí, aby se funkce melioračních dřevin (lípy, habr, buk aj.) v lesních porostech uplatňovala pokud možno po celou dobu jejich existence. Významným předpokladem zpevňovací funkce lesních dřevin je aplikace vhodných pěstebních postupů. Jako dřeviny zpevňující jsou podle stanovištních podmínek vhodné zejména duby, javor klen, částečně buk a některé další dřeviny listnaté, z jehličnanů borovice lesní, modřín opadavý, částečně i jedle bělokorá, z cizokrajných druhů eventuálně i douglaska tisolistá.

## LITERATURA

- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Lueftschiicht. Braunschweig, Verlag Viewegh 1969. 286 s.
- KOŠULIČ, M.: „Malé populace“ melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) I. Lesnická práce, 82, 2003, č. 1, s. 16-17.
- KOŠULIČ, M.: „Malé populace“ melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) II. Lesnická práce, 82, 2003, č. 2, s. 16-17.
- MITSCHERLICH, G.: Zur Frage der Sturmsicherung der Bestände. Allg. Forst Zeitschrift, 23, 1968, č. 36/37, s. 631-633
- OTTO, H. J.: Waldökologie. Stuttgart, Verlag E. Ulmer 1994. 391 s.
- SPERBER, H.: Gestaltung der Waldränder. Allg. Forst Zeitschrift, 48, 1990, s. 958-960.
- ŠINDELÁŘ, J.: Lesní a porostní okraje z hlediska lesního hospodářství, ochrany přírody a krajiny. Zprávy les. výzkumu, 49, 2003, č. 1, s. 34-39.
- ŠINDELÁŘ, J.: K problematice druhové skladby lesních porostů se zvláštním zřetelem k dřevinám melioračním a zpevňujícím. Dílčí závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM 2003. 38 s., přílohy

### Poznámka:

Příspěvek vznikl jako součást řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070202

## **Towards a forest stands species composition in consideration of soil-improving and reinforcement forest tree species**

### *Summary*

In the Czech Republic, there every forest stand practically demands presence of parts which ensure preservation and improving of site conditions. Admixture of both soil-improving and stabilization tree species is also important from viewpoint of forest ecosystems biodiversity. From these reasons, it is desirable to apply also other species in mixture stands, especially those ones, whose existence is threatened, including shrubs species. Adjustment and preservation of suitable structure and texture of forest stands, used to be desirable as well, besides suitable species selection. In this sense, it is also very important use of so-called pioneer species, too, especially in the frame of natural regeneration.

Admixture of soil-improving tree species in the forest stands species composition is especially desirable in stands with main species representation (Norway spruce, Scots pine and oaks). Also, it is important to ensure mixture character of European beech stands, related to original stands character of this species. Soil-improving effect should be ensured around all the area of forest stands. Besides individually allocated soil-improving species in the area of forest stands, their group allocation used to be acceptable, too.

Soil-improving species (lindens, hornbeam, European beech, etc.) action effect should be ensured during all their lifetime and presence in forest stands, as far as possible. The important assumption of reinforcing effects of stabilization species presents suitable silvicultural treatments application. As species with stabilization effect, according to site conditions, it is possible to mention especially oaks, sycamore maple, partially also European beech and some other broadleaved species, in case of coniferous species it is possible to mention Scots pine, European larch, partially silver fir, eventually also Douglas fir, as introduced species.

Recenzováno

Adam Véle, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc; Jaroslav Holuša, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., pracoviště Frýdek-Místek

## SOUČASNÉ POZNÁNÍ BIOLOGIE A EKOLOGIE LESNÍCH MRAVENCŮ (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

### Temporary knowledge of biology and ecology of red wood ants (Hymenoptera: Formicidae)

#### Abstract

This paper dissertates about biology and ecology of red wood ants (subgenus *Formica*). The first part contains informations about several species and their nests, the second part describes relation of ants to surrounding community.

**Klíčová slova:** lesní mravenci, biologie, přehled

**Key words:** *Formica*, biology, review

### ZAŘAZENÍ LESNÍCH MRAVENCŮ DO ZOOLOGICKÉHO SYSTÉMU

V zoologickém systému jsou mravenci řazeni do řádu blanokřídlí (Hymenoptera), podřádu štíhlhopasí (*Apocrita*) a čeledi *Formicidae* (BUCHAR et al. 1995). Z celkového počtu přesahujícího 9 500 druhů žije na území České republiky více než 100 druhů mravenců (BOLTON 1995, WERNER 1989). Rod *Formica* (LINNAEUS, 1758) se dělí na podrody *Serviformica*, *Raptiformica*, *Coptoformica* a *Formica* (CZECHOWSKI et al. 2002). Tento článek je zaměřen na tzv. lesní mravence. Ti jsou řazeni do podrodu *Formica*, často bývají označováni jako skupina *Formica rufa*. V České republice se ze skupiny lesních mravenců vyskytují tyto druhy: *F. aquilonia* YARROW, 1955, *F. lugubris* ZETTERSTEDT, 1840, *F. polyctena* FÖRSTER, 1850, *F. pratensis* RETZIUS 1783, *F. rufa* LINNAEUS, 1758 a *F. truncorum* FABRICIUS, 1804. K jejich určování lze využít klíče např. od CZECHOWSKÉHO et al. (2002), VYSOKÉHO, ŠUTERY (2001), BEZDĚČKY (1982a) či WERNERA (1980).

### CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ

#### *Formica rufa* LINNAEUS, 1761

Tento jeden z nejběžnějších druhů mravenců je vázaný zejména na jehličnaté a smíšené lesy, méně častěji se vyskytuje i v lesích listnatých. Hnízda si staví nejčastěji na slunných místech (mýtinách, lesních okrajích). Jejich průměr může přesahovat i 1 m, stavěna jsou ze slabých větviček a opadaných jehlic (CZECHOWSKI et al. 2002). Kupy tohoto druhu jsou strmé, oválné, složené z hrubšího materiálu (BEZDĚČKA 2000, STARÝ 1987). Jedná se o monogynní výjimečně i polygynní druh. V jednom hnízdě může žít až několik set tisíc dělnic. Nové kolonie mohou být (stejně jako u všech ostatních zástupců podrodu *Formica*) zakládány pomocí sociálního parazitismu královen v hnízdech mravenců podrodu *Serviformica* (zejména *F. fusca* LINNAEUS, 1758). Polygynní formy (v hnízdě žije více samiček) se mohou rozšiřovat také tvorbou oddělků. Svoji potravní strategii patří mezi mrchožrouty a neselektivní predátory. Potravní cesty dosahují i více než 100 m od hnízda a jsou orientovány k místům s vysokou potravní nabídkou např. ke stromům se mšicemi (CZECHOWSKI et al. 2002).

#### *Formica polyctena* FÖRSTER, 1850

Svou biologií a ekologií se podobá *F. rufa*, častěji se však vyskytuje hlouběji v lesích. Jeho hnízda dosahují výrazně větších rozměrů

(průměr i přes 3 m) a jsou stavěna z jemnějšího materiálu. Významné je jeho šíření pomocí oddělků (CZECHOWSKI et al. 2002). Díky silné polygynii a polykalii (tvoří kolonie skládající se z několika hnízd) se jedná o druh významný při biologické ochraně lesa (BEZDĚČKA 1982b). *Formica polyctena* (obr. 1) je naším nejrozšířenějším druhem ze skupiny lesních mravenců. Obývá více než 50 % hnízd lesních mravenců vyskytujících se na našem území (HRUŠKA 1990).



Obr. 1.

Hlava mravence *Formica polyctena* (foto E. Stebelská)

Head of ant *Formica polyctena*

#### *Formica lugubris* ZETTERSTEDT, 1828

Druh žije především v jehličnatých lesích, ve srovnání s *F. rufa* obývá i chladnější biotopy (CZECHOWSKI et al. 2002). Mraveniště jsou stavěna především z hrubého materiálu (STARÝ 1987). Vytváří většinou pouze monogynní kolonie, zaznamenána byla však i jeho polykalie. Nová hnízda často zakládá pomocí dočasných parazitismu královen v hnízdech druhu *F. lemni* BONDROIT, 1917. Občas se také rozšiřuje pomocí oddělků (CZECHOWSKI et al. 2002). V ČR je hojný v pohraničních lesích jižních a jihozápadních Čech, řidčeji se vyskytuje v Brdech, na Českomoravské vrchovině a v Jesenících (BEZDĚČKA 2000).



**Formica aquilonia YARROW, 1955**

*F. aquilonia* se vyskytuje i v chladnějších biotopech jehličnatých lesů, kde si z jehličí a úlomků větviček staví oblé až homolovité kupy (CZECHOWSKI et al. 2002, BEZDĚČKA 2000). Může vytvářet polygynní kolonie (CZECHOWSKI et al. 2002). Jediné známé lokality jeho výskytu v České republice se nacházejí v Novohradských horách a Blanském lese (BEZDĚČKA 2000).

**Formica truncorum FABRICIUS, 1804**

Obyvatel slunných plošek v jehličnatých, smíšených i listnatých lesích. Hnízda umístěná v rozkládajících se kořenech jsou pouze částečně krytá suchým rostlinným materiálem. V horách a kamenitých územích jsou nacházena i mezi kameny a pod nimi. V hnízdech žije více než 10 000 dělnic. Často vytváří polygynní kolonie. Nové kolonie jsou zakládány pomocí oddělků nebo paraziticky u podrodu *Serviformica* (CZECHOWSKI et al. 2002).

**Formica pratensis RETZIUS, 1783**

Jedná se o běžný druh obývajících suchá stanoviště, světliny v lesích, stepi, louky, pastviny. Jeho hnízda se vyznačují plochou kupkou z rostlinného materiálu, obvykle obklopenou věncem vysokých bylin. Hnízda obývá až několik tisíc jedinců, většinou jsou monogynní a monokalická (CZECHOWSKI et al. 2002).

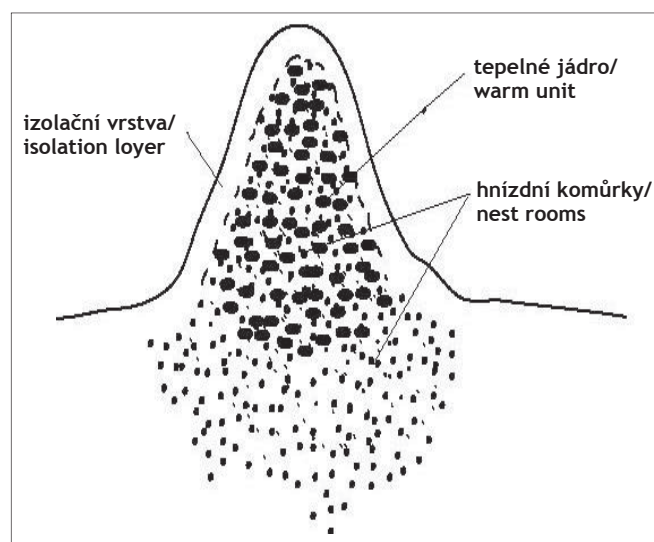
**HNÍZDA MRAVENCŮ**

Mravenci rodu *Formica* si budují známá plochá až homolovitá hnízda (obr. 2). Zakládají je na pařezu či hromádce kletu (STARÝ 1987). Hnízdo se skládá z nadzemní a podzemní části (HRUŠKA 1980). Podzemní část lze považovat za vlastní hnízdo, vrchní část hnízda slouží k regulaci ztrát tepla a vlhkosti (MARTIN 1980a, 1987). Z vnitřních částí vynášejí mravenci na povrch jemný materiál včetně zeminy. Hrubé části (větvíčky, úlomky), jež nemohou být mravenci přenášeny, se shromažďují v nižších částech hnízd a tvoří vnitřní kužel (BEZDĚČKA 1984), který je nejdůležitější částí hnízda. Materiál vnesený z podzemní části hnízda používají mravenci ke stavbě hnízdního valu. Ten navazuje přímo na kupu, oproti okolnímu terénu je vyvýšený. Povrch valu bývá pokryt tímž materiálem, z něhož je vystavěna kupa. Od kupy ho lze rozeznat zejména díky odlišnému sklonu stěn. Poslední částí hnízda je dvůr. Jeho povrch bývá zarovnaný, pokrytý jemným hlinitým materiálem (DAĐOUREK 1998). Pod hnízdním dvorem se nacházejí podzemní cesty i komůrky. Nad okolním terénem není vyvýšený, pozná se podle mírného propadání při jeho sešlapu (DAĐOUREK 1997 – osobní sdělení).

Průměrné hnízdo *F. polyctena* v duboborovém lese dosahuje výšky 100 cm, šířky 30 cm a hloubky 50 cm, váha takového hnízda je 82 kg (LAMPRECHT 2003). HRUŠKA (1980) uvádí obvyklou hloubku hnízda 1 až 1,5 m, ojediněle až 4 m pod povrch. Velikost mravenčích hnízd je ovlivňována soudržnými vlastnostmi hnízdního materiálu (PRANSCHKE, HOOPER-BUI 2003), lze tedy očekávat, že i velikost hnízd lesních mravenců se bude lišit v závislosti na druhové skladbě porostu (a tedy na dostupném stavebním materiálu), v němž se vyskytují. DAĐOURKOVI (1998) se však tuto závislost nepodařilo prokázat.

Tvar hnízdní kupy je ovlivňován kvalitou stavebního materiálu (STARÝ 1987), teplotou, osvětlením, vlhkostí vzduchu a půdy v dané lokalitě (ANDREWS 1927 in MARTIN 1980a, OTTO 1962 in MABELIS 1979). MARTIN (1987) se domnívá, že správný tvar mraveniště v závislosti na prostředí je podmíněn vlhkostí a teplotní preferencí

dělnic starajících se o mláďata. Jejich rozmístění v hníždě ovlivňuje činnost dělnic stavějících kupu. Staré kupy v tmavých lesích jsou podle něho symetrické. V lesích s nerovnoměrnými podmínkami osvětlení stavějí dělnice hnízda podélně orientovaná vůči zdroji světla, resp. tepla. Asymetrie hnízd může být však také důsledkem abiotických faktorů jako vítr nebo déšť (ROMEY 2002). Mnozí autoři (např. HRUŠKA 1980) tvrdí, že na tmavších stanovištích se nacházejí hnízda větších rozměrů. S tím nesouhlasí DAĐOUREK (1998), jenž neshledal signifikantní rozdíly v rozměrech hnízd nacházejících se uvnitř porostů s různou věkovou a druhovou skladbou. Tentýž autor prokázal, že výška kupy roste s věkem hnízda, rostoucím zastíněním a se zlepšováním stavu hnízda, charakterizovaným aktivitou dělnic a poškozením hnízda. HORSTMANN, SCHMID (1986) uvádějí, že se stoupající výškou kupy klesá počet, resp. velikost otvorů v kupě, naopak s poklesem výšky je spojeno rozšiřování, resp. tvorba nových otvorů. S výškou kupy vzrůstá pravděpodobnost přežívání hnízda (DAĐOUREK 2002a). Proměnlivost průměru kupy závisí u samostatných hnízd na věku, zastínění, stavu a umístění hnízda v porostu, přítomnosti pařezu a u hnízd na okraji porostu i na druhovém složení sousedního porostu (DAĐOUREK 1998).



Obr. 2. Hnízdo lesních mravenců s vyznačením jeho důležitých částí (podle MAAVARA et al. 1994)

Nest of *Formica* with its important parts (according to MAAVAR et al. 1994)

**Kolonie, rodinný roj**

Mravenci jsou vysoce organizovaný sociální hmyz (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). U lesních mravenců se vyskytují jedinci tří morfologicky odlišných kast: dělnice, samice a samci. Dělnice jsou ve skupině lesních mravenců jednoznačně nejpočetnější kastou. Vykonnávají všechnu práci zajišťující správný chod hnízda. Mezi nejdůležitější funkce patří obstarávání potravy, stavba a obrana hnízda, péče o potomstvo i o samičky. Stejně jako dělnice, nalézají se v hnízdech v průběhu celého roku oplozené bezkřídle samice. Jsou dvakrát větší a celkově robustnější než dělnice. Úkolem královen je kladení vajíček. Samci, vyskytující se stejně jako neoplozené samičky v hnízdech po krátkou dobu, se odlišují od samiček a dělnic mor-

fologicky i geneticky, jsou haploidní. Jejich jediným úkolem je oplodnění samiček, které se děje při svatebním letu (ZACHAROV 1984).

Pohlavní jedinci obojího pohlaví se vyvíjejí ze zimní snůšky (HRUŠKA 1990). Pohlavní snůšku ovlivňuje zejména teplota uvnitř hnízda v době kladení vajíček (HRUŠKA 1999). V případě, že teplota v této době nepřesáhne 20 °C, klade samička neoplozená vajíčka (HRUŠKA 1990). Z neoplozených (haploidních) vajíček se líhnou samci, z vajíček diploidních samice (ZACHAROV 1984). DAĐOUREK (1998) považuje výskyt mladých jedinců obou pohlaví v jednom hnízdě za spíše ojedinělý. Naopak HORÁČEK (2000) zaznamenal při svých výzkumech současný výskyt samčích i samičích pohlavních jedinců v jednom hnízdě více než ve 20 % hnízd.

Z vajíček vylíhlé larvy se po několika týdnech zakuklí. Vylíhlá imága se od ostatních jedinců v hnízdě odlišují přítomností křídel (tzv. křídlatci). V květnu či červnu vylétávají křídlatci hromadně z hnízda a účastní se tzv. rojení (BEZDĚČKA 1982b). HÖLLDOBLER, WILSON (1990) definují rojení jako let okřídlených samic a samců za účelem páření. Po spáření samci brzy hynou, samice zakládají nové hnízdo nebo jsou adoptovány hnízdem svého druhu (ZACHAROV 1984).

Největší šanci na přežití mají samičky, jež jsou adoptovány do hnízd svého druhu. Ostatní se snaží založit hnízdo buď vlastními silami či za pomoci mravenců jiného druhu, nejčastěji náležejících k podrodu *Serviformica* (CZECHOWSKI et al. 2002, ZACHAROV 1984). V prvním případě samička na vhodném místě zhotoví komůrku, do níž naklade vajíčka. Výživou vylíhlých larev se stávají další vajíčka, jež samička za tímto účelem snáší. Protože zatím neexistují dělnice, jež by samičce přinášely potravu, získává samička energii požíráním vlastních vajíček a metabolismem hrudního svalstva. Jen zlomku procenta samiček se podaří tímto způsobem založit hnízdo. Navíc velká část takto založených hnízd nepřežije první zimu (ZACHAROV 1984). V druhém případě samička vyhledá hnízdo mravenců podrodu *Serviformica*, nejčastěji druhu *Formica fusca*, LINNAEUS (CZECHOWSKI et al. 2002). Násilím do něho vnikne, usmrtí královnu a zaujme její místo. Zanedlouho začne snášet vajíčka, o něž se dělnice *F. fusca* starají jako o vlastní. Tento způsob zakládání hnízd se nazývá sociální parazitismus (ZACHAROV 1984).

Lesní mravenci se mohou šířit nejen výše popsanými způsoby, nýbrž také oddělováním dceřiných hnízd. Všichni jedinci v hnízdě vytváří rodinný roj. Vysoká početnost mravenců v hnízdě (u druhu *Formica polyctena* až 3 miliony) si vynutila vznik dílčích rojů. Každý dílčí roj má vlastní samice, plod, dělnice, prostor v hnízdě i potravní teritorium s přiléhající potravní cestou. Počet mravenců v jednom roji je 100 000 až 200 000. Vzroste-li počet jedinců nad tuto hranici, dochází k jeho rozdělení (vzniku nového roje), neboť při této početnosti selhává kooperace jednotlivých mravenců. V jednom hnízdě může existovat maximálně 12 dílčích rojů. Nově vzniklý dílčí roj může zůstat v hnízdě nebo si vytvořit hnízdo vlastní. Nové hnízdo nazýváme hnízdem dceřiným, staré hnízdem mateřským. Seskupení mateřského a dceřiných hnízd je kolonie. K tomuto tzv. štěpení mateřského hnízda může dojít i po jeho závažném narušení např. divokými prasaty (ZACHAROV 1984). Dceřiná (nesamostatná) hnízda jsou nižší než hnízda mateřská a mají větší pravděpodobnost zániku (DAĐOUREK 1998).

### Funkce hnízdní kupy

Hnízdní kupa slouží k udržování optimální teploty a vlhkosti potřebné pro vývoj plodu (MARTIN 1987). Úkolem kupy tedy nemusí být pouze zvyšování a udržování teploty a vlhkosti. Může naopak sloužit jako ochrana např. proti nadměrnému zahřívání, dešti a dalším

nepříznivým meteorologickým podmínkám (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). To je umožněno díky vysoké izolační schopnosti organického materiálu, z něhož jsou kupy postaveny (MARTIN, MAAVARA 1985). Dobrá tepelná izolace umožňuje dělnicím opouštět častěji hnízdo, čímž se prodlužuje čas na lov bez nebezpečí silného poklesu teploty v hnízdě během jejich nepřítomnosti. Tuto souvislost prokázal SCHMOLZ et al. (2000) u sršňů. Charakteristickou strukturní stavbou zajišťují mravenci specifickou tepelnou vodivost hnízdního materiálu, jež je větší než vodivost uměle navršeného organického materiálu (BRANDT 1980). BANSCHBACH et al. (1997) prokázal, že teplota v hnízdech stejného druhu mravenců může být ovlivňována použitým hnízdním materiálem. Tepelná výměna mezi vzduchem a půdou je malá a bez podstatných fluktuací. Celkový únik tepla z hnízda se pohybuje mezi 9 až 16 W (LAMPRECHT 2003). V souladu s tím GALLÉ (1973) tvrdí, že průměrná roční teplota hnízda je značně vyšší než průměrná roční teplota půdy a travního patra.

ROSENGREN et al. (1987) se domnívá, že existuje pozitivní korelace mezi produkcí křídlatců a vysokou jarní teplotou v hnízdech, jež může signalizovat fitness kolonie. MARTIN, MAAVARA (1985) pozorovali v uměle zahříváných hnízdech znatelně rychlejší vývoj křídlatců (o 1 - 2 týdny) oproti kontrolním hnízdům. Vývoj dělnic se nelišil, pouze vývoj třetího pokolení byl ukončen o dva týdny dříve. Zároveň se vyskytly rozdíly v produkci samců následující rok. V hnízdě dělnice neustále přemísťují plod podél teplotního a vlhkostního gradientu na místa nejvhodnější pro jeho vývoj (PRANSCHKE, HOOPER-BÚI 2003). Podle MAAVARY et al. (1994) se kukly lesních mravenců nacházejí v rozmezí teplot 26 až 30 °C, larvy v 22 - 27 °C, hibernační komůrky pro královny a zásobní mravence se nacházejí ve spodní části hnízda při teplotách 5 - 10 °C. Nejdůležitější částí kupy je vrchní část vnitřního kužele, kde vzniká tepelné jádro (HRUŠKA 1980). Část hnízda označovaná jako tepelné jádro váží pouhých 5 kg, přesto produkuje přibližně 50 % tepla vzniklého v hnízdě (LAMPRECHT 2003). Do tepelného jádra královny snášejí vajíčka (HRUŠKA 1980). Teplota tepelného jádra se pohybuje v rozmezí 25 až 30 °C (HRUŠKA 1980, MARTIN 1980a, b, GALLÉ 1973). V době vývoje nového pokolení je ve středu hnízda tepleji než v jeho povrchových vrstvách, výjimku představují hnízda nacházející se na pasekách a lesních okrajích, jejichž povrch je silně zahříván sluncem a může dosahovat teploty až 50 °C (MARTIN 1975 in MARTIN 1980a).

Svá hnízda nemohou mravenci provětrávat máváním křídel, jako to dělají např. včely, vosy nebo čmeláci (WEIDENMULLER 2004, O'DONNELL, FOSTER 2001, HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Vzhledem k nemožnosti rychlé změny množství vody v hnízdě, nemohou používat k regulaci teploty ani evaporaci (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Přesto však dovedou dělnice regulovat teplotu hnízda (HORSTMANN, SCHMID 1986, LAMPRECHT 2003). Podle HORSTMANN, SCHMIDA (1986) mohou v případě, že je teplota hnízda vyšší než tělní teplota dělnic, dělnice díky své vysoké tepelné kapacitě tepelné jádro ochlazovat. Při déle trvajících nevhodných podmínkách (ochlazení, déšť) zmenšují nebo zakrývají dělnice vchody do hnízda za účelem zabránění ventilace hnízda (MARTIN 1980b). Naopak při umělém zahřívání hnízd HORSTMANNEM a SCHMIDEM (1986) rozšiřovaly dělnice hnízdní otvory.

### Roční chod teplot v mraveništi

Aktivita mravenčí populace je závislá na více faktorech, především na teplotě vzduchu. Akumulace teploty v hnízdech je vyšší než v půdě či vzduchu. Tento rozdíl je nejznatelnější v jarním obdo-

bí, kdy teplota v hnízdě rychle vzrůstá (GALLÉ 1973). Rychlý nárůst na jaře a pomalý sestup na podzim dobře odpovídá aktivní fázi mravenců (COENEN-STASS et al. 1980).

Vertikální tok tepla je nerovnoměrný, což je způsobeno nehomogeností hnízda. Hnízdni materiál se mění postupně. Organický materiál je mixován s postupně vzrůstajícím množstvím písku. Tok tepla není pouze vertikální. Tato skutečnost je posílena nestejnou radiací na povrchu hnízda. Vysoká tepelná difusivita hnízdního materiálu způsobuje pouze krátkodobé zadržení tepla uvnitř hnízda. Vysoká tlumící hloubka hnízda způsobuje široké denní fluktuace teploty a zaručuje konstantní termální difuzi a široké teplotní fluktuace během roku (BRANDT 1980).

Během zimy jsou mravenci neaktivní. Jejich aktivita se obnovuje brzy na jaře, když teplota vzduchu přesáhne 6 °C (HRUŠKA 1980). Za slunečného počasí koncem března či začátkem dubna vylézají na povrch nejen dělnice, ale i královny. V tomto období začíná slunění. Při něm se dělnice, tzv. teploňosi, shromažďují na osluněné straně mraveniště a díky tmavému zbarvení rychle absorbují tepelnou energii. Po 10 až 21 minutách zalézají do hnízda. Zde odevzdají teplo svého těla a vrací se zpět na povrch. Rozdíl teplot těla při vstupu a výstupu z hnízda činí 10 až 15 °C. Zvýšená teplota uvnitř hnízda stimuluje zvýšení metabolických procesů a tím i zvyšování metabolického tepla produkovaného zejména dělnicemi. Ve vrchní části hnízda postupně vzniká tepelné jádro, vyznačující se sezonně vysokou a stabilní teplotou. Tato teplota je důležitým faktorem pro vývin plodu (HRUŠKA 1980, BEZDĚČKA 1984). Dosáhne-li teplota v hnízdě 26 až 29 °C, začínají samice snášet zimní snůšku, tzv. zimní vajíčka (HRUŠKA 1980). Z ní se líhnou okřídlení samci a samice. Po jejich vývinu kladou samičky až do září tzv. letní snůšku, z níž se vyvíjejí dělnice. Jarní aktivita mravenců je vysoká, neboť je třeba po zimě obnovit potravní cesty a eventuálně opravit poškozené hnízdo. Koncem dubna, nejčastěji v květnu nastává rojení pohlavních jedinců. Během léta mravenci shánějí potravu, staví hnízdo, starají se o potomstvo atd. Na konci tohoto období vrcholí příprava na zimu (HRUŠKA 1990). Na zimu se stahují mravenci do níže položených částí hnízda s teplotou 0,5 – 1,5 °C (MARTIN 1980a).

### Denní cyklus teploty v hnízdech

Teplota v hnízdech znatelně klesá brzy ráno. Tento pokles je spojen s hromadným odchodem mravenců z hnízda. Během dne teplota vzrůstá. Nejvyšší teploty dosahuje mraveniště v odpoledních či časně večerních hodinách, kdy se většina mravenců vrací do hnízda. Mírně teplota klesá v noci (22.30 – 4.30), kdy mravenci udržují teplotu pouze vlastními zdroji. Noční pokles teploty je silnější ve svrchních než ve spodních částech hnízda. Průměrná teplota i teplotní fluktuace jsou nejvyšší v hloubce 5 až 30 cm od vrcholu kupy. Teplotní režim druhu *Formica polyctena* se vyznačuje vysokou variabilitou (FROUZ 2000).

### Zdroje tepla

Termoprodukčními a izolačními vlastnostmi mraveniště se zabývalo již několik výzkumů. Výsledky mnoha z nich si navzájem odporují. Za hlavní možné zdroje tepla je možné označit: (1) sluneční záření (GALLÉ 1973), (2) metabolické teplo mravenců (ROSENGREN et al. 1987, HORSTMANN 1983), (3) metabolické teplo mikroorganismů rozkládajících organický materiál (COENEN-STASS et al. 1980, LAMPRECHT 2003).

### (1) Sluneční záření

Velmi diskutabilním zdrojem tepla v hnízdech je sluneční záření. Podle mnohých autorů je základním faktorem zvyšujícím teplotu v hnízdě (viz např. HRUŠKA 1980). Zcela zásadní vliv abiotických faktorů na teplotu v hnízdech termitů popisují KORB, LINSSENMAIR (1998, 2000). S tím nesouhlasí např. MARTIN (1980b), když tvrdí, že pro rozhrívání hnízd umístěných v lese je krátkodobé sluneční záření nedostatečné. Navíc i intenzivní sluneční záření na nakloněné strany kupy prohřívá pouze velmi slabou povrchovou vrstvu (LAMPRECHT 2003). Tímto tvrzením LAMPRECHT (2003) odporuje BRANDTOVI (1980), který během svých výzkumů došel k závěru, že denní fluktuace hnízdni teploty způsobená okolním prostředím dosahuje hloubky až 40 cm. U suchých hnízd je během dne nejteplejším místem strana přivrácená ke slunci (FROUZ 2000). Teplota může stoupat i v povrchově zamrzlých hnízdech nebo při poklesu venkovní teploty, a proto se také ROSENGRENOVI et al. (1987) zdá vliv pouze slunečního záření (insolienční teorie) nedostačující a domnívá se, že jeho důležitost se mění v závislosti na druhu mravenců, věku, objemu a velikosti populace v hnízdě a na typu stanoviště. Podle FROUZE (2000) může sluneční záření hrát hlavní roli v termoregulaci hnízda nikoliv přímým zvyšováním teploty, nýbrž udržováním nízké vlhkosti hnízdního materiálu. Kupa dokáže, v závislosti na svém tvaru, pohlcovat 2 - 3krát více slunečního záření než horizontálně rovné plochy (ANDREWS 1927 in MARTIN 1987). ROMÉY (2002) poukazuje na fakt, že příkrý svah sice dokáže zachytit více přímého slunečního záření, nicméně ploché rozlehlé kupy mají větší povrch a tudíž mohou absorbovat celkově více radiční energie. Z toho usuzuje, že asymetrie hnízd může být adaptací k jejich rannímu zahřívání. Z důvodů účinnějšího zachycování slunečního záření dosahují hnízda vyskytující se na stinných stanovištích větších rozměrů a homolovitějšího tvaru, naopak hnízda nacházející se na otevřených stanovištích jsou nízká, plochá a celkově dosahují nižších rozměrů. K efektivnímu využití slunečního záření mívají hnízda lesních mravenců většínou jižní až východní expozici (ROMÉY 2002, HORSTMANN, SCHMID 1986, HRUŠKA 1980). Negativní závislost velikosti, resp. počtu otvorů na výšce hnízda pozorovaná HORSTMANNEM, SCHMIDEM (1986) by mohla rovněž poukazovat na fakt, že vysoká hnízda jsou stavěna za účelem zvýšení jejich teploty.

Kromě přímé absorpce slunečního záření hnízdni kupou může být dosaženo zvýšení teploty v hnízdě také tzv. sluněním (obr. 3). HRUŠKA (1980) popisuje slunění jako děj, kdy dělnice brzy na jaře vylézají na povrch kupy, nechávají se nahřát sluncem a poté se vrací do nitra kupy, kde předávají teplo mraveništi. Slunění mravenců je běžným jevem a je popsáno mnoha autory nejen u lesních mravenců (např. HRUŠKA 1980, ROSENGREN et al. 1987, BARTON et al. 2002). Probíhá nejčastěji na jaře, pozorováno bylo i na podzim (DAĐOUREK 2002b). Dělnice při něm vyhledávají nejteplejší místa na povrchu kupy, pokud jejich teplota nepřesahuje 30 °C (MARTIN 1980b). Účinnost tohoto chování je možná díky vysoké tepelné kapacitě mravenců, způsobené vysokým obsahem vody v jejich tělech (FROUZ 2000). ROSENGREN et al. (1987) pozoroval častější výskyt slunění na hnízdech, jejichž okolí zůstává chladné dlouhou dobu po začátku aktivity mravenců. Slunění je doprovázeno zvýšeným metabolismem, zejména rozkladem tuků (MARTIN 1980b) a je tedy v úzkém vztahu s metabolickým zahříváním hnízda. Někteří autoři významný vliv slunění popírají z následujících důvodů. MARTIN (1980a) poukazuje na fakt, že v případě účinku slunění by musela teplota vzrůstat v povrchových vrstvách, kterými musí projít všechny dělnice cestou



do tepelného jádra, rychleji než v tepelném jádru. Vzhledem k pomalé výměně tepla mezi vodou resp. hemolymfou a okolím a vzhledem k rychlosti pohybu dělnic se zdá být tento argument pochybný. V tmavých lesních porostech je teplota na povrchu hnízda nižší než v místech vývoje plodu (MARTIN 1975 in MARTIN 1980a), stejně tak v chladných obdobích, kdy se více dělnic vyskytuje uvnitř hnízda, se nemohou dělnice nechat nahřívat sluneční energií (MARTIN 1980b). Pádým argumentem proti přeceňování vlivu slunění je ROSENGRENOVO et al. (1987) pozorování vzrůstu vnitřní teploty hnízd v době, kdy byla hnízda pokryta sněhem a žádní mravenci se na jejich povrchu nevyskytovali.



Obr. 3.  
Slunění mravenců na hnízdní kupě (RODLEN, jaro 1997; foto A. VÉLE)  
Sunbathing of ants on nest mound (RODLEN, spring 1997)

## (2) Metabolické teplo produkované mravenci

Řada autorů (BAUSCHABACH 1997, ROSENGREN et al. 1987, HORSTMANN, SCHMID 1986, MARTIN, MAAVARA 1985, COENEN-STASSS et al. 1980) se domnívá, že u sociálního hmyzu může být generátorem tepla v hnízdě metabolismus tisíců dělnic. Populace průměrně velkého hnízda čítá 110 000 jedinců, jejichž hmotnost se rovná přibližně 1,1 kg (LAMPRECHT 2003). HORSTMANN, SCHMID (1986) spočítali, že v 1 litru tepelného jádra se nachází přibližně 8 000 kulek a 2 000 dospělých dělnic, což odpovídá 8 % jeho objemu. LAMPRECHT (2003) připouští vliv mravenčího metabolismu na teplotu v hnízdech. Nicméně dospělí mravenci podle něho produkují pouze přibližně 15 % celkové tepelné produkce hnízda a kukly méně než 0,01 %. Naproti tomu ROSENGREN i GALLÉ (2003 – osobní sdělení) se shodují na faktu, že přítomnost kulek umístěných vedle sebe znatelně zvyšuje teplotu dané části hnízda a to dvěma způsoby; (i) metabolickým teplem kulek a (ii) teplem dělnic starajících se o kukly. Rovněž podle výzkumů MARTINA (1983) obvykle znamená přesun kulek i přesun zdroje tepla. ROSENGREN et al. (1987) popisuje zvýšení teploty hnízd během snížení venkovní teploty a naopak. Tento jev může být vysvětlen vyšší přítomností dělnic v hnízdě při poklesu okolní teploty a následným zvyšováním teploty způsobeným jejich metabolismem. MARTIN (1985) naměřil zvýšení únorové teploty na hodnoty přesahující letní. Nezvykle vysokou teplotu hnízda připisuje právě vlivu metabolismu. Zvýšení metabolismu bylo podle něho dosaženo využitím sacharidů nacházejících se v hemolymfě při

současné nízké pohybové aktivitě dělnic (MARTIN, MAAVARA 1985). Naproti tomu GALLÉ (1973) se domnívá, že mravenci neovlivňují významně vývoj teploty jinak než budováním hnízda. Ke stejnému závěru došel i BANSCHBACH et al. (1997) zkoumajíce hnízda mravence *Myrmica punctiventris* ROGER, 1863. BRANDT (1980) poukazuje na nepravděpodobnost metabolismu mravenců jakožto důležitého zdroje tepla v malých hnízdech. Podobně i COENEN-STASSS et al. (1980) se domnívá, že zejména v jarním období při nástupu tepelného jádra hnízda je metabolismus mravenců nedostačující. Naopak MARTIN, MAAVARA (1985) dokázali, že s růstem početnosti hnízdního roje klesá závislost hnízda na okolní teplotě. Hnízda uměle zahřívání měla

stejný chod teplot jako hnízda se silným rojem. COENEN-STASSS et al. (1980) se přiklání k názoru, že metabolismus mravenců může být signifikantním tepelným zdrojem pouze tehdy, když se shromažďují na jednom místě. Podle MARTINA (1980b, 1983) může být metabolismus mravenců významným zdrojem tepla zejména při jarním nástupu tepelného jádra. Podmínkou však je tělní teplota mravenců vyšší než 10 °C, protože při nižších teplotách nedochází k přeměně tuků spojené s uvolňováním tepla. Podle MARTINA (1980b) se sluncem prohřátí mravenci obvykle večer vrací do hnízd, soustřeďují se kolem jejich středu a neustále se mírně pohybují, čímž podstatně zvyšují teplotu hnízda. V tepelném jádře mravenci aktivují do té doby inaktivní zásobní dělnice, pomocí nichž udržují jeho teplotu. Zásobní mravenci mají 3 - 4krát více tuků a ve středně a velkých rojích jsou schopni najednou rozehrávat vystydlé kupy (MARTIN 1983, MARTIN, MAAVARA 1985). Větší přeměna látek souvisí s větší svalovou aktivitou. Zásobní látky se mění v pohybovou a samozřejmě i tepelnou energii. Prohřátí mravenci se snaží dostat k tepelnému jádru a vytěsňují ostatní mravence do okrajových částí hnízda. Vytěsnění mravenci se snaží dostat zpět k jádru atd. Díky tomuto neustálému pohybu,

při kterém pracují svaly s vysokou rychlostí okysličování, dochází ke zvyšování teploty (MARTIN 1980b).

## (3) Teplo vznikající rozkladem organického materiálu

Mezi teplotou a vlhkostí hnízdní kupy existuje úzký vztah. Celkové teplo vystupující z hnízda se pohybuje mezi 9 - 17 W (LAMPRECHT 2003), což převyšuje produkci tepla mravenci, jež produkují 2 - 8 W (HORSTMANN 1990). LAMPRECHT (2003) uvádí teoretickou možnost vzrůstu teploty vlivem samozahřívacích procesů hnízdního materiálu až na 80 °C. Až 85 % tepla vystupujícího z hnízda je podle něho produkováno rozkladem hnízdního materiálu. To je umožněno bohatým substrátem a intenzivní mikrobiální aktivitou v tepelném jádře. Důležitou vlastností, podporující rozklad materiálu mikroorganismy, je rychlost akumulace vody a velikost povrchu daného materiálu vůči jeho objemu, ten ovlivňuje výpar a tedy i množství vody obsažené v materiálu (BODDY 1983). Rychlou mineralizaci organických látek v hnízdech mravenců popisují i další autoři (DAUBER, WOLTERS 2000, FROUZ et al. 1997). Tepelná produkce dostatečně zabezpečuje příhodnou teplotu i v případě dramatického snížení radiace a evaporace (LAMPRECHT 2003). Tomu nasvědčuje i nocování dělnic během léta vně hnízda, pozorované ROSENGEREM (1987). Mikrobiální aktivita je větší v hnízdech mravenců živících se po celou sezonu živočišnou stravou (DAUBER, WOLTERS 2000). FROUZ (1996) poukazuje na skutečnost, že hnízda, která využívají



jako zdroj tepla metabolismus mikroorganismů, dosahují nižších průměrných teplot. Naproti tomu u termitů KORB, LINSÉNMAIR (2000) popírají významný vliv aktivity mikroorganismů na teplotu hnízda. Podle jejich výzkumů aktivita termitů a hub způsobila vzrůst teploty o pouhé 3 °C. Mezi metabolickou aktivitou v hnízdech lesních mravenců a termitů může být značný rozdíl způsobený rozdílným materiálem použitým na stavbu hnízd.

Mikrobiální metabolismus je z velké části aerobní, proto musí být vnitřek hnízda dostatečně zásobený kyslíkem (COENEN-STASS et al. 1980). KLEINEIDAM, ROCES (2000) zjistili velmi dobrou ventilaci hnízd mravenců *Atta vollenweideri* FOREL 1893 zajišťovanou pohybem vzduchu v okolí hnízd. U zastíněných hnízd byla takto indukovaná ventilace účinnější. Podle těchto autorů koncentrace CO<sub>2</sub> prudce stoupá během deštivého počasí, kdy jsou uzavírány otvory ve hníždě. V zimě, když mravenci zalezou do podzemních částí a kupa sesedne, sníží se i populace mikrobiální flóry. Navíc je metabolická aktivita utlumena nižší teplotou uvnitř hnízda v tomto období. Na jaře stavební aktivita mravenců roste, díky čemuž jsou části čerstvých rostlin přimíchávány do starého hnízdního materiálu a mikrobiální metabolismus vzrůstá (COENEN-STASS et al. 1980). S tímto vysvětlením však nesouhlasí ROSENGREN et al. (1987), který vypožadoval vzrůst teploty v hnízdních kupách ještě před roztátím sněhu, tedy v době, kdy nebyl do hnízda zabudováván čerstvý materiál a mikrobiální metabolismus nemohl být iniciován vyšší teplotou vně hnízda. Podle ZAHNA (ZAHN 1958 in FROUZ 2000) je možné, že iniciace mikrobiální produkce tepla zvýšenou teplotou v hníždě může být způsobena i metabolickou aktivitou mravenců nebo jejich sluněním.

#### Vlhkost v hnízdech

Mezi zdroje vody v hnízdech lesních mravenců patří kondenzace páry, déšť, mlha a metabolická voda mravenců (FROUZ 2000). Vlhkost hnízda závisí na početnosti rojů, materiálu, z něhož jsou hnízda postavena, a na mikroklimatických podmínkách dané lokality (MARTIN 1980b). Vyšší obsah vody v mravenčích hnízdech způsobuje vyšší tepelnou konduktivitu hnízdního materiálu a tedy nižší izolační schopnost hnízd (FROUZ 1996). MARTIN (1980b) tvrdí, že vlhký hnízdní vzduch a materiál s velkou tepelnou vodivostí zabraňují kolísání teploty ve středu kupy. Pravděpodobnější vysvětlení stabilnější teploty ve více zvlhčených hnízdech je FROUZEM (1996) popsána mikrobiální tepelná produkce. Regulace teploty a vlhkosti probíhá zároveň (HORSTMANN, SCHMID 1986). Dokladem může být MARTINOVO (1980b) pozorování snížení vzdušné vlhkosti hnízda z 90 - 95 % na 85 % při vzrůstu teploty z 25 na 32 - 34 °C. Tentýž autor se domnívá, že při setkání teplého vnitřního a studeného vnějšího vzduchu se zvyšuje jeho vlhkost. V nočních hodinách dochází při poklesu teploty na 8 °C ke kondenzaci vody, její evaporace nastává po začátku slunečního záření (MAAVARA 1985, BRANDT 1980). FROUZ (1996) poukazuje na fakt, že stabilní vlhkost udržovaná po dobu hnízdní aktivity dokazuje, že hnízdní vlhkost může být mravenci kontrolována. Vzhledem k rozdílnému množství vody v hnízdním materiálu rozlišuje hnízda suchá a vlhká. Termoregulace suchých hnízd je založena na metabolické aktivitě mravenců, izolační schopnosti hnízdního materiálu a slunečním záření. Tento způsob termoregulace je u mravenců *F. polycetena* častější. Termoregulace vlhkých hnízd je založená na mravenčí a mikrobiální tepelné metabolické produkci (FROUZ 2000). Ke kompenzaci špatných izolačních vlastností vlhkého hnízdního materiálu stavějí mravenci hnízda rozlehlejší, navíc s rostoucí vlhkostí roste mikrobiální produkce tepla. Vlhkost hnízd-

ního materiálu je vyšší během periody mravenčí aktivity (FROUZ 1996). Vlhkost v hnízdech může také kladně působit na rozvoj parazitických plísní, jež mohou zapříčinit zánik hnízda (GOSSWALD 1989). DAĐOUREK (1998) se domnívá, že vlhkost hnízd může být jedním ze základních faktorů pro zarůstání a přežívání hnízd.

#### Vliv na půdu

V mravenčích hnízdech dochází ke koncentraci organických zbytků, k promíchávání půdy a následným změnám v jejím mechanickém i chemickém složení (KRISTIANSEN, AMELUNG 2001, ZACHAROV 1984). Svoji činností snižují mravenci půdní vlhkost, zvyšují abundance mikroflórních organismů a enzymatickou aktivitu (PÉTAL 1998), mění zastoupení vybraných prvků (LENOIR et al. 2001, FROUZ et al. 1997), upravují půdní pH (FROUZ et al. 2005). Ještě po 20 letech od opuštění hnízda je půda pod mraveništem znatelně odlišná od půdy, na níž mraveniště nestálo (KRISTIANSEN, AMELUNG 2001). GREEN et al. (1998) dokonce označují půdu uvnitř a pod hnízdy jako „formicarius pedons“.

#### Vliv na rostlinstvo

Vegetace je ovlivněna již samotnou stavbou hnízda, při níž je přeneseno velké množství rostlinného materiálu, zejména jehličí (CULVER, BEATTIE 1983). Aktivně přemísťována jsou i semena rostlin (DOSTÁL 2005). Ta jsou donášena jako potrava, ale slouží i ke stavbě hnízda (GORB, GORB 1999, GORB et al. 1997). Velké množství semen mravenci ztratí na území hnízdního teritoria. Na 1 m dráhy ztratí při přenosu 8 - 10 % velkých semen či 20 - 100 % malých semen. Nezáleží jen na velikosti semen, nýbrž také na jejich tvaru (GORB et al. 2000). Nejatraktivnější jsou pro mravence velká, osamocená semena (GORB, GORB 2000). Tímto způsobem jsou semena odnesena od mateřské rostliny a roztřesena po teritoriu (GORB, GORB 1999). Semena, která se dostanou až do hnízda, jsou chráněna před býložravci a mohou zde vyklíčit. Rostliny můžeme podle jejich vztahu k mravencům rozdělit na myrmekochorní a nemyrmekochorní. Myrmekochorní rostliny využívají mravenců jako ochrany před býložravci, mravenci promíchávají jejich semena s půdou, pro rostliny je výhodný vyšší obsah živin v hnízdech a vyšší vlhkost v době klíčení (GORB, GORB 1999, GORB et al. 1997). Na mraveništích rostou rostliny otevřených a narušovaných stanovišť (CULVER, BEATTIE 1983). Naopak většina nemyrmekochorních druhů v hnízdech nevyklíčí kvůli odlišným podmínkám, jež zde panují (GORB, GORB 1999). Mravenčí hnízda se totiž od svého okolí odlišují vyšší povrchovou teplotou, nižší dostupnou vlhkostí, zastoupením prvků a dalšími fyzikálními i chemickými podmínkami (CULVER, BEATTIE 1983, GORB et al. 2000). Navíc mravenci okusují kořínky rostlinám, které rostou na hníždě (GORB, GORB 1999). Nejvyšší počet rostlin neroste na hníždě samotném, nýbrž v jeho okolí. Nejvíce rostlinných druhů se vyskytuje ve vzdálenosti 1,5 m od hnízda, což odpovídá přechodu mezi hnízdním substrátem a normální půdou (CULVER, BEATTIE 1983). GORB, GORB (1999) uvádějí, že nejvíce vyklíčených rostlin se nachází na hranici teritoria, kam mravenci *Formica polycetena* odnášejí semena spolu s odpadem. Tato lokalita může být pro rostliny výhodnější, protože zde dochází k největší koncentraci humusu. To však nebylo experimentálně prokázáno, neboť hranice teritoria se každým rokem mění (GORB et al. 2000). Rostliny žijící v dosahu lesních mravenců jsou zvýhodňovány odháněním jejich konzumentů (KARHU, NEUVONEN 1998). Prokazatelné je i zvýšení jejich reprodukční úspěšnosti (ATLEGRIM 2005).

Zastoupení herbivorů v potravě mravenců se mění během sezony (MOONEY, TILBERG 2005). Navíc BONTE et al. (2003) poukazují na fakt, že stavbou hnízd stimuluje mravenci klíčení vybraných druhů rostlin. Naopak příliš vysoká teplota v hníždě může bránit vývoji vegetace na hníždě a v jeho okolí (GALLÉ 1973). Mšice chované mravenci mohou oslabovat rostliny odsáváním šťáv. Tento negativní vliv je dostatečně kompenzován ochranou rostlin před herbivory (PUNTTILA et al. 2004).

## INTERAKCE S OSTATNÍMI ŽIVOČICHY

### Mravenci jako kořist

Lesní mravenci tvoří významnou součást potravních řetězců (HORSTMAN 1974 in FOLGARAIT 1998). V kritických obdobích se mohou stát potravní základnou pro mláďata i dospělé mnoha druhů živočichů. Patří mezi ně zejména žáby (BARUŠ et al. 1992a), ještěrky (BARUŠ et al. 1992b), ptáci (datlovití, hrabaví, pěvci; HUDEC 2005) i savci (krtek obecný (*Talpa europea*) LINNAEUS, 1758, liška obecná (*Vulpes vulpes*) LINNAEUS 1758, jezevec lesní (*Meles meles*) LINNAEUS 1758, medvěd hnědý (*Ursus arctos*) LINNAEUS, 1758 (SWENSON et al. 1999, ZACHAROV 1984). Mravenci jsou nejdůležitější částí (až 95 %) potravy krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) LINNAEUS, 1758 (FREITAG 2000). Rovněž tvoří důležitou složku potravy pavouků rodu *Zodarion* (PEKÁR 2005).

Stromy, na nichž hnízdí pěvci, jsou mravenci navštěvovány méně často (HAEMIG 1999). Negativně mohou působit nejen ptáci na mravence, nýbrž i mravenci na ptáky. Sýkora koňadra (*Parus major*) LINNAEUS, 1758) navštěvuje stromy s mravenci s nižší frekvencí a zdržuje se na nich kratší dobu než na stromech bez výskytu mravenců (HAEMIG 1996).

### Využívání kolonií

Vybrané druhy ptáků provádějí na mravenčích hnízdech tzv. mravenčí koupel, jež působí jako obrana proti vnějším parazitům (ZACHAROV 1984). Suchá mravenčí hnízda jsou během zimy vyhledávána divokými prasaty k odpočinku, nocování v mraveništích bylo pozorováno i v létě (HRUŠKA 1982, 1990).

### Mravenci jako predátoři

Vysoká hustota mravenců dokáže změnit taxonomické složení společenstev živočichů (LAAKSO 1999). Obecně známým a významným faktorem je predací tlak lesních mravenců na ostatní bezobratlé živočichy (PUNTTILA et al. 2004). Při hustotě 4 až 6 hnízd na 1 ha lesa seberou mravenci denně z 1 ha až 1 kg živočišné potravy. Jakožto potravní oportunisté se mravenci rodu *Formica* orientují na nejdostupnější kořist, kterou se většina listožravého hmyzu stává při svém přemnožení (ZACHAROV 1984). Podle PUNTTILY et al. (2004) negativně ovlivňují zejména stejnořídlý hmyz (Hemiptera). Důležitou součástí potravy jsou mšice, patříci zejména mezi nemyrmekofilní druhy (NOVGORODOVA 2005). Půdní fauna není mravenci příliš silně ovlivňována (LENOIR 2003, LENOIR et al. 2003). PUNTTILA et al. (2004) se domnívá, že početnost pavouků a brouků není početností mravenců ovlivňována. Rovněž BRUNING (1991) nezaznamenal rozdíly v hustotách pavouků v a mimo hnízdní teritoria. Naopak HAWES et al. (2002) zaznamenali snižující se abundance a druhovou bohatost stěvlíkovitých brouků v závislosti na rostoucí hustotě mravenců.

Od herbivorů jsou schopni ochránit stromy rostoucí v okolí hnízd (PUNTTILA et al. 2004). I když výsledky dřívějších pokusů s umělým rozšiřováním mravenců měly být úspěšné a dobře se osvědčily např. v borových porostech napadených *Bupalus piniarius* LINNAEUS, 1758, *Pannolis flammea* SCHIFFER, 1775, *Denrolimus pini* (WIŚNIEWSKI 1956, 1978 in ČAPEK 1985) (mravenci ochránili stromy před žírem uvedených škůdců v okruhu 15 - 18 m), v současnosti se od umělého rozšiřování upouští a důraz se klade právě na ochranu stávajících mravenišť. KOEHLER (1976) prokázal, že dělnice s oddělkem založeného hnízda snižují stavy kořisti až po třech letech od založení a to do vzdálenosti 20 m od hnízda. Mravenci jsou pravděpodobně obecně významnými predátory i housenic šírospasých (CODELLA, RAFFA 1993), i když to neplatí bez výjimek (EISNER 1994). Pilatku smrkovou loví zejména mravenci skupiny *Formica rufa*, kteří se živí dospělými larvami spadlými ze stromů (BEIER-PETERSEN 1956, BEYER 1967, BRUNS 1954, KOLUBAJIV 1958a, RUPPERTSHOFEN 1958, SCHWERTFEGGER 1957, 1960, 1970, 1971). Dlouhodobé výzkumy v severním Německu na 2 oddělených lokalitách s hustotou 3,5, resp. 2,6 kolonií mravenců na ha, ukázaly, že účinek mravenců rodu *Formica* je nepřímo úměrný hustotě, protože za vyšších hustot housenic podíl ulovených individuí proporcionálně klesá (SCHWERTFEGGER 1971).

Mravenci *Formica polycetena* nejsou agresivní pouze na ostatní druhy živočichů, nýbrž také na ostatní druhy mravenců i na mravence stejného druhu pocházející z odlišné kolonie či dokonce hnízda. Předmětem války jsou zdroje potravy a obrana hnízdního teritoria (GERARD et al. 1984, MABELIS 1984). V jarních měsících, kdy je nedostatek proteinů, jsou nepřátelští mravenci zabíjí v boji donášení jako potrava do hnízda (DRIESSEN et al. 2004, MABELIS 1984).

### Ostatní živočichové v hníždě

V mraveništích se rovněž vyskytuje mnoho druhů bezobratlých živočichů a hub přímo vázaných na mravence. Jedná se o spoluobytelatele mravenčích hnízd. Podle způsobu života a jejich vztahu k mravencům je můžeme rozdělit do tří kategorií. Prvním vzájemným vztahem je synechie. Jedná se obvykle o mrchožrouty, parazity nebo predátory negativně působící na hostitelskou kolonii (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Mravenci je aktivně nevyhledávají, vyhánějí je pouze při náhodném setkání (BEZDĚČKA 2001). Patří sem brouci z čeledi drabčíkovití (*Staphylinidae*), vybrané druhy pavouků a stonožek (BEZDĚČKA 2001, SMETANA 1958). Synekie je způsob soužití, při kterém mají spoluobytelatelé na hostitelskou kolonii mravenců indiferentní vliv (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Nájemníci jsou v hnízdech trpění a přehlíženi. Velká část z nich žije většinu života mimo hnízda lesních mravenců. Synekenti v hnízdech likvidují odpady, výkaly, rozrůstající se nebezpečnou mikroflóru, plísň a podhoubí. Mravenci synekenty nijak nenapadají. Mezi velké množství synekentů patří např. drabčíkovití (*Staphylinidae*), někteří hmatavci (*Pselaphidae*), potemníci (*Tenebrionidae*), mršníci (*Histeridae*), zástupci čeledi *Leiodidae*, *Scydmaenidae*, *Rhizophagidae* (BEZDĚČKA 2001, PARASCHIVESCU 1993, SMETANA 1958). LAAKSO, SETÄLÄ (1997) našli v hnízdech mravenců sedmkrát vyšší biomasu žížal než v okolní půdě. Vysokou početnost žížal vysvětlují příznivou teplotou, vlhkostí, pH a dostatkem vhodné potravy (mikroby, rozkládající se organický materiál). Před predací mravenci je chráněn vylučovaný hlen. Je možné, že žížaly svojí činností chrání hnízdo před růstem plísní. Část svého života v mraveništích tráví také larvy některých mandelínek rodu *Clytra* (*Chrysomelidae*; obr. 4),

zlatohlávků (*Scarabaeidae*), housenky některých motýlů (*Lepidoptera*), larvy některých druhů dvoukřídlého hmyzu (*Diptera*), např. pestřenek rodu *Microdon*. V hnízdech se rovněž vyskytují pavoučci rodu *Walkenaeria*, zástupci roztočů (rod *Laelaps*, *Cilibanus*), stejno-nožec *Platyarthus hoffmannsegi* BRANDT, 1883 a rybenka mravenčí (*Atelura formicaria* HEYDEN, 1855), (BEZDĚČKA 2001, FRANKENBERGER 1959). Symfilní (myrmekofilní organismy) jsou hnízdní kolonií přátelsky přijímány. Mnoho z nich je mravenci olizováno, krmeno či přenášeno (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Symfilní druhy živočichů nejsou schopny života mimo mraveniště. Symfilové jsou mravenci opatrováni, neboť vylučují zvláštní sekrety, jež mravenci olizují. V hnízdech mravenců rodu *Formica* se jedná nejčastěji o drabčíky rodů *Lomechusa* a *Lomechusoides* (HLAVAC 2005, BEZDĚČKA 2001, SMETANA 1958). Mezi symbionty patří i mravenec *Formicoxenus nitidulus* NYLANDER, 1846 (BOER et al. 1995).



Obr. 4.  
Vrbař čtyřtečný (*Clytra quadripunctata* LINNAEUS, 1758) z čeledi mandelinkovití (*Chrysomelidae*) na povrchu hnízda mravenců *Formica polycтена* (RODLEN, jaro 2005; foto A. Véle)  
*Clytra quadripunctata* LINNAEUS, 1758 from *Chrysomelidae* family on the surface of *Formica polycтена* nest (RODLEN, spring 2005)

### Trofobióza

Velmi zajímavým vztahem je trofobióza se mšicemi. Trofobiózou nazýváme vztah, kdy mravenci získávají od mšic (a ostatních homopter) jejich výměšky (medovice) a na oplátku chrání mravenci mšice před jejich predátory a parasitoidy (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Početná kolonie *F. rufa* dokáže za jeden rok nasbírat až 500 kg medovice (ZOEBELEIN 1956 in HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Přítomnost mšic v okolí hnízda je důležitá v období uchycování oddělků (KOEHLER 1976). Symbiotický vztah je pouze dočasný, poraněné mšice, které pravděpodobně nejsou zdrojem medovice (pozn. autoři), slouží jako potrava (NOVGORODOVA 2005).

### Poděkování:

Práce vznikla za podpory grantu MZE č. 0002070201 „Druhovú diverzita, populační struktura a vliv živočichů a hub na funkce lesa v antropogenně ovlivněných biotopech“. Za pomoc s úpravou fotografií děkujeme Bc. Evě Stebelské.

## LITERATURA

- ATLEGRIM, O.: Indirect effects of ant predation (Hymenoptera: Formicidae) on bilberry *Vaccinium myrtillus*. Eur. J. Entomology, 102, 2, 2005, s. 175-180
- BANSCHBACH, V. S., LEVIT, N., HERBERS, J. M.: Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism? Insectes Sociaux, 44, 1997, s. 109-122
- BARTON, K. E., SANDERS, N. J., GORDON, D. M.: The effect of proximity and colony age on interspecific competition between the desert ants *Pogonomyrmex barbatus* and *Aphaenogaster cockerelli*. American Midland Naturalist, 148, 2002, s. 376-382
- BARUŠ, V., OLIVA, O. (eds.): Obojživelníci. Praha: Academia 1992a. 340 s.
- BARUŠ, V., OLIVA, O. (eds.): Plazi. Praha: Academia 1992b. 224 s.
- BEIER-PETERSEN, B.: Bladhvespen Lygaeonematus Christ. som skadedyr paa rødgran i Sønderjylland. Forstl. Fors.-Vaes. Danm., 22, 1956, s. 275-355
- BEYER, K.: Bericht über den Ansiedlungsversuch der kleinen roten Waldameise im Forstamt Diepholz. Waldhygiene, 7, 1967, s. 99-105
- BEZDĚČKA, P.: Biologie lesních mravenců a inventarizace jejich hnízd. Akce Formica Metodická příručka č. 1. Prachatice: OV ČSOP 1982b. 31 s.
- BEZDĚČKA, P.: Lesní mravenci – Hnízda lesních mravenců. Lesnická práce, 60, 1984, s. 326-328
- BEZDĚČKA, P.: Lesní mravenci skupiny *Formica rufa* v ČSSR. Zprávy Československé společnosti entomologické při ČSAV (Klíče k určování hmyzu 3), 1982a, č. 4, s. 139-144.
- BEZDĚČKA, P.: Mravenčí hosté. *Formica* - zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 4, 2001, s. 22-25
- BEZDĚČKA, P.: Naši mravenci rodu *Formica*. *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 3, 2000, s. 19-24
- BEZDĚČKA, P., KOČÁREK, P., ŠUHAJ, J.: Rozšíření cvrčika *Myrmecophilus acervorum* (Orthoptera: Myrmecophilidae) na Moravě a ve Slezsku a poznámky k jeho biologii. Klapalekiana, 36, 2000, s. 7-17.
- BODDY, L.: Microclimate and moisture dynamics of wood decomposing in terrestrial ecosystems. Soil Biology and Biochemistry, 15, 1983, s. 149-157
- BOER, P., BOTING, P., DIJKSTRA, P., VALLENDUUK, H.: *Formicoxenus nitidulus* in the Netherlands as guest in *Formica*-nests (Hymenoptera: Formicidae, Myrmicinae). Entomologische-Berichten, 55, 1995, č. 1, s. 1-3
- BOLTON, B.: A new general catalogue of the ants of the world. Cambridge: Harvard University Press, 1995, 504 s.
- BONTE, D., DEKONINCK, W., PROVOOST, S., COSIJNS, E., HOFFMANN, M.: Microgeographical distribution of ants and their relation to the soil structure and vegetation. Animal Biology, 53, 2003, s. 367-377



- BRANDT, D., CH: The thermal diffusivity of the organic material of a mound of *Formica polyctena* FOERST. in relation to the thermo-regulation of the brood (Hymenoptera, Formicidae). Netherlands Journal of Zoology, 30, 1980, s. 326-344
- BRUNING, A.: The effect of a single colony of the red wood ant, *Formica polyctena*, on the spider fauna (Aranea) of a beech forest floor. Oecologia, 86, 1991, č. 4, s. 478-483
- BUCHAR, J., DUCHÁČ, V., HŮRKA, K., LELLÁK, J.: Klíč k určování bezobratlých. Praha: Scientia 1995. 85 + 64 s.
- CODELLA, G. S., RAFLA, K. F.: Defence strategies of foliforous sawflies, pp. 261-294. In: Wagner, M. R., Raffa, K. F. (eds.): Sawfly Life History Adaptations to Woody Plants. Academic Press Inc., San Diego, London, 1993. 581 s.
- COENEN-STASS, D., SCHAARSCHMIDT, B., LAMPRECHT, INGOLF, L.: Temperature distribution and calorimetric determination of heat production in the nest of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae). Ecology, 61, 1980, s. 238-244
- CULVER, D. C., BEATTIE, A.: Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. Ecology, 64, 1983, s. 485-492
- CZECHOWSKI, W., RADCHENKO, A., CZECHOWSKA, W.: The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland. Warszawa: Museum and Institute of Zoology PAS, 2002, 200 s.
- ČAPEK, M.: Využitie nepriateľských organizmov v biologickom boji proti živočíšným škodcom, s. 374-389. In: Stolina, M. (ed.): Ochrana lesa. Príroda, Bratislava 1985. 480 s.
- DAĐOUREK, M.: Slunění na podzim? Formica – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 5, 2002b, s. 34-35
- DAĐOUREK, M.: Faktory ovlivňující přežívání mravenišť *Formica polyctena* na lokalitě Rodlen. In: Bryja, J., Zukal, J. (eds.) Zoologické dny. Brno 2002. Abstrakta referátů z konference 14. - 15. února 2002. Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR 2002a, s. 47
- DAĐOUREK, M.: Výzkum populační dynamiky mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rodlen. Diplomová práce. Olomouc: Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Katedra ekologie, 1998. 112 + 15 s.
- DAUBER, J., WOLTERS, V.: Microbial activity and functional diversity in the mounds of three different ant species. Soil Biology and Biochemistry, 32, 2000, s. 93-99
- DOSTÁL, P.: Effects of three mound building species on the formation of soil seed bank in mountain grassland. Flora, 200, 2005, s. 1-11
- DRIESSEN, G. J. J., VAN RAALTE, A. T., DE BRUYN, G. J.: Cannibalism in the red wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). Oecologia, 63, 1984, č. 1, s. 13-22
- EISNER, T.: Integumental slime and wax secretion: defensive adaptations of sawfly larvae. J. Chem. Ecol., 20, 1994, s. 2743-2749
- FOLGARAIT, P. J.: Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biology and Conservation, 7, 1998, s. 1221-1244
- FRANKENBERGER, Z.: Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd 1959. 212 s.
- FREITAG, A.: Photographic monitoring of feeding: A new technique to study the diet of Wryneck *Jynx torquilla* chicks. Alauda, 68, 2000, č. 2, s. 81-93
- FROUZ, J., KALČÍK, J., CUDLÍN, P.: Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str. Ann. Zool. Fennici, 42, 2005, s. 269-275
- FROUZ, J., ŠANTRŮČKOVÁ, H., KALČÍK, J.: The effect of wood ants (*Formica polyctena* FOERST) on the transformation on phosphorous in a spruce plantation. Pedobiologia, 41, 1997, s. 437-447
- FROUZ, J.: The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. Insectes Sociaux, 47, 2000, s. 229-235
- FROUZ, J.: The role of nest moisture in thermoregulation of ant (*Formica polyctena*, Hymenoptera, Formicidae) nest. Biologia, 51, 1996, s. 541-547
- GALLÉ, L.: Thermoregulation in the nest of *Formica pratensis* RETZ. (Hymenoptera: Formicidae). Acta Biologica, 19, 1973, s. 139-141
- GERARD, D., RAALTE, A., BRUYN, J.: Cannibalism in the red wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). Oecologia, 63, 1984, s. 13-22
- GORB, E., GORB, S., PUNTTILA, P.: Effect of redispersal of seeds by ants on the vegetation pattern in a deciduous forest: A case study. Acta Oecologica, 21, 2000, s. 293-301
- GORB, E., GORB, S.: Effects of seed aggregation on the removal rates of elaiosome-bearing *Chelidonium majus* and *Viola odourata* seeds carried by *Formica polyctena* ants. Ecological Research, 15, 2000, s. 197-192
- GORB, S., GORB, E., SINDAROVSKAYA, Y.: Interaction between the non-mymecochorous herb *Galium aparine* and the ant *Formica polyctena*. Plant Ecology, 131, 1997, s. 215-221
- GORB, S., GORB, E.: Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* FOERST.): Implications for distance dispersal. Acta Oecologica, 20, 1999, s. 509-518
- GOSSWALD, K.: Die Waldameise. Band 1. Biologische Grundlagen, Oekologie und Verhalten. Wiesbaden: Aula 1989. 660 s.
- GREEN, W. P., PETTERY, D. E., SWITZER, R. E.: Formicarius pedons, the initial effect of mound-building ants on soils. Soil Survey Horizons, 39, 1998, s. 31-60
- HAEMIG, P.: Interference from ants alters foraging ecology of great tits. Behav. Ecol. Sociobiol., 38, 1996, s. 25-29
- HAEMIG, P.: Predation risk alters interactions among species: competition and facilitation between ants and nesting birds in a boreal forest. Ecology Letters, 2, 1999, s. 178-184
- HAVES, C., STEWART, A. J., A., EVANS, H. F.: The impact of the ants (*Formica rufa*) on distribution and the abundance of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a Scots pine plantation. Oecologia, 131, 2002, č. 4, s. 612-619
- HLAVAC, P.: Revision of the myrmecophilous genus *Lomechusa* (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae). Sociobiology, 46, 2005, č. 2, s. 203-250
- HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O.: The Ants. Berlin: Springer Verlag 1990. 732 s.
- HORÁČEK, J.: Výskyt a ekologie mravence *Formica polyctena* FOERST. na lokalitě Černá hora v Krkonoších. Diplomová práce. Brno: LDF MZLU 2000.
- HORSTMANN, K., SCHMID, H.: Temperature regulation in nests of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). Entomologia Generalis, 11, 1986, s. 229-236
- HORSTMANN, K.: Regulation der Temperatur in Waldameisen-Nestern (*Formica polyctena* FÖRSTER). Ztschr. für Naturforschung C-A Journal of Biosciences, 38c, 1983, s. 508-510



- HORSTMANN, K.: Zur Entstehung des Wärmezentrums in Waldameisennestern (*Formica polyctena* FÖRSTER, Hymenoptera, Formicidae). Zoologische Beiträge. N. F., 33, 1990, s. 105-124
- HRUŠKA, J.: Mravenci rodu *Formica*. In: Anonymus. Ochrana živočichů v ČR. Praha: ČSOP, ČÚOP, 1992, s. 21-29
- HRUŠKA, J.: Lesní mravenci. Ústí nad Labem: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody 1980. 34 s.
- HRUŠKA, J.: Ochrana a racionální využití mravenců rodu *Formica*. Prachatic: OV ČSOP 1982. 37 s.
- HRUŠKA, J.: Program *Formica*. In: Rolčík, J.: Program *Formica*. Sekretariát Praha: MV ČSOP 1990, s. 2-10.
- HRUŠKA, J.: Vliv povětrnostních podmínek na pohlavní snůšky a prosperitu rojů mravenců *Formica polyctena* FÖRST. a *Formica lugubris* ZETT. *Formica – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 2, 1999, s. 27-34
- HUDEC, K. (ed.): Ptáci 2/I., 2/II. Praha: Academia 2005. 1203 s.
- HUDEC, K. (ed.): Ptáci 3/I., 3/II. Praha: Academia 1983. 1234 s.
- KARHU, K. J., NEUVONEN, S.: Wood ants and a geometrid defoliator of birch: predation outweighs beneficial effects through the host plant. *Oecologia*, 113, 1998, s. 509-516
- KLEINEIDAM, C., ROCES, F.: Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. *Insectes Sociaux*, 47, 2000, s. 241-248
- KOEHLER W.: Kształtowanie się stosunków trofobiotycznych przy sztucznej kolonizacji *Formica polyctena*. *Prace Instytutu Badawczego leśnictwa*, 499, 1976, s. 57-68
- KOLUBAJIV, S.: Příspěvek k bionomii, ekologii a gradologii smrkových pilatek skupiny *Nematini*. *Sborník ČAZV (Lesn.)*, 4, 1958, s. 123-150
- KORB, J., LINSENMAIR, K. E.: Thermoregulation of termite mounds: what role does ambient temperature and metabolism of the colony play? *Insectes Sociaux*, 47, 2000, s. 357-363
- KORB, J., LINSENMAIR, K. E.: The effects of temperature on the architecture and distribution of *Macrotermes bellicosus* (Isoptera, Macrotermitinae) mounds in different habitats of a West African Guinea savanna. *Insectes Sociaux*, 45, 1998, s. 51-65
- KRISTIANSEN, S. M., AMELUNG W.: Abandoned anthills of *Formica polyctena* and soil heterogeneity in a temperate deciduous forest: morphology and organic matter composition. *Eur. J. Soil Sci.*, 52, 2001, s. 355-363
- LAAKSO, J., SETÄLÄ, H.: Nest mounds of red wood ants (*Formica aquilonia*): hot spots for litter-dwelling earthworms. *Oecologia*, 111, 1997, s. 565-569
- LAAKSO, J.: Short-term effects of wood ants (*Formica aquilonia* YARR.) on soil animal community structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1999, s. 337-343
- LAMPRECHT, I.: Calorimetry and thermodynamics of living systems. *Termochimica Acta*, 405, 2003, s. 1-13
- LENOIR, L., BENGTTSSON, J., PERSSON, T.: Effects of *Formica* ants on soil fauna-results from a short-term exclusion and a long-term natural experiment. *Oecologia*, 134, 2003, s. 423-430
- LENOIR, L., PERSSON, T., BENGTTSSON, J.: Wood ant nests as potential hot spots for carbon and nitrogen mineralisation. *Biol. Fertil. Soils*, 34, 2001, s. 235-240
- LENOIR, L.: Response of the foraging behaviour of red wood ants (*Formica rufa* group) to exclusion from trees. *Agricultural and Forestry Entomology*, 5, 2003, č. 3, s. 183-189
- MAAVARA, V., MARTIN, A.-J., NUORTEVA, P., OJA, A.: Sampling of different social categories of red wood ants (*Formica* s. str.) for biomonitoring. In: Markert, B. (ed.): *Environmental Sampling for Trace Analysis*. Tokyo: New-York. Cambridge: John Wiley & Sons. Weinheim 1994, s. 465-489
- MAAVARA, V.: Cold-hardiness of red wood ant of *Formica aquilonia*. In: Dokdádov, T. (ed.): *Methodology and result of insect physiology*. Tarhy: Institute of Zoology and Botany, Academy of Sciences of the Estonian Soviet Republic 1985, s. 50-54
- MABELIS, A. A.: Aggression in wood ants (*Formica polyctena* FÖRST., Hymenoptera, Formicidae). *Aggressive behavior*, 10, 1984, s. 47-53
- MABELIS, A. A.: Wood ant wars: The relationship between aggression and predation in the red wood ant (*Formica polyctena* FÖRST.). *Netherlands Journal of Zoology*, 29, 1979, s. 451-620
- MARTIN, A.-J., MAAVARA, V.: The effect of artificial heating of ant nest for the colony life of the red wood ant of *Formica aquilonia*. In: Dokdádov, T. (ed.): *Methodology and result of insect physiology*. Tarhy: Institute of Zoology and Botany, Academy of Sciences of the Estonian Soviet Republic, 1985, s. 55-60
- MARTIN, A.-J.: Ants and forest protection. In: Ljervij, T. (ed.): *Eighth Soviet Myrmecologist Symposium*. Novosibirsk: Biological Institut of Soviet Academy of Sciences 1987, s. 127-132
- MARTIN, A.-J.: Mechanisms of behaviour. Materials of third Soviet conference about ethology. Moscow: Soviet Academy of Science 1983, s. 102-105.
- MARTIN, A.-J.: Vernal thermoregulation in the nest mounds of the red wood ant *Formica aquilonia* YARROW. I. Passive warming of the nest. *Eesti NSV Teaduste Akademia Toimetised. Biologia*, 29, 1980a, s. 103-107
- MARTIN, A.-J.: Vernal thermoregulation in the nest mounds of the red wood ant *Formica aquilonia* YARROW. II. The active heating of brood chambers. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Biologia*, 29, 1980b, s. 188-197
- MOONEY, K. A., TILLBERG, C. V.: Temporal and spatial variation to ant omnivory in pine forests. *Ecology*, 86, 2005, č. 5, s. 1225-1235
- NOVGORODOVA, T. A.: Ant-aphid interactions in multispecies ant communities: Some ecological and ethological aspects. *Eur. J. Entomology*, 102, 2005, č. 3, s. 495-501
- O'DONNELL, S., FOSTER, R. L.: Thresholds of response in nest thermoregulation by worker bumble bees, *Bombus bifarius nearcticus* (Hymenoptera: Apidae). *Ethology*, 107, 2001, s. 387-399
- PARASCHIVESCU, D.: Studies on ants and their commensal insects. *Tiscia*, 27, 1993, s. 29-31
- PEKÁR, S.: Predatory characteristics of ant-eating *Zodarion* spiders (Araneae: Zodariidae): Potential biological control agents. *Biological Control*, 34, 2005, č. 2, s. 196-203
- PETAL, J.: The influence of ants on carbon and nitrogen mineralization in drained fen soils. *Applied Soil Ecology*, 9, 1998, s. 271-275
- PRANSCHKE, A. M., HOOPER-BÚI, L. M.: Influence of abiotic factors on red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) mound population ratings in Louisiana. *Environmental Entomology*, 32, 2003, s. 204-207

- PUNTTILA, P., NIEMELÄ, P., KARHU, K.: The impact of wood ants (Hymenoptera: Formicidae) on the structure of the invertebrate community on mountain birch (*Betula pubescens* spp. *czerepanovii*). *Anl. Zool. Fennici*, 41, 2004, s. 429-446
- ROMEY, W. L.: Does harvester ant, *Pogonomyrmex occidentalis*, shape its mound to catch the morning sun? *The Southwestern Naturalist*, 47, 2002, s. 175-181
- ROSENGREN, R., FORTELIUS, W., LINDSTRÖM, K., LUTHER, A.: Phenology and causation of nest heating and thermoregulation in red wood ants of the *Formica rufa* group studied in coniferous forest habitats in southern Finland. *Ann. Zool. Fennici*, 24, 1987, s. 147-155
- RUPPERTSHOFEN, H.: Erfahrungen über einen kombinierten biologischen Forstschutz durch die kleine rote Waldameise, waldbrütende Vögel, Fledermäuse und Walldspinnen. *Waldhygiene*, 2, 1958, s. 252-257
- SCHMOLZ, E., BRÜDERS, N., DAUM, R., LAMPRECHT, I.: Thermoanalytical investigations on paper cover of social wasps. *Thermochimica Acta*, 361, 2000, s. 121-129
- SCHWERTDFEGER, F.: Untersuchungen über die Wirkung von Ameisenansiedlungen auf die Dichte der kleinen Fichtenblattwespe. *Z. angew. Ent.*, 66, 1970, s. 187-206
- SCHWERTDFEGER, F.: 6. Auswirkung der Ameisenansiedlung auf das Auftreten der kleinen Fichtenblattwespe im Forstamt Cloppenburg. *Aus dem Walde*, 4, 1960, s. 80-92
- SCHWERTDFEGER, F.: Die kleine Fichtenblattwespe in Niedersachsen. *Aus dem Walde*, 1, 1957, s. 75-87
- SCHWERTDFEGER, F.: Langfristige Untersuchungen zur Niederhaltung der kleinen Fichtenblattwespe durch Ansiedlung von Waldmeisen. *Forstwirtschaft. Holzwirtschaft.*, 26, 1971, s. 69-71
- SMETANA, A.: Drabčíkovití - Staphylinidae. Díl 1. Staphylininae. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd 1958, 435 s.
- STARÝ, B.: Užitečný hmyz v ochraně lesa. Praha: Státní zemědělské nakladatelství 1987. 104 s.
- SWENSON, J., JANSSON, A., RIIG, R., SANDEGREN, F.: Bears and ants: myrmecophagy by brown bears in central Scandinavia. *Can. J. Zool.*, 77, 1999, s. 551-561
- VYSOKÝ, V., ŠUTERA, V.: Mravenci severozápadních Čech (Hymenoptera: Formicidae). Ústí nad Labem: Albis international 2001. 211 s.
- WEIDENMULLER, A.: The control of nest climate in bumblebee (*Bombus terrestris*) colonies: interindividual variability and self reinforcement in fanning response. *Behavioral Ecology*, 15, 2004, s. 120-128
- WERNER, P.: *Formicoidea*. In: Šedivý, J. (ed.): *Enumeratio Insectorum Bohemoslovakie III [Hymenoptera]*. *Acta Faun. Ent. Mus. Nat. Pragae*, 1989, 19, s. 153-156
- WERNER, P.: Klíč k určování lesních mravenců rodu *Formica*. In: Hruška J.: *Lesní mravenci*. Ústí nad Labem: KSSPPOP 1980, s. 25-30.
- ZACHAROV, A. A.: Sociální struktury mravenišť. Prachatic: OV ČSOP 1984. 107 s.

## Temporary knowledge of biology and ecology of red wood ants (Hymenoptera: Formicidae)

### Summary

This article presents current experiences from biology and ecology of wood ants. Wood ants are classified into subgenus *Formica* that is represented by six species: *Formica rufa*, *Formica polyctena*, *Formica lugubris*, *Formica aquilonia*, *Formica truncorum* and *Formica pratensis*. Nests of these ants are conical up to flat consisting of underground and aboveground parts. While underground part serves as the real nest, its upper part is built from organic material and regulates losses of warmth and moisture. Shape of nest mound depends on quality of building material, temperature, lighting, air and soil moisture in the locality. Nest mound maintains optimal temperature and moisture needed for foetal development. Warm sources inside the nest mound are sunshine, metabolic warmth produced by ants as well as warmth arisen from decomposition of organic matter. Water in nests is acquired from steam condensation, rain, fog and metabolic water of ants. Moisture of nest material plays an important role in nest thermoregulation.

Ants are highly organized social insect involving individuals of three morphologically different castes: workers, males and females. Sexual individuals are developing from winter clutch that is influenced by temperature inside a nest during egg-laying. Females are fertilized during the so-called swarming; afterwards they try to find a nest of its species or its own one. Wood ants can also regenerate by setting daughter nests apart, which means separation from partial mother nest swarm.

Ants of *Formica* genus have an important impact on their environment. They change both mechanically and chemically soil composition, influence occurrence and quantity of plant species, are a part of food supply for selected species of animals. Their predatory function is also of importance. Ant nests are a biotope for many other species of animals that can be divided on synecchtrients who are driven from the ant mound, synecchtrients tolerated in the nest and ants cared by symphilies. Interesting relationship is trophobiosis with aphids. Ants get excretes (honeydew) from aphids (and other homoptera) and in return protect aphids from their predators and parasitoides.

Recenzenti: Ing. Mgr. J. Frouz, CSc.  
RNDr. P. Kočárek, Ph.D.

## CHARAKTERISTIKY A ZAUJÍMAVOSTI NIEKTORÝCH VÝZNAMNÝCH NÁRODNÝCH PARKOV BRAZÍLIE

**Brazília (Republika federatíva do Brasil)**, ktorá sa rozprestiera na 8 511 965 km<sup>2</sup> a v súčasnosti má 190 miliónov obyvateľov, je tak svojou rozlohou, ako aj počtom obyvateľov najväčšou krajinou Južnej Ameriky. Okrem Chile a Ecuadoru má spoločnú hranicu so všetkými juhoamerickými štátmi. Dĺžka suchozemskej hranice so susednými štátmi dosahuje 16 000 km, kým jej pobrežná hranica s Atlantickým oceánom má 7 500 kilometrovú dĺžku, kým rovník prechádza cez severnú časť krajiny. Administratívne je rozdelená na 23 federatívnych štátov, na 3 federatívne územia, ako aj na tzv. federatívny obvod v okolí hlavného mesta, ktorým od roku 1960 je mesto Brazília, kým úradným jazykom je portugalština.

Pre obrovskú rozlohu nemá Brazília rovnaké ekologické, teda ani klimatické pomery a preto bola krajina rozdelená na takzvané regióny, a to na Severný, Severovýchodný, Severozápadný, Juhovýchodný a Južný región, ktoré síce od seba sa líšia rozlohou, počtom obyvateľov a ekonomickými ukazovateľmi, majú však v podstate rovnaké ekologické a zároveň aj rovnaké klimatické podmienky.

Výmera lesov dosahuje v Brazílii 5 100 000 km<sup>2</sup>, čo predstavuje takmer 60 % celkovej výmery krajiny, kým najväčšiu rozlohu majú tropické pralesy, ktoré predstavujú najlesnatejšiu oblasť Zeme. Okrem týchto tropických pralesov sú významné aj subtropické lesy, ďalej kaktusové spoločenstva, lesy kokosovej palmy, chrastiny a močaristé lesy. S ohľadom na ochranu prírodného a životného prostredia celosvetový význam majú najmä tunajšie pralesy, ktoré podľa odborníkov zabezpečujú takmer polovicu potreby kyslíka zemegule, avšak sú postupne zlikvidované takmer bezohľadnou ťažbou. Povinnosťou príslušných štátnych orgánov a mimovládnych organizácií, ktoré určité kroky v tomto smere už urobili, je, aby sa postupne vyriešil aj tento problém.

V ekologických podmienkach Brazílie značný, najmä vedecký význam majú národné parky v počte 34, ako aj prírodné rezervácie, ktorých počet dosahuje 15, kým ich celková výmera spolu je 119 167 km<sup>2</sup>, čo predstavuje 1,5 % rozlohy štátu. V ďalšom uvedieme charakteristiku niektorých národných parkov podľa regiónov.

**Národný park Aparados (Parque Nacional Aparados da Serra)** sa rozprestiera v Južnom regióne, prevážne na území štátu Rio Grande do Sul a v malom rozsahu v štáte Santa Catarina. Najväčšou atrakciou národného parku je Itaimbezinho-kanyon, do ktorého sa rútia vodopády zo 400metrovej výšky. Druhou pozoruhodnosťou je tu ďalší kanyon Fortaleza, ktorý má 10kilometrovú dĺžku. Najvyšším bodom je tu štít Fundo do Macaco s nadmorskou výškou viac než 1 000 m. Keď je pekné, čisté počasie z tohoto bodu možno dovidieť až na brehy Atlantického oceánu. Na území národného parku ešte aj v súčasnosti žije mnoho druhov takých rastlín a zvierí, ktoré v iných oblastiach Brazílie už postupne vymierajú.

**Národný park Sao Joaquim (Parque Nacional de Sao Joaquim)** sa nachádza tiež v Južnom regióne, na území štátu Santa Catarina, kde sa v značnom počte vyskytujú krásne údolia. Tieto údolia sú veľmi bohaté na rozličné druhy rastlín, ktoré sú reprezentované od subtropických druhov až po ihličnatých porastov vyšších

polôh. V okrajovej časti národného parku, vo výške 1 460 m nad morom je mesto Sao Joaquim, ktoré je podľa odborníkov najchladnejším mestom Brazílie. Zároveň v tejto časti štátu sa produkuje najviac jabĺk celej Brazílie.

**Národný park Iguacu (Parque Nacional do Iguacu)** sa rozprestiera tiež v Južnom regióne, na území štátu Paraná. Je druhým najväčším národným parkom Brazílie, ktorý je mimoriadne bohatý na krásne lesy s vysokým počtom rozličných druhov stromov a vzácných rastlín, ako aj množstvom vzácných druhov zvierí a hmyzu. Súčasne na území národného parku môžu návštevníci obdivovať najväčšiu, ako aj najkrajšiu sústavu vodopádov Brazílie a zároveň celého sveta, ktorá pozostáva z 250 menších i väčších jednotlivých vodopádov (zvaných salto) a podľa kompetentných odborníkov vznikla pred 120 miliónov rokov v dôsledku vulkaničnej činnosti na rieke Iguacu, a to čiastočne na území Brazílie a čiastočne Argentíny. Objem vody týchto vodopádov dosahuje podľa ročných období 1 700 až 10 000 m<sup>3</sup> za sekundu. Najväčší a súčasne najkrajší z týchto vodopádov je Diablové hrdlo (Garganta do Diabla), v ktorého blízkosti takmer úplne „zmokne“ každý návštevník, pokiaľ nemá na sebe pláštenku. Návštevníci vodopádov si uvedomujú, že je to skutočne jedinečný zázrak prírody, čo okrem iného dokazuje aj tá skutočnosť, že celková šírka sústavy je o 1,5krát širšia ako v prípade Niagarských vodopádov. Okrem už spomínaného vodopádu obdivujú návštevníci aj ďalšie, ako Salto Floriano, S. Dossetti, S. Tres Mosquateros, S. dos Hermanas, S. Adamy Eva, S. Martina iné, okrásektorých svedčí aj výrok manželky niekdajšieho prezidenta USA Roosewelta, ktorá tu poznamenala „My poor Niagara“, čiže „Moja chudobná Niagara“.

**Národný park Tijuca (Parque Nacional da Tijuca)** sa nachádza v Juhovýchodnom regióne, je najviac navštevovaným národným parkom Brazílie a to najmä z toho dôvodu, že okrem neopísateľnej krásnych objektov leží v bezprostrednej blízkosti Rio de Janeiro, ba čiastočne na území mesta. Na území národného parku je aj svetoznáma hora Cukrová homoľa (Pao de Acucar), na štít ktoré sa návštevníci dostanú lanovkou. Odtiaľto potom majú neopísateľný pohľad na krásne zálivy Guanara a Botafogo, ako aj na okolité hory, ostrovčeky, jazerá, lesy, pláže a ďalšie prírodné krásy Rio de Janeiro. Na území národného parku Tijuca je aj hora Corcovado, na vrchole ktoré stojí najväčšia svetoznáma socha Krista Spasiteľa (Cristo Redentor). Socha s podstavcom dosahuje 38metrovú výšku, kým jej váha je 1 145 ton. V podstavci sochy je aj kaplnka s miestom pre 150 osôb. Z tohto miesta je krásny pohľad prakticky na celé mesto Rio de Janeiro.

**Národný park Serra des Orgaos (Parque Nacional Serra des Orgaos)** sa nachádza tiež na území Juhovýchodného regiónu, kde do 1 800metrovej nadmorskej výšky sú pre národný park charakteristické subtropické rastlinné spoločenstva, potom do 2 000metrovej výšky sa vyskytujú najmä skalnaté štíty. Charakteristickým symbolom je tu štít Boží prst (Dedo de Deus) v 1 320metrovej výške. Ďalšími, často navštevovanými štítmí sú predovšetkým Štít nosa rehoľníka (Nariz do Frade), ako aj Skala zvona (Pedra de Sino), ktoré sú pomenované podľa ich tvaru. Aj tento národný park je často navštevovaný, keďže je v blízkosti Rio de Janeiro.

**Národný park Itatiaia (Parque Nacional do Itatiaia)** sa nachádza tiež v Juhovýchodnom regióne v nadmorskej výške 700 až 2 787 m, kde sa zachovali tak pôvodná flóra, ako aj fauna tejto oblasti. Múzeum národného parku (Museu Regional da Fauna e Flora) je veľmi bohaté na exponáty, kde zbierky predstavujú 2 328 druhov rastlín, 1 108 druhov vypchatých zvierat a 2 254 druhov hmyzov. Veľmi pekné sú aj vodopády národného parku, medzi ktorými je najkrajší „Závoj nevesty“ spadajúci zo 1 100 metrovej výšky.

**Národný park Tocantins (Parque Nacional Tocantins)** sa nachádza v Stredozápadnom regióne, v štáte Goiás. Je možno ho navštíviť iba s veľmi dobre vybavenou expedíciou, keďže jeho územie je takmer neprístupné. O tomto národnom parku je najviac počuť počas bohatých zrážok na začiatku roka, kedy rieka Tocantins, ktorá nie je chránená ochrannými hrádzami, sa vylieva a spôsobuje obrovské škody.

**Národný park Araguaia (Parque Nacional de Araguaia)** sa rozprestiera tiež v Stredozápadnom regióne a vyznačuje sa množstvom prírodných krás, kde návštevníci môžu obdivovať takmer neporušený raj neporušenej prírody s bohatou faunou a flórou. Na území národného parku sa nachádza najväčší riečny ostrov sveta, a to Ilha do Hananal s rozlohou 20 000 km<sup>2</sup>. V južnej časti ostrova sa rozprestiera aj raj korytničiek. Rieka je zase rajom rybárov, kde je možné loviť často až 300kilové piratingy.

**Národný park Sedem mest (Parque Nacional das Sete Cidades)** sa nachádza v Severovýchodnom regióne, v štáte Piauí. Podľa odborníkov vznikol pred 400 miliónov rokov ako dôsledok spoločného vplyvu dažďov a vetra, ktoré vytvárali sedem skupín skalnatých útvarov, vyzerajúcich ako pozostatky miest s obrovskými budovami, ulicami atď. Jednotlivé „mesta“ dostali taký názov ako pevnosť, kaštieľ, knižnica, hlava kráľa a podobne. Na území národného parku sa môže každý návštevník voľne pohybovať.

**Národný park Ubarajá (Parque Nacional de Ubarajá)** sa rozprestiera tiež v Severovýchodnom regióne, v štáte Cereá. V súčasnosti je považovaný za jeden z najkrajších národných parkov Brazílie. Okrem bohatej flóry a fauny sa tu nachádzajú aj mnohé vodopády, ako aj obrovská kvapľová jaskyňa (Gruta de Ubaraja), a to v nadmorskej výške 800 m. K jaskyni sa možno dostať lanovkou.

**Národný park Orange (Parque Nacional do Cabo Orange)** je v Severnom regióne, na území štátu Amapá pri delte rieky Oiapoque. Podľa údajov je najnovším národným parkom Brazílie. Na území národného parku žije viac takých živočíchov, ktoré sú ohrozené vyhynutím. Medzi tých patria napríklad flamingo, riečna korytnačka, juhoamerický vlk a podobne.

**Národný park Amazónia (Parque Nacional da Amazônia)** sa rozprestiera tiež v Severnom regióne, v štáte Pará, západne od mesta Santarém. Keďže má rozlohu 1 000 000 ha, je najväčším národným parkom Brazílie. Na území národného parku sú doteraz ešte nedotknuté tropické pralesy.

## ZÁVEROM

Treba ešte uviesť, že počet národných parkov a prírodných rezervácií sa v Brazílii stále zvyšujú. Pre úplnosť tiež poznamenávame, že počas putovania v národných parkoch a všade inde sme sa stretli s mimoriadnou ochotou, pozornosťou a pohostinstvom obyvateľstva Brazílie, začo im aj touto cestou úprimne ďakujem.

*Ing. Štefan Kohán, CSc.*



# ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

## Reports of Forestry Research

SVAZEK 52

ČÍSLO 2/2007

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, ISSN 0322-9688

Vedoucí redaktorka: Ing. J. Danyšová. Předseda ediční rady: Doc. RNDr. B. Lomský, CSc.

Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

Vychází čtvrtletně. Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, Strnady 136, 252 02 Jíloviště, tel. 257 892 222, 257 923 140, fax 257 921 444, e-mail: krupickova@vulhm.cz, <http://www.vulhm.cz>

### OBSAH - CONTENT

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| MARIAN SLODIČÁK – JIŘÍ NOVÁK<br>Experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - Polička I a Polička II (1964)<br>Norway spruce thinning experiments – Series Polička I and Polička II (1964)                                                                                                                                                                                    | 79  |
| MARIAN SLODIČÁK – JIŘÍ NOVÁK<br>Experiment s porostní výchovou smrku ztepilého - Nasavrky (1964)<br>Norway spruce thinning experiment – Series Nasavrky (1964)                                                                                                                                                                                                                    | 90  |
| MARIAN SLODIČÁK – JIŘÍ NOVÁK<br>Experiment s porostní výchovou smrku ztepilého - Bruntál (1964)<br>Norway spruce thinning experiment – Series Bruntál (1964)                                                                                                                                                                                                                      | 97  |
| MARIAN SLODIČÁK – JIŘÍ NOVÁK<br>Experimenty s porostní výchovou smrku ztepilého - Blaník I a Blaník II (1964)<br>Norway spruce thinning experiments – Series Blaník I and Blaník II (1965)                                                                                                                                                                                        | 105 |
| VILÉM PODRÁZSKÝ – JIŘÍ REMEŠ<br>Změny kvality a množství nadložního humusu při přirozeném zmlazení bukových porostů<br>na území Školního lesního podniku Kostelec nad Černými lesy<br>Changes of the quality and quantity of surface humus at the natural regeneration of beech stands<br>on the territory of the School Training Forest Kostelec nad Černými lesy                | 118 |
| HELENA CVRČKOVÁ – JANA MALÁ – PAVLÍNA MÁCHOVÁ – PETR NOVOTNÝ<br>Růst a vývoj výpěstků in vitro třešně ptačí ( <i>Prunus avium</i> /L./ L.)<br>a dubu letního ( <i>Quercus robur</i> L.) na demonstračních plochách<br>Growth and development of wild cherry ( <i>Prunus avium</i> /L./ L.) and pedunculate oak<br>( <i>Quercus robur</i> L.) plantlets on the demonstration plots | 123 |
| MILAN BÍBA - ZDENĚK VÍCHA - ZUZANA OCEÁNSKÁ<br>Chemismus vody drobných vodních toků ve vodohospodářsky významných lesních oblastech ČR<br>Water chemistry of small water streams economically important in forest areas of CR                                                                                                                                                     | 132 |
| VÍT ŠRÁMEK - RADEK NOVOTNÝ - HANA UHLÍŘOVÁ - EMILIE BEDNÁŘOVÁ - IVA HUŇOVÁ<br>Vliv ozonu na lesní porosty - mechanismus působení, vliv na dřeviny, ukazatele poškození<br>Ozone impact on forest stands – mechanism, effect on trees, damage markers                                                                                                                              | 138 |
| JIŘÍ ŠINDELÁŘ - JOSEF FRÝDL - PETR NOVOTNÝ<br>Příspěvek k charakteristikám regionálních populací - ekotypů borovice lesní ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)<br>v České republice<br>Towards the Scots pine ( <i>Pinus sylvestris</i> L.) regional populations (ecotypes) characteristics in the Czech Republic                                                                        | 148 |
| JIŘÍ ŠINDELÁŘ – JOSEF FRÝDL – PETR NOVOTNÝ<br>Příspěvek k problematice druhy skladby lesních porostů se zvláštním zřetelem<br>k dřevinám melioračním a zpevňujícím<br>Towards a forest stands species composition in consideration of soil-improving and reinforcement forest tree species                                                                                        | 160 |
| ADAM VĚLE - JAROSLAV HOLUŠA<br>Současné poznání biologie a ekologie lesních mravenců (Hymenoptera: Formicidae)<br>Temporary knowledge of biology and ecology of red wood ants (Hymenoptera: Formicidae)                                                                                                                                                                           | 166 |
| LESNICKÉ AKTUALITY - CURRENT CONTENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
| ŠTEFAN KOHÁN<br>Charakteristiky a zajímavosti některých významných národních parků Brazílie<br>Characteristics and notable objects in some important national parks of Brazil                                                                                                                                                                                                     | 177 |