

## VPLYV PESTOVNÝCH OPATRENÍ A PRÍRODNÝCH DISTURBANCÍ NA HRÚBKOVÝ PRÍRASTOK PORASTOV V PREBUDOVE NA VÝBERKOVÝ LES

### EFFECT OF SILVICULTURAL TREATMENTS AND NATURAL DISTURBANCES ON THE DIAMETER INCREMENT OF FOREST STANDS UNDER THE CONVERSION TO SELECTION STRUCTURE

JÁN JAĎUĎ ✉ - MILAN SANIGA - MIROSLAV BALANDA

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK - 960 53 Zvolen

✉ e-mail: xjadud@tuzvo.sk

#### ABSTRACT

The paper deals with an effect of natural disturbances and silvicultural interventions on the radial growth of two tree stands under the conversion to selection forest. We were intended to answer two research objectives. First, we were interested in the effect of wind disturbances and silvicultural interventions on the radial growth of canopy Norway spruces in converted stands. The growth changes (%) of the radial increment were analyzed in detail. Second, the growth response of lower layer trees on the performed silvicultural intervention was analyzed. The research should characterize the growth response, its intensity and temporal pattern. In total, 21 of canopy N. spruce trees and 30 sub-canopy (lower layer) individuals of silver fir were sampled. The radial growth of canopy trees revealed significant disturbance impact in the decades 1870 and 1930. More than 30% of canopy trees showed the positive response to the performed silvicultural interventions. Considering the growth of fir in the lower layer, the positive effect of silvicultural intervention was confirmed for 24% of trees, whereas the increase of radial growth was recognizable two years after the treatment performed. Regarding the preservation of increased annual increment, we can state a high variability of this parameter. The increment of responding trees decreased to former values after 7 years, on average. The age of canopy trees was  $144 \pm 32$  years. We did not confirm the significant relation between the diameter (dbh) of canopy trees and their physical age. The average age of trees in lower layer was  $25 \pm 5$  years. Contrary to canopy cohorts, the positive correlation ( $r = 0.49$ ) between the tree diameter and its age was proved.

**Kľúčové slová:** hrúbkový rast, prírodné disturbance, výberkový les

**Key words:** radial growth, natural disturbances, selection forest

#### ÚVOD

Výberkové hospodárstvo spája do jedného uceleného konceptu pestovania lesa všetky prírode blízke princípy. Spontánna prirodzená obnova vzniká ako prirodzená súčasť hospodárskeho spôsobu, za jej účelom nie sú vykonávané žiadne špeciálne orientované pestovné opatrenia. Vo vertikálnom profile výberkového lesa sa stromy bočne neovplyvňujú. Vplyv bočnej konkurencie v dolnej vrstve je substituovaný clonením vyšších vrstiev porastu. Základným nástrojom usmerňovania rastu jedincov je regulácia clonenia. Špecifickým znakom výberkového hospodárstva v jeho klasickej forme je jednotlivý výber (SCHÜTZ 2002). Všetky pestovné opatrenia sú vysoko individualizované. Kombinácia uvedených princípov vedie k vytvoreniu výrazne diferencovanej, stabilnej porastovej štruktúry. Produkcia porastu je z časového hľadiska rovnomerná, produkované sortimenty nesú známky vysokej kvality (SCHÜTZ 1997; KNOKE 1998). Stromy rôzneho veku a hrúbky sú zastúpené na čo najmenšej ploche (SCHÜTZ 1989). Charakteristická vlastnosť všetkých výberkových lesov je neohraničená životnosť. Pojem rubnej doby spájajúci v sebe viaceré aspekty rubnej zrelosti do určitého veku tu nemá žiaden význam, lebo za rubne zrelé stromy sa vo výberkovom lese považujú tie, ktoré dosiahli cieľovú hrúbku. Z hľadiska hospodárskej úpravy je vek nahradený hrúbkou.

Z dlhodobého hľadiska môže byť výberkové hospodárenie efektívne na ploche niekoľkých hektárov obzvlášť v prípade stanovišta s prirodzeným výskytom jedle bielej (*Abies alba* Mill.) (SCHÜTZ 2001). Prítomnosť jedle značne uľahčuje dosiahnutie výberkovej štruktúry v procese prebudovania (KNOKE 2004). Výberkové hospodárstvo je vo svojej klasickej koncepcii spájané s drevinami tolerantnými voči zatieneniu. ELLENBERG, LEUSCHER (2010) uvádzajú, že jedľa biela patrí medzi vyslovene tienne druhy drevín. Udržiava si pozitívnu bilanciu uhlíka aj pri nízkej intenzite osvetlenia (GRASSI, BAGNARESI 2000). V prípade dlhodobého clonenia dokáže jedľa biela vyčkávať v tzv. stacionárnom stave viac ako 100 rokov, kým sa rastové podmienky nezlepšia (SCHÜTZ 2002). Svetlené podmienky výrazne ovplyvňujú rast jedincov v dolnej vrstve štrukturalizovaných porastov. V prírodných lesoch sa menia pod vplyvom disturbance, v lesoch hospodárskych túto skutočnosť nahrádzajú pestovné zásahy, ktoré menia svetelným režim porastu z dlhobehjšieho hľadiska. Je známe, že dynamika hrúbkového rastu závisí od zmien v svetelných podmienkach rastového priestoru (CLARK, CLARK 1994; PEÑA-CLAROS et al. 2008). Viaceré práce prikladajú uvoľneniu korún doposiaľ clonených jedincov rozhodujúci vplyv na dynamiku hrúbkového rastu. Tieto zmeny sú reakciou na priame odclonenie vzniknuté vytvorením medzery v korunovom zápoji (MARTINEZ-RAMOS et al. 1988; KUCBEL et al. 2009; ROZENDAL et al. 2010; GENDREAU-BERTHIAUME et al. 2012;

BALANDA et al. 2013) alebo vznikajú zlepšením sociálneho postavenia, t.j. odrastením do vyššej vrstvy výberkového lesa (VENCURIK, KUCBEL 2008; VENCURIK et al. 2009). Uplatňovaním jednotlivého výberu simulujeme tzv. maloplošnú dynamiku medzier v prírodnom lese (KUCBEL et al. 2010). Viacero prác sa zaoberalo reakciou porastu na rozdielne pestovné opatrenia v podobe zvýšeného prírastku (LIEFFERS et al. 2003; BRAIS et al. 2004; ZENNER et al. 2011). Ak však chceme porovnávať vplyv prírodných disturbancií a pestovných opatrení, je nutné nájsť porasty, ktoré boli zasiahnuté oboma faktormi. Pôvodné drevinové zloženie si zachovalo viac ako 70 % rozlohy lesov Slovenska (SANIGA 2010). Výberkové lesy alebo lesy blízke výberkovej štruktúre v Nízkych Tatrách tak poskytujú možnosť detailne preniknúť do disturbančnej histórie v danej oblasti a porovnať reakciu zostávajúcich porastových zložiek na prírodné vplyvy s reakciou porastu na pestovné usmerňovanie v procese prebudovy na výberkový les. Organickou súčasťou výberkovej štruktúry je dolná vrstva porastu, ktorej jedince neustále dopĺňajú prvý hrúbkový stupeň (REININGER 1992). Podiel reagujúcich jedincov, doba reakcie ako aj čas potrebný pre odozvu na pestovné opatrenie doposiaľ neboli v procese prebudovy známe ani podrobne skúmané.

Cieľom predkladanej práce bolo:

1. porovnať vplyv veterných kalamít a pestovných opatrení na hrúbkový prírastok zostávajúcich porastových zložiek;
2. stanoviť podiel jedincov jedle reagujúcich na zmenené svetelné podmienky v dolnej vrstve, mieru ich reakcie, čas odozvy ako aj dobu reakcie na pestovné opatrenia v procese prebudovy na výberkový les;
3. prostredníctvom popisnej štatistiky charakterizovať vekovú štruktúru jedincov tvoriacich kostru prebudovávaného porastu a vekovú štruktúru novo vznikajúcej generácie. Určiť tesnosť korelácie medzi hrúbkou a vekom jedincov.

## MATERIÁL A METODIKA

### Charakteristika výskumných objektov

Výskum bol realizovaný v orografickom celku Nízke Tatry na území lesného celku Liptovská Osada v demonštračnom objekte Donovaly – časť Místríky (50,4 ha; S 48°52'26'' a V 19°14'28''). Demonštračný objekt sa nachádza v nadmorskej výške 960–1050 m n. m. Priemerný ročný úhrn zrážok je 900–1000 mm, priemerná ročná teplota sa pohybuje v intervale 4,2–4,8 °C. Nachádza sa v 6. lesnom vegetačnom stupni v skupine lesných typov *Fagetum-abietino-piceosum* (SANIGA, VENCURIK 2007). Odber vzoriek bol realizovaný v rámci plánovaných pestovných opatrení v dvoch dielcoch.

### Dielec 629

Dielec má 2 čiastkové plochy s odlišnou porastovou štruktúrou. Čiastková plocha I s výmerou 3,31 ha má výraznú diferencovanú štruktúru s dobou prebudovy 25 rokov a je charakterizovaná trvalou výskumnou plochou TVP 1. Na uvedenej čiastkovej ploche sa realizuje prebudova pomocou existujúceho porastu. Čiastková plocha II má hrúbkovú a výškovú štruktúru menej diferencovanú a je charakterizovaná TVP 2. Na tejto čiastkovej ploche je zámer vykonať prebudovu na výberkový les pomocou následnej generácie porastu. Na ploche sa uskutočňuje Bádenský clonný rub s obnovnou dobou 40 rokov, s cieľom pozvoľného dávkovania svetla zameraného na nepravidelnú prirodzenú obnovu. Dielec má dominantnú produkčnú funkciu. Optimálna zásoba bola stanovená na 415 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, cieľová hrúbka na 74 cm. Objemový prírastok má hodnotu 6,9–7,2 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>. Zastúpenie drevín: smrek 92 %, jedľa 8 %. Vtrúsene sa vyskytuje buk, ktorý bol zabezpečený umelou obnovou ako pôvodná drevina. Geologické podložie je tvorené žulou a fylitmi, prevláda nenasýtená hnedá lesná pôda (SANIGA, VENCURIK 2007).

### Dielec 606

Hlavná funkcia dielca je pôdoochranná. Optimálna zásoba bola stanovená v rámci intervalu 300–320 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, cieľová hrúbka 66 cm. Zastúpenie drevín: smrek 60 %, jedľa 40 %, buk vtrúsene. Ročný objemový prírastok má hodnotu 5,7 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Geologické podložie reprezentuje žula a fylity, prevládajúcim pôdnym typom je ranker. Výmera dielca je 5,3 ha, expozícia je južná (SANIGA, VENCURIK 2007). Porast sa stále hrúbkovo diferencuje. Postupne sa zvyšuje podiel dolnej vrstvy a formuje sa stabilná horná vrstva. Porast prechádza z fázy štrukturalizácie do záverečnej fázy prebudovy zjemnenia štruktúry smerom k výberkovej (SCHÜTZ 2002).

### Výberový súbor, metodika merania a vyhodnotenia

Pre naplnenie stanovených cieľov práce bolo nutné získať vzorky z dvoch porastov, t. j. vytvoriť dva výberové súbory. Rozsah obidvoch výberových súborov bol s ohľadom na dostatočnú reprezentatívnosť, časovú a technickú náročnosť spracovania stanovený na 30 vzoriek z každého porastu. Pre dosiahnutie cieľov 1 a 3 boli v dielci 629 odoberaté vzorky smrekov z hornej vrstvy vo forme celého kmeňového segmentu odrezaného z čela vyťaženého kmeňa, t. j. vo výške 0,3 m. Získaných bolo 30 vzoriek, vyhodnotených bolo 21 segmentov. Zvyšných 9 vzoriek nebolo možné analyzovať. Hrúbka d<sub>1,3</sub> analyzovaných jedincov dosahovala hodnoty od 280 do 710 mm. Jednalo sa o stromy hornej vrstvy vyznačené vo fáze podpory prirodzenej obnovy v rámci prebudovy porastu na výberkový les. Vzorky boli odoberané schematicky po celej ploche porastu so zaznamenaním hrúbky d<sub>1,3</sub> (cm) rúbaného jedinca. Pre zistenie skutočností definovaných v cieľoch 2 a 3 bolo v dielci 606 odoberatých a vyhodnotených 30 vzoriek. Vzorku predstavoval segment celého priemeru kmeňa z výšky 0,5 m. Hrúbka d<sub>1,3</sub> analyzovaných jedincov varíovala medzi 20 a 71 mm. Vzorky boli odoberaté z dolnej vrstvy so zaznamenaním hrúbky (mm) jedinca.

Všetky vzorky boli spracované podľa metodiky COOK, KARIUKSTIS (1990) a digitalizované skenerom Epson Expression 10000 XL s rozlíšením 1200 dpi a vyhodnotené v programe WinDendroT 2009b (Régent Instruments, Inc.). Šírka samotných letokruhov bola meraná s presnosťou na 0,001 mm.

Údaje z porastu 629 (celkovo 21 letokruhových sérií) boli následne spracované podľa metodiky BLACK, ABRAMS (2004). Autori popisujú prvý krok zvolenej metodiky nasledovne. Výpočet percentuálnej zmeny v hrúbkovom raste je založený na výpočte priemerného hrúbkového prírastku metódou kľzavého priemeru (obr. 1):

$$PG \% = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

kde

PG % – percentuálna rastová zmena

M<sub>1</sub> – priemerná šírka letokruhu v desaťročí pred hodnoteným rokom

M<sub>2</sub> – priemerná šírka letokruhu v desaťročí nasledujúcom po hodnotenom roku.

Druhý krok metodiky je založený na výpočte hranice (*boundary line*), ktorú reprezentujú maximálne prírastkové zmeny, ktoré predstavujú odpoveď jedinca na odclonenie na danom stanovišti. Pre jej výpočet je možné použiť lineárne, mocninové, logaritmické alebo exponenciálne funkcie, ktoré najlepšie vyjadrujú priemer desiatich najvyšších dosiahnutých hodnôt percentuálnych rastových zmien vo zvolených intervaloch vypočítaného predchádzajúceho rastu. Výpočtom tejto hranice pre konkrétne stanovištné podmienky sa zaoberali BLACK, ABRAMS (2003), SPLECHTNA et al. (2005), NAGEL et al. (2007), ZIELONKA et al. (2010) a BALANDA et al. (2013).

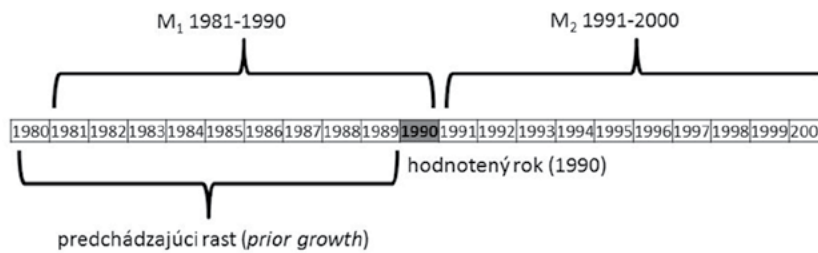
Tretím krokom použitej metodiky bola identifikácia „rastových pulzov“. Všetky hodnoty percentuálnej rastovej zmeny nižšie ako 10 %

neboli považované za zmenu v rastovom rytme (BLACK, ABRAMS 2003). Hodnoty od 10 do 20 % predstavovali zvýšenie prírustku vyvolané vplyvom klimatických zmien. Takéto zmeny nepredstavujú reakciu jedinca na uvoľnenie. Interval 20 až 50 % predstavuje rastové zmeny vyvolené miernym uvoľnením jedinca. Hodnoty rastovej zmeny nad 50 % predstavujú významné zmeny v rastovom postavení jedinca. Za identifikovaný rastový pulz možno považovať zvýšenie prírustku minimálne o 10 % v piatich po sebe nasledujúcich rokoch. Následne bol v rámci identifikovaného rastového pulzu označený rok s najvyššou hodnotou rastovej zmeny a podľa zvolenej kategorizácie bol tento rastový pulz označený ako vplyv klímy, mierneho alebo výrazného uvoľnenia. Pre spracovanie údajov bol použitý program MS Excel 2010.

Spracovanie vzoriek dreviny jedľa biela z dielca 606 nebolo pomocou opísanej metodiky možné pre krátke letokruhové série. NOWACKI, ABRAMS (1997) na základe empirických zistení uvádzajú, že už 25% nárast v hrúbkovom raste oproti predchádzajúcemu obdobiu možno v dolnej vrstve považovať za zmeny vyvolané rozvoľnením korunového zápoja. Spracovanie letokruhových sérií z dielca 606 bolo vykonané výpočtom päťročného kľzavého priemeru hrúbkového rastu. Následne boli priemery navzájom porovnávané pri nastave-

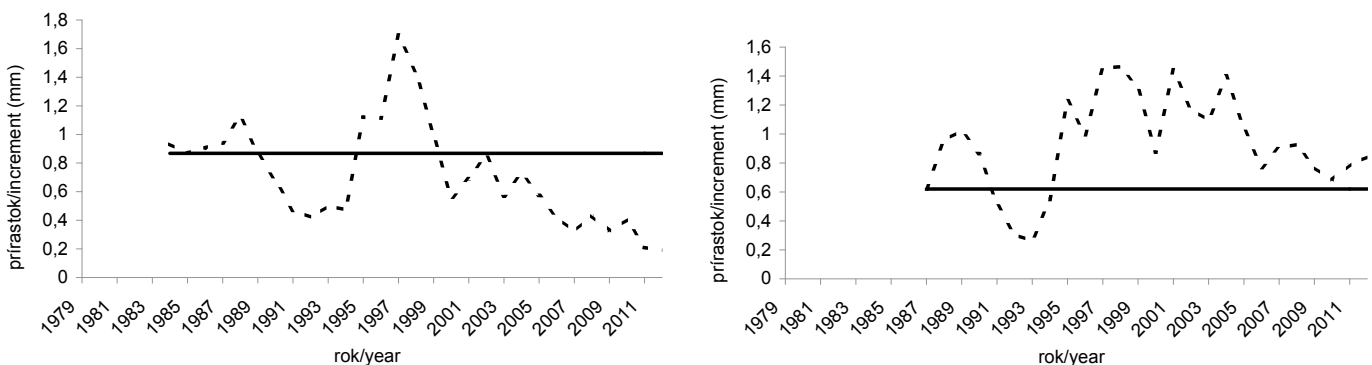
ni 25% a 50% hranice pre stanovenie rastových zmien pod vplyvom uvoľnenia. Pre výpočet bol použitý program ARSTAN (Cook, KRUSIC 2007). Program bol vyvinutý pre stanovenie rastových zmien pre stromy rastúce pod clonou materského porastu. Detailne je metodologický princíp programu popísaný v práci COOK (1985). Pre určenie dĺžky trvania reakcie jedinca vo forme zvýšeného hrúbkového prírustku bola použitá modifikovaná metodika podľa SOLIZ-GAMBOA et al. (2011), ktorá spočíva v určení mediánu hrúbkového prírustku pred zásahom a jeho porovnaní s aktuálnym prírustkom v rokoch nasledujúcich po preukázanej reakcii na uvoľnenie. Pokles aktuálneho prírustku na hodnotu mediánu hrúbkového prírustku pred uvoľnením signalizuje koniec reakcie na pestovné opatrenie formou zvýšeného hrúbkového prírustku. Príklad použitia metódy je znázornený na obr. 2 A. Zvýšený prírustok v tomto prípade trval od roku 1995 do roku 1999, celkovo 4 roky. Dĺžka reakcie bola za celý výberový súbor stanovená ako aritmetický priemer dĺžky reakcií pri konkrétnych jedincoch.

Pre následné štatistické spracovanie údajov bola použitá popisná štatistika. Závislosť veku a hrúbky, príp. výšky jedincov bola skúmaná pomocou regresnej a korelačnej analýzy. Použitý bol štatistický softvér STATISTICA 10.



**Obr. 1.** Grafické znázornenie výpočtu pohyblivého priemeru (NOWACKI, ABRAMS 1997)

**Fig. 1.** Graphic presentation of calculations for prior growth and the growth change according to NOWACKI, ABRAMS (1997)



**Obr. 2.** Príklad individuálnej reakcie dvoch jedincov jedle bielej rastúcich v dolnej vrstve výberkového lesa na pestovné opatrenie vykonané v roku 1994. Skutočný hrúbkový prírustok (prerušovaná línia), medián hrúbkového prírustku pred identifikovaným rokom uvoľnenia 1994 (plná línia) A) dočasné zvýšenie radiálneho prírustku; B) pretrvávajúce zvýšenie šírky letokruhov spôsobené trvalým zlepšením svetelných podmienok

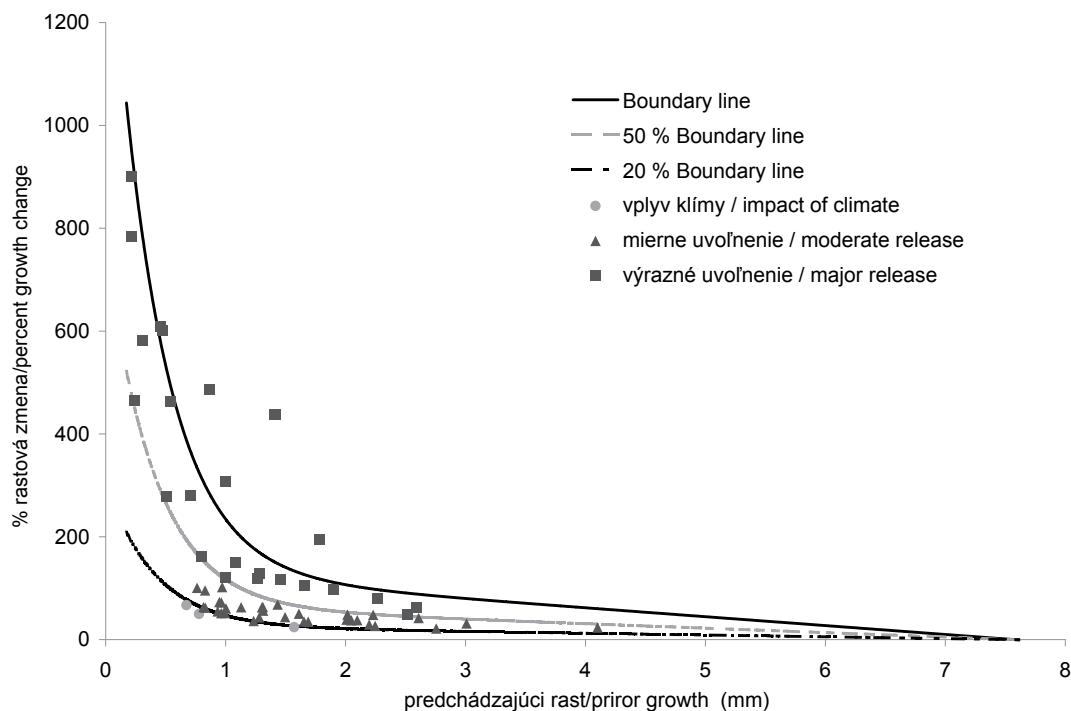
**Fig. 2.** Example of individual response of silver fir located in the lower layer of the selection forest to the same silvicultural intervention performed in 1994. The real diameter increment (dashed line) and the median of the radial increment before the release year of 1994 (solid line) A) period of temporarily increased radial growth; B) persistent increase of ring width caused by substantial improvement of light conditions

## VÝSLEDKY

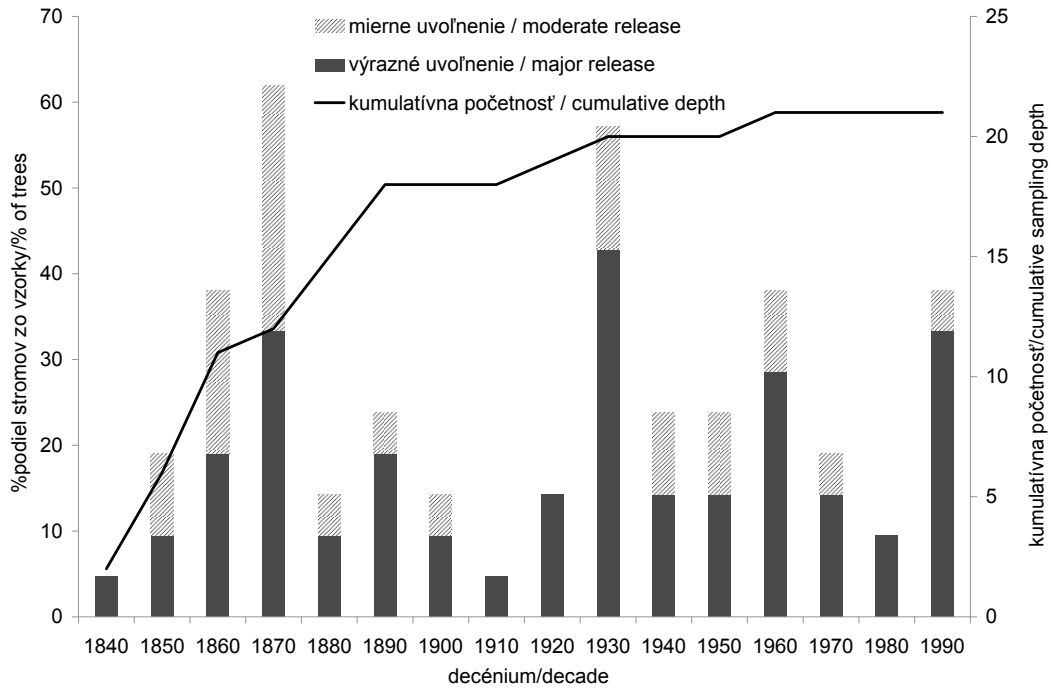
Analýzou vzoriek stromov z hornej vrstvy porastu 629 bola zistená pomerne veľká variabilita ich veku. Minimálne zistený vek bol 56 rokov, maximálne 183 rokov. Priemerný vek vzorkovaných jedincov bol  $144 \pm 32$  rokov. Priemerná hrúbka  $d_{1,3}$  bola  $49 \pm 12$  mm. Skúmaná bola závislosť veku a hrúbky  $d_{1,3}$ . Medzi premennými nebola zistená štatisticky významná závislosť ( $p = 0,37$ ). Prvý hrúbkový prírastok zaradený do vzorky bol vytvorený v roku 1830 a posledné identifikované letokruhy boli vytvorené v roku 2012. Priemerná šírka letokruhu bola  $1,82 \pm 1,25$  mm. Do prvého analyzovaného decénia (roky 1840 až 1849) boli zahrnuté dva stromy. V ďalšom období má počet analyzovaných vzoriek stúpajúci trend s relatívnym ustálením v roku 1930 na počet 20 jedincov. Od roku 1957 sa ustálil počet vzorkovaných stromov na 21. Celkovo bolo zaznamenaných 3013 letokruhov. Prostredníctvom analýzy rastových zmien bolo zistených 61 rastových pulzov. Tri rastové pulzy boli podľa stanovených kritérií vyvolané klimatickými zmenami. Miernym uvoľnením bolo charakterizovaných 33 rastových pulzov a 25 rastových pulzov bolo označených ako reakcia jedincov na výrazné uvoľnenie (obr. 3). Priemerná šírka letokruhu po výraznom uvoľnení bola  $2,51 \pm 1,75$  mm. Podiel reagujúcich jedincov a intenzita reakcie je zobrazená na obr. 4. Reakcie sú zoradené chronologicky od decénia začínajúceho v roku 1840 až po posledné vyhodnotené decénium začínajúce v roku 1990. V každom z decénií boli zistené reakcie na uvoľnenie pri určitom počte jedincov. Identifikovať však môžeme dve decéniá, v ktorých na uvoľnenie reagovalo viac ako 50 % jedincov. Prvé decénium začínajúce v roku 1870, v ktorom 33,3 % jedincov reagovalo na výrazné uvoľnenie a 28,5 % jedincov reagovalo na mierne uvoľnenie. Druhé decénium začínalo v roku 1930. Na základe záznamov práve z rokov 1933–1934 bola v tejto oblasti víchrica, ktorá vytvorila prvé veľké kalamitné plochy. V tomto decéniu sa miernym uvoľnením prejavilo 14,2 % jedincov a 42,9 % jedincov reagovalo na výrazné uvoľnenie. Decénium 1990 až 1999 je

charakteristické odobratím porastovej zásoby o hodnote takmer  $87 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . V tomto decéniu sa prejavilo výrazným uvoľnením 33,3 % jedincov.

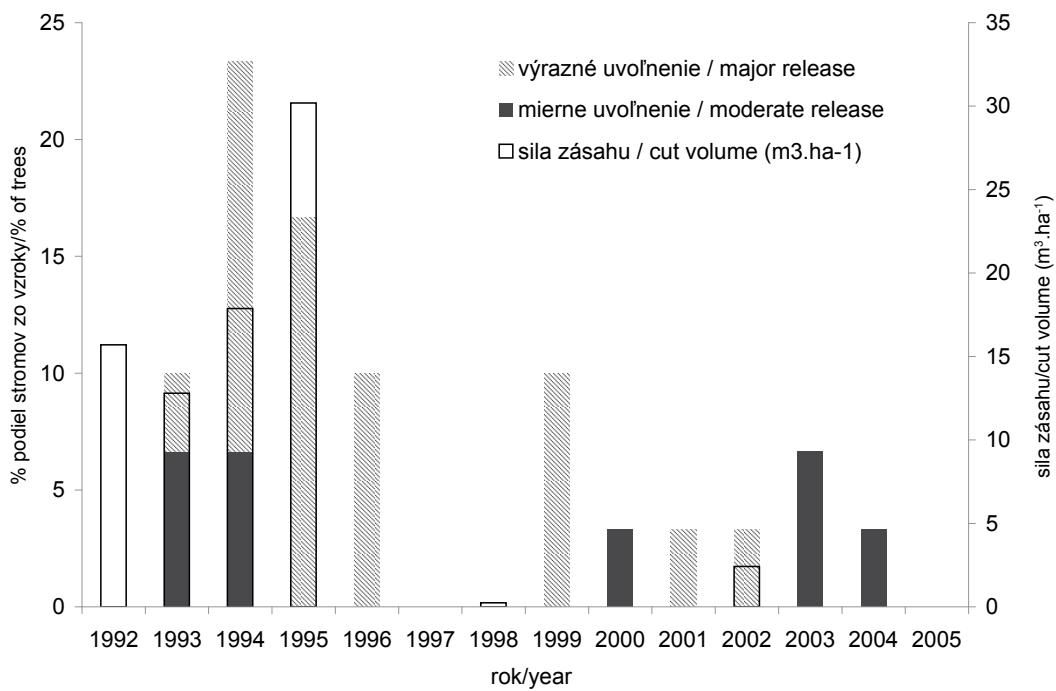
Vzorky získané z TVP v dieľci 606 popisujú hrúbkový rast jedle v dolnej vrstve porastu prebudovaného na výberkový les. Priemerný vek 30 jedincov obsiahnutých vo vzorke bol  $25 \pm 5$  rokov. Priemerná hrúbka jedincov  $d_{1,3}$  bola  $38 \pm 12$  mm s variačným rozpätím 20 až 71 mm. Štatisticky významná závislosť bola potvrdená medzi hrúbkou jedince  $d_{1,3}$  a jeho vekom ( $p = 0,00$ ). Dosaiahnutú tesnosť korelácie možno označiť ako stredne silnú ( $r = 0,49$ ). V rámci celej vzorky bolo identifikovaných 757 letokruhov, priemerná šírka letokruhu bola  $0,76 \pm 0,39$  mm. Mieru reakcie a počet reagujúcich jedincov na pestovné opatrenia popisuje obr. 5. V roku 1992 bol v poraste vykonaný zásah o sile  $16,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . V nasledujúcom roku zareagovali na mierne uvoľnenie dva jedince a jeden jedinec reagoval výrazným uvoľnením. V roku 1993 bola na ploche vykonaná ťažba o sile  $12,8 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . V roku 1994 sa odozva na mierne uvoľnenie prejavila pri 2 jedincoch. Silným uvoľnením reagovalo 5 jedincov. V roku 1994 sa pokračovalo v zásahoch o sile  $17,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . V roku 1995 reagovalo 5 jedincov výrazným uvoľnením. V roku 1995 bol vykonaný posledný výraznejší zásah o sile viac ako  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . V nasledujúcom roku 1996 reagovali výrazným uvoľnením 3 jedince. Od roku 1999 bol celkovo zaznamenaných 5 rastových zmien. V roku 2002 bola na ploche porastu vykonaná ťažba s charakterom zdravotného výberu o sile  $2,2 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . V nasledujúcich rokoch na túto skutočnosť reagovali len tri jedince, a to charakterom mierneho uvoľnenia. Reakcie jedincov po roku 1999 nemožno s istotou pripísať na vrub žiadnemu realizovanému pestovnému opatreniu. Zásahy v tomto decéniu boli slabé, jednalo sa o zdravotný výber. Vplyv iných ako pestovateľských faktorov však možno vylúčiť, nakoľko podrobný výskum sa v objekte realizuje od roku 1982 a na zmenu iných faktorov (napr. klimatických) by reagovala väčšia časť vzorky.



**Obr. 3.**  
Maximálne rastové zmeny v identifikovaných rastových pulzoch  
**Fig. 3.**  
Maximum growth changes of each identified growth pulse



**Obr. 4.**  
Miera reakcie, podiel reagujúcich jedincov a kumulatívna početnosť  
**Fig. 4.**  
Distribution of moderate and major releases, cumulative sampling depth



**Obr. 5.**  
Miera reakcie, podiel reagujúcich jedincov a sila zásahu  
**Fig. 5.**  
Distribution of moderate and major releases with respect to the intensity of performed intervention



## DISKUSIA

Je všeobecne známe, že medzi vekom stromu a jeho hrúbkou  $d_{1,3}$  je štatisticky významná závislosť preukázaná len v relatívne nízkom veku, pričom je dosiahnutá tesnosť korelácie spravidla stredne silná. S postupným približovaním sa k fyziologickému veku dreveniny klesá táto významnosť, až na úroveň štatisticky nevýznamného vzťahu. Veľký vplyv na tento vzťah majú aj disturbancné vplyvy väčšieho rozsahu. Čím vyššia je frekvencia disturbancií, tým menšia je preukázaná závislosť medzi hrúbkou  $d_{1,3}$  a vekom (LEAK 1985; O'BRIEN et al. 1995). SCHÜRZ (2001, 2002) uvádza, že vek jedincov v dolnej vrstve výberkového lesa môže byť i viac ako 100 rokov. Doba reakcie na pestovné opatrenie vo forme zvýšeného hrúbkového prírastku je individuálna a záleží od ekologických a konkurenčných podmienok v rastovom prostredí konkrétneho jedinca. Výraznú individuálnu variabilitu v dobe reakcie na uvoľnenie uvádzajú aj SOLIZ-GAMBOA et al. (2012), pričom výrazným determinujúcim faktorom je druh dreveniny. Viaceré práce uvádzajú, že celkový podiel jedincov reagujúcich na čiastočné odobratie zásoby je s ohľadom na umiestnenie jedincov vo vertikálnom profile porastu najvyšší v dolnej vrstve (SHEN et al. 2000; DEAL, TAPPEINER 2002; POTHEIR, PRÉVOST 2008). Autori to vysvetľujú vyšším zvýšením prieniku svetla do dolnej vrstvy, ktorej svetelné podmienky sa pod vplyvom zásahu menia radikálnejšie než rastové podmienky hornej vrstvy. V našom prípade bol vyšší podiel jedincov reagujúcich na pestovné zásahy zaznamenaný v hornej vrstve porastu 629 (viac ako 30 %). Dôvodom je už spomínaný nízky vek dolnej vrstvy, ktorá neprešla dostatočne dlhou dobou útlaku tak, ako je to typické pre dolnú vrstvu výberkových lesov v rovnovážnom stave. S odozvou viacerých drevenín na pestovné opatrenia a prírodné disturbancie sa zaoberali GENDREAU-BERTHIAUME et al. (2012). V dolnej vrstve štrukturalizovaného zmiešaného porastu vo východnej Kanade autori potvrdili zvýšenie hrúbkového prírastku jedle balzameovej (*Abies balsamea*) hneď v roku nasledujúcom po veternej kalamite. V prípade porastu s aplikáciou ťažby cieľových hrúbok sa zmeny v hrúbkovom raste prejavili v druhom vegetačnom období. KNEESHAW et al. (2002) rovnako potvrdzujú skutočnosť, že v prípade citlivejších foriem hospodárenia sa rastová odozva dolnej vrstvy predlžuje až o dva roky.

Analýzou zmien v hrúbkovom prírastku v nadväznosti na disturbancné vplyvy sa okrem iných zaoberali aj NAGEL et al. (2007), ZIELONKA et al. (2010) a BALANDA et al. (2013). Použitie rovnakej metodiky za účelom stanovenia vplyvu pestovných opatrení nám umožnilo analyzovať počet a frekvenciu disturbancií prebiehajúcich v tejto oblasti v minulých storočiach. Z hľadiska počtu a frekvencie zaznamenaných disturbancií môžeme naše výsledky porovnávať s výsledkami autorov ZIELONKA et al. (2010) a BALANDA et al. (2013), resp. údajmi, ktoré uvádza vo svojej práci ZÚBRIK (2013). Práve posledný citovaný autor vo svojej práci uvádza, že Nízke Tatry v roku 1870 zasiahla veterná kalamita, ktorej výsledkom bolo 6 mil.  $m^3$  kalamitného dreva. V tomto desaťročí uvádzajú rovnako autori ZIELONKA et al. (2010) a BALANDA et al. (2013) prvý výraznejší disturbancný vplyv v oblasti Vysokých a Nízkych Tatier. Následne v rokoch 1920 až 1940 uvádzajú druhú etapu disturbancií. Roky 1921, 1925 a 1930 boli spojené s veternými kalamitami na území národných parkov TANAP a NAPANT (ZÚBRIK 2013). Naše výsledky potvrdzujú vplyv týchto udalostí aj na ploche nášho demonštračného objektu. Z hľadiska ekológie pestovných opatrení od sedemdesiatych rokov minulého storočia bol porast 629 usmerňovaný s cieľom prebudovy na výberkový les. V rokoch 1978 až 1987 bola na ploche porastu vykonaná úmyselná ťažba o sile 701  $m^3$ . V rokoch 1989 až 1997 bolo z porastu vyťažených 820  $m^3$ . V dôsledku pestovných zásahov klesá podiel stromov reagujúcich na uvoľnenie. Znížením hustoty porastu v okolí stromov s dostatočne veľkou korunou dochádza po dobu niekoľkých desaťročí k zvýšenému prírastku na kruhovej ploche uvoľneného stromu (LATHAM, TAPPEINER 2002).

## ZÁVER

Cieľom prírode blízkeho pestovania lesa je udržiavať druhovú diverzitu, odolnosť, hrúbkovú a výškovú diferenciáciu lesných ekosystémov pri súčasnom plnení všetkých funkcií lesov. Jednotlivý výber je vhodným nástrojom pre pestovné usmerňovanie zmiešaných, štrukturalizovaných lesov. Jeho aplikáciou sa zachováva prirodzená porastová štruktúra vo všetkých svojich znakoch a dostatočne sa podnecuje produkcia porastu. V jeho porovnaní s reakciou na prírodné disturbancie je podiel reagujúcich jedincov nižší, avšak prejavujú sa výrazne pozitívnejšie prírastkové zmeny na zostávajúcich jedincoch. Tento rozdiel si vysvetľujeme menšou silou pestovných zásahov ako v prípade vplyvu disturbancií. V rámci reagujúcich jedincov však dochádza k dominancii rastových zmien vyvolaných silným uvoľnením. Tieto skutočnosti sú reakciou na pestovné zásahy cieleň na zvýšenie stability porastových zložiek tvoriacich kostru prebudovávaného porastu. Udržať časovú kontinuitu prirodzenej obnovy je možné len prostredníctvom jednotlivého výberu. Jeho dôsledným uplatňovaním je dolná vrstva výberkového lesa dostatočne štrukturalizovaná, čím je početnosť prvého hrúbkového stupňa dopĺňaná v relatívne pravidelných intervaloch. Výsledky práce potvrdili vysokú variabilitu práve v odozve dolnej vrstvy na pestovné opatrenia. V rámci tejto vzorky bol zistený maximálny podiel jedincov reagujúcich na uvoľnenie v roku 1994, a to na úrovni 24 %, pričom tomuto roku predchádzalo odobratie porastovej zásoby 28,5  $m^3 \cdot ha^{-1}$ . V prvej polovici sledovaného obdobia reagovalo na uvoľnenie celkovo 60 % vzorkovaných jedincov. Zvýšenie hrúbkového prírastku jedinca dolnej vrstvy minimálne o 25 % oproti predchádzajúcemu obdobiu je možné očakávať najneskôr do dvoch rokov po pestovnom zásahu. Z jedincov reagujúcich na uvoľnenie sa hodnota hrúbkového prírastku trvalo zvýšila len u jedného jedinca (obr. 2B). Pri ostatných jedincoch sa hrúbkový prírastok vrátil späť k hodnotám pred zásahom priemerne po siedmich rokoch, čo s ohľadom na dynamiku hrúbkového prírastku jedincov následnej generácie predstavuje vhodný interval pre zásahy do štruktúry prebudovávaného porastu.

V prípade vzorky stromov z dielca 629 nebola potvrdená štatistická významnosť vzťahu  $d_{1,3}$  vs. vek. V dielci 606 bola potvrdená štatistická významnosť na úrovni stredne silnej korelácie. Treba podotknúť, že sa jedná o porast v prebudove, kde je potrebné čakať minimálne 40 až 50 rokov na dotvorenie strednej vrstvy.

### Podakovanie:

Táto štúdia vznikla vďaka podpore grantu VEGA 1/0381/12.

## LITERATÚRA

- BALANDA M., PITTNER J., SANIGA M., JAĎUŠ J., DANKOVÁ L., ĎURIŠ M. 2013. Stand dynamics of the subalpine spruce (*Picea abies* L. Karst) forest – a disturbance driven development. *Šumarski list*, 7-8: 379–385.
- BLACK B.A., ABRAMS M.D. 2003. Use of boundary-line growth patterns as a basis for dendroecological release criteria. *Ecological Applications*, 13: 1733–1749.
- BLACK B.A., ABRAMS M.D. 2004. Development and application of boundary-line release criteria. *Dendrochronologia*, 22: 31–42.
- BRAIS S., HARVEY B.D., BERGERON Y., MESSIER C., GREENE D., BELLEAU A., PARE D. 2004. Testing forest ecosystem management in boreal mixedwoods of northwestern Quebec: initial response of aspen stands to different levels of harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 431–446.
- CLARK D. A., CLARK D. B. 1994. Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest. *Journal of Ecology*, 82 (4): 865–872.

- COOK E.R. 1985. A time series analysis approach to tree ring standardization. Ph.D. dissertation. Tucson, University of Arizona: 171 s.
- COOK E.R., KARIUKSTIS L.A. (eds.) 1990. Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences. Dordrecht, Springer: 394 s.
- COOK E.R., KRUSIC P.J. 2007. Program ARSTAN Version 41d. Dostupné na World Wide Web: <http://www.ldeo.columbia.edu/tree-ring-laboratory>. [cit. 2013-08-15].
- DEAL R.L., TAPPEINER J.C. 2002. The effects of partial cutting on stand structure and growth of western hemlock – Sitka spruce stands in southeast Alaska. *Forest Ecology and Management*, 159: 173–186.
- ELLENBERG H., LEUSCHER CH. 2010. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart, Ulmer: 1333 s.
- GENDREAU-BERTHIAUME B., KNEESHAW D. D., HARVEY B. D. 2012. Effects of partial cutting and partial disturbance by wind and insects on stand composition, structure and growth in boreal mixedwoods. *Forestry*, 85 (4): 551–565.
- GRASSI G., BAGNARESI U. 2000. Foliar morphological and physiological plasticity in *Picea abies* and *Abies alba* saplings along a natural light gradient. *Tree Physiology*, 21: 959–967.
- KNEESHAW D., WILLIAMS H., NIKINMAA E., MESSIER C. 2002. Patterns of above- and below-ground response of understory conifer release 6 years after partial cutting. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (2): 255–265.
- KNOKE T. 1998. Analyse und Optimierung der Holzproduktion in einem Plenterwald: zur Forstbetriebsplanung in ungleichaltrigen Wäldern. München, Forstwissenschaftliche Fakultät der Universität: 182 s.
- KNOKE T. 2004. Überführung in Plenterwald durch früh einsetzende Tannenvorausverjüngung: Strategie für Idealisten oder rentables Konzept? *Beiträge zur Tanne – LWF Wissen*, 45: 61–65.
- KUCBEL S., VENCURIK J., JALOVIAK P., BEREŠÍK A. 2009. Radial growth dynamics of Norway spruce in Kysucké Beskydy Mts. *Beskydy*, 2 (2): 141–148.
- KUCBEL S., JALOVIAK P., SANIGA M., VENCURIK J., KLIMAŠ V. 2010. Canopy gaps in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *European Journal of Forest Research*, 129: 249–259.
- LATHAM P., TAPPEINER J. 2002. Response of old-growth conifers to reduction in stand density in western Oregon forests. *Tree Physiology*, 22: 137–146.
- LEAK W. B. 1985. Relationships of tree age to diameter in old-growth northern hardwoods and spruce-fir. Broomall, Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, US Dept. of Agriculture: 4 s. USDA Forest Service research note, NE-329.
- LIEFFERS V.J., MESSIER C., BURTON P.J., RUEL J.C., GROVER B.E. 2003. Nature-based silviculture for sustaining a variety of boreal forest values. In: Burton, P.J. et al. (eds.): *Towards sustainable management of the boreal forest*. Ottawa, Ontario: NRC Research Press: 481–530.
- MARTINEZ-RAMOS M., ALVAREZ-BUYLLA E., SARUKHAN J., PINERO D. 1988. Treefall age determination and gap dynamics in a tropical forest. *Journal of Ecology*, 76: 700–716.
- NAGEL T.A., LEVANIC T., DIACI J. 2007. A dendroecological reconstruction of disturbance in an old-growth *Fagus-Abies* forest in Slovenia. *Annals of Forest Science*, 64: 891–897.
- NOWACKI G.J., ABRAMS M.D. 1997. Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbance histories from presettlement-origin oaks. *Ecological Monographs*, 67 (2): 225–249.
- O'BRIEN S.T., HUBBELL S.P., SPIRO P., CONDIT R., FOSTER R.B. 1995. Diameter, height, crown and age relationship in eight neotropical tree species. *Ecology*, 76 (6): 1926–1939.
- PEÑA-CLAROS M. et al. 2008. Beyond reduced-impact logging: silvicultural treatments to increase growth rates of tropical trees. *Forest Ecology and Management*, 256: 1458–1467.
- POTHIER D., PRÉVOST M. 2008. Regeneration development under shelterwoods in a lowland red spruce and balsam fir stand. *Canadian Journal of Forest Research*, 38 (1): 31–39.
- REININGER H. 1992. Zielstärken-Nutzung oder die Plenterung des Altersklassenwaldes. Wien, Österreichischer Agrarverlag: 163 s.
- ROZENDAAL D.M.A., BRIENEN R.J.W., SOLIZ-GAMBOA C.C., ZUIDEMA P.A. 2010. Tropical tree rings reveal preferential survival of fast-growing juveniles and increased juvenile growth rates over time. *New Phytologist*, 185: 759–769.
- SANIGA M., VENCURIK J. 2007. Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica. Zvolen, Technická Univerzita vo Zvolene: 82 s.
- SANIGA M. 2010. Pestovanie lesa. Zvolen, Technická Univerzita vo Zvolene: 326 s.
- SHEN G., MOORE J.A., HATCH C.R. 2000. The effect of habitat type and rock type on individual tree basal area growth response to nitrogen fertilization. *Canadian Journal of Forest Research*, 30 (4): 613–623.
- SCHÜTZ J-PH. 1989. Der Plenterbetrieb. Unterlage zur Vorlesung Waldbau III (Waldverjüngung) und zu SANASILVA-Fortbildungskursen. Zürich, ETH: 54 s.
- SCHÜTZ J-PH. 1997. Sylviculture. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Lausanne, PPUR: 178 s.
- SCHÜTZ J-PH. 2001. Opportunities and strategies of transforming regular forests to irregular forests. *Forest Ecology and Management*, 151 (1): 87–94.
- SCHÜTZ J-PH. 2002. Die Plenterung und ihre unterschiedlichen Formen. Skript zur Vorlesung Waldbau II Und Waldbau IV. Zürich, ETH: 128 s.
- SOLIZ-GAMBOA C.C., SANDBRIK A., ZUIDEMA P.A. 2012. Diameter growth of juvenile trees after gap formation in a Bolivian rain forest: responses are strongly species-specific and size-dependent. *Biotropica*, 44 (3): 312–320.
- SPLECHTNA B.E., GRATZER G., BLACK B.A. 2005. Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – a spatial dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, 16: 511–522.
- VENCURIK J., KUCBEL S. 2008. Hrubkový prírastok smreka a jedle vo výberkovom lese Oravských Beskyd. *Beskydy*, 1 (2): 209–214.
- VENCURIK J., KUCBEL S., KLIMAŠ V., RANDUS M. 2009. Hrubkový prírastok smreka a jedle v poraste prebudovanom na výberkový les. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 51 (2): 17–24.
- ZENNER E.K., LAHDE E., LAIHO O. 2011. Contrasting the temporal dynamics of stand structure in even- and uneven-sized *Picea abies* dominated stands. *Canadian Journal of Forest Research*, 41 (2): 289–299.
- ZIELONKA T., HOLEKSA J., FLEISCHER P., KAPUSTA P. 2010. A tree ring reconstruction of wind disturbances in a forest of the Slovakian Tatra Mountains, Western Carpathians. *Journal of Vegetation Science*, 21: 31–42.
- ZÚBRIK M. 2013. Akým vývojom prešla a kam smeruje ochrana lesa? *Les & Lesokruhy*, 68: 28–32.

## EFFECT OF SILVICULTURAL TREATMENTS AND NATURAL DISTURBANCES ON THE DIAMETER INCREMENT OF FOREST STANDS UNDER THE CONVERSION TO SELECTION STRUCTURE

### SUMMARY

The light environment significantly affects the growth of trees in the lower tree layer of vertically differentiated forests. In natural forests, light conditions are defined and permanently modified by exogenous disturbances, whereas in the managed forests, there is the role of disturbance substituted by artificial silvicultural interventions.

Several authors described the crucial role of abrupt release of sub-canopy trees on the subsequent dynamic of growth. The changes in radial growth are usually regarded as the direct response of tree to crown release after the canopy gap creation (MARTINEZ-RAMOS et al. 1988; KUCBEL et al. 2009; ROZENDAAL et al. 2010; GENDREAU-BERTHIAUME et al. 2012; BALANDA et al. 2013) or as the physiological reaction on improved bio-sociological position of tree (VENCURIK, KUCBEL 2008; VENCURIK et al. 2009).

The aims of this work were as follows:

1. To compare the effect of wind disturbances and silvicultural interventions on the radial increment of trees occupying the lower and upper (canopy) layer of the selection forest.
2. To estimate the proportion of firs in the lower layer reacting on the light conditions altered by silvicultural intervention (quantification of the response intensity, elapsed time to response, and response duration).
3. To characterize the age structure of trees creating the skeleton of the stand under conversion and the age structure of the new generation of trees, using the descriptive statistics. To estimate the correlation between the tree diameter and the age of individual.

The research was conducted in the Low Tatras Mts. (Slovakia), forest management unit Liptovská Osada, demonstration object Donovaly-Mistriky (50.4 ha; N 48°52'26'' a E 19°14'28''). The demonstration object is located at the altitude of 960–1050 m a.s.l.; average precipitation 900–1000 mm; average annual temperature 4.2–4.8 °C.

Samples were collected from trees cut within the frame of regular silvicultural management in both management units. In the management unit oriented on the wood production, there was the research aimed on the radial growth of canopy trees of Norway spruce. The stem discs were cut from stumps remained after the tree exploitation in the height of 0.3 m above the terrain. Samples were collected randomly from the whole area of management unit. The samples from the second management unit (the protective function) were cut 0.1 m above the terrain in the form of discs from fir individuals growing in the lower layer of forest stand.

To answer the first research goal, we used the boundary line method according to BLACK, ABRAMS (2004). The calculation principle is depicted in Fig. 1. The fir samples were processed and analyzed using the Arstan software (COOK, KRUSIC 2007). The length of growth reaction was calculated according the modified method of SOLIZ-GAMBOA et al. (2011) (Fig. 2). Considering the Norway spruce, the 3013 annual rings were identified. Using the analysis of growth changes, we recognized 61 growth pulses with an average ring width of  $1.37 \pm 0.76$  mm. Three of the pulses were identified as a climate-induced, 33 growth pulses were categorized as moderate release, and 25 growth pulses met the criterion of major release (Fig. 3). The share of reacting individuals and the intensity of growth reaction are depicted in Fig. 4.

Regarding the growth of lower-canopy fir, we analyzed 757 annual rings with the average width of  $0.76 \text{ mm} \pm 0.39 \text{ mm}$ . The reaction of analyzed trees on the silvicultural treatment is shown in Fig. 5. The significant relation between tree diameter (dbh) and the age of tree was confirmed in the lower layer only. The overall share of trees reacting on the single-tree harvest was about 30%, what is significantly lower when compared to reaction of trees on the natural disturbances (60%). However, the preservation of growth reaction on this type of silvicultural management is more positive. In the lower layer, almost 24% of trees showed positive growth response on the preformed intervention. The growth response took place 2 years since the intervention performed and lasted for 7 years, on the average.