

**Pestovanie lesa
v strednej Európe**

**Silviculture
in central Europe**

**M. Saniga, S. Kucbel, P. Jaloviar
(eds.)**

2012

KATEDRA PESTOVANIA LESA, LESNÍCKA FAKULTA,
TECHNICKÁ UNIVERZITA ZVOLEN

v spolupráci s
VÝZKUMNÝ ÚSTAV LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI,
V.V.I., STRNADY,

VÝZKUMNÁ STAICE OPOČNO

LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA, MENDELOVA UNIVERZITA
V BRNĚ

LESNÍCKÝ VÝSKUMNÝ ÚSTAV, NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM,
ZVOLEN

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ,
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

ŠUMERSKI FAKULTET, SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

*INSTITUTE OF SILVICULTURE, FACULTY OF FORESTRY, TECHNICAL
UNIVERSITY, ZVOLEN*

*in cooperation with
FORESTRY AND GAME MANAGEMENT RESEARCH INSTITUTE, STRNADY
OPOČNO RESEARCH STATION*

*FACULTY OF FORESTRY NAD WOOD TECHNOLOGY,
MENDEL UNIVERSITY, BRNO*

*FOREST RESEARCH INSTITUTE, NATIONAL FOREST CENTRE, ZVOLEN
FACULTY OF FORESTRY AND WOOD SCIENCES,
CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES, PRAGUE*

FACULTY OF FORESTRY, UNIVERSITY OF ZAGREB

zborník vedeckých prác na tému

PESTOVANIE LESA V STREDNEJ EURÓPE

SILVICULTURE IN CENTRAL EUROPE

Zvolen, 2.–4. júl 2012

Všetky príspevky publikované v tomto zborníku boli recenzované.
All chapters in this monograph were anonymously.

Zoznam oponentov:

prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
doc. Ing. Katarína Střelcová, CSc.
doc. Ing. Ivan Lukáčik, CSc.
doc. Ing. Karol Gubka, CSc.
doc. Ing. Igor Štefančík, CSc.
doc. Ing. Ivan Repáč, CSc.
doc. Ing. Peter Jaloviar, PhD.
Ing. Erika Gömöryová, CSc.
Ing. Ivana Sarvašová, PhD.
Ing. Stanislav Kucbel, PhD.
Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.
Ing. Michal Bugala, PhD.
Ing. Miroslav Balanda, PhD.

Rozsah: 356 strán
Náklad: 80 výtlačkov
Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene
Rok vydania: 2012
Tlač
a grafická úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene
www.tuzvo.sk

© Technická univerzita vo Zvolene

ISBN 978-80-228-2369-2

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

CONTENT *OBSAH*

SEKCIA 1 – ŠTRUKTÚRA PORASTOV

Martin Bátor, Peter Szeghő	11
Analýza biometrických znakov koruny smreka obyčajného vo väzbe na výchovné opatrenia v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec	
Lenka Bugošová, Milan Saniga	21
Textúra a hrúbková štruktúra bukového pralesa NPR Rožok	
Karol Gubka	30
Štruktúra porastu a návrh opatrení v modelovej uznanej bažantnici „Hrabiny“	
Ján Jad'ud'	38
Štruktúrne zmeny a dynamika regeneračných procesov vybratých typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry	
Dušan Kacálek, Ondřej Špulák, Vratislav Balcar	45
Zkušenosti s prosperitou listnáčů na hřebenu Jizerských hor	
Petr Kantor, CSc., Ing. Jakub Máchal, Ing. Petr Vaněk	51
Analýza bukových tyčovín z umělé obnovy ve skupinových sečích na Školním polesí Hůrky Středních lesnických škol Písek	
Stanislav Kuchel, Milan Saniga	60
Variabilita porastových štruktúr zmiešaného lesa v NPR Mláčik	
Ján Mičovský, Karol Gubka	69
Štruktúra bukových porastov v ekotóne hornej hranice lesa v Ďumbierskych Nízkych Tatrách	
Sergej Plachetka	77
Dynamika štruktúry a regeneračné procesy v orografickom celku Volovské vrchy	
Ján Pittner	86
Analýza štruktúrnej diverzity ako kritéria pre hodnotenie ekologickej stability smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka	

Jozef Špišák, Ján Pittner	97
Vplyv štruktúry lesného porastu na kvantitu podkorunových zrážok v I. OP vodárenskej nádrže Klenovec	
Petr Vaněk	107
Vybrané rústové parametry borovice vejmutovky – štíhlostní koeficient a koreficient zavětvení	
Jozef Zrak	115
Vplyv rôznej drevinovej skladby na produkčné a rastové charakteristiky pralesa NPR Skalná Alpa	

SEKCIA 2 – PRODUKCIA

Miroslav Balanda, Ivan Lukáčik	127
Špecifiká radiálneho rastu borovice horskej – kosodreviny (<i>Pinus mugo</i> Turra.) vzhľadom na metodiku odoberania vzoriek	
Michal Bugala	136
Stanovištná chronológia a analýza rastu vybranej populácie jelše lepkavej (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.) v oblasti Kremnických vrchov	
Lucia Danková	143
Produkčné pomery a nekromasa pralesa Sitno	
Václav Hurt	153
Produkční potenciál a stabilita smiešaného dubohabrového porastu na eutrofním stanovišti ve Ždánickém lese	
Peter Jaloviar, Martin Varga	164
Porovnanie proveniencií smreka obyčajného z hľadiska ich hrúbkového rastu	
Jan Leugner, Jarmila Martincová, Antonín Jurásek	172
Vyhodnocení růst buku v různých ekologických (světelných) podmínkách před a po výsadbě v souvislosti s extrémní mrazovou epizodou	
Ivan Lukáčik, Marian Ďuriš	181
Rastové charakteristiky dominantných druhov drevín v lesostepných spoločenstvách Krupinskej planiny a Strážovských vrchov	
Rudolf Petráš, Igor Štefančík, Julian Mecko	192
Výškový rast smrekovo-jedľovo-bukových porastov	

Radek Pokorný, Ján Krejza	201
Vliv probírky na přírůst biomasy a efektivitu využití sluneční radiace v mladé horské smrčtině	
Igor Štefančík	212
Vývoj kvantitatívnej produkcie dubového (<i>Quercus petraea</i> [Mattusch.] Liebl.) porastu s rozdielnym režimom výchovy	

SEKCIA 3 – OBNOVA

Martin Baláš, Ivan Kuneš, Jarmila Nárovcová, Marie Trlicová	223
Časová náročnosť mechanizovanej výsadby listnatých odrostkov na písčitých stanovištiach nižších poloh	
Damir Drvodelić, Stjepan Mikac, Milan Oršanić, Igor Anić	233
Effects of pH concentrations on germination and development of norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) seed	
Jozef Jankov, Karol Gubka	246
Prírodná obnova tisa obyčajného (<i>Taxus baccata</i> L.) lesoch s protieróznou-produkčným zameraním	
Barbora Kučeravá, Lumír Dobrovolný	255
Umělá obnova jedle bělokoré a buku lesního ve smrkových monokulturách národního parku české švýcarsko	
Antonín Martiník, Lumír Dobrovolný, Eva Palátová E, Jiří Souček ..	265
Plodnosť dubu letního (<i>Quercus robur</i> L.) v ČR – periodicita, růstový prostor a regiony	
David Sychra, Oldřich Mauer	275
Vliv velikosti a krytí holiny na úspěšnost výsadby douglasky tisolisté (<i>Pseudotsuga mensiesii</i> /Mirb./ Franco)	
Ladislav Kulla, Anna Tučeková	284
Obnova kalamitných holín v rámci demonštračného objektu rekonštrukcie smrečín na Kysuciach	

SEKCIA 4 – LESY A PROSTREDIE

David Dušek, Jiří Novák, Marian Slodičák	297
Podkorunové srážky v mladém dubovém porostu	
Jiří Novák, David Dušek, Marian Slodičák	302
Opad v mladých dubových porostech	

Ivan Repáč, Jaroslav Vencurik, Miroslav Balanda, Jaroslav Kmet'	310
Hodnotenie vplyvu komerčných prípravkov na vývoj výsadiieb smreka obyčajného, borovice lesnej a buka lesného na výsadbovej ploche v Strážovských vrchoch v prvom vegetačnom období	
Ivana Sarvašová	319
Hodnotenie rastu smreka obyčajného pestovaného technológiou Lannen Plantek F a s použitím Baktomixu UN	
Jiří Souček	329
Obsah hlavných živín v 1. ročníku jehličí v klečových porostoch Krkonoš	
Vladimír Šebeň, Michal Bošela	337
Prihnojovanie poškodených smrekových porastov leteckými aplikáciami	
Jaroslav Vencurik, Ivan Repáč, Miroslav Balanda	347
Zakoreňovanie a rast odrezkov smreka obyčajného v substráte inokulovanom mikrobiálnymi prípravkami	

PREDSLOV

Predkladaný zborník vedeckých prác zameraný na vybrané otázky pestovania lesa v strednej Európe, ktorý je vydávaný každoročne už po 13 krát, je pokračovaním zverejňovania najnovších poznatkov vedeckých a vedecko-pedagogických pracovníkov odboru pestovania lesa Slovenska a Českej republiky. V tomto roku je rozšírený o príspevok pracovníkov Katedry pestovania lesa, Lesníckej fakulty Univerzity v Záhrebe. Publikované vedecké práce svojou poznatkovou úrovňou identifikujú pracoviská pestovania lesa a predstavujú informačnú bázu získanú za posledný rok resp. posledné obdobie ich výskumnej aktivity.

Chceme vysloviť presvedčenie, že tradícia prezentácie vedeckých poznatkov cez uvedenú formu bude do budúcnosti pokračovať v rozšírenej verzii o našich kolegov a priateľov z Lesníckej fakulty Záhreb.

Editori

SEKCIA 1

ŠTRUKTÚRA PORASTOV

**ANALÝZA BIOMETRICKÝCH ZNAKOV KORUNY SMREKA OBYČAJNÉHO VO VÄZBE
NA VÝCHOVNÉ OPATRENIA V I. OCHRANNOM PÁSME
VODÁRENSKEJ NÁDRŽE MÁLINEC**

*BIOMETRIC CHARACTERISTICS ANALYSIS OF NORWAY SPRUCE CROWN ACCORDING TO
TENDING INTERVENTIONS IN 1ST BUFFER ZONE OF MÁLINEC WATER RESERVOIR*

MARTIN BÁTOR, PETER SZEGHŐ

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, TU Zvolen, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen, Slovenská republika

ABSTRACT

We analyze biometric characteristics of the crown (partly stem) of the spruce stand in 1st buffer zone of Málinec water reservoir (WR) in the paper. There are non origin, 15 years old spruce stands at an altitude of around 350 m a.s.l.. The permanent research plot is established on the right waterside of WR with area 0,3 ha. The plot is divided into three partial plots with different tending interventions like the plot which is left with no silvicultural intervention – it serves as a control treatment, the plot with crown thinning with positive reference and the plot with strong low thinning. There are two lines of trees on each partial plots where we evaluated the biometric characteristics of trees. On the trees we evaluated stem and crown quality, grown length, crown width, height of crown beginning, vitality and we calculated derived crown characteristics. We had shown importance of silvicultural interventions because it cause that the grown are longer. For this time, total vitality is quite good but according to age it could be better. Tending intervention are necessary to achieve non-production functions.

Key words: water reservoir, Norway spruce, crown, tending of stands, stability

ABSTRAKT

V tomto článku analyzujeme biometrické znaky koruny (sčasti kmeňa) smrekového porastu v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže (VN) Málinec. Ide o nepôvodné, 15 r smrečiny v nadmorskej výške asi 350 m n. m. Výskumná plocha je umiestnená na pravom brehu VN s výmerou 0,3 ha. Je rozdelená na 3 rovnaké čiastkové plochy s rôznymi pestovnými opatreniami (kontrolná plocha bez zásahu, úrovňový zásah, silný podúrovňový zásah). Stromy sme hodnotili na tranzektoch, na každej čiastkovej ploche je 1 tranzekt zaberajúci plochu dvoch radov stromov. Na týchto stromoch sme hodnotili kvalitu kmeňa a koruny, dĺžku, šírku a výšku nasadenia koruny, vitalitu stromov a vypočítali sme odvodené veličiny pre bližšiu korunovú špecifikáciu. Z pohľadu stability sme preukázali význam výchovy porastu, keď koruny na vychováwanej ploche sú dlhšie ako na ploche bez pestovných zásahov. Celková vitalita porastov je zatiaľ vyhovujúca, avšak kvalita kmeňov je vzhľadom na vek porastu slabá. Pri absencii výchovných opatrení prestanú plniť svoju mimoprodukčnú funkciu.

Kľúčové slová: vodárenská nádrž, smrek obyčajný, koruna, výchova porastov, stabilita

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Stabilita a postavenie smrekových porastov je dlhodobou predmetom výskumu a záujmu odborníkov. Smrek, ako významná priemyselná drevina je často vysádzaná na nevhodných stanovištiach, kedy dochádza síce k rýchlej produkcii, ale vplyvom nevyhovujúcich klimatických podmienok taktiež k rýchlemu napadnutiu biotickými (huby, podkôrny hmyz) a abiotickými (sneh, vietor) faktormi. Ak hodnotíme stabilitu smrekových porastov, prvou podmienkou je vytvoriť také rastové podmienky, kedy jedince dosiahnu maximálnu statickú stabilitu v zmysle hodnotenia napr. VOLOŠČUKA (2001). Podmienkou stability je pritom práve dĺžka a zdravotný stav koruny, rovnako kvalita kmeňa, z čoho vychádza následná veľkosť a prekorenenie pôdy koreňovým systémom. Len vitálne porasty môžu dosahovať vysokú stabilitu, ktorú preto podmieňuje aj množstvo a prekorenenie pôdy jemnými koreňkami (do 2 mm) (SANIGA *et al.* 2009). Z dôvodu plasticity koreňa drevín nemožno pri vhodných pestovných opatreniach vylúčiť ani smrek z nepôvodných stanovišť, ak spĺňa iné požiadavky na plnenie mimoprodukčných funkcií. V podmienkach 1. ochranného pásma (OP) vodárenskej nádrže (VN) Málinec sa smrek nachádza v 2.–4. lesnom vegetačnom stupni, kde sa smrek prirodzene nevyskytuje. Podľa KLIKU (1940) sa smrek vyskytuje prirodzene najnižšie vo výške 400 m n. m (Jihočeská třeboňská pánva). Takáto nadmorská výška sa vyskytuje až v 2. OP VN Málinec. Smrekové porasty zložené umelou obnovou v nízkych nadmorských výškach sú podľa viacerých autorov (ANTONI *et al.* 2000, SPIECKER 2000, atď.) nestabilné, trpia zlomami, vývrmi a rozvrátením štruktúry. Smrečiny navyše znižujú podmienky pre prirodzenú obnovu, pokiaľ vytvárame hustý zápoj a vhodnými pestovnými (tu výchovnými) opatreniami nezabezpečujeme humifikáciu a presvetlenie pôdneho horizontu. Tým samozrejme dochádza, ako spomíname, k redukcii korún (SANIGA 2010). Na druhej strane však výskumy vodného režimu v smrekových a bukových porastoch potvrdili, že hospodárenie modelových listnatých a ihličnatých drevín s vodou je v konečnom dôsledku podobné a nepreukázalo sa, že by bol povrchový odtok v smrečine, spôsobujúci zanášanie vodárenskej nádrže, na rozdiel od bučiny vyššie (KANTOR a ŠACH 2007).

Napriek tomu, smrek je tu dôležitý z hľadiska plnenia vodoochranej funkcie pre zabezpečenie kvality pitnej vody. 1. OP VN je vyhlasované za lesy osobitého určenia a spôsob starostlivosti o lesné porasty tu predpisuje VYHLÁŠKA 29/ 2005 Z. z. v zmysle Zákona o vodách č. 134/2010 Z. z. Osobité predpisy obhospodarovania uprednostňujú smrek pred ostatnými drevinami, pretože množstvom a kvalitou opadu spôsobuje najmenšie znečistenie a následné zanášanie vodného zdroja. Les pritom podľa RÉHA (1999) plní kvalitatívnu aj kvantitatívnu ochrannú funkciu v rámci vlastnej hydrickej účinnosti. Okrem OP 1. stupňa je pre zabezpečenie kvality vody vyhlasované aj OP 2. a prípadne 3. stupňa. Podľa jednotlivých prevládajúcich funkcií a stanovištných podmienok možno tieto porasty rozdeliť do niekoľkých funkčných skupín, ako prioritné vodoochranná a protierózna, ďalej desunkčná, infiltračná a v horských polohách aj zrážkovorná (ŠACH *et al.* 2007).

Osobitý režim hospodárenia v zmysle lesov osobitého určenia (podľa vyhlášky) znamená, že pestovnými opatreniami nemôžeme narušiť hydrologický režim pôd pri udržaní takej štruktúry porastu, ktorá najlepšie zabezpečuje vodoochrannú a vo-

dohospodárske funkcie, dostatočné množstvo vody schopnej pokryť retenčnú kapacitu vodárenskej nádrže. Všeobecne sa za najstabilnejšie porasty považujú vertikálne diferencované lesy (SANIGA 2010) s vertikálnym zápojom. Prihliadnúc na to, že smrekové porasty sú v ochrannom pásme vysadené umelo v pevne stanovenom spone, nie je možné autoredukčnými procesmi očakávať dosiahnutie stabilnej štruktúry. Preto je potrebné tieto porasty usmerňovať výchovou, predovšetkým využívaním rubov na podporu dĺžky koruny, čo znamená využitie úrovňových zásahov. Podúrovňový zásah je spravidla nutný v mladinách, kedy sa snažíme zabrániť redukcii korún vykonaním prerezávky (SANIGA 2010). Vo fáze žrdovín a žrdkovín možno, vzhľadom na radovú výsadbu, využiť schematický výber, ktorý sa v týchto podmienkach vykonáva a pri ktorom možno dosiahnuť značnú racionalizáciu práce (SANIGA 2010). GUBKA (2002) upozorňuje že zanedbaním výchovy nadobúda porast už vo veku 25–30 r jednovrstvovú nivelizovanú výstavbu. Všeobecne odmietaným hospodárskym spôsobom je holorub, pričom na jeho nepriaznivé účinky na zvýšenie eróziu pôdy, splach splavenín do vodárenskej nádrže a zhoršenie stanovištných podmienok poukazuje ZAUŠKOVÁ (2003). Na druhej strane však autori poukazujúci na aktuálny stav porastov a na hydrologický režim pôdy po vykonaní holorubu uznávajú potrebu vody, ktorá je do pôdy dostávaná práve z voľnej plochy. Preto nemožno holoruby celkom zavrhnúť (POBEDINSKIJ a KREČMER 1984). Vždy treba mať na mysli, že hlavným zdrojom vody do VN je podpovrchový odtok, a tomu má zodpovedať aj štruktúra porastu. Potrebný kompromis medzi voľnou plochou (holorub) a vertikálne diferencovaným porastom je naliehavý z dôvodu priesaku vody cez koruny do pôdy a zároveň udržania optimálnej stability porastu pre plnenie vyhlásenej funkcie.

Štruktúrov mladých smrečín v 1. OP VN Málinec na sledovanej lokalite sa zaoberali ANTALÍK (2009), BÁTOR a GUBKA (2011), SZEGHŐ a GUBKA (2007), v iných častiach OP VN tiež BAČA (1998) a SIROTA (2002). Podrobnejšie je preskúmaná viacerými autormi aj štruktúra porastov v 1. OP a brehových porastov VN Klenovec, Hriňová a Starina.

Cieľom práce je opísať parametre korún na jednej trvalej výskumnej ploche (TVP) a následne určiť vzťah medzi výchovnými opatreniami a opisovanými veličinami.

MATERIÁL A METÓDY

Povodie VN Málinec spadá do západnej časti Slovenského Rudohoria, na rozmedzí Veporských (Sihlianska planina) a Stolických vrchov (Máľinské vrchy). Najvyšším bodom povodia je vrch Bykovo (1110 m n. m.), najnižším zátopová čiara VN (345,5 m n. m.), s výškovým rozdielom 764,5 m. Oblasť charakterizuje typický erózný potočný reliéf s rozbrázdneným povrchom (ANTALÍK 2009). Oblasť je budovaná prevažne granitoidmi z obdobia prvohôr. Na týchto horninách sa vyvinuli prevažne ľahšie piesočnato hlinité až hlinité, priepustné a stredne hlboké pôdy, prevažne kambizemne modálne a andozemné. V 1. OP prevažujú antrozeme. Pôdy obsahujú málo ílu, preto sú náchylné na povrchovú eróziu.

VN Málinec patrí do povodia Hron, čiastkového povodia Ipeľ a základného povodia Ipeľ pod Tuhárskym potokom. Priemerný ročný prietok tesne pri VN

Málinec $Q_a = 0,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $Q_{100} = 76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Priemené teploty sa pohybujú v januári $-4 \text{ }^\circ\text{C}$, júlová teplota $16 \text{ }^\circ\text{C}$ v najvyšších polohách. Priemerný ročný úhrn zrážok je 866 mm .

Nádrž bola sprevádzkovaná v r. 1994. Plocha povodia je $81,54 \text{ m}^3$ s maximálnym prietokom $560 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Zatopená plocha pri plnom objeme je $147,99 \text{ ha}$. 1. OP zaberá 100 m široký pás okolo VN nad maximálnou prevádzkovou hladinou a zaberá plochu $2,80 \text{ km}^2$. SZEGHŐ a GUBKA (2007) uvádzajú lesnatosť povodia 60% ($48,93 \text{ km}^2$). Porast je v dieľci 909b na pravom brehu VN. Smrek tu bol vysadený v roku 1993 v spone 2 m ($2 \text{ } 500 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$). Porast je 19 ročný (hodnotenie v práci je zo 16. roku), v rastovej fáze žrdkoviny až žrdoviny. Pôda je plytká a balvanitá, s vysokou povrchovou skeletnosťou. Expozícia je západná, priemerný sklon 15% . Lesný typ je prevažne 3304 – medničková dubová bučina (slt QF). Zastúpenie smreka je 100% .

Trvalá výskumná plocha (TVP) má rozmery $60 \times 50 \text{ m}$ ($0,3 \text{ ha}$), je rozdelená linkami na 3 čiastkové plochy (ČP) o veľkosti $20 \times 50 \text{ m}$ (podľa podmienok prostredia). ČP sú označené ako A (kontrolná – bez zásahu), B (prebierka s pozitívnym úrovňovým výberom) a C (nemecká podúrovňová prebierka), pričom na každej sú merané znaky len na tranzektoch (2 rady stromov, výmera $6,5 \times 50$), ktoré sú očíslované žltou farbou a označené miesto merania (T). Hranice TVP a ČP sú v teréne kolíkmi a ohraničené linkami.

Biometrické znaky kmeňa evidované na tranzektoch uvádza BATOR a GUBKA (2011). V teréne sme evidovali a hodnotili:

- ✓ druh dreviny (údaje sa vzťahujú len na smrek),
- ✓ kvalita koruny podľa veľkosti a symetrie (BATOR & GUBKA (2011) ju samostatne neuvádzajú). 5. stupňov: 1. st. – dostatočne dlhá symetrická, 2/3+ výšky; 2. st. – dostatočne dlhá asymetrická, 2/3+ výšky; 3. st. – priemernej dĺžky symetrická, 1/3 – 2/3 výšky; 4. st. – priemernej dĺžky asymetrická, 1/3 – 2/3 výšky; 5. st. – krátka nepravidelná chradnúca, menej ako 1/3 výšky),
- ✓ kvalita kmeňa (BATOR a GUBKA (2011) ju samostatne neuvádzajú). 4. stupne: 1 – kvalitné výrezy zvláštnej akosti, 2 – na piliarske výrezy, 3 – na úžitkové drevo v celých dĺžkach, 4 – na palivo a rovnané drevo),
- ✓ vitalita. 4 stupne podľa MAÑASA & MAUERA (2007): 1 – zelená farba ihličia, 2 – žltozelená farba, 3 – žltá až hnedká farba, 4 – hnedá farba, odumreté,
- ✓ výška nasadenia koruny, dĺžka koruny a priemer koruny s presnosťou $0,1 \text{ m}$ podľa stromových tried (BATOR a GUBKA (2011) iba uvádzajú priemerné hodnoty),
- ✓ údaje o štíhlostnom koeficiente a funkčnej účinnosti sme prevzali z práce BATOR a GUBKA (2011). Štíhlostný koeficient predstavuje pomer hrúbky stromu ku jeho výške v %. Na hodnotenie funkčnej účinnosti použijeme 5 stupňovú klasifikáciu: 1. – vysoká f. ú., dobre zakorenený a stabilný strom, koruna st. 1. – 3., kmeň 1–2; 2. – dobrá f. ú., dobre zakorenený, koruna dobrá, kmeň s malým poškodením; 3. – priemerná f. ú., strom dobre ukotvený v pôde, statická stabilita, priemerná kvalita; 4. – nízka f. ú., staticky stabilný, silne poškodená a deformovaná koruna aj kmeň; 5. – funkčne neúčinný strom, slabo ukotvený, suchý, predpokladaný pád stromu.

Kancelárskym spracovaním boli vypočítané veličiny:

- ✓ objem koruny (m³),
- ✓ stupeň zavetvenia (podiel koruny) (%),
- ✓ korunový index (podiel dĺžky koruny a jej priemeru),
- ✓ rozvetvenosť koruny (podiel priemeru koruny a výšky stromu),
- ✓ košatosť koruny (podiel priemeru koruny a jej dĺžky),
- ✓ plocha pôdorysu koruny (m²).

Namerané a odvodené veličiny sme zovšeobecniť na tranzekty, pričom sme vypočítali ich aritmetický priemer a smerodajné odchýlky určujúce rozptyl biometrických znakov. Údaje počtu uvádzame v prepočte na hektár plochy. Hodnoty polomerov x1 – x4 sme merali od kmeňa stromu po okraj koruny, 1. proti spádnici, ďalšie v smere hodín s rozdielom 90°.

VÝSLEDKY

Zaznamenávané veličiny boli posudzované po tranzektoch, čo spôsobuje rozdiel oproti znakom sledovaným BÁTOROM & GUBKOM (2011) na celých čiastkových plochách. Prvými posudzovanými veličinami sú kvalita kmeňa a koruny. Údaje zobrazuje tab. č. 1.

Tabuľka 1: Rozdelenie počtu stromov podľa stupňa kvality kmeňa a koruny

Table 1: Tree number distribution according to degree of the stem and crown quality

st ⁵	A ¹				B				C				Priemer ²			
	kmeň ³		koruna ⁴		kmeň		koruna		kmeň		koruna		kmeň		koruna	
	ks ⁶	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	154	9,4	370	22,7	554	40,0	523	37,8	462	37,5	677	55,0	390	26,1	523	36,9
2	738	45,3	646	39,6	523	37,8	770	55,5	492	40,0	523	42,5	584	41,3	646	45,7
3	585	35,9	338	20,8	308	22,2	92	6,7	277	22,5	31	2,5	390	28,3	154	10,9
4	154	9,4	246	15,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	51	4,3	82	6,5
5	0	0,0	31	1,8	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	0,0
Σ	1631	100	1631	100	1385	100	1385	100	1231	100	1231	100	1415	100	1415	100

¹Partial plot, ²Average, ³Stem, ⁴Crown, ⁵Degree, ⁶Tree number

Na základe analýzy kvality koruny vidíme, že prevažuje kvalita stupňa 2 a spolu so stupňom 1 je dominantná. Rozdiely sú ale na čiastkových plochách. Na najhustejšej kontrolnej ČP A dominuje st. 2 takmer dvojnásobne voči st. 1 a 3, medzi ktorými je zastúpenie vyrovnané. Na ploche s úrovňovým zásahom sa kvalita zvýšila a 2. st tvorí 8-násobok 3. Tiež rozdiel medzi 1. a 2. st. je relatívne nízky. Najlepšie koruny sú na ploche s podúrovňovým zásahom, kde 1. st. prevyšuje v prepočte na hektár 2. stupeň o 150 ks. 4. a 5. stupeň sa typicky vyskytuje len na ploche A, a to ojedinele. Kým priemerná kvalita koruny 1. st je 37 % a 2. st. 11 %, pri kmeni je podiel vyrovnaný na 26–28 %. Kým na ČP B a C prevláda kvalita kmeňa st. 1 a 2, na ploche A sú to st. 2 a 3. na ploche C s najlepšimi korunami mierne prevažuje kvalita kmeňa 2. Najlepšiu kvalitu dosahujú stromy na ploche s úrovňovým zásahom. Priemerné hodnoty kvality kmeňa/koruny sú: A – 2,5/ 2,3, B – 1,8/ 1,7, C – 1,9/1,6. Výchovné zásahy preto jednoznačne kvalitu stromov zvyšujú. Kmene smrekov sú silne poškodzované najmä lúpaním zverou, kedy dochádza k následnej hnilobe a napádaniu hubami (*Armillaria* sp., *Heterobasidion annosum*). Pre zníženie rizika poškodenia by bolo vhodné chrániť aspoň časť jedincov mechanickými

prostriedkami. Vzhľadom na mladý vek porastu je už teraz kvalita kmeňa nevyhovujúca, čím dochádza k postupnému znižovaniu vitality stromov. Tab. 2. zobrazuje rozdelenie početnosti stromov podľa ich vitality.

Tabuľka 2: Rozdelenie počtu stromov podľa stupňa vitality

Table 2: Tree number distribution according to degree of the vitality

stupeň ²	A ¹		B		C		Priemer ³	
	ks ⁴	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	554	33,9	646	46,7	554	45	584	41,3
2	770	47,2	615	44,4	615	50	677	47,8
3	307	18,9	124	8,9	62	5	154	10,9
spolu ⁵	1631	100	1385	100	1231	100	1415	100

¹Partial plot, ²Degree, ³Average, ⁴Tree number, ⁵Together

Vitalita, ktorá znázorňuje farbu asimilačných orgánov, je významnou veličinou, ktorá hovorí o prejavoch škodlivých činiteľov na poraste. Prevládajúcimi stupňami vitality sú 1. a 2, pričom 2. stupeň dominuje na každej z plôch, na ploche s úrovňovým zásahom je to mierne prevyšujúci st. 1. Relatívne najvyššie zastúpenie, až 18 %, dosahuje st. 3. na nevychovávannej ploche. Celkový stav porastov možno hodnotiť priaznivo, o čom svedčia aj priemerné hodnoty vitality: A 1,8, B 1,6, C 1,6.

Tabuľka 3: Aritmetický priemer a smerodajná odchýlka rozmerov koruny

Table 3: Average and standard deviation of the crown dimension

str tr ⁵	A ¹						B						C					
	nasadenie ²		dĺžka ³		priemer ⁴		nasadenie		dĺžka		priemer		nasadenie		dĺžka		priemer	
	x ⁷	Sx ⁸	x	Sx	x	Sx	x	Sx	x	Sx	x	Sx	x	Sx	x	Sx	x	Sx
1	2,2	0,9	7,4	1,1	3,0	0,5	1,8	0,7	8,1	0,9	2,9	0,4	1,0	0,5	9,0	0,8	2,7	0,3
2	2,4	0,8	6,7	1,0	2,6	0,4	1,6	0,6	7,6	0,9	2,5	0,4	1,4	0,7	7,8	1,2	2,7	0,4
3	2,4	0,6	6,2	1,6	2,2	0,5	1,4	0,4	6,2	0,8	2,2	0,3	1,1	0,6	7,0	1,4	2,5	0,4
priem ⁶	2,3	0,8	6,8	1,2	2,6	0,5	1,6	0,6	7,3	0,9	2,5	0,3	1,2	0,6	7,9	1,1	2,6	0,4

¹Partial plot, ²Height of crown beginning, ³Crown length, ⁴Crown width, ⁵Tree classes, ⁶Average, ⁷Aritmetical average, ⁸Standard deviation

Rozmerové veličiny koruny sú základnými ukazovateľmi stability. Priemerná výška stromov je 9,3 m (súčet dĺžky koruny a výšky jej nasadenia) a dĺžka koruny 7,6 m. Najdlhšie koruny sú v 1. stromovej triede (8,2 m), najkratšie v 3. (7,3 m). Plocha s podúrovňovým zásahom vykazuje najdlhšie koruny (7,9 m), pričom aj 3. trieda vykazuje dĺžku min. 7 m. Priemer koruny sa výrazne nemení. Výrazne sa mení výška nasadenia koruny – na ploche A (bez zásahu) je 2,3 m, na ploche C len 1,2 m. Po analýze rozmerových veličín možno hodnotiť veličiny vypočítané – odvodené. Prehľad uvádzame v tabuľke č. 4.

Tabuľka 4: Odvodené biometrické charakteristiky koruny

Table 4: Derived biometric characteristics of the crown

	A ¹		B		C		Priemer ²	
	x ⁹	Sx ¹⁰	x	Sx	x	Sx	x	Sx
objem koruny (m ³) ³	11,6	6,7	12,3	5,3	13,8	6,0	12,5	6,0
stupeň zavetvenia (%) ⁴	73,2	10,7	82,4	6,6	86,0	8,1	80,5	8,5
korunový index ⁵	2,5	0,6	2,9	0,5	3,0	0,5	2,8	0,5
rozvetvenosť koruny (%) ⁶	29,0	5,5	28,8	3,9	29,8	4,2	29,2	4,6
košatosť koruny (%) ⁷	40,6	10,1	34,7	5,1	34,9	5,8	36,7	7,0
plocha pôdorysu koruny (m ²) ⁸	5,3	2,2	5,1	1,7	5,4	1,6	5,3	1,8

¹Partial plot, ²Average, ³Crown volume, ⁴Degree of crown branched, ⁵Crown index, ⁶Crown branched, ⁷Crown patulouness, ⁸Crown projection, ⁹Aritmetical average, ¹⁰Standard deviation

Uvedené veličiny charakterizujú vzťahy medzi priemerom koruny, jej dĺžkou a výškou stromu. Pre mechanickú stabilitu stromu je rozhodujúci objem koruny, ktorý je najvyšší na ploche s úrovňovým zásahom. Pri zohľadnení pôdorysu, ktorý sa výrazne nelíši, možno povedať, že koruny sú štíhle a dlhé, čo prináša dostatočný podiel asimilačného aparátu. Pozičným meraním stromov sme získali tieto priemerné hodnoty: plocha A: $x_1 = 1,18$ m, $x_2 = 1,34$ m, $x_3 = 1,38$ m, $x_4 = 1,31$ m; plocha B: $x_1 = 1,16$ m, $x_2 = 1,30$ m, $x_3 = 1,33$ m, $x_4 = 1,27$ m; plocha C: $x_1 = 1,23$ m, $x_2 = 1,35$ m, $x_3 = 1,36$ m a $x_4 = 1,29$ m. Vidíme, že najširšie koruny sú na ploche A (x_3 , x_4). Polomer meraný dolu svahom (x_2) je najvyšší na ploche C (podúrovňový zásah), čo znižuje statickú stabilitu. Tento je najvyšší na ploche kontrolnej. Najnižšie hodnoty šírky do strán sú na ploche s úrovňovým zásahom, kde koruny majú dostatok svetla a nemusia sa rozrastať. Voči parametrom koruny a vitality môžeme hodnotiť štíhlostný koeficient stromov a funkčnú účinnosť. Tieto hodnotí v práci BATOR a GUBKA (2011), kde štíhlostný koeficient dosahuje max. na plochách B a C (75 %). V rámci 1. stromovej triedy sú stromy prevažne vysoko účinné (1. stupeň – 55 %), čo neplatí pre ČP C, kde prevažuje 2. stupeň funkčnej účinnosti. V 2. stromovej triede už mierne prevláda 2. stupeň (46 %, 1. stupeň 44 %). Výsledok skresľuje ČP A, pretože 2. stupeň prevláda iba tu (550 ks.ha⁻¹ z 1 120 ks.⁻¹).

DISKUSIA A ZÁVER

Výsledky, ktoré uvádza z plochy ANTALÍK (2009), udávajú len kvalitu kmeňa a koruny. najdlhšie a najkvalitnejšie koruny pritom dosahujú jedince s vykonaným úrovňovým zásahom, čo sme preukázali. Z analýzy porastu, ktorú uvádza GUBKA (2011) vyplýva, že dĺžka koruny sa pohybuje v rozpätí 89–94 % výšky smreka, a to v poraste pred zásahom. My sme zistili priemerné rozpätie od 72 po 90 %, čo znamená zvýšenie rozpätia dĺžky korún. Taktiež v článku hodnotil kvalitu kmeňa, kde v 1. stupni kvality zistil 53,6 % jedincov. My sme zistili tento podiel len 27,5 %. Na 4. stupeň kvality pripadá v jeho práci 8,7 % kmeňov, my sme zistili podiel 3,6 %, teda nižší. Kmene sa teda mierne zhoršili a viac ich pripadlo na 2. a 3. stupeň. Na ploche A zistil GUBKA (2011) 1. stupeň kvality koruny na 70 % jedincov, my na 23 %. Na ploche B zistil stupeň kvality koruny 1 na 80 %, my na 38 %. Toto porovnanie nie je ale celkom relevantné, nakoľko my sme počítali z počtu stromov na hektár prepočítaných z plochy transektu. Zásahy realizované na smreku na jednotlivých plochách boli: B – 22 %, C – 16,7 %.

Problematike 30 ročných porastov VN Klenovec sa zaoberali ŠPIŠÁK a PITTNER (2011), ktorí hodnotili biometrické znaky koruny. Ide o staršie porasty, čo je dôležité z hľadiska posúdenia možného vývoja porastov v 1. OP VN Málinec. Koruna tvorila na dvoch posudzovaných plochách len 38 % a 23 %, čo je mimoriadne nízke percento. Vzhľadom k približne dvojnásobnému veku oproti VN Málinec je zjavné, že zanedbaná výchova (neskoré a nevhodné výchovné zásahy) vedú k rýchlemu skracovaniu korún a znižovaniu statickej stability porastov. Kým autori uvádzajú kvalitu koruny priemerne 2,5–3, nami namerané hodnoty sú 1,6–2,3, pričom 2,3 je plocha kontrolná čo potvrdzuje, že nevychovávanie porastov vedie k zhoršovaniu ich kvality a k strate funkčnej účinnosti. Kvalita kmeňa je uvádzaná 1,7–2,2 oproti našej 1,8–2,5, čo sú prekvapivo vyššie hodnoty (predpokladáme tu význam silného poškodenia lúpaním zverou) (BATOR a GUBKA 2011, GUBKA 2011).

Kvalitu kmeňa a koruny rozoberal aj PITTNER a ŠPIŠÁK (2011) v 45 r. porastoch vodárenskej nádrže Hriňová. Kvalita koruny je v podmienkach podúrovňového zásahu veľmi nízka (3,9) a kmeňa 3,6, po zásahu sa vylepšila len minimálne. Rovnako po úrovňovom zásahu sa kvalita zlepšila len o niekoľko desiatín.

Výskumom sme preukázali, že obhospodarovanie smrekových monokultúr má veľký význam pri zabezpečení ich stability. Tento porast preukázali BATOR a GUBKA (2011) ako vysokostabilný podľa stupnice VOLOŠČUKA (2001). Štíhlostný koeficient, korunovosť aj funkčná účinnosť dosahujú zatiaľ priaznivé hodnoty, hoci nemožno tvrdiť, že sú ideálne. Pri hodnotení prospešnosti úrovňových či podúrovňových zásahov sme preukázali, že efekt sa výrazne nelíši. Skresľujúcimi sú ale postavenie stromových tried, nakoľko ide o mladý porast, ktorý je v plnom vývoji. Ak sa zopakuje stav z VN Klenovec a Hriňová, kde koruny stromov tvoria približne $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ výšky stromov, možno predpokladať rýchle rozvrátenie porastu. Túto skutočnosť umocňuje fakt, že ide o strmý svah s vysokou balvanitosťou, kde je silne skeletnatá pôda. Nebezpečenstvo rozvrátenia je o to väčšie, že môže dôjsť k zaburineniu porastov, tak ako je tomu v OP iných VN. Na tieto stanovišťa sa prirodzene silne dostáva lieska a agát, ktoré spolu s burinou sťažujú možnosť prirodzenej obnovy a výrazne znižujú ujímanie hoci aj vyspelých sadeníc, ktoré sa v týchto podmienkach používajú (BAČA 2002).

Obhospodarovanie porastov s vodoochrannou funkciou v povodiach VN, obzvlášť v 1. OP, nemá vychádzať s vyslovene odlišných hospodárskych prístupov, ktoré sa využívajú pri bežnom obhospodarovaní. Aj tu sa tak snažíme, aby les bol funkčne účinný, stabilný, aby tvoril optimálne podmienky pre plnenie konkrétnej funkcie a zabezpečoval vhodné prostredie pre život ostatných organizmov. Rozdiel je ale v tom, že sa snažíme pestovať smrekové porasty na nepôvodných stanovištiach, ktoré sú náchylnejšie na poškodenie zverou a hubami. Preto je vhodné zlúčiť výskum v oblasti vhodných pestovných opatrení, dendrometrických veličín, dendrológie (fenológie ekotypov, proveniencií), ochrany lesa, fytoecológie a ďalších disciplín, ktorými možno stanoviť objektívne podklady pre účelné obhospodarovanie porastov. Stanovenie stability na základe parametrov koruny je len časťou posudzovania komplexu problémov obhospodarovania lesov osobitého určenia. Otázkou sa tiež stáva exkludácia a rivalita verejných statkov – transformácia úžitkov verejnoprospešných funkcií (ktoré lesy 1. OP ponúkajú) do trhového mechanizmu, kedy bude možné stanoviť prehľadnejšie pravidlá obhospodarovania týchto lesov (ŠÁLKA *et al.* 2009).

POĎAKOVANIE

Na tento výskum boli použité prostriedky z projektu VEGA 1/0809/09.

LITERATÚRA

- ANTALÍK, P., 2009: Štruktúra a pestovné opatrenia v mladom smrekovom poraste v 1. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. Zvolen. 82 pp.
- ANTONI, J., ŠOMŠÁK, L., JANSKÝ, L., 2000: Reversing the decline of secondary spruce forests in Slovakia's Western Carpathians. *Mountain Research and Development* 20(2):130–131.

- BAČA, D., 1998: Štruktúra smrekovej kultúry v I. PHO vodárenskej nádrže Málinec v závislosti na expozícií. Zvolen. 39 pp.
- BÁTOR, M., GUBKA, K., 2011: Analýza štruktúry smrekového porastu v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.): *Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží*. p. 5–14.
- GUBKA, K., 2002: Štruktúra a výchovné opatrenia v smrekovom poraste so západnou expozíciou v I. PHO vodárenskej nádrže Klenovec. *Acta. Fac. For.* 44:59–69.
- GUBKA, K., 2011: Súčasný stav mladého smrekového porastu v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Kacálek, D., et al., (eds.): *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí*. Opočno. p. 173–183.
- KANTOR, P., ŠACH, F., 2007: Vodní režim mladého horského smrkového a bukového porostu ve vegetačních obdobích 2005 a 2006. In: Střelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženec, M., (eds.): *Bioclimatology and natural hazards*. 7 pp.
- KLIKA, J., 1940: Lesnictví. Stručná encyklopedie lesnické vědy a praxe. Díl I. – Přírodní základy lesa. *Dendrologie*. Knihovna Matice lesnické, Písek. 319 pp.
- MAŇAS, P., MAUER, O., 2007: Growth and vitality of Norway spruce (*Picea Abies* [L.] Karst.) on large-scale clearcuts in the air polluted region of Krušné hory Mts.. In: Saniga, M., Jaloviar, P., Kucbel, S., (eds.): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia*. p. 39–44.
- PITNER, J., ŠPIŠÁK, J., 2011: Štruktúra porastu a navrhované výchovné opatrenia v ochrannom pásme I. stupňa vodárenskej nádrže Hriňová. In: Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.): *Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží*. p. 89–98.
- POBĚDINSKIJ, A. V., KREČMER, V., 1984: Funkce lesů v ochraňe vod a půdy. Praha, Státní zemědělské nakladatelství. 247 p.
- RÉH, J., 1999: Pestovanie účelových lesov. Zvolen. 218 pp.
- SANIGA, M., BALANDA, M., JALOVIAK, P., 2009: Výskum štruktúry, produkcie, nekromasy, rizológie a regeneračných procesov prírodných lesov Slovenska. *Acta Facultatis Forestalis* 51(3): 77–88.
- SANIGA, M., 2010: Pestovanie lesa. Zvolen. 326 pp.
- SIROTA, M., 2002: Štruktúra smrekových mladín v I. pásme hygienickej ochrany vodárenskej nádrže Málinec. Zvolen. 38 pp.
- SPIECKER, H., 2000: Growth of Norway spruce (*Picea Abies* [L.] Karst.) under changing environmental conditions in Europe. In: Klimo, E., Hager, H., Kuhlavý, J., (eds.): *Spruce monocultures in central Europe – problems and prospects*. p. 11–26.
- SZEGHŐ P., GUBKA, K., 2007: Štruktúra smrekových mladín v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. In: Saniga, M., Jaloviar, P., Kucbel, S. (eds.): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia*. p. 349–353.
- ŠACH, F., KANTOR, P., ČERNOHOUS V., 2007: Metodické postupy obhospodarování lesů s vodohospodářskými funkcemi. Recenzované metodiky pro prax. Lesnícky průvodce č. 1, Strnady. 25 pp.
- ŠÁLKA, J., FODREK, L., DOBŠINSKÁ, Z., 2009: Stratégia transformácie verejnoprospešných funkcií lesa na trhové statky. *Acta Facultatis Forestalis* 51(3):191–203.

- ŠPIŠÁK, J., PITTNER, J., 2011: Dynamika zmien kvalitatívnych znakov porastov v I. ochrannom pásme VN Klenovec. In: Gubka, K., Kucbel, S., Jaloviar, P. (eds.): *Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží*. p. 121–130.
- VOLOŠČUK, I., 2001: Teoretické a praktické problémy ekologickej stability lesných ekosystémov. Vedecké štúdie 1/2001/A. TU Zvolen. 90 p.
- VYHLÁŠKA MŽP SR č. 29/2005 Z.z. ktorou sa ustanovujú podrobnosti o určovaní ochranných pásiem vodárenských zdrojov, o opatreniach na ochranu vôd a o technických úpravách v ochranných pásmach vodárenských zdrojov.
- ZÁKON 134/2010 Z.z. ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)
- ZAUŠKOVÁ, E., 2003. Integrovaný manažment a ekologická únosnosť v povodiach vodárenských nádrží. Vedecké štúdie 4/2003/b. Zvolen. 84 pp.

TEXTÚRA A HRÚBKOVÁ ŠTRUKTÚRA BUKOVÉHO PRALESA NPR ROŽOK

TEXTURE AND DIAMETER STRUCTURE OF BEECH VIRGIN FOREST NNR ROŽOK

LENKA BUGOŠOVÁ, MILAN SANIGA

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene,
Masarykova 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The work represents results of the study conducted in European beech virgin forest at NNR Rožok. The survey was focused on areal determination and tree diameter (DBH) distribution in developmental stages of the virgin forest. The study confirmed that area fraction of respective developmental stage responded to its time-span fraction of the whole developmental cycle of the virgin forest. DBH distribution had bimodal diameter distribution. Diameter distribution characterized by median confirmed that values are equal in all developmental stages, whereas interquartile range was narrowest in breakdown stage.

Key words: beech, DBH distribution, virgin forest texture

ABSTRAKT

Práca prezentuje výsledky výskumu bukového pralesa NPR Rožok orientované na plošné vylišenie a hrúbkovú štruktúru jeho vývojových štádií. Výskum potvrdil, že plošný podiel vývojových štádií odpovedá podielu ich veku na celom vývojovom cykle pralesa. Hrúbková štruktúra pralesa má bimodálne rozdelenie. Hrúbková štruktúra charakterizovaná mediánom potvrdila vo všetkých vývojových štádiách jeho rovnaké priemerné hodnoty, pričom rozsah medzikvartilového rozpätia je najnižší v štádiu rozpadu.

Kľúčové slová: buk, hrúbková štruktúra, textúra pralesa

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Štruktúra pralesa je prevažne popisovaná základnými dendrometrickými veličinami hlavne hrúbkou stromov $d_{1,3}$, výškou, kruhovou základňou a objemom hrubiny. Z pohľadu verifikovania merania je pre popis pralesa v tejto oblasti rozhodujúca hrúbka, nakoľko presnosť merania uvedeného znaku je najvyššia, preto je popis pralesov temperátnej zóny lesov Európy prezentovaný prevažne ich hrúbkovou štruktúrou (KORPEL 1989, 1995, LEIBUNDGUT, 1993, SANIGA 2002a,b, 2007, KUCBEL *et al.* 2012). Staršie práce, ktoré sa zaoberajú uvedeným znakom štruktúry pralesov popisujú priebeh krivkou tvaru písmena „J“. Uvedené rozdelenie hrúbkových početností je typické pre štádium dorastania (KORPEL 1989, 1995, LEIBUNDGUT 1993, SANIGA 2002a,b). Novšie výskumy štruktúry pralesov, ktorá je charakterizovaná touto dendrometrickou veličinou skôr používajú Weibullovu funkciu (ZHANG *et al.* 2001, WESTPHAL *et al.* 2006, KUCBEL *et al.* 2010). Informačná hodnota takejto porastovej štruktúry pralesa je jednostranná, nakoľko nepopisuje priestorové rozmiestnenie stromov. Na strane druhej, uvedený znak je významný pri porovnávaní štruktúr pralesov, ktoré sú tvorené rôznymi drevinami. Textúra pralesa predstavuje plošnú

distribúciu jeho vývojových štádií (KORPEL 1989, 1995, LEIBUNDGUT 1993, SANIGA 2002a, b). V prípade bukových pralesov má charakter maloplošnosti, čo vytvára predpoklad ich vysokej stability (KORPEL 1989, 1995, SANIGA 2002, DRÖSSLER, VON LÜPKE 2005). Výskum štruktúry, produkčných a regeneračných procesov v prírodných lesoch Slovenska začal na začiatku 50. rokov minulého storočia (KORPEL 1958, 1967). Uvedený výskum kontinuitne pokračoval v závere 20. storočia (SANIGA 1998, 2002a, b, 2003a, b, 2007, KUCBEL 2006, SANIGA – RICHTER 2006, PITTNER – SANIGA 2008). Pokiaľ sa týka výskumu bukových pralesov na Slovensku možno začiatok ich výskumu datovať do 70-tych rokov minulého storočia (TERRAY 1971, KORPEL 1989, 1995, RÉH 1999, SANIGA 2002, SANIGA-SKLENÁR 2003).

Podrobnejšie výskumy jednotlivých bukových pralesov východného Slovenska v prípade NPR Vihorlat boli predstavené v publikáciách (KORPEL 1967, 1971, 1989), prípadne NPR Havešová (DRÖSSLER, VON LÜPKE 2005, SANIGA *et al.* 2011.). Bukový prales Stužica s prímесou jedle bol prezentovaný prácami (KORPEL, 1989, 1995, SANIGA-KLIMAŠ 2004).

Cieľom príspevku je analýza a prezentácia výsledkov textúry a hrúbkovej štruktúry bukového pralesa Rožok z celkového pohľadu jeho vývoja.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika objektu a založenie trvalej výskumnej plochy (TVP)

Národná prírodná rezervácia Rožok bola vyhlásená rozhodnutím komisie SNR pre školstvo a kultúru č. 26 z 28. 6. 1965 úpravou č. 7282/1965-osv./10. Účelom vyhlásenia rezervácie, bola ochrana zvyšku typického bukového pralesa (VYSKOT *et al.* 1981). Nachádza sa na území, na ktorom bola v roku 1977 vyhlásené CHKO Východné Karpaty, v roku 1993 bolo zaradené do Biosférickej rezervácie Východné Karpaty/Východné Beskydy, v roku 1997 do NP Poloniny, v roku 1999 do Východokarpatskej biosférickej rezervácie (Poľsko/Slovensko/Ukrajina) (KORPEL 1989, 1995). Od roku 2007 bola NPR Rožok zaradená do Zoznamu svetového prírodného dedičstva.

Trvalá výskumná plocha (TVP) bola založená v roku 2009. Výmera plochy bola 200 × 250 m (5 ha) a slúžila na podrobné meranie všetkých stromov s cieľom analýzy štruktúry, textúry, nekromasy a regeneračných procesov pralesa. Pre podrobnú analýzu bola rozdelená a stabilizovaná sieťou 80 čiastkových plôch (ČP) s rozmermi 25 × 25 m. V rámci TVP bol vytýčený tranzekt 100 × 200 m (2 ha), ktorý bol zahustený ČP (32). Hranice TVP a ČP boli v teréne zamerané systémom Field-Map a trvalo stabilizované drevnými kolíkmi. Na tranzekte (100 × 200 m) boli pre popis a analýzu hrúbkovej štruktúry aj vo väzbe na produkčný priestor pralesa (výškový profil) merané nasledovné dendrometrické veličiny:

- situácia stojacich živých stromov s hrúbkou $d_{1,3} \geq 2$ cm polárnymi súradnicami x , y a projekcie korún živých stromov ($x_1 - x_n$),
- hrúbka $d_{1,3}$ stromov hrubších ako 2 cm s presnosťou na 1 mm,
- výška stromu s $d_{1,3} \geq 2$ cm s presnosťou na 0,5 m,
- rastový priestor pralesa na TVP sa na základe hornej výšky (jednoduchý aritmetický priemer 10 % najhrubších stromov tranzektu) rozdelil na tri stromové

vrstvy. Na základe hornej výšky sa určili hraničné hodnoty tretín produkčného priestoru podľa IUFRO klasifikácie (LEIBUNDGUT 1959) nasledovne:

- horná vrstva – výška stromu väčšia ako 2/3 hornej výšky pralesa,
- stredná vrstva – výška stromu je v rozpätí od 1/3 do 2/3 hornej výšky pralesa,
- dolná vrstva – výška stromu menšia ako 1/3 hornej výšky pralesa.

Vylíšenie vývojových štádií pralesa

Na stanovenie jednotlivých vývojových štádií pralesa na ploche transektu TVP1 bola použitá metodika KRÁLA *et al.* (2010). Definícia jednotlivých vývojových štádií (dorastanie, optimum, rozpad) vychádzala z koncepcie KORPEEA (1989, 1995), ktorá je uznávanou najmä v strednej Európe. Navyše bolo stanovené štádium vyrovnaného stavu, ktoré zodpovedá fáze výberkovej štruktúry štádia dorastania v tradičnom ponímaní (KORPEEL 1995). Je typické rozdelením hrúbkových početností živých stromov v tvare obráteného písmena „J“ a relatívne vysokou zásobou živých stromov. Na druhej strane rozdelenie kruhovej základne v jednotlivých hrúbkových triedach je pravostranne asymetrické, čo znamená dominantný podiel staršej generácie stromov na biomase živých stromov. Odumretie jedného stromu nespôsobuje žiadnu významnú zmenu v štruktúre pralesa a porastová medzera je bezprostredne po vzniknutí zaplnená podúrovňovými stromami (KRÁL *et al.* 2010).

V prostredí softwaru IDRISI Andes boli do hrúbkových tried filtrované vektorové vstupné dáta – pozície jednotlivých stromov (živých a odumretých s hodnotami ich hrúbok a kruhovej základne) konvertované na súbor rastrových vrstiev s výmerou jedného pixela. Tento súbor rastrových vrstiev bol následne filtrovaný fokálnym filtrom (tzv. pohyblivé okno tvaru kruhu o priemere 21 m), ktorý skenoval vstupné rastrové dáta posúvaním kroku o jeden pixel (1 m) a vypočítaval početnosti a kruhové základne živých a odumretých stromov v jednotlivých hrúbkových triedach v rámci okna. Tieto údaje boli prostredníctvom neurónovej siete v prostredí softwaru IDRISI Andes klasifikované na jednotlivé štádiá a výstupom bola mapa zobrazujúca textúru skúmanej plochy transektu na TVP1. S ohľadom na relatívne malú výmeru kruhu, boli zvolené nasledovné združené hrúbkové triedy: $10 \text{ cm} \leq d_{1,3} < 25 \text{ cm}$, $25 \text{ cm} \leq d_{1,3} < 45 \text{ cm}$, $45 \text{ cm} \leq d_{1,3} < 65 \text{ cm}$, $65 \text{ cm} \leq d_{1,3} < 85 \text{ cm}$, $d_{1,3} \geq 85 \text{ cm}$ (KRÁL *et al.* 2010).

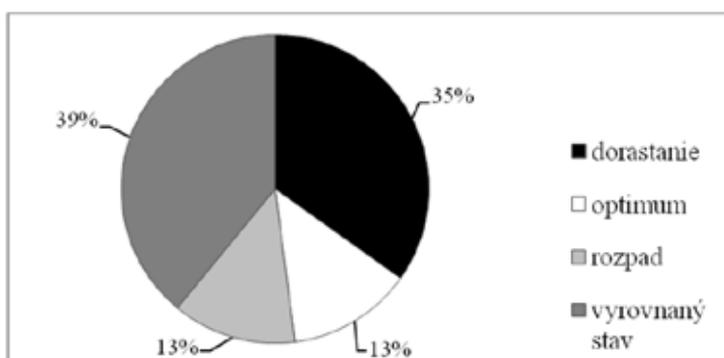
Matematicko-štatistické vyhodnotenie získaných údajov

Namerané dendrometrické údaje a z nich vypočítané veličiny boli vyhodnotené pomocou deskriptívnej štatistiky s ohľadom na počet a typ premennej (kvalitatívna alebo kvantitatívna). Pre jednotlivé vývojové štádiá boli vypočítané (v tabuľkovej alebo grafickej forme) popisné charakteristiky veličín (miera polohy, variability) pomocou programu STATISTICA 7.0 (StatSoft®). Na skúmanie vzťahu (štatistickej významnosti) priemerov intervalovej (napr. hrúbok $d_{1,3}$) a nominálnej premennej (napr. faktora štádia) sa použila jednofaktorová analýza variancie (ANOVA) v programe STATISTICA 7.0 (StatSoft®). Signifikantnosť rozdielov údajov v jednotlivých vývojových štádiách pralesa ako aj vrstvách pralesa sme testovali Duncanovým post-hoc testom. V prípade malých vzoriek a zamietnutia normality ich rozdelenia, sa dáta najskôr logaritmovali. Spoľahlivosť a presnosť výslednej klasifikácie vývojových štádií bola vyhodnotená pomocou chybovej matice.

VÝSLEDKY

Textúra pralesa

Výstup klasifikácie skúmanej plochy tranzektu na jednotlivé vývojové štádiá bol prezentovaný prostredníctvom mapy. Na rozdiel od predchádzajúcich kategórií textúry bola vylíšená nová kategória tzv. „vyrovnaného stavu“ s typickou bohatou porastovou štruktúrou. Jedná sa o fázu výberkovej štruktúry, ktorú do tejto problematiky zaviedol prof. Leibundgut (1959). Uvedená kategória predstavovala najväčší podiel (39,06 %) zo skúmanej plochy (obr.1). Len o 4,19 % nižší podiel bol zistený v prípade štádia dorastania a približne rovnaký podiel predstavovali štádiá optima a rozpadu (13,08 %, resp. 13,00 %). Na základe výsledkov môžeme konštatovať maloplošný výskyt štádia optima ako aj jeho nízky podiel, ktorý je spojený s jeho krátkou dobou trvania v rámci vývojového cyklu v bukových pralesoch. Skutočnosť, že najväčší podiel plochy sa nachádza práve vo vyrovnanom stave naznačuje vysokú diferencovanosť štruktúry jedincov na skúmanej ploche.



Obr. 1: Podiel jednotlivých vývojových štádií na tranzekte TVP v NPR Rožok

Fig. 1: Share of individual developmental stages within the transect of PRP in NNR Rožok (black-growth, white-optimum, grey-breakdown, darkgrey-steady state)

Horizontálna štruktúra

Na skúmanej ploche v NPR Rožok mala 100% zastúpenie klimaxová drevina buk. Celkovo bolo zmeraných 1 015 kusov živých stromov s hrúbkou $d_{1,3}$ väčšou ako 2 cm. Hrúbková štruktúra týchto jedincov bez prihliadnutia na vývojové štádium bola vyrovnávaná viacerými matematickými funkciami. Ich analýzou a overením sa na vyrovnanie rozdelenia hodnôt ako najvhodnejšia potvrdila bimodálna sedemparametrická Weibullova funkcia (WESTPHAL *et al.* 2006, ZHANG *et al.* 2001), pričom parametre použitej funkcie sú uvedené v tab.1 a jej priebeh je znázornený na obr. 2.

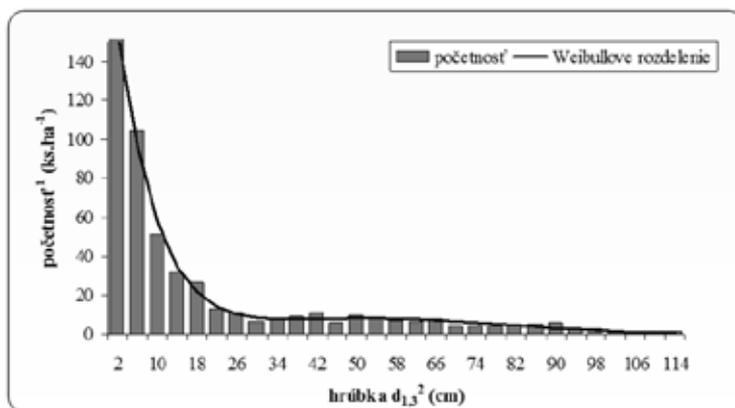
$$F(x, \psi) = \rho F_1(x, \theta_1) + (1 - \rho) F_2(x, \theta_2) \quad \text{pričom} \quad F(x, \theta) = 1 - e^{-[x/\beta]^\gamma} \quad (1)$$

Tab. 1: Parametre Weibullovej funkcie použitej na vyrovnanie rozdelenia početností hrúbok na transekte TVP v NPR Rožok**Table 1:** Parameters of Weibull function fitted to the diameter distribution on transect of PRP in NNR Rožok

ρ	1. časť rozdelenia 1		2. časť rozdelenia 2			p-level
	β_1	γ_1	β_2	γ_2	χ^2	
0,76	7,59	1,04	63,53	2,65	13,615	0,9549

¹first part of distribution, ²second part of distribution

Výrazný vrchol bol zaznamenaný v ľavej časti variačného rozpätia hrúbok v hrúbkovom stupni 2 cm, pričom druhý vrchol dosiahlo toto rozdelenie v hrúbkovom stupni 50 cm. Hrúbkové stupne 2, 6 a 10 reprezentovali len nepatrnú časť hrúbkového rozpätia, avšak až 61,23 % počtu živých stromov patrilo do týchto troch hrúbkových stupňov (obr. 2), čo svedčí o výrazne bohatej dolnej vrstve pralesa. Charakter poklesu exponenciálnej krivky smerom k hrúbkovému stupňu 22 cm naznačuje výraznú redukciu jedincov buka. Mierny vzostup stromov v hrúbkovom rozpätí 26–58 cm potvrdzuje toleranciu tejto dreviny na svetlo, jej vysokú vitalitu aj napriek vysokej vnútrodruhej konkurencii. Svoju úlohu to zohráva aj vysoká produkčná schopnosť stanovišťa. Následne dlhá nivelizácia početností v hrúbkových stupňoch nad 58 cm prechádza do pozvoľného odumierania jedincov z najhrubšej kategórie.

**Obr. 2:** Polygón hrúbkových početností živých stromov v prepočte na 1 ha na transekte TVP v NPR Rožok vyrovnaný bimodálnou sedemparametrickou Weibullovou funkciou**Fig. 2:** Tree diameter distribution on the transect of PRP in NNR Rožok with predicted distribution of the bimodal seven-parameter Weibull function (¹number, ²dbh)

Rozbor hrúbkovej štruktúry podľa vrstiev pralesa a vývojových štádií je v tab. 2. Jedince hornej a strednej vrstvy dosahovali priemerné hodnoty hrúbky $d_{1,3}$ $73,42 \pm 19,42$ cm resp. $20,29 \pm 4,62$ cm v štádiu optima. V prípade jedincov nachádzajúcich sa hornej vrstvy rastového priestoru pralesa na ploche transektu TVP v štádiu dorastania, sme zaznamenali najnižšie priemerné hodnoty hrúbky $d_{1,3}$ $49,14 \pm 19,14$ cm. Táto relatívne nízka hodnota sa dá vysvetliť tým, že ide o jedince, ktoré v dôsledku zvýšeného

prísunu svetelného žiarenia z dôvodu odumretia jedincov predchádzajúceho vývojového cyklu z hornej vrstvy pralesa intenzívne zvýšili svoj výškový rast, čím sa síce už dostali do hornej vrstvy pralesa, avšak ešte nestihli naakumulovať na kmeni dostatočný hrúbkový prírastok.

Najhrubší jedinec bol evidovaný v štádiu optima s hrúbkou $d_{1,3} = 123,9$ cm. Nízka priemerná hodnota hrúbky a jej veľké variačné rozpätie vo všetkých vývojových štádiách svedčí o tom, že drevina buk je zastúpená vo všetkých hrúbkových stupňoch v rámci celého vývojového cyklu pralesa, ale pomerne nerovnomerne.

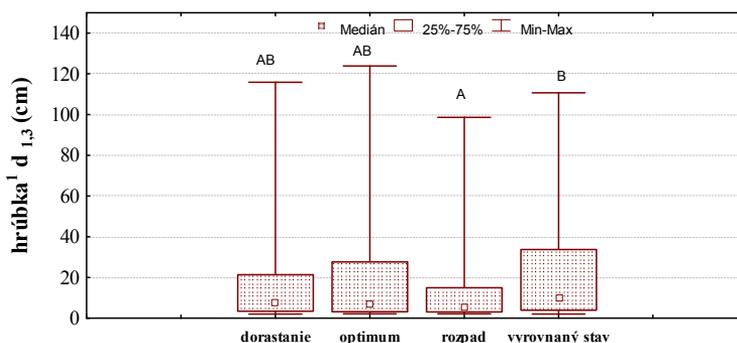
Tab. 2: Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ živých stromov v jednotlivých vrstvách rastového priestoru v jednotlivých vývojových štádiách na transekte TVP NPR Rožok

Table 2 Mean dbh of living trees in particular tree layers according to the developmental stages on transect of PRP in NNR Rožok

Štádium ¹	Vrstva pralesa ⁶		
	dolná ⁷	stredná ⁸	horná ⁹
	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)	$\bar{x} \pm s_x$ (cm)
Dorastanie ²	5,25 ± 3,36	18,51 ± 5,99	49,14 ± 19,14
Optimum ³	4,85 ± 3,01	20,29 ± 4,62	73,72 ± 19,42
Rozpad ⁴	5,09 ± 3,01	19,50 ± 5,82	67,19 ± 21,74
Vyrovnaný stav ⁵	5,75 ± 3,52	17,73 ± 4,52	60,36 ± 20,12

¹developmental stage, ²growth stage, ³optimum stage, ⁴breakdown stage, ⁵steady state, ⁶tree layer, ⁷lower, ⁸middle, ⁹upper

Na základe medzikvartilového rozpätia vidíme prevahu jedincov v nižších hrúbkových stupňoch (obr. 3). Testovaním tejto dendrometrickej veličiny sa potvrdil štatisticky významný rozdiel (tab. 3) a to medzi priemernými hodnotami hrúbok stromov v štádiu rozpadu a štádiom, ktoré charakterizuje vyrovnaný stav (obr. 3).



Obr. 3: Mediánové hodnoty a variačné rozpätie hrúbok v jednotlivých vývojových štádiách na transekte TVP v NPR Rožok spolu s výsledkami Duncanovho post-hoc testu

Fig. 3 Median values and variable ranges of dbh in particular developmental stages on transect of PRP in NNR Rožok together with the results of Duncan post-hoc test ($\alpha = 0,05$)

¹dbh, x-axis – developmental stages in following order: growth, optimum, breakdown, steady state

Z rozboru charakteristiky medián je zrejme, že hoci v oboch štádiách bolo zaznamenané široké variačné rozpätie hrúbok, rozsah medzikvartilového rozpätia je v štádiu rozpadu najnižší, čo svedčí o tom, že zastúpenie jedincov vyšších hrúbkových kategórií je viditeľne nižšie. Táto skutočnosť je spôsobená v dôsledku ich odumierania z hornej vrstvy pralesa z dôvodu dosiahnutia ich fyzického veku, alebo ich poškodením, resp. vyvrátením vplyvom biotických alebo abiotických činiteľov.

Tab. 3: Výsledky jednofaktorovej analýzy variancie vplyvu faktora štádia na priemernú hrúbku $d_{1,3}$ na tranzekte TVPv NPR Rožok

Table 3 Results of ANOVA between developmental stage and mean dbh on transect of PRP in NNR Rožok

faktor	SS	df	MS	F	p
štádium	3,76	3	1,25	5,049	0,001
chyba	251,26	1 011	0,25		

SS – suma štvorcov odchýlok výberových priemerov, df – počet stupňov voľnosti, MS – stredná chyba, F- hodnota F kritéria, p – hladina významnosti F

DISKUSIA A ZÁVER

Získané poznatky potvrdili výskumy KORPELA (1989, 1995) ako aj SANIGU (2003, 2005) týkajúce sa maloplošnej textúry bukových pralesov. Aj napriek upresňovaniu vývojových štádií KRÁL *et al.* (2010), ktorý v problematike textúry rozšíril vývojové štádium pralesov o tzv. vyrovnaný stav treba povedať, že táto kategória časovo a štrukturálne zasahuje do pokročilej fázy štádia rozpadu s prechodom do počiatočnej fázy štádia dorastania. Tento dlhý časový úsek sa podpísal pod veľký plošný podiel tohto vylišeného štádia. Fázu výberkovej štruktúry zaviedol do výskumu pralesov zaviedol LEIBUNDGUT (1959) a priradil jej význam o stupeň nižší. Podobne ju chápal a prezentoval cez výsledky svojho výskumu KORPEL (1989). Rozbor štruktúry skúmaného pralesa s prihliadnutím a túto skutočnosť korešponduje s časovým vymedzením jednotlivých štádií podľa KORPELA (1989, 1995). Príspevok potvrdil, že vhodným typom matematickej funkcie pre popis priebehu hrúbkovej štruktúry tohto pralesa bez prihliadania na vývojové štádiá je Weibullova funkcia (ZHANG *et al.* 2001, WESTPHAL *et al.* 2006, KUCBEL *et al.* 2010). Z pohľadu dosiahnutia maximálnej hodnoty priemernej hrúbky $d_{1,3}$ boli tieto hodnoty vo všetkých vrstvách pralesa zistené v štádiu optima, pričom rozsah medzikvartilového rozpätia je najnižší v štádiu rozpadu.

POĎAKOVANIE

Práca bola podporená vedeckým projektom APVV -0286-10.

LITERATÚRA

- DRÖSSER, L., VON LÜPKE, B. 2005: Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 51(10):446–457.
- KORPEL Š., 1958: Príspevok k štúdiu pralesov na Slovensku na príklade Badínského pralesa. In: *Lesnícky časopis* 4:349–385.

- KORPEL, Š. 1967: Vývoj a veková štruktúra bukového pralesa na Vihorlate. *In: Biológia* 22(4): 285–303.
- KORPEL, Š. 1971: Výstavba, vývojové štádiá a produkčné pomery bukových pralesov Vihorlatu. *Čsl. ochrana prírody*. 11: 101–129.
- KORPEL, Š. 1989: Pralesy Slovenska. Bratislava, Vydavateľstvo SAV – Veda, 329 s.
- KORPEL, Š. 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 310 p.
- KRÁL, K. *et al.* 2010: Developmental phase in a temperate natural spruce-fir-beech forest: determination by a supervised classification method. *Eur. J. Forest Res.* 129: 339–351.
- KUCBEL, S. 2006: Štruktúra porastov a optimalizácia pestovných opatrení vo vysokohorských lesoch v oblasti Nízkych Tatier. Dizertačná práca TU Zvolen, 108s
- KUCBEL, S., JALOVIAR, P., SANIGA, M., VENCURIK, J., KLIMAŠ, V. 2010. Canopy gaps in an old-growth fir-beech forest remnant of Western Carpathians. *In: European Journal of Forest Research*, 129(3):249–259.
- KUCBEL, S., SANIGA, M., JALOVIAR, P., VENCURIK, J. 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of northwestern Carpathians: A 40-years perspective. *For Ecol. Manag.* 264:125–133.
- LEIBUNDGUT, H. 1993: Europäische Urwälder. Paul Haupt Bern-Stuttgart, 260 s.
- LEIBUNDGUT, H. 1959: Über Zweck und Methodik der Struktur- und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweiz. Z. Forstwes.* 111(3):151–175.
- PITNER, J., SANIGA, M. 2006: Štruktúra, nekromasa a regeneračné procesy bukového prírodného lesa Vtáčnik. *Acta facultatis forestalis Zvolen*, XLVIII:95–110.
- RĚH, J., 1999: Štruktúra prírodného bukového lesa v geografickom celku Popriechny. *Folia oecologica*, 26, s. 33–49.
- SANIGA, M. 1998: Stav, štruktúra a regeneračné procesy prírodného lesa v závere ontogenezieckého vývoja. *In: Sekundárna sukcesia II.* Zvolen: TU Zvolen, s. 163–172.
- SANIGA, M., SKLENÁR, P. 2003: Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Oblík. *Acta facultatis forestalis Zvolen* XLV:169–178.
- SANIGA, M. 2002a. Štruktúra a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Kotlov žľab. *In: Štúdie o Tatranskom národnom parku* 6(39): 111–132.
- SANIGA, M. 2002b. Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. *Ochrana prírody* 21:202–218.
- SANIGA, M., BALANDA, M., KUCBEL, S., JALOVIAR, P. 2011: Cyclic changes in tree species composition of mixed-species forest in Western Carpathians: role of disturbance and tree regeneration. *In: Polish Journal of Ecology*, 59(4):381–389.
- SANIGA, M., RICHTER, F. 2006: Štruktúra prechodného lesa v jeho záverečnej fáze v badínskom pralesi. *In: Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností: Opočno 5.–6. 9. Opočno: VÚLHM VS*, s. 239–247.
- SANIGA, M. 2003a: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Havešová. *Ochrana prírody* 22:179–190.
- SANIGA, M., KLIMAŠ, V. 2004: Štruktúra, produkčné pomery a regenerácia bukového pralesa Sužica v 4. lesnom vegetačnom stupni. *Acta Facultatis forestalis Zvolen*, XLVI:93–104.

- SANIGA, M. 2007: Vybrané znaky štruktúry a regeneračné procesy bukového pralesa v NPR Kyjov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Slovakia* 49(1):133–143.
- SANIGA, M. 2003b: Štruktúra, produkčné pomery a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. *Ochrana prírody* 20:207–218.
- ŠÁLY, R., CIESARIK, M. 1991: *Pedológia: návody na cvičenia*. TUZVO, 123 s.
- TERRAY, J. 1971: Komplexné vyhodnotenie rezervácie Rožok na LZ Ulič: dizertačná práca. Zvolen, VŠLD, 34 s.
- VYSKOT *et al.* 1981: *Československé pralesy*. Praha : ACADEMIA, 272 s.
- WESTPHAL, C., TREMER, N., OHEIMB, G., v., HANSEN, J., GADOW, K. v. & HÄRDTLE, W. 2006: Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? *Forest Ecology & Management* 223:75–83.
- ZHANG, L.J., GOVE J.H., LIU, C.M., LEAK, W.B. 2001: A finite mixture of two Weibull distributions for modeling the diameter distributions of rotated-sigmoid, uneven-aged stands. *Can. J. For. Res.* 31(9):1654–1659.

ŠTRUKTÚRA PORASTU A NÁVRH OPATRENÍ V MODELOVEJ UZNANEJ BAŽANTNICI „HRABINY“

STAND STRUCTURE AND MANAGEMENT PROPOSAL IN MODEL CERTIFIED
PHEASANTRY “HRABINY”

KAROL GUBKA

Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen

ABSTRACT

The paper analyzes stand structure in designed pheasantry. According to our results, we can state, that researched forest stand satisfies requirements demanded by ecosystems with preferred hunting function in insufficient range only. There is insufficient vertical differentiation in the forest stand, followed by lack of fructiferous, shelter and roost trees. We can state the overall lack of coniferous species in the central zone and its margins.

Keywords: stand structure, hunting function, certified pheasantry

ABSTRAKT

Práca na príklade troch poloprevádzkových výskumných plôch analyzuje štruktúru porastu v navrhovanej bažantnici. Na základe zistení je možné konštatovať, že porast len okrajovo spĺňa požiadavky kladené na ekosystémy s prioritnou poľovníckou funkciou. V poraste absenteje výraznejšia vertikálna diferenciacia, chýba väčší počet plodonosných, úkrytových a hradovacích stromov. Úplne absenteje výskyt ihličnanov v jadre porastu, ale aj na jeho okrajoch.

Kľúčové slová: štruktúra porastu, poľovnícka funkcia, uznaná bažantnica

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V rámci pedagogického procesu na LF TU vo Zvolene sa v študijnom programe „Aplikovaná zoológia a poľovníctvo“ vyučuje aj problematika intenzívneho chovu bažanta poľovného (*Phasianus colchicus*). Problém je v tom, že na VŠLP nie je žiadna bažantnica. Snahou pracovníkov KOLP a KPL je vytypovať časť revíru, pre vybudovanie modelovej – výukovej uznanej bažantnice. Pre tento účel sa ako najvhodnejšie javí lokalita v priestore Plesá – Šantákov – Boseho lúka – Kotol – Hrabiny – Koziny – Plesá, kde je dostatočná rozloha lesných porastov, krovín, tŕstia, poľnohospodárskej – voľnej pôdy a kde je aj zdroj vody.

Uznaná bažantnica by v intenciách Zákona 274/2009 Z. z. o poľovníctve mala mať minimálnu výmeru 25 ha, pričom by mala mať vhodné prírodné podmienky pre intenzívny chov a lov bažanta poľovného. Záujmové územie spĺňa legislatívne požiadavky.

Lesné ekosystémy v bažantnici by mali byť vertikálne diferencované (FISCHER a HANUŠ 1974).

Spomínaní autori odporúčajú minimálne dvojetážovú vertikálnu výstavbu porastov, s hojným výskytom bylín. Vo vhodných biotopoch pre bažantiu zver by mali

prevládať listnáče v zastúpení 60–70 %. Ihličnany by mali mať 40–30 % zastúpenie (HANUŠ a FISCHER 1975). Listnáče v hornej a strednej etáži (resp. vrstve) majú vytvárať podmienky pre hradovanie a zlepšovať potravinovú základňu pre bažanta. Ako uvádza RĚH (1999) v hornej etáži by mali prevládať duby (*Quercus* sp.), resp. dreviny ktoré často a výdatne fruktifikujú. Ide o lipy (*Tilia* sp.), hrab obyčajný (*Carpinus betulus*), javory (*Acer* sp.), jarabiny (*Sorbus* sp.) ale aj divo rastúce, resp. účelovo vnášané ovocné stromy. HELL a kol. (2006) preferujú aj porasty agáta bieleho (*Robinia pseudoacacia*), v ktorých dolnú etáž tvorí spravidla každoročne plodiaca baza čierna (*Sambucus nigra*).

Spodná etáž v koncepčne usmerňovaných porastoch bažantníc má byť tvorená plodonosnými drevinami a krovinami. Ide o javory, už spomínanú bazu čiernu, trnku obyčajnú (*Prunus spinosa*), hloh (*Crataegus* sp.), šípku (*Rosa canina*), vtáčí zob (*Ligustrum vulgare*), drieň (*Cornus* sp.), ríbezl'u (*Ribes* sp.) a ďalšie. Kroviny sú dôležitý plodonosný faktor, ale zároveň zabezpečujú aj nezastupiteľnú kryciu funkciu. Táto je veľmi dôležitá pre zníženie rizika ataku predátormi (dravcov a šeliem), ale aj pre zabezpečenie úkrytu pri nepriaznivých mikroklimatických vplyvoch. Ide najmä o spomalenie prúdenia vzduchu (prievan), na ktorý je bažantia zver veľmi citlivá. V tomto smere vystupuje do popredia potreba krov najmä v okrajoch porastov. Zvýšiť účinnosť pri úprave mikroklimy a zvýšiť krycie možnosti veľmi priaznivo zabezpečujú vhodne situované a upravované ihličnany. Ich prítomnosť v hornej a strednej etáži zvyšuje a zlepšuje možnosti hradovania a zároveň krytu pred dravcami. V spodnej etáži majú nezastupiteľné postavenie pri vytváraní úkrytov a úpravu mikroklimy. Vhodne formované živé ploty ihličnanov po okrajoch porastov, zvyšujú významným spôsobom možnosti prežívania bažanta. Dobre formované okraje porastov so správne preferovanými druhmi krov a vhodne umiestnenými ihličnanmi vytvárajú ideálne miesta aj pre hniezdenie bažanta. Pre tento účel je vhodné niekoľko rokov skracovať terminálny výhon (vŕškovať) ihličnany vo výške 1,5–2 m. Ihličnany sú vhodné aj pre zabezpečovanie úspešného a bezpečného lovu, nakoľko v kontakte so streleckými linkami nútia bažanta vylietavať vyššie, čím sa zvyšuje efekt poľovačky. Pre tento účel sa hodí smrek obyčajný (*Picea abies*), smrek pichľavý (*Picea pungens*), borovica lesná (*Pinus silvestris*), borovica čierna (*Pinus nigra*), ale aj iné ihličnany, ktoré dobre znášajú formovanie korún (SEKERA 1954; HANUŠ a FISCHER 1975; GUBKA a ENGEL 2010, 2011; RĚH 1999).

HANUŠ a FISCHER (1975) upozorňujú na prioritné kritérium pri rozčleňovaní bažantnice na jednotlivé pohony. Prioritou je nadväznosť pohonov s ohľadom na techniku lovu a prirodzený smer ťahu zveri. V bažantnici by mali byť vytvorené podmienky tak aby bola bažantia zver pri love natláčaná do priestoru bažantnice a nie von z nej. Vhodne formované porasty, resp. pohony v porastoch sú jednou z podmienok zabezpečenia úspešného chovu a lovu bažanta poľovného (ENGEL 2010).

Cieľom práce je poukázať na súčasný stav jedného z porastov v navrhovanej bažantnici a navrhnúť možné riešenie do budúcnosti.

MATERIÁL A METODIKA

Záujmové územie sa rozprestiera na južnej strane Kremnických vrchov, v katastri obce Tŕnie. Územie sa nachádza v klimatickej oblasti mierne teplej, mierne

vlhkej s miernou zimou. Priemerná ročná teplota je 7–8 °C, priemerný úhrn zrážok 700–800 mm. Územie tvoria kambizeme a kambizeme modálne. Sledovaná lokalita má nadmorskú výšku 370–420 m n. m. Patrí do 3. lesného vegetačného stupňa, dubovo-bukového.

Analyzovaný porast je čiastočne generatívneho, čiastočne vegetatívneho pôvodu. Je tvorený sukcesnými drevinami, ktoré sa presadili na nepoužívaných pasienkoch po roku 1989. Na ploche porastu sa plošne diferencovane vyskytujú dreviny hrab obyčajný, breza, osika, buk, javor poľný a kroviny. Biologicky významnú zložku tvoria jedince duba cerového a hraba obyčajného, ktoré sa ako solitéry vyskytovali jednotlivo na pasienku. Okrajom porastu vedie jarok, ktorý je zásobovaný vodou z lokality Plesá (Poznámka: Voda v jarku sa pri nedostatku zrážok asi 500 m pod sledovaným porastom stráca.). Expozícia V; sklon 10–15 %; výmera cca 6 ha. Lokalita je v katastrálnej mape uvedená ako TTP (trvalý trávnatý porast).

V sledovanom dieleci bolo založených 6 poloprevádzkových plôch (PVP), z ktorých 3 sú predmetom vyhodnotenia.

- PVP I je situovaná v jadre porastu tak, aby čo najreálnejšie zachytila štruktúru porastu,
- PVP II je v okrajovej časti dielca (J – okraj) s dominanciou brezy,
- PVP III je v okraji porastu, pozdĺž predpokladanej línie strelcov (v okraji).
-

Na PVP sa evidovali nasledovné znaky:

- druh dreviny,
- hrúbka vo výške 1,3 m s presnosťou na 1 cm od hrúbky 1 cm,
- biosociologické postavenie podľa Krafta (SANIGA 2009),
- kvalita koruny podľa Schädelina (SANIGA 2009),
- etáž – prvá: tvorená jedincami 1. 2. 3. stromovej triedy,
– druhá: tvorená jedincami 4. a 5. stromovej triedy,
- funkčná účinnosť stromu: P – plodonosný strom,
H – strom vhodný na hradovanie,
K – strom poskytujúci prirodzený kryt,
- výška stromu s presnosťou na 0,5 m.

Biometrické znaky boli vyhodnotené programom STATISTICA 08.

VÝSLEDKY

Z pohľadu predpokladanej prioritnej poľovníckej funkcie je zistenie stavu stromovia, čo sa týka početnosti, zastúpenia, vertikálnej výstavby a funkčnej účinnosti dôležitejšie, ako zisťovanie zásoby a kruhovej základne.

Na PVP I, ktorá je v „jadre porastu“ bolo zistené v prepočte na 1 ha 1 875 jedincov (tab. 1). Najviac zastúpený je hrab obyčajný (81 %). Jednotlivo je primiešaný cer, breza, osika a jablň planá. Vertikálne rozdelenie je podmienené ekologickými nárokmi jednotlivých druhov. Hrab má v relatívne mladom veku v porastoch v ktorých dominuje schopnosť prežívať vo všetkých stromových triedach a ako jediná drevina sa nachádza aj v II. etáži. Ostatné dreviny náročnejšie na svetlo sú v najvyšších stromových triedach I. etáže (tab. 1).

Tab. 1: Početnosť živých stromov podľa drevín a vertikálnej výstavby na PVP I.
Table 1: Tree numbers according to species and vertical structure on PVP I.

Drevina	HB		CR		BR		OS		JN		Celkom	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	100	6,5	75	75,0	75	75,0	125	100,0			375	20,0
2	250	16,4	25	25,0							275	14,6
3	375	24,6			25	25,0			25	100,0	425	22,7
Spolu I. etáž	725	47,5	100	100,0	100	100,0	125	100,0	25	100,0	1075	57,3
4	375	24,6									375	20,0
5	425	27,9									425	22,7
Spolu II. Etáž	800	52,5									800	42,7
Spolu	1525	100,0	100	100,0	100	100,0	125	100,0	25	100,0	1875	100,0
Zatúpenie %	81,3		5,3		5,3		6,8		1,3			

Vertikálne postavenie a početnosť jedincov v poraste sa prejavuje aj na priemerných hodnotách biometrických znakov na sledovanej PVP I. Najviac zastúpená drevina hrab, vykazuje zákonite najnižšie priemerné hodnoty biometrických znakov, čo sa negatívne prejavuje na hodnote štíhlostného koeficientu. Hodnota cca 119 poukazuje na kritické preštíhlenie. Podobne je na tom aj breza, ktorá má v dôsledku kompetičného tlaku redukovanú korunu až na 18 % výšky stromu (tab. 2).

Tab. 2: Priemerné hodnoty biometrických znakov na PVP I.
Table 2: Average biometrical features on PVP I.

Znak	Drevina				
	HB	CR	JN	BR	OS
N (ks)	1525	100	25	100	125
hrúbka $d_{1,3}$ (cm)	11,9	33,3	27	22,0	36,0
výška h (0,5 m)	12,8	20,8	14	20,5	23,6
výš. nas. k. (0,5 m)	6,9	11,0	1,7	16,8	11,3
dĺžka koruny (0,5 m)	6,7	9,8	12,3	3,8	12,3
korunovosť	51,5	45,1	87,9	18,1	52,0
št. koef.	118,6	73,9	51,9	102,1	69,1

Z pohľadu funkčnej účinnosti jednotlivých stromov v čase sledovania je 175 stromov vhodných na hradovanie a len 50 jedincov je plodonosných. Perspektívne sa tento stav bude meniť, najmä čo sa týka fruktifikácie jednotlivých druhov. Absentujú jedince, ktoré by poskytovali bažantej zveri trvalý kryt (tab. 3).

Na PVP II., ktorá je situovaná v južnej časti porastu bolo v prepočte na 1 ha evidovaných 2 775 jedincov. Na tejto ploche bolo zistených 8 druhov drevín. Najvyššie zastúpenie má hrab 40,5 %, resp. 1 125 $\text{ka}\cdot\text{ha}^{-1}$. Z poľovníckeho hľadiska je zaujímavý výskyt duba zimného (12,6 %) ako aj niekoľkých jedincov buka lesného (3,6 %). Je to zrejme pozitívny vplyv susedného porastu (dielec 618), v ktorom sú spomínané dreviny zastúpené. Na PVP II. vizuálne dominuje breza a vrba rakyta (20,8 %). V porovnaní s PVP I. je zaujímavá druhá etáž, v ktorej sa vyskytuje až

53,2 % jedincov. V prostredí s väčším prienikom svetla cez hornú etáž prežíva viac jedincov a prístupuje aj trnka obyčajná (resp. slivka trnková) (tab. 4).

Tab. 3: Počet drevín podľa funkčnej účinnosti na sledovaných PVP

Table 3: Tree numbers according to functional effectivity on monitored PVP's.

Plocha Funkčnosť	I.						II.						III.						
	H		K		P		H		K		P		H		K		P		
Drevina	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
BK																			
BR																			
BP							25	100,0					85	71,4					
DB	50	28,6										50	7,7					17	0,7
HB	125	71,4			25	50,0						125	19,2						
HO															493	20,7	510	21,0	
LO																			
OS													34	28,6					
TR									425	100,0	475	73,1			1547	65,0	1564	64,3	
ŠP															340	14,3	340	14,0	
JN					25	50,0													
VR																			
Spolu	175	100,0			50	100,0	25	100,0	425	100,0	650	100,0	119	100,0	2380	100,0	2431	100,0	
% podiel	9.3				2.7		0.9		15.3		23.4		3.7		74.1		75.7		

Tab. 4: Početnosť živých stromov podľa drevín a vertikálnej výstavby na PVPII.

Table 4: Numbers of living trees according to species and vertical structure on PVPII.

Drevina	HB		DZ		CR		BR		OS		VR		BK		TR		Celkom	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1			50	16,7			25	6,7	75	75,0							150	5,4
2	225	20,0	100	33,3			225	60,0	25	25,0	25	12,5					600	21,6
3	150	13,3	125	25,0	25	50,0	75	20,0			175	87,5					550	19,8
Spolu I. etáž	375	33,3	275	75,0	25	50,0	325	86,7	100	100,0	200	100,0					1300	46,8
4	525	46,7	75	25,0			25	6,7					100	100,0	475	100,0	1200	43,2
5	225	20,0			25	50,0	25	6,7									275	10
Spolu II. etáž	750	66,7	75	25,0	25	50,0	50	13,4					100	100,0	475	100,0	1475	53,2
Spolu	1125	100,0	350	100,0	50	100,0	375	100,0	100	100,0	200	100,0	100	100,0	475	100,0	2775	100,0
Zastúpenie (%)	40.5		12.6		1.8		13.6		3.6		7.2		3.6		17.1			

Dominantné postavenie mäkkých listnáčov v I. etáži sa prejavuje na nepriaznivých hodnotách sledovaných biometrických znakov. Svetlomilné druhy dub zimný a cerový majú v dôsledku fototropizmu tendenciu na preštíhľovanie, čo sa prejavuje vo vysokých priemerných hodnotách štíhlostných koeficientov. Ešte „horšie“ sú na tom hrab a buk. V dôsledku kompetície je vyše 66 % hrabov v II. etáži (tab. 4., 5).

Tab. 5: Priemerné hodnoty biometrických znakov na PVP II.

Table 5: Average biometrical features on PVP II.

Znak	Drevina							
	HB	DZ	CR	BR	OS	VR	BK	TR
N (ks)	1125	350	50	375	100	200	100	475
hrúbka $d_{1,3}$ (cm)	6,5	11,4	3,5	12,5	15,8	12,0	1,5	1,3
výška h (0,5 m)	8,3	13,1	6,0	12,3	16,5	9,3	3,5	2,3
výš. nas. k. (0,5 m)	4,3	7,3	5,0	5,4	8,0	4,3	2,0	1,2
dĺžka koruny (0,5 m)	4,1	5,8	3,5	7,3	8,5	5,0	2,0	1,6
korunovosť (%)	49,9	41,3	64,3	59,0	49,9	53,3	64,2	72
št. koeficient	188,8	136,5	179,2	112,8	108,8	103,6	237,5	186,8

Dočasnú statickú stabilitu tohto spoločenstva zabezpečuje „kolektívna stabilita“ a relatívne dobrá korunovosť, na úrovni cca 50–60 % priemernej výšky stromu. Aj napriek zistenej korunovosti je kvalita korún jednotlivých drevín nízka. Najvyšší stupeň kvality stromu nebol zistený pre žiaden jedinec (tab. 6).

Tab. 6: Rozdelenie početnosti živých stromov podľa kvality koruny na PVP II.

Table 6: Structure of living trees according to crown quality on PVP II.

Str. tr.	Kvalita koruny	HB		DZ		Ostatné		BR		OS		TR		Celkom	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1	1														
	2			50	14,3					25	25,0			75	3,0
	3							25	7,1	50	50,0			75	3,0
	Spolu			50	14,3			25	7,1	75	75,0			150	6,0
2	1														
	2	150	16,7	50	14,3	25	8,3	150	42,9	25	25,0			400	16,2
	3	75	8,3	50	14,3			75	21,4					200	8,1
	Spolu	225	25,0	100	28,6	25	8,3	225	64,3	25	25,0			600	24,2
3	1														
	2	25	2,8	50	14,3			50	14,3					125	5,1
	3	125	13,9	75	21,4	200	66,7	25	7,1					425	17,2
	Spolu	150	16,7	125	35,7	200	66,7	75	21,4					550	22,3
4	1														
	2			25	7,1			25	7,1					50	2,0
	3	525	58,3	50	14,3	75	25,0					475	100,0	1125	45,5
	Spolu	525	58,3	75	21,4	75	25,0	25	7,1			475	100,0	1175	47,5
Spolu		900	100,0	350	100,0	300	100,0	350	100,0	100	100,0	475	100,0	2475	100,0
Priemerná kvalita koruny		2,81		2,5		2,92		2,4		2,5		3,0		2,74	

Výskyt slivky trnkovej na tejto ploche zabezpečuje aspoň v minimálnej miere možnosť úkrytu, resp. zlepšenia potravinovej základne. (tab. 3. 4).

Najväčšia početnosť jedincov (3 213 ks.ha⁻¹) bola zistená na PVP III, ktorá je situovaná v kontakte s predpokladanou líniou strelcov. V absolútnom aj relatívnom vyjadrení dominujú kroviny slivka trnková 48,7 %, hlohy 15,69 %, a šípová ruža 10,6 %. I. etáž je tvorená najmä drevinami prípravného lesa (breza, osika), hrab takmer absentuje. Príčina je zrejme vo vyššom svetelnom efekte a v tom, že plocha je situovaná aj pozdĺž už spomínaného vodného toku (tab. 7).

Kroviny a časť drevín stromového vzrastu sa vyše 80 % zúčastňujú na tvorbe II. etáže. Ako vyplýva z tab. 3, veľká väčšina jedincov na tejto PVP je schopná plniť kryciu, resp. plodonosnú funkciu.

ZÁVER A ODPORUČENIA PRE REALIZÁCIU

Zo získaných poznatkov je zrejme, že sledovaný porast je pri súčasnej štruktúre len čiastočne schopný plniť predpokladané poľovnícke funkcie.

Vertikálna výstavba len okrajovo spĺňa požiadavku na koncepcne usmerňovanú viac etážovú vertikálnu výstavbu, ktorú odporúča väčšina autorov (HANUŠ a FISCHER 1975, RÉH 1999, HELL a kol. 2006). V celom poraste absentujú ihličnany. Požadovanú funkčnú účinnosť porastov môžu zabezpečovať len stabilné ekosystémy

(RÉH 1999, GUBKA a ENGEL 2010). V sledovanom poraste je statická stabilita na niektorých lokalitách ohrozená.

Tab.7: Početnosť živých stromov podľa drevín a vertikálnej výstavby na PVP III.
Table 7: Numbers of living trees according to species and vertical structure on PVP III.

Drevina	Hb		CR		BR		OS		HO		TR		ŠP		Celkom	
St. tr.	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
1					17	3,4	51	25,0							68	2,1
2			34	66,7	238	48,3	136	66,7							408	12,7
3	34	50,0					102	20,7							136	4,2
Spolu I. etáž	34	50,0	34	66,7	357	72,4	187	91,7							612	19,0
4	17	50,0	17	33,3	136	27,6	17	8,3	17	3,3	17	1,1			221	6,9
5									493	96,7	1547	98,9	340	100,0	2380	74,1
Spolu II. etáž	17	50,0	17	33,3	136	27,6	17	8,3	510	100,0	1564	100,0	340	100,0	2601	81,0
Spolu	51	100,0	51	100,0	493	100,0	204	100,0	510	100,0	1564	100,0	340	100,0	3213	100,0
Zastúpenie (%)	1.6		1.6		15.3		6.3		6.5		48.7		10.6		100,0	

Pre možné využitie sledovaného porastu na poľovnícke účely odporúčame z krátkodobého hľadiska (3–7 rokov):

- realizovať pestovné opatrenia na zvýšenie statickej stability porastu,
- lokálne znížiť zakmenenie (na 0,4) a realizovať podsadby smreka obyčajného,
- podsadby chrániť proti zveri,
- vytýčiť a vybudovať vyrovnávaciu linku.

Z dlhodobého hľadiska:

- vysadiť v kontakte so streleckou líniou 2 (3) rady smreka pichľavého, smreka obyčajného a borovice čiernej,
- vysadený pruh ihličnanov zabezpečiť proti škodám zverou,
- dorúbať pôvodný porast nad skupinami smreka obyčajného, doplniť smrekom pichľavým a udržiavať ho vrškovaním vo výške 1,5 – 2,0 m,
- po obvode porastov podľa potreby vysadiť ihličnany,
- usmerňovať porast s ohľadom na stabilitu a zvýšenie funkčnej účinnosti,
- priebežne vytvárať skupiny ihličnanov a pestovne ich usmerňovať tak, aby vytvárali podmienky na hradovanie v I. etáži,
- ihličnany koncepčne chrániť proti poškodzovaniu zverou,
- tlmiť predačný tlak diviaka lesného a malých šeliem.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- ENGEL, Š., 2010: Štruktúra porastov a jej pestovné usmerňovanie v lesných ekosystémoch bažantníc, Dizertačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, 128 s.
- FIŠER, Z., HANUŠ, V. 1974: Bažantnice a remízy, vydavateľstvo MzaV ČSR, Praha, 56 s.
- GUBKA, K., ENGEL, Š., 2010: Niektoré významné negatívne faktory v lesných ekosystémoch bažantníc, recenzovaný zborník VII. Žitnoostrovny odborný seminár s medzinárodnou účasťou: Poľovnícky výskum v Stredoeurópskom inštitúte ekológie zveri, Kaštieľ Báč, 14. 5. 2010, s. 60, ISBN 978-80-89418-07-7.

- GUBKA, K., ENGEL, Š., 2011: Súčasná štruktúra a tendencie zmien v modelovom dieľci 529 v samostatnej bažantnici Palárikovo. *In* zborník: Poľovnícky manažment v ochrane zveri 2011. ES TU vo Zvolene, ISBN 978-80-2287-9 s. 145–151.
- HANUŠ, V., FIŠER, Z., 1975: Bažant, vydavateľstvo Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 196 s.
- HELL, P., GAŠPARÍK, J., KARTUSEK, V., PAULE, L., SLAMEČKA, J., 2006: Špeciálny chov zveri, vydavateľstvo Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-1669-8, 250 s.
- RÉH, J., 1999: Pestovanie účelových lesov, vydavateľstvo Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-0817-2, 218 s.
- SANIGA, M., 2009: Pestovanie lesa, vydavateľstvo Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-1986-2, 311 s.
- SEKERA, J., 1954: Chov bažantů I., vydavateľstvo SZN, Praha, 81 s.

ŠTRUKTURÁLNE ZMENY A DYNAMIKA REGENERAČNÝCH PROCESOV VYBRATÝCH TYPOV VÝBERKOVÝCH LESOV V OROGRAFICKOM CELKU NÍZKE TATRY

THE STRUCTURAL CHANGES AND DYNAMICS OF REGENERATION PROCESSES
IN SELECTED TYPES OF SELECTION FORESTS OF OROGRAPHIC UNIT THE LOW
TATRAS MTS.

JÁN JAĎUĎ

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, TU Zvolen, T.G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen, jadud@vsld.tuzvo.sk

ABSTRACT

This work analyses present state of selected types of selection forests and its stand structure changes during last decades-diameter distribution changes caused by selection cutting. Kolmogorov-Smirnov test was used for statistical testing of diameter distribution changes. The statistical significant differences were confirmed after several years after cutting. Abundance of natural regeneration was also analysed. Natural regeneration process was continuous in each stand; natural regeneration was found to be sufficient in each height category. We predict that the optimal selection structure will be kept in all of analysed stands for the next decade and that silvicultural cutting will have no influence on stands' tree diameter distribution.

Key words: selection forest structure, selection cutting, regeneration processes

ABSTRAKT

Práca analyzuje súčasný stav vybratých typov výberkových lesov a dynamiku ich porastovej štruktúry v minulých decéniách. Ďalej analyzuje zmeny v rozdelení hrúbkových početností pod vplyvom vykonaných výberkových rubov. Pre štatistické testovanie zmien v rozdelení hrúbkových početností bol použitý Kolmogorov-Smirnov test. Štatisticky významné rozdiely boli potvrdené vždy s odstupom niekoľkých rokov po zásahu. Predmetom výskumu bola aj početnosť prirodzenej obnovy. V každom poraste je priebeh prirodzenej obnovy plynulý, v každej kategórii sú počty jedincov dostatočné. Predpokladá sa, že v najbližšom decéniu sa v každom poraste udrží optimálna výberková štruktúra a ani pod vplyvom pestovných zásahov nedôjde k štatisticky významným zmenám v rozdelení hrúbkových početností.

KLúčové slová: výberková štruktúra, výberkový rub, regeneračné procesy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Základným prostriedkom formovania porastovej štruktúry sa pod vplyvom meniacich podmienok prostredia stáva jednotlivý výber. V dobe, keď sa funkčné požiadavky na les koncentrujú do roviny ekologickej a enviromentálnej je jednotlivý výber najvhodnejším nástrojom usmerňovania porastovej štruktúry. Výsledkom tohto prístupu môže byť aj štruktúra výberkového lesa, ktorý predstavuje ekologicky a produkčne stabilný celok so štruktúrou najviac sa podobajúcou prírodným lesom. Takáto porastová štruktúra si za predpokladu správneho pestovného usmerňovania

dlhodobo udržiava vyrovnaný stav a s tým súvisiacu kontinuitu regeneračných procesov. Doterajšie výskumy a skúsenosti potvrdili, že výberkový les, ktorý svojou štruktúrou a vysokými autoregulačnými procesmi predstavuje vrchol ekologizácie lesného hospodárstva je najlepším a najbezpečnejším útvárom pre ochranné lesy a pre funkčne integrované lesné hospodárstvo (SANIGA 2007). Z hľadiska trvalého plnenia funkcií lesa je najdôležitejšou charakteristikou výberkového lesa jeho vyrovnanosť resp. rovnováha porastovej štruktúry. Táto sa môže prejavovať v nemeniacom sa pomere rozdelenia hrúbkových početností alebo v trvalej vyrovnanosti drevnej zásoby. V intenciách zadaných kritérií sa výberkový les nachádza v rovnováhe v prípade, že úbytok počtu stromov vyťažením cieľových hrúbok sa pravidelne dopĺňa presúvaním z nižších hrúbkových stupňov a tento stav sa trvalo zachováva. Výberkový les možno každopádne označiť pojmom „les trvalo tvorivý“ a trvalosť lesa je možné dosiahnuť použitím výberkových princípov STOCKER (2004). Je jasné, že prirodzená obnova tvorí základný prvok správneho fungovania výberkových lesov. Pri zásahoch do štruktúry výberkového lesa sa v podstate uplatňuje clonná obnova. Pri realizácii stromovej formy sa jedná o výrazne nepravidelnú a trvalú clonnú obnovu. Pestovným usmerňovaním výberkového lesa sa nemá výrazne meniť dosiahnutá výberková štruktúra. Správne realizovaný výberkový rub podporuje priebeh prirodzenej obnovy v požadovanej kvantite a kvalite, upravuje polygón rozdelenia hrúbkových početností požadovaným smerom. Cieľom príspevku je analyzovať štruktúrálné zmeny a dynamiku regeneračných procesov v rôznych typoch výberkových lesov a overiť vplyv vykonaných výberkových rubov vo vektore času.

MATERIÁL A METODIKA

Pre analýzu štruktúry boli zvolené tri porasty, ktoré sú v pravidelných intervaloch sledované s cieľom dokumentácie efektu pestovných technológií v zmysle zásad výberkového hospodárskeho spôsobu. Demonštračný objekt sa nachádza v 6. lesnom vegetačnom stupni, v nadmorskej výške 960–1 050 m n. m., dominantnou SLT je *Fagetum-abietino-piceosum*. Priemerná ročná teplota sa pohybuje v rozpätí 4,2–4,8 °C a priemerný ročný úhrn zrážok 900 až 1 000 mm. Smrek je dominantnou drevinou, vhodnú porastovú prímes tvorí jedľa. Buk bol v dôsledku výroby dreveného uhlia z porastov vyťažený a prostredníctvom umelej obnovy sa pred 20 rokmi vniesol späť do týchto porastov v hlúčikovej forme (SANIGA, VENCURIK 2007).

Porast v dielci 631 má produkčnú funkciu. Optimálna zásoba by sa mala pohybovať v rozpätí 400–420 m³.ha⁻¹, cieľová hrúbka bola stanovená na 70 cm. Zastúpenie drevín v poraste je nasledovné: smrek 85 %, jedľa 15 %, buk vtŕsene. Objemový prírastok má hodnotu 7,2–7,6 m³.ha⁻¹rok⁻¹. Geologické podložie tvoria fylity, pôdny typ hnedá lesná pôda (SANIGA, VENCURIK 2007). Výmera dielca je 5,1 ha, expozícia je juhozápadná, sklon sa mení od 20–25 %.

Dominantnou funkciou porastu v dielci 632c je pôdoochranná funkcia. Optimálna zásoba bola stanovená približne na hodnotu 320 m³.ha⁻¹, cieľová hrúbka 66 cm. Pôdny typ je ranker.

Porast v dielci 606 plní rovnako pôdoochrannú funkciu. Optimálna zásoba bola stanovená v rámci intervalu 300–320 m³.ha⁻¹, cieľová hrúbka 66 cm. Zastúpenie

drevín: smrek 60 %, jedľa 40 %, buk vtúsene. Objemový prírastok má hodnotu 6,9–7,2 m³.ha⁻¹.rok⁻¹. Geologické podložie reprezentuje žula a fylity, prevládajúcim pôdnym typom je ranker. Výmera dielca je 5,3 ha, expozícia je severná (SANIGA, VENCURIK 2007).

V každom poraste je založená trvalá výskumná plocha (ďalej len TVP) s výmerou 0,25 ha. Na TVP sa v pravidelných intervaloch vykonalo priemerovanie naplno so zatriedením do hrúbkových stupňov za účelom popísania aktuálnej štruktúry výberkového lesa. Zároveň pre výpočet zásoby sa v každej hrúbkovej triede nameurali 3–4 výšky stromov. Rozdelenie stromov do jednotlivých vrstiev výberkového lesa bolo vykonané podľa hrúbkových tried. Dolnú vrstvu tvorili jedince s hrúbkou v intervale 2–12 cm. Strednú vrstvu výberkového lesa 12,1 až 28 cm. Hornú vrstvu 28,1 cm a viac.

V každej TVP je založený tranzekt o šírke 10 × 50 metrov, ktorý slúži pre podrobné sledovanie dynamiky regeneračných procesov a ďalších charakteristík štruktúry výberkového lesa. Štruktúra prirodzenej obnovy bola popísaná v rámci nasledovných kategórií:

Jedince prirodzenej obnovy do 20 cm, 21–50 cm, 51–80 cm, 81–130 cm. Jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ 2 až 7 cm a výškou nad 131 cm tvorili samostatnú kategóriu.

Pre porovnanie rozdelenia hrúbkových početností vo zvolených obdobiach bol použitý Kolmogorov-Smirnov test.

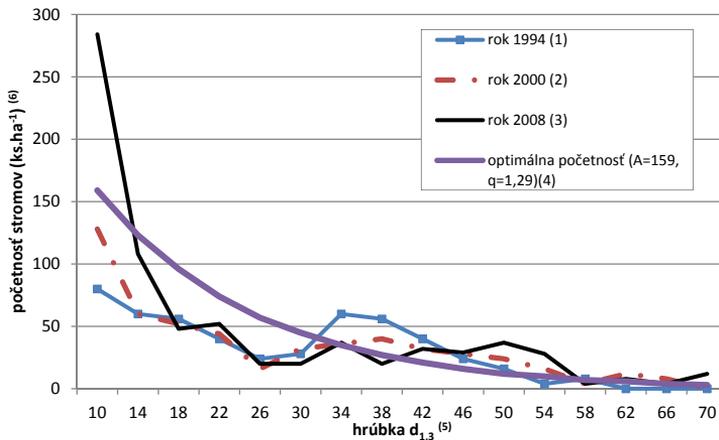
VÝSLEDKY

Dielec 631

Vizuálnou analýzou štruktúry porastu na TVP v roku 2008 konštatujeme prítomnosť všetkých vrstiev výberkového lesa, pričom stredná je v porovnaní s ostatnými poddimenzovaná. Výškový rast tu prebieha rýchlo a stromy v jej postavení zotrvávajú len krátko. Momentálna štruktúra porastu je blízka optimálnej. Podľa LHP pre LHC Liptovská Osada sa počas decénia 1998 až 2007 v analyzovanom poraste realizovali štyri výberkové ruby v rokoch 1998, 2002, 2004 a 2007 celkovo o sile 104 m³ (KOLEKTÍV 1998). Zmeny v porastovej štruktúre vo faktore času nielen pod vplyvom vykonaných pestovateľských opatrení popisuje obrázok č. 1. Východisková početnosť v roku 1994 je charakterizovaná dvojvrcholovou krivkou s prvým maximom v 10 hrúbkovom stupni a druhým v hrúbkovom stupni 34. Porast sa nachádzal vo fáze štrukturalizácie, kedy existovali dve jasne definované porastové vrstvy.

V roku 2000, dva roky po vykonaní výberkového rubu sa do značnej dynamiky dostáva spodná vrstva výberkového lesa. Zásahom sa inicializoval aj proces klíčenia semenáčikov smreka a jedle (tab. 1). Už po jednom zásahu do porastu sa jeho štruktúra v období dvoch rokov priblížila optimálnej. Postupnými ďalšími zásahmi sa zjemňovala štruktúra smerom k výberkovej, čo viedlo k plynulému zvýšeniu zastúpenia v hrúbkovom stupni 10 a zvýšeniu početnosti stromov v hornej vrstve výberkového lesa. Momentálne deficitne pôsobí len stredná vrstva. Potenciál pre jej doplnenie predstavujú jedince v hrúbkovom stupni 10. V poraste sa už nachádza aj dostatočný počet stromov s dosiahnutou cieľovou hrúbkou. O správnom pestovnom

usmernení vypovedá nielen polygón hrúbkových početností, ale aj kvantita prirodzenej obnovy, ktorá od roku 1994 stúpila takmer o 100 %.



Obr. 1: Hrúbková štruktúra a navrhnutý model výberkového lesa v dieľci 631

Fig. 1: Diameter structure and the model of selection forest in compartment 631
¹year 1994 ²year 2000 ³year 2008 ⁴optimal tree numbers ⁵dbh ⁶tree numbers (pcs.ha⁻¹)

Tabuľka 1: Štruktúra prirodzenej obnovy smreka a jedle podľa kategórií v dieľci 631

Table 1: Structure of Norway spruce and Silver fir natural regeneration in compartment 631

ROK ⁽²⁾	Kategória ⁽¹⁾					SPOLU ⁽³⁾
	< 20 cm	21–50 cm	51–80 cm	81–130 cm	131cm + d _{1,3} do 7cm	
1994	1 232	1 034	830	1 304	1 333	5 733
2000	2 867	1 117	434	1 567	1 135	7 120
2008	6 914	916	350	158	2 782	11 120

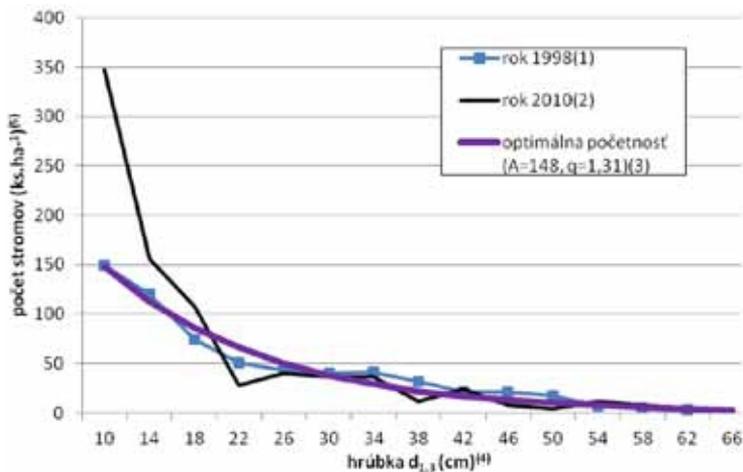
¹category ²year ³total

Štatistickým porovnaním rozdelenia hrúbkových početností pomocou Kolmogorov-Smirnovho testu sa potvrdil štatisticky významný rozdiel na hladine $p = 0,001$ medzi rokmi 1994 a 2008. Rovnako štatisticky významný je rozdiel v hrúbkových početnostiach medzi rokmi 2000 a 2008 a to na hladine významnosti $p = 0,025$. Ako štatisticky nevýznamný sa na hladine $p = 0,10$ prejavil rozdiel rokov 1994 a 2000. Zásah v roku 1998 o celkovej sile 29 m³ nevyvolal podstatné štruktúrálné zmeny, alebo porast v období dvoch rokov nestihol na tento zásah reagovať. Ďalšie vykonané výberkové ruby spolu o sile 75 m³ viedli k štatisticky významným zmenám v štruktúre porastu.

Dielec 632 c

Porast v dieľci 632 c dokonale reprezentuje všetky znaky výberkového lesa. Od modelu sa výraznejšie odlišuje početnosť v hrúbkovom stupni 22, čo je charak-

teristické pre väčšinu porastov v prebudove na výberkový les. Momentálne však možno hovoriť o jej záverečnej fáze, kde sa jedná o zjemnenie porastovej štruktúry smerom k výberkovej. Nadbytok jedincov v prvých dvoch hrúbkových stupňoch vypovedá o vitalite spodnej vrstvy výberkového lesa, ktorá tvorí rezervu pre doplnenie prípadného deficitu aj v hrúbkovom stupni 22. SANIGA, SZANYI (1998) uvádzajú, že v dôsledku veľmi nevhodných pôdnych pomerov (rankrová pôda), je nutné dostať prirodzenú obnovu do väčšej dynamiky odobratím zásoby z hrúbkových tried 30–50 cm. V decéniu 1998 až 2007 sa v poraste vykonala len náhodná ťažba o sile 12 m³. Detailný pohľad na dynamiku porastovej štruktúry podáva obrázok č. 2.



Obr. 2: Hrúbková štruktúra a navrhnutý model výberkového lesa v dielci 632c
Fig. 2: Diameter structure and the model of selection forest in compartment 632c
¹year 1998 ²year 2010 ³optimal tree numbers ⁴dbh ⁵tree numbers (pcs.ha⁻¹)

Štruktúra porastu v roku 1998 bola takmer identická so stanoveným modelom. Pod optimom bola len početnosť strednej vrstvy a chýbali jedince cieľového hrúbkového stupňa. Dynamika regeneračných procesov však nebola na dostatočnej úrovni (tabuľka 2). Vplyvom náhodnej ťažby sa vytvorili podmienky pre klíčenie semennáčikov a zlepšili sa rastové podmienky prostredia. Celková početnosť prirodzenej obnovy stúpla za obdobie 12 rokov takmer šesťnásobne.

Tabuľka 2: Štruktúra prirodzenej obnovy smreka a jedle podľa kategórií v dielci 632c
Table 2: Structure of Norway spruce and Silver fir natural regeneration in compartment 632c

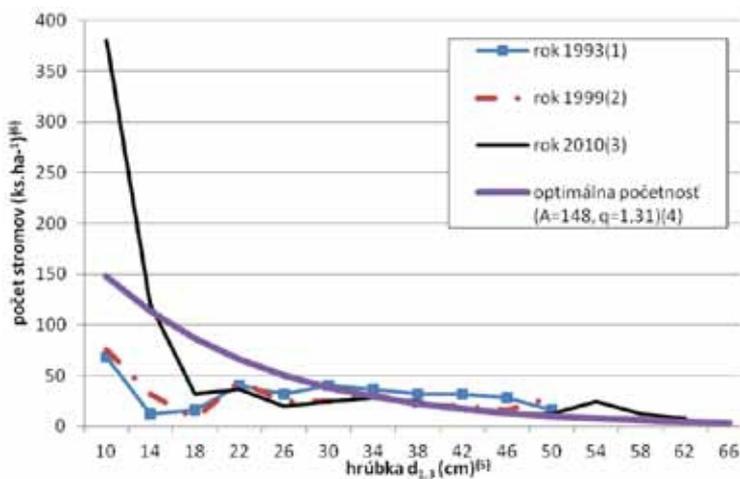
ROK	Kategória ¹					
	< 20 cm	21–50 cm	51–80 cm	81–130 cm	131cm + d _{1,3} do 7 cm	SPOLU
1998	537	254	118	74	749	1 732
2010	6 660	1 560	400	360	940	9 920

¹category ²year ³total

Štatistickým testovaním sa potvrdil významný rozdiel v porastovej štruktúre medzi rokmi 1998 a 2010 na hladine významnosti $p = 0,001$. Túto štatisticky významnú zmenu pravdepodobne nie je možné prisúdiť len uvedenému zásahu. Určitú úlohu tu zohráva rankrová pôda, ktorá spôsobuje plošnú, výškovú a hrúbkovú diferenciáciu.

Dielec 606

Hrúbkovú štruktúru porastu popisuje grafické zobrazenie na obrázku č. 3. Z uvedeného zobrazenia vyplýva podobnosť medzi nastaveným modelom a skutočným stavom najmä v hrúbkových stupňoch 34 až 50. Cieľová hrúbka sa javí s ohľadom na momentálnu štruktúru ako vysoká, nakoľko za sledované obdobie 17 rokov v poraste stále nenachádzame jedince cieľového hrúbkového stupňa.



Obr. 3: Hrúbková štruktúra a navrhnutý model výberkového lesa v dieleci 606

Fig. 3: Diameter structure and the model of selection forest in compartment 606

¹year 1993 ²year 1999 ³year 2010 ⁴optimal tree numbers ⁵dbh ⁶tree numbers (pcs.ha⁻¹)

Porast sa stále hrúbkovo diferencuje. Postupne sa zvyšuje podiel spodnej vrstvy a formuje sa stabilná horná vrstva. Štatistickým testovaním sa na hladine $p = 0,10$ nepotvrdil rozdiel v hrúbkovej štruktúre medzi rokmi 1993 a 1999. Na hladine $p = 0,001$ sa potvrdil rozdiel hrúbkovej štruktúry medzi rokmi 1993 a 2010, ako aj medzi 1999 a 2010. Informáciu o dynamike regeneračných procesov podáva tabuľka č. 3.

V porovnaní s rokom 1993 sa momentálne počty prejavujú deficitne vo výškových kategóriách 51 až 80 cm a 81 až 130 cm. Odrastaním jedincov z týchto kategórií sa dopĺňala spodná vrstva, ktorá v minulosti bola nedostatočne zastúpená najmä v prvých hrúbkových stupňoch.

Tabuľka 3: Štruktúra prirodzenej obnovy smreka a jedle podľa kategórií v dieľci 606
Table 3: Structure of Norway spruce and Silver fir natural regeneration in compartment 606

ROK	Kategória					
	< 20 cm	21–50 cm	51–80 cm	81–130 cm	131 cm + d _{1,3} do 7 cm	SPOLU
1994	2 860	1 080	2 740	2 260	3 900	12 840
2000	1 900	920	460	720	2 360	6 360
2008	5 740	2 080	320	460	3 026	11 626

¹category ²year ³total

DISKUSIA A ZÁVER

Vo všetkých porastových typoch sa štatistickým testovaním potvrdil rozdiel v počiatočnej a aktuálnej štruktúre. V období, keď nebola porastová štruktúra zasiahnutá výberkovým rubom sa nepotvrdili štatisticky významné rozdiely medzi jednotlivými rokmi. Z uvedeného vyplýva, že v období bez zásahov sa pod vplyvom výškových a hrúbkových presunov štatisticky významne nemení dosiahnutá štruktúra. Ak momentálna porastová štruktúra nie je blízka modelovej, je nutné pestovné usmerenie. Poddimenzovaná stredná vrstva sa vyskytuje vo viacerých typoch výberkových lesov. VENCURIK (2002) poukázal na tento jav aj vo výberkových lesoch v LHC Mníšek nad Hnilcom. Dosiahnuť požadované početnosti v strednej vrstve výberkového lesa vyžaduje vytvoriť také podmienky prostredia, ktoré zabezpečia rýchlejšie odrastanie spodnej vrstvy a dostatočnú dynamiku regeneračných procesov. Nárast početnosti v prvých dvoch hrúbkových stupňoch je spojený so štatisticky významnými zmenami v porastových štruktúrach. Predpokladá sa, že po doplnení deficitu v strednej vrstve klesne úmerne aj početnosť v prvom hrúbkovom stupni a pri každom zásahu bude možné ťažiť stromy cieľovej hrúbky. Interval výberkových rubov bude závisieť od typu výberkového lesa. Porastová štruktúra sa však bude trvalo udržiavať v rovnováhe a ani pod vplyvom pestovného zásahu vo forme výberkového rubu sa v odstupe niekoľkých rokov neprejavia štatisticky významné rozdiely.

POĎAKOVANIE

Táto vedecká práca vznikla s finančnou podporou projektu VEGA 1/0381/12.

LITERATÚRA

- KOLEKTÍV, 1998: Lesný hospodársky plán, LHC Liptovská Osada 1998–2007.
 SANIGA, M., 2007: Pestovanie lesa – vysokoškolská učebnica, TU Zvolen, 311 s.
 STOCKER, R., 2004: Dauerwald – eine Skizze. Herausgegeben von Burger-Stocker. 6 s.
 SANIGA, M., SZANYI, O., 1998: Modely výberkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska, Vedecké štúdie 4/1998, TS TU, Zvolen, 50 s.
 SANIGA, M., VENCURIK J., 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les v LHC Korytnica, TU Zvolen, 83 s.
 VENCURIK, J., 2002: Štruktúra a regeneračné procesy výberkových lesov na LHC Mníšek nad Hnilcom. *Acta facultatis forestalis* 44:83–97.

ZKUŠENOSTI S PROSPERITOU LISTNÁČŮ NA HŘEBENU JIZERSKÝCH HOR

EXPERIENCE WITH BROADLEAVES IN THE SUMMIT AREA OF THE JIZERA
MOUNTAINS

DUŠAN KACÁLEK, ONDŘEJ ŠPULÁK, VRATISLAV BALCAR

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

ABSTRACT

Spruce-dominated forests were heavily affected by acidic air pollution in the Czech northern mountains. Sulfur dioxide load diminished in 1990s and the large clearings were reforested. These forest stands, however, are again dominated by conifers and their rapid restoration led to establishment of homogenous forest which needs diversification in terms of species composition. The experimental plantations investigated in this study were established in 2000–2001. We focused on pioneer broadleaves such as birches, mountain ash and green alder since these species were supposed to perform better in the mountains compared to the other broadleaves. Among all tree species tested, downy birch showed the best results i.e. good growth and the lowest mortality followed by Carpathian birch and mountain ash. Shrubby green alder is supposed to fulfill ameliorative function only and dwarf birch plays no role in forestry. Its regeneration is needed to save the local Jizera Mountains population of this species.

Keywords: *pioneer broadleaves, artificial regeneration, the Jizera Mts., the Czech Republic*

ABSTRAKT

Smrkové lesy severních českých hor byly silně ovlivněny kyselými imisemi. Zátěž oxidem siřičitým se v 90. letech snížila a rozsáhlé holiny byly znovu zalesněny. V těchto lesních porostech znovu dominují jehličnany. Kromě toho jejich rychlá obnova vedla k založení homogenního lesa, který vyžaduje druhovou diverzifikaci. Experimentální výsadby hodnocené v této studii byly založeny mezi lety 2000–2001. V naší studii jsme se zaměřili na pionýrské listnáče, jako jsou břízy, jeřáb ptačí a olše zelená u kterých existuje předpoklad lepší prosperity v horách ve srovnání s jinými listnáči. Ze všech testovaných druhů dosáhla nejlepších výsledků (dobrý růst a současně nízká mortalita) bříza pýřitá následovaná břízou karpatskou a jeřábem ptačím. V případě keřovité olše zelené předpokládáme pouze plnění meliorační funkce a bříza trpasličí nemá lesnický význam. Její obnova má pouze za cíl uchovat místní populaci břízy trpasličí v Jizerských horách.

Klíčová slova: *pionýrské listnáče, umělá obnova, Jizerské hory, Česká republika*

Úvod

Lesy Jizerských hor byly v 80. letech 20. století těžce poškozeny imisně-kůrovcovou kalamitou (SLODIČÁK et al. 2009). Došlo k rozvratu lesních porostů na rozsáhlých územích o celkové výměře zhruba 12 000 ha (BALCAR 1998). Po skončení akutní imisní kalamity byla většina holin v průběhu 90. let 20. století díky úsilí lesnického provozu znovu zalesněna. Nové porosty jsou opět dominantně jehličnaté,

a potřebují diverzifikaci, a to nejen strukturní a věkovou, ale také druhovou (HUŠEK 1999). Vnášení dřevin obohacujících smrkové lesní porosty je však v podmínkách vrcholového plató obtížné a na mnoha místech v minulosti selhalo. Cílové listnáče jsou citlivější vůči klimatu a mají větší nároky na půdní chemismus (SLODIČÁK et al. 2009); navíc bývají zvýšenou měrou poškozovány spárkatou zvěří. Je zde rovněž značné riziko poškození myšovitými hlodavci (FLOUSEK 1999). Poškození myšovitými bylo doloženo i na výsadbách pionýrských listnáčů jako je jeřáb ptačí a bříza bělokorá (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994, EL-KATEB et al. 2004, HEROLDOVÁ et al. 2008). Pionýrské dřeviny horských poloh (bříza, jeřáb, olše zelená aj.) lépe snášejí mikroklimatické podmínky holin. Jak dokládají práce některých autorů (PODRÁZSKÝ et al. 2005, ULBRICHOVÁ et al. 2005), mohou jako přípravné porosty prospívat úpravou půdního chemismu i předpokládaným krytem výsadeb cílových dřevin. U vybraných pionýrských dřevin zvláště v nižších polohách je popisován i jejich nezanedbatelný produkční význam z hlediska akumulace biomasy. Akumulací biomasy v porostech jeřábu a břízy v horských podmínkách se zabývali např. VACEK (1992), MORAVČÍK A PODRÁZSKÝ (1992, 1993) a VACEK et al. (1995). Na holinách tak pionýrské dřeviny mohou vytvářet významnou alternativu k výsadbě jehličnanů zejména tam, kde je žádána úprava půdy pro vnášení cílových dřevin. Z hlediska zvýšení biodiverzity je žádoucí i jejich zastoupení v cílové druhové skladbě porostů, kde je od nich očekávána funkce melioračních a zpevňujících dřevin. V horských polohách mezi takové dřeviny patří např. jeřáb a bříza (PRAKTICKÁ PŘÍRUČKA 1996).

V rámci našeho výzkumu jsme se zaměřili na hodnocení prosperity pěti druhů pionýrských listnatých dřevin v podmínkách vrcholových partií hor, včetně posouzení, jak testované listnáče prosperují v prostředí bývalé imisní holiny.

METODIKA A MATERIÁL

Ve vrcholové části Středního Jizerského hřebene, odlesněného v důsledku likvidace imisní kalamity, byly v letech 2000–2001 založeny experimentální výsadby listnatých dřevin (Tab. 1): břízy karpatské (*Betula carpatica* Willd.), břízy pýřité (*Betula pubescens* Ehrh.) břízy trpasličí (*Betula nana* L.), olše zelené (*Alnus viridis* (Chaix) DC), jeřábu ptačího olýsalého (*Sorbus aucuparia glabrata* Cajander) a jeřábu ptačího pravého (*Sorbus aucuparia* L.). Všechny dřeviny byly vysazeny na parcelách o výměře 100 m² v pravidelném sponu 2 × 1 m (tj. iniciální počet ca 50 jedinců) ve třech opakováních. Výsadby se nachází v horní části rozsáhlého demonstračního objektu Jizerka (BALCAR, PODRÁZSKÝ 1994) v nadmořské výšce zhruba 980 m n. m. na stanovišti řazeném do souboru lesních typů kyselá smrčina (8K). Vrchol hřebene představuje plochý, mírně k jihozápadu skloněný terén. Převažujícím půdním typem vyvinutým na zvětřalině biotitického granodioritu jsou podzoly s významnou akumulací humusu. Půdy vrcholového plató jsou sezónně pod vlivem vysoké hladiny podzemní vody.

Dřeviny jsou od založení každoročně měřeny a je sledován jejich zdravotní stav. Základními hodnocenými charakteristikami prosperity byla mortalita jedinců (%) a vývoj průměrné výšky 20 % nejvyšších jedinců. U keřovitých druhů jako je olše zelená a bříza trpasličí, které netvoří zřetelný terminální vrchol, se jedná o délku větví. V případě, že výška jedince v aktuálním roce měření byla z jakýchkoliv dů-

vodů (např. mechanické poškození) nižší než výška dosažená v předchozím období, byla za účelem eliminace efektu „záporného přírůstu“ do výpočtu zahrnuta dřive dosažená vyšší hodnota. Procento mortality jedinců bylo odvozeno z počtu prokazatelně přítomných živých jedinců v jednotlivých letech v poměru k iniciálnímu počtu jedinců v roce výsadby.

Tabulka 1: Varianty výsadbového experimentu s pionýrskými listnáči

Table 1: Treatments with pioneer broadleaves

Dřevina	Zkratka varianty ¹	Výsadba ²	Věk ³	Výsadba ks ⁴	Druh obalu ^{5,6}	Původ (PLO) ⁷	LVS ⁸
Bříza karpatská <i>Betula carpatica</i> Willd.	BRK00p	2000	1/1	193	quickpot ⁵	Krkonoše	9
Bříza pýřitá <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	BRP00	2000	1/1	187	quickpot ⁵	Jiz. hory	7
Bříza trpasličí <i>Betula nana</i> L.	BRT01	2001	1-let in vitro	107	prostokořenné ⁶	Jiz. hory	8
Olše zelená <i>Alnus viridis</i> (Chaix) DC	OLZ00	2000	1/1	99	obalené (přepřevky) ⁵	Jiz. hory	5
Jeřáb ptačí olýsalý <i>Sorbus auc. glabrata</i> Cajander	JRO00p	2000	1/1	188	quickpot ⁵	Krkonoše	9
Jeřáb ptačí pravý <i>Sorbus aucuparia</i> L.	JR00	2000	1/1	199	quickpot + RCK ⁵	Jiz. hory	7
	JR00p	2000	1/1	193	RCK ⁵	Krkonoše	7

Captions: 1 – abbreviation; 2 – year of planting; 3 – age and type of planting stock; 4 – number of transplants; 5 – containerized and 6 – bare-rooted planting stock; 7 – origin of planting stock; 8 – climate-vegetation domain (5 – beech with fir, 7 – spruce with beech, 8 – spruce, 9 – mountain pine)

VÝSLEDKY

Z hlediska vývoje mortality výsadeb lze nejpříznivější reakci na výsadbu a růstové prostředí stanoviště pozorovat u břízy pýřité, u které se celková mortalita dlouhodobě zastavila na 4 % (Tab. 2). Nízkou mortalitu pak vykazují také výsadby břízy karpatské (10 %), variant jeřábu obecného pravého a olše zelené (do 20 %). Vývoj mortality obou variant jeřábu obecného pravého i olýsalého a olše zelené v posledních letech poukazuje na postupné odumírání oslabených jedinců. Tento jev ve větší míře lze pozorovat zvláště u výsadby břízy trpasličí, u které nárůst mortality za poslední dva roky dosáhl 30 %.

Tabulka 2: Mortalita (%) výsadeb listnatých dřevin v období sledování

Table 2: Mortality of broadleaves over years of investigation

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BRK00p	0	4	5	7	7	9	9	9	9	10	10	10
BRP00	0	1	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
BRT01	0	1	7	9	9	10	10	13	13	15	27	45
OLZ00	1	1	6	8	10	12	13	14	15	15	17	
JRO00p	0	1	9	11	11	16	19	20	21	21	23	27
JR00	0	2	6	8	9	10	12	15	15	15	15	18
JR00p	0	1	3	6	7	7	9	10	11	12	12	14

Captions: For explanations of abbreviations see Table 1

Průměrná výsadbová výška sazenic testovaných dřevin se pohybovala v rozmezí 30 až 56 cm. Dominantní jedinci začali přirůstat již následující rok po výsadbě (Tab. 3). Ze stromovitých druhů lze v celém období nejvyšší přírůsty konstatovat

u břízy pýřité, která v roce 2011 dosáhla průměrné výšky 335 cm. Průběh vývoje střední výšky břízy karpatské a jeřábu obecného krkonošského původu (Tab. 1) byl srovnatelný, obě dřeviny dosáhly v roce 2011 výšky okolo 250 cm.

Tabulka 3: Výška (cm) nejvyšších 20 % jedinců

Table 3: Height of 20% dominant trees

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
BRK00p	45	55	64	77	98	112	128	149	175	202	226	252
BRP00	42	66	86	102	125	152	169	200	236	269	301	337
BRT01	32	34	38	52	58	71	78	85	91	99	104	106
OLZ00	56	70	86	100	109	117	119	123	130	145	154	
JRO00p	28	38	41	50	61	72	87	104	124	141	158	175
JR00	41	48	57	74	83	94	102	117	138	150	168	187
JR00p	33	43	48	66	82	102	122	145	176	198	224	244

Captions: For explanations of abbreviations see Table 1

Naproti tomu výškový růst jeřábu obecného jizerskohorského původu (Tab. 1) je blízký vývoji jeřábu olýsalého. Na rozdíl v průměrné výšce po 11 letech od výsadby (187 a 175 cm) je stále patrný rozdíl v iniciální výšce sazenic při výsadbě. Keřovité druhy podle očekávání vykazují pomalejší růst výhonů. V roce 2010 průměrný výhon olše zelené přesáhl délku 150 cm, u břízy trpasličí pak 100 cm.

DISKUSE

Jak dokazuje sledování sporadické přirozené obnovy oplocených lokalit na bývalých velkoplošných holinách, pro zajištění odrůstání výsadeb pionýrských listnáčů je na lokalitách, kde tvoří minoritní složku porostů, nutná jejich ochrana před zvěří. Nižší prosperita a vyšší náchylnost k poškození u břízy bělokoré vedla v minulosti k potřebě testování břízy pýřité (*Betula pubescens* agg.) zahrnující jedince se znaky *Betula pubescens* Ehrh. i *Betula carpatica* Willd. (MARTINKOVÁ et al. 2001). Autoři se domnívají, že jedním z důvodů proč je bříza bělokorá více poškozována, je její setrvalé stromový růst. Naopak schopnosti keřovitého růstu u jedinců skupiny *Betula pubescens* agg. připisují význam pro zjištěné nižší procento poškození. Sklon břízy karpatské ke keřovité formě růstu, jak ho popisuje MARTINKOVÁ et al. (2001), se u námi studovaných výsadeb neprojevil. LOKVENC (1988) již dříve doporučoval břízu bělokorou jako vhodnou dřevinu pro výsadbu v nadmořských výškách do 900 m a břízu pýřitou (obr. 1) a karpatskou i na stanovištích vyšších.

Olše zelená vysazená na jaře 2000 vykazovala na pokusné ploše Jizerka po 11 letech mortalitu 17 %; to je téměř stejný výsledek jako předchozí testovaná kultura tohoto druhu vysazená zde v roce 1992 (mortalita 21 %, BALCAR 2005). Průměrná výška 20 % nejvyšších jedinců (z výsadebného počtu) byla 154 cm, tj. ca o 12 % méně než u výsadby předchozí (176 cm).

Od jeřábu ptačího je na daném stanovišti očekávána funkce meliorační a zpevňující dřeviny (Vyhláška č. 83/1996 Sb., příloha č. 4). Mírné zlepšení půdních vlastností pod jeřábovými porosty v Krkonoších v porovnání se smrkem ztepilým popisují např. PODRÁZSKÝ A MORAVČÍK (1992). PODRÁZSKÝ et al. (2006) ale na příkladu horních partií Krušných hor dokládá, že účinnost jeřábu jako dřeviny zlepšující stanoviště je menší než u břízy, a to hlavně s ohledem na množství opadu, přestože

bříza je na těchto stanovištích řazena pouze mezi dřeviny přimíšené a vtroušené (Vyhláška č. 83/1996 Sb., příloha č. 4). Zlepšující vliv obou těchto dřevin na stav půdního sorpčního komplexu popisují ve vrcholové části Orlických hor CHLÁDEK A NOVOTNÝ (2007).

Porosty pionýrských dřevin mohou mít svůj význam pro dvojfázové vnašení citlivých cílových dřevin v podmínkách holých sečí. Mají k tomu předpoklad svými požadavky na světlo i relativní krátkověkostí. Pozitivní význam pro úpravu mikroklimatu holin je však třeba skloubit s obecně zvýšenými požadavky cílových dřevin na světlo, resp. teplo (např. HERING, IRRGANG 2005) ve vyšších horských polohách. LOKVENC, CHROUST (1987) poukazují na význam ekologického krytu břízy i pro citlivější smrk zvláště na kalamitních holinách. Při pěstování však doporučují spíše pásové nebo skupinové smíšení; v případě individuálního smíšení je totiž nutná redukce, popř. i likvidace břízy v době, kdy začíná smrk výrazně zastiňovat. Popisují, že při dlouhodobějším zastínění dochází k sníženému procentu přežití a nežádoucímu narušení horizontální i vertikální struktury smrku. K obdobnému závěru dospěl i MAREŠ (1991) při hodnocení vlivu jeřábu na odrůstání smrku.

ZÁVĚRY

- Na základě vyhodnocení parametrů prosperity jsme konstatovali nejlepší výsledky v případě břízy pýřité, břízy karpatské a jeřábu ptačího;
- Jeřáb ptačí olýsalý vzhledem k nejvyšší mortalitě je méně vhodný;
- Olše zelená je vitálnější s podobnou mortalitou jako starší výsadby tohoto druhu (založené v roce 1992) na stejné ploše;
- Bříza trpasličí s největší mortalitou z hodnocených dřevin nemá lesnický význam. Její výsadby jsou důležité pro zachování lokální jizerskohorské populace.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl vypracován v souvislosti s řešením výzkumného záměru MZE ČR č. 0002070203 Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí.

LITERATURA

- BALCAR, V., 1998: Obnova lesů v Jizerských horách. *Lesnická práce* 77 (9): 338–340
- BALCAR, V., PODRÁŽSKÝ, V. 1994: Založení výsadbového pokusu v hřebenové partii Jizerských hor. *Zprávy lesnického výzkumu* 39 (2): 1–7.
- BALCAR, V. 2005: Testování olše zelené a borovice blatky jako přípravných dřevin na imisní holině v Jizerských horách. In: P. Neuhöferová (ed.): *Místo biologické meliorace v obnově lesních stanovišť*. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy 17. 2. 2005.. Praha, Česká zemědělská univerzita. 59–66.
- FLOUSEK, J. 1999. Hraboš mokřadní a lesní hospodářství v Krkonoších. In: Slodičák M. (ed.): *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z konference v Bedřichově v Jizerských horách 12. 10. – 13. 10. 1999. VÚLHM VS Opočno. 49–53.
- HERING, S., IRRGANG, S. 2005: Conversion of substitute tree species stands and pure spruce stands in the Ore Mountains in Saxony. *Journal of Forest Science* 51: 519–525.

- HEROLDOVÁ, M., SUCHOMEL, J., PURCHART, L., HOMOLKA, M. 2008: Impact intensity of rodents on the forest regeneration in artificial plantations in the Smrk – Kněhyně area. *Beskydy* 1: 33–35.
- HUŠEK, J. 1999. Program záchrany genofondu lesních dřevin Jizerských hor. In: Slodičák M. (ed.): *Obnova a stabilizace horských lesů*. Sborník z konference v Bedřichově v Jizerských horách 12. 10. – 13. 10. 1999. VÚLHM VS Opočno. 19–23.
- CHLÁDEK, J., NOVOTNÝ, P. 2007: Srovnání potenciálu různých druhů přípravných dřevin pro využití v podmínkách imisní oblasti Orlických hor. *Zprávy lesnického výzkumu* 52 (3): 226–233.
- LOKVENEC, T., CHROUST, L. 1987: Vliv břízy na odrůstání smrkové kultury. *Lesnictví* 33 (11): 993–1010.
- LOKVENEC, T. 1988: Možnosti využití autochtonních dřevin pro zalesňování v horských oblastech. In: *Možnosti obnovy a zvýšení stability lesních porostů v oblastech pod vlivem imisí*. Sborník z celostátní konference 13. – 14. 10. 1988. Ústí nad Labem, Dům techniky ČSVTS. 38–45.
- MAREŠ, V. 1991: Vliv jeřábu na vitalitu mladých smrkových porostů. *Zprávy lesnického výzkumu* 36 (4): 7–9.
- MARTINKOVÁ, M., MADĚRA, P., ÚRADNÍČEK, L. 2001: Strategy of birch (*Betula* L.) survival in substitute stands of the Krušné hory Mts., air-polluted region. *Journal of Forest Science* 47 Special Issue: 87–95.
- MORAVČÍK, P., PODRÁZSKÝ, V. 1992: Nadzemní biomasa a zásoba živin mladých jeřábových porostů v imisní oblasti Krkonoš. *Práce VÚLHM* 77: 49–73.
- MORAVČÍK, P., PODRÁZSKÝ, V. 1993: Akumulace biomasy v porostech břízy a smrku pichlavého a jejich vliv na půdu. *Zprávy lesnického výzkumu* 38 (1): 4–7.
- Mze ČR. 1997: Hospodářská doporučení podle hospodářských souborů a podsouborů (rozpracování vyhlášky č. 83/1996 Sb.) Příloha čas. *Lesnická práce* č. 1: 48 s.
- PODRÁZSKÝ, V., MORAVČÍK, P. 1992: Akumulace biomasy a živin v jeřábových porostech na lokalitě Pomezí boudy v Krkonoších. *Opera Corcontica* 29: 123–137.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., MOSER, W. K. 2005: Využití břízy a smrku pichlavého při obnově porostů na plochách s nenarušenou vrstvou nadložního humusu. *Zprávy lesnického výzkumu* 50: 76–78.
- PODRÁZSKÝ, V.; REMEŠ, J.; ULBRICHOVÁ, I. 2006: Rychlost regenerace lesních půd v horských oblastech z hlediska kvantity nadložního humusu. *Zprávy lesnického výzkumu* 51 (4): 230–234.
- PRAKTICKÁ PŘÍRUČKA. 1996. Vyhláška č. 83/1996 Sb. o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, příloha č. 4.
- SLODIČÁK, M. et al. 2009: Lesnické hospodaření v Jizerských horách. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce. 2. vydání: 232 s.
- ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., SLODIČÁK, M. 2005: Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal of Forest Science* 51 Special Issue: 54–58.
- VACEK, S., TESAŘ, V., LEPŠ, J. 1995: The composition and development of young mountain ash and birch stands. In: V. Tesař (ed.) *Management of forest damaged by air pollution*. Proceedings of the workshop IUFRO ... Trutnov, Czech Republic, June 5–9, 1994. Prague, Ministry of Agriculture. 87–96.
- VACEK, S. 1992: Struktura a vývoj mladých jeřábových a březových porostů. *Opera Corcontica*. 29: 85–121.

ANALÝZA BUKOVÝCH TYČOVIN Z UMĚLÉ OBNOVY VE SKUPINOVÝCH SEČÍCH NA ŠKOLNÍM POLESÍ HŮRKY STŘEDNÍCH LESNICKÝCH ŠKOL PÍSEK

ANALYSIS OF BEECH POLE-STAGE STANDS FROM ARTIFICIAL REGENERATION IN GROUP
FELLINGS AT HŮRKY TRAINING FOREST DISTRICT OF SECONDARY
FORESTRY SCHOOLS IN PÍSEK

PETR KANTOR, JAKUB MÁCHAL, PETR VANĚK

Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelu v Brně,
Zemědělská 3, 613 00 Brno

ABSTRACT

The paper evaluates 6 group fellings of an average size of 0.06 ha at an age of 25 to 48 years. At each of the fellings, height and dbh (diameter at breast height) were measured of all beech trees and each of the trees was evaluated on the basis of a respective classification scale either as: elite, above average (target trees), average or substandard. The stand density ranged from about 1230 to 2400 trees.ha⁻¹. The number of target trees varied from 261 to 816 trees.ha⁻¹. The used regeneration method of the artificial introducing beech into spruce or pine stands in the form of group fellings can be evaluated as successful at the Hůrky Training Forest District.

Keywords: beech pole-stage stands, group felling, qualitative characters

ABSTRAKT

V příspěvku je hodnoceno 6 skupinových sečí o průměrné velikosti 0,06 ha ve věku 25 až 48 let. V každé seči byla změřena výška a výčetní průměr všech buků a každý strom byl na základě vlastní klasifikační stupnice hodnocen buď jako: elitní, nadprůměrný (nadějní jedinci), průměrný, resp. podprůměrný. Hustota porostů se pohybovala od cca 1 230 do 2 400 stromů.ha⁻¹. Počet nadějných stromů pak kolísal v rozpětí 261 až 816 ks.ha⁻¹. Použitý obnovní postup umělého vnášení buku do smrkových, resp. borových porostů formou skupinových sečí lze hodnotit na Školním polesí Hůrky jako úspěšný.

Klíčová slova: bukové tyčoviny, skupinové seče, kvalitativní znaky

ÚVOD – POSTAVENÍ BUKU NA ŠKOLNÍM POLESÍ HŮRKY

Školní polesí Hůrky Středních lesnických škol Písek je tvořeno uceleným komplexem lesů asi 5 km jižně od Písku o celkové výměře 658 ha lesní půdy (647 ha porostní půdy). Jsou zde vylišeny pouze dva vegetační stupně: bukodubový (60 ha – 9 %) a dubobukový (600 ha – 91 %). Z typologického hlediska jednoznačně převažují na daném LHC kyselá stanoviště. Absolutně nejrozšířenější soubor lesních typů – kyselá dubová bučina (3K) zaujímá více než 2/3 lesní půdy polesí. Významnější zastoupení zde ještě má jedlodubová bučina (3O) – 9,9 % lesní půdy, kyselá buková doubrava (2K) – 8,2 % a svěží dubová bučina (3S) – 5,9 % lesní půdy. Průměrná roční teplota vzduchu se zde pohybuje na úrovni 7,3 °C až 7,5 °C, průměrný roční úhrn srážek kolísá mezi 550 mm až 575 mm.

Hospodářské podmínky daného majetku se významně změnily koncem 18. a počátkem 19. století, kdy původní listnaté porosty (historické prameny uvádí zastoupení buku cca 50 % a dubu cca 30 %) byly prakticky zcela přeměněny na porosty jehličnaté s dominantním zastoupením borových monokultur. Vývoj dřevinné skladby na polesí Hůrky od roku 1830 udává tab. 1.

V průběhu celého 19. století tak nebyl buk na Hůrkách vůbec evidován. Od počátku století dvacátého začíná být sice uměle kultivován, nicméně celých dalších 50 let zde nepřekročil jeho podíl v druhovém složení 1 %. Teprve v LHP z roku 1950 je uváděno jeho zastoupení 2,4 % rozlohy lesní půdy a od té doby jeho podíl postupně a pozvolna narůstal na současných 5,9 %, a to často kultivací skupinovými sečemi.

NÁSTIN PROBLEMATIKY

Lesnické praxi je již více než 150 let známo, že zásadní podmínkou kvalitních bukových porostů, popř. smíšených porostů s dominantním zastoupením buku je jejich dostatečná hustota v době jejich vzniku, resp. založení. Z tohoto pohledu je logicky optimální přirozená obnova dospělých bukových porostů různými formami clonných sečí (KORPEL A KOL. 1991, SANIGA 2010). Stěžejní roli zde samozřejmě mají světelné podmínky obnovovaných porostů (ŠPULÁK 2009). Hustota nárostů po domýtných sečích pak zpravidla dosahuje desítek až stovek tisíc jedinců.ha⁻¹ (PEŘINA, KADLUS, JIRKOVSKÝ 1964, SANIGA 2010, ŠTEFANČÍK, BOLVANSKÝ 2011 A DALŠÍ).

Tabulka 1: Vývoj druhové skladby na polesí Hůrky od roku 1830

Table 1: The development of a species composition at Forest District Hůrky since 1830

Zastoupení dřeviny (% plochy) / Species proportion (% area)												
Rok ¹	Smrk ²	Jedle ³	Borovice ⁴	Modřín ⁵	Dougl. ⁶	Dub ⁷	Buk ⁸	Habr ⁹	Lípa ¹⁰	Bříza ¹¹	Olše ¹²	Ostat. ¹³
1830	13,1	13,0	69,1	0,0	0,0	2,0	0,1	0,1	0,1	0,8	1,1	0,0
1877	16,0	9,3	63,2	2,2	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0
1890	18,4	6,5	60,5	3,1	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0
1910	24,2	6,7	66,6	0,0	0,0	1,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
1920	32,6	5,0	61,9	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
1930	40,2	5,8	44,8	2,6	0,0	5,3	0,8	0,0	0,2	0,6	0,1	0,1
1940	46,2	5,6	35,2	2,7	3,1	5,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
1950	39,7	6,1	23,2	3,2	4,6	16,5	2,4	0,2	0,4	0,7	1,6	1,4
1960	35,6	6,0	34,0	2,5	4,7	11,4	1,9	0,1	0,9	0,7	1,8	0,4
1970	37,1	4,8	34,2	2,4	6,7	10,1	2,3	0,0	0,5	0,3	0,7	0,5
1980	33,5	3,5	35,6	4,0	8,2	10,6	2,6	0,0	0,5	0,3	0,7	0,5
1990	35,7	1,7	34,8	4,3	9,2	9,2	3,2	0,0	0,5	0,4	0,6	0,4
2000	42,8	2,3	20,1	4,0	14,5	9,5	4,9	0,1	0,8	0,1	0,5	0,4
2010	38,6	2,3	21,1	3,3	15,4	10,9	5,9	0,1	1,0	0,2	0,8	0,4

¹Year, ²Spruce, ³Fir, ⁴Pine, ⁵Larch, ⁶Dougl., ⁷Oak, ⁸Beech, ⁹Hornbeam, ¹⁰Lime, ¹¹Birch, ¹²Alder, ¹³Other

Nicméně vzhledem k dramatickému poklesu zastoupení buku v České republice, kdy jeho původní podíl (cca 40 %) klesl v padesátých letech dvacátého století na méně než 5 % (VYSKOT A KOL. 1978) se u nás neobejdeme bez umělé obnovy této dřeviny. Značná pozornost je tak v Česku věnována již problematice sadbového materiálu buku (KOTRLA A KOL. 1999, BARTOŠ, JURÁSEK 2007, NÁROVCOVÁ, JURÁSEK 2007) i jeho odrůstání v provozních podmínkách (BARTOŠ, JURÁSEK, NÁROVCOVÁ 2008, ČERNOHOUS, KACÁLEK 2008). Umělé obnově buku se z různých úhlů pohledu věnuje řada dalších prací (PODRÁZSKÝ 1997, PRŮŠA 2002, ŠINDELÁŘ, FRÝDL, NOVOTNÝ 2004). Jeho zastoupení se u nás ročně zvyšuje o cca 0,1 % (REMEŠ, ULBRICOVÁ, PODRÁZSKÝ 2004), takže jeho podíl činí podle poslední „Zelené zprávy“ 7,3 % (KOLEKTIV 2010).

Specifický postup umělé obnovy buku byl koncem minulého století realizován právě na Školním polesí Hůrky SLŠ Písek (KOTEK, HABART, NEUMANN 1989). V rámci výuky zde byly od roku 1983 vysazovány do nově zakládaných smrkových a částečně i borových kultur odrostky buku ve víceméně pravidelném sponu 10×10 m ($100 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$). Přitom tento sadební materiál nebyl pěstován ve školce, ale byl vyzvedáván s balem půdy nebo jako prostokořenný z 10 až 20-letých skupin z umělé obnovy. Ostrými zahradnickými nůžkami byl upraven kořenový systém (odstraněny poškozené kořeny) a nadzemní část. Koruna byla redukována na 2/3 výšky a horní část byla kuželovitě vytvarována. Ihned po této úpravě byly stromky vloženy do polyetylenových pytlů a přepraveny na místo výsadby. Výsadba se prováděla do vrtaných jamek pomocí motorového jamkovače. Odrostky byly připevněny ke kúlům pružným úvazkem. Průměrná výška odrostků se pohybovala mezi 2,0 až 3,5 m, ale v počátcích výsadby nebyli výjimkou ani jedinci vysokí 4 až 5 m (spíše zde však šlo o „soutěživost“ studentů vysadit co nejvyšší stromek). Výsadby těchto odrostků později vyhodnotili KANTOR, PEKLO (2001).

Pokud je buk hlavní dřevinou při umělé obnově tak česká legislativa uvádí minimální počty sazenic v HS 43 $8.000 \text{ kusů} \cdot \text{ha}^{-1}$, v HS 45 $9.000 \text{ kusů} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výchova porostů se zde realizuje na základě principů modelu výchovy.

Ten má pro bukové porosty v HS 43 následující podobu (KANTOR, SLODIČÁK 2004):

Pořadí zásahu	Stáří porostu (let)	Horní výška (m)	Počet stromů na ha po zásahu (tisíc ks)	Pěstební interval (let)
1.	15–20	5	9,0	10
2.	25–30	9	6,5	10
3.	40–45	15	2,8	15
4.	55–60	20	1,5	15
5.	70–75	22	1,0	15
6.	85–90	25	0,8	15

Prvým zásahem se odstraní předrostlíci a obrostlíci bez podstatného narušení zápoje. Ve fázi mlazin a tyčovin dochází k přirozené výrazné výškové a tloušťkové diferenciaci buku s následnou autoredukci hustoty těchto mladých porostů. Počínaje 3. zásahem se prodlužuje pěstební interval na 15 let. Od fáze tyčovin se pracuje kladným výběrem, životaschopná podúroveň se z porostu neodstraňuje, kryje půdu a je zárukou kvality nadějných stromů.

Prakticky stejné pěstební postupy výchovy bukových porostů doporučují na Slovensku ŠTEFANČÍK, BOLVANSKÝ (2011). Ty lze shrnout do následujících bodů:

- základním cílem pěstění bukových porostů je dosažení maximálního podílu cenných sortimentů,
- buk je pěstebně nejtvrdější dřevina reagující bezprostředně na výchovné zásahy,
- ve stádiu mlazin a tyčovin převládá negativní výběr a po těchto zásazích je nutné zachovat dokonalý zápoj,
- od stádia tyčovin se uplatňuje výběr pozitivní,
- buk výrazně reaguje na světlostní přírůst až do pozdního věku.

Cílem výchovných programů je vypěstování a zajištění cca 400 nadějných jedinců na jeden hektar již v bukových mlazinách. Jak již bylo výše naznačeno, od stádia

tyčovin jsou v přírodních podmínkách Slovenska v bukových porostech optimální úrovně probírky s kladným výběrem, a to konkrétně tzv. „úrovňová volná probírka“ (ŠTEFANČÍK 1984). Hlavním cílem této metody je pěstování nadějných a nadějných stromů, přičemž se podporuje i porostní výplň v úrovni a podúrovni porostů (ŠTEFANČÍK, BOLVANSKÝ 2011).

METODIKA ŠETŘENÍ

Šetření se uskutečnilo v rámci bakalářské práce jednoho z autorů studie (MÁCHAL 2010) v 6 skupinových sečích zalesněných bukem před 25–48 lety. Při výsadbě byly vesměs použity dvouleté prostokořenné sazenice s podřezaným kořenovým systémem ve sponu cca 1 m krát 1 m. Všechny skupiny byly oploceny a kultury byly po dva roky vylepšovány. Skupiny (kotlíky) měly většinou oválný tvar s delší osou 20 m až 40 m a kratší osou 15 m až 30 m.

Porosty byly dosud vychovávány běžným provozním postupem – vesměs negativním výběrem zejména v podúrovni, resp. v úrovni. V každém kotlíku o výměře 350 m² až 1140 m² (viz tab. 2) byly měřeny všechny stromy. Každý strom byl očíslován a bylo na něm vyznačeno měřiče v $d_{1,3}$. Výčetní průměr byl zjišťován kovovou Šindelářovou průměrkou ve směru V-Z a S-J s přesností 0,5 cm. Výška byla měřena výškoměrem „Silva“ s odstupovou vzdáleností 15 m, 20 m, popř. i 30 m. Počet buků na jednotlivých plochách se pohyboval od 50 po 186, celkem bylo evidováno a proměřeno na všech 6 plochách 573 stromů (viz tab. 2).

Tabulka 2: Charakteristika posuzovaných skupinových sečí

Table 2: Characteristics of assessed group fellings

Porost ¹	Expozice ²	HS – SLT ³	Věk ⁴ roky	Plocha ⁵ m ²	Počet buků ⁶		Střední strom ⁷			Zásoba ⁸ na ha m ³
					ks na ploše	ks na hektar	Výška m	$d_{1,3}$ cm	Objem m ³	
15B2	S	43–3K	25	1140	186	1632	9,2	8,8	0,015	24
6B3 (1)	J	43–3K	34	440	71	1614	16,3	15,2	0,135	217
6B3 (2)	J	43–3K	34	350	50	1429	15,4	15,2	0,130	186
8B4 (1)	JZ	43–3K	42	440	74	1681	12,8	14,6	0,090	151
8B4 (2)	JZ	43–3K	42	375	90	2400	10,9	11,3	0,040	96
6B4	J	43–3K	48	830	102	1229	13,6	15,5	0,125	153

¹Stand, ²Slope orientation, ³Management group – forest type group, ⁴Age, ⁵Area, ⁶Number of beech trees, ⁷Mean tree, ⁸Growing stock

Stěžejním bodem hodnocení bylo posouzení kvalitativních znaků všech stromů v posuzovaných skupinových sečích. Byla sestavena vlastní klasifikační stupnice, v níž bylo hodnoceno 5 základních parametrů: výška, tvar kmene, charakter větvení, koruna a zdravotní stav. Každý parametr byl sestupně posuzován hodnocením od 1 do 4 (viz tab. 3).

Tabulka 3: Stupnice kvalitativních znaků buků

Table 3: The scale of qualitative characteristics of beech trees

Výška ¹	Tvar kmene ²	Větvení ³	Koruna ⁴	Zdravotní stav ⁵
nadúroveň	1 průběžný	1 jemné větve	1 průběžná	1 zdravý
úroveň	2 dvoják nad 6 m	2 středně silné větve	2 obroslá	2 mechanicky poškozený
podúroveň	3 dvoják pod 6 m	3 silné větve	3 stísněná	3 bioticky poškozený
zcela potlačen	4 pokřivený, ohnutý	4 košatý habitus	4 zcela potlačená	4 hynoucí

¹Height, ²Tree form, ³Branching, ⁴Crown, ⁵Health condition

Na základě této klasifikační stupnice pak byl každý strom hodnocen buď jako: elitní, nadprůměrný (nadějní jedinci), průměrný, resp. podprůměrný:

	výška	tvár kmene	větvění	koruna	zdravotní stav
elitní	1,2	1	1	1	1
nadprůměrný	1,2	1	1,2	1,2	1
průměrný	1,2,3	1,2	1,2,3	1,2,3	1
podprůměrný	3,4	2,3,4	2,3,4	3,4	2,3,4

Výsledky byly sestaveny do jednoduché přehledné tabulky č. 4. Souběžně bylo Mann-Whitneyovým U testem posuzováno, zda je průkazný rozdíl mezi výškou a výčetní tloušťkou průměrných jedinců a nadějných stromů.

VÝSLEDKY

V první řadě je třeba konstatovat, že posuzované skupinové seče 3. až 5. věkového stupně jsou součástí cca 50 kotlíků, které byly na daném majetku založeny před 25 až 50 lety zejména v dospělých smrkových, resp. borových porostech. Jak již bylo uvedeno, buk zde byl vychovávan běžným provozním postupem (negativní výběr). Kotlíky byly bohužel často rozšiřovány opožděně a výjimkou nejsou ani skupiny se zanedbanou výchovou, v nichž došlo k přeštíhlení buků a jejich následnému poškození mokřým sněhem.

Cílem předkládané studie je tak posouzení kvality produkčního potenciálu běžných provozních bukových tyčovin z umělé obnovy ve skupinových sečích. Základní data tohoto hodnocení ze všech 6 skupin jsou sestavena v tabulkách 2 a 4. Všechny porosty jsou zařazeny do souboru lesních typů 3K (kyselá dubová bučina) a hospodářského souboru 43.



Obr. 1: Elitní strom v porostu 8B4

Fig. 1: Elite tree in the 8B4 stand

Nejmladší hodnocená skupina 15B2 je situována na svahu S expozice a má věk 25 let. V kotlíku o velikosti 1140 m² (cca 40 m × 30 m) bylo evidováno a proměřeno 186 buků (1632 ks.ha⁻¹). Průměrná výška všech stromů činila 9,2 m (od 2,5 m na okrajích kotlíku do 15 m) a průměrná tloušťka 8,8 cm (od 2 cm po 18 cm). Bylo zde evidováno 10 elitních a 20 nadprůměrných buků, v přepočtu se pak jedná celkem o 261 nadějných stromů na 1 ha. Skupina byla do svých 15 let pěstebně zanedbaná a před 10 lety výrazně poškozena mokřým sněhem, takže její hustota je v daném věku extrémně nízká (1632 stromů.ha⁻¹). Přesto lze na základě počtu a pravidelného rozmístění elitních a nadprůměrných jedinců očekávat i zde příznivý vývoj posuzované skupiny.

Tabulka 4: Počty stromů v jednotlivých kvalitativních třídách**Table 4:** Numbers of trees in particular quality classes

Porost ¹	Elitní ²		Nadprůměrní ³		Průměrní ⁴		Podprůměrní ⁵		Celkem ⁶	
	Plocha (ks)	ha (ks)	Plocha (ks)	ha (ks)	Plocha (ks)	ha (ks)	Plocha (ks)	ha (ks)	Plocha (ks)	ha (ks)
15B2	10	82	20	179	107	947	49	424	186	1 632
6B3 (1)	10	226	21	484	28	630	12	274	71	1 614
6B3 (2)	1	28	15	429	20	572	14	400	50	1 429
8B4 (1)	2	50	19	437	41	925	12	269	74	1 681
8B4 (2)	3	72	28	744	40	1 080	19	504	90	2 400
6B4	4	49	27	320	53	639	18	221	102	1 229
Celkem ⁶	30		130		289		124		573	

¹Stand, ²Elite, ³Above-average, ⁴Average-Standard, ⁵Substandard, ⁶Total

V porostu 6B3 byly hodnoceny dvě skupinové seče, první o výměře 440 m² (cca 25 m × 20 m), druhá o velikosti 350 m² (cca 25 m × 15 m) – viz tab. 2 a 4. Porost leží na mírném svahu jižní expozice a v době měření měl 34 let. Zejména první kotlík lze z pěšebního hlediska hodnotit velice příznivě, na dané ploše 440 m² zde bylo evidováno 10 elitních a 21 nadprůměrných jedinců, což v přepočtu na 1 ha činí 710 nadějných buků z celkového počtu 1 614 stromů.ha⁻¹. Rovněž základní dendrometrické parametry byly vzhledem k věku výrazně nadprůměrné (střední výška 16,3 m, střední d_{1,3} 15,2 cm, objem středního kmene 0,135 m³, zásoba na 1 ha 217 m³).

Růstové parametry druhého kotlíku v tomto porostu jsou obdobné. Počet nadějných stromů je sice nižší – 457 buků.ha⁻¹ z celkového počtu 1429 na jeden ha, přesto však pro vývoj porostu dostatečný (viz tab. 2 a 4).

Dvě skupinové seče ve věku 42 let byly hodnoceny i v porostu 8B4, který je situován na mírném západním svahu. Ve-



Obr. 2: Pohled na skupinovou seč v porostu 6B3

Fig. 2: View of a group felling in the 6B3 stand

likost i tvar obou kotlíků jsou obdobné jako v předchozím porostu (viz tab. 2). Obě skupiny jsou nejhustší (takřka 1700 a 2 400 stromů.ha⁻¹), jejich dendrometrické parametry jsou pak průměrné (střední výška 12,8 m, resp. 10,9 m; střední výčetní průměr 14,6 cm, resp. 11,3 cm). Zejména ve druhém kotlíku byl navíc zaznamenán mimořádně vysoký počet nadějných stromů (816 elitních a nadprůměrných buků.ha⁻¹).

Nejstarší skupinová seč (48 let) byla hodnocena v porostu 6B4. V kotlíku o velikosti 830 m² (cca 45 m × 20 m) bylo evidováno v přepočtu na 1 ha celkem 1229 buků, z toho 369 nadějných (viz tab. 4). Růstové parametry i zásobu lze zde hodnotit jako průměrné (střední výška 13,6 m, střední d_{1,3} 15,5 cm, objem středního kmene 0,125 m³, zásoba na ha 153 m³).

Zajímavé údaje byly získány při posuzování průkaznosti rozdílů mezi výškou a výčetním průměrem u nadějných stromů a průměrných jedinců (viz tab. 5 a obr. 3). Střední výška nadějných stromů činila 14,7 m, průměrných stromů 12,7 m a rozdíl byl statisticky průkazný. Naopak střední výčetní průměr obou skupin byl prakticky stejný (nadějně stromy 13,9 cm, průměrné 13,6 cm) a tedy neprůkazný.

SOUHRN, DISKUSE A ZÁVĚR

Ve studii byly hodnoceny bukové tyčoviny z umělé obnovy ve věku 25 až 48 let v 6 skupinových sečích (velikost cca 3,5 až 11,5 arů) na Školním polesí Hůrky SLŠ Písek. V každém kotlíku byla zjištěna výška a výčetní průměr všech stromů (celkem proměřeno 573 buků) a každý jedinec byl na základě vlastní klasifikační stupnice (posuzována výška, tvar kmene, větvení, koruna a zdravotní stav) hodnocen buď jako elitní, nadprůměrný (nadějně stromy), průměrný, resp. podprůměrný. Všechny skupiny jsou zařazeny do souboru lesních typů 3K, hospodářského souboru 43 a byly dosud vychovávány běžným provozním postupem – negativním výběrem.

Tabulka 5: Vstupní data pro posouzení statistické průkaznosti rozdílů výšky a výčetních průměrů nadějných a průměrných stromů Mann-Whitneyovým U testem

Table 5: Input data for assessing the statistical significance of the difference of height and dbh of target and average trees using the Mann-Whitney U test

Proměnná ¹	Proměnná ¹	N	Průměr ²	Medián ³	Modus ⁴	Minimum ⁵	Maximum ⁶	Rozptyl ⁷	Sm.odch. ⁸
Tloušťka ⁹	Nadějní jedinci ¹⁰	130	13,865	13,750	11,000	8,000	27,500	13,022	3,608
	Průměrné stromy ¹¹	182	13,560	13,000	9,0000	4,000	29,000	23,385	4,835
Výška ¹²	Nadějní jedinci ¹⁰	130	14,723	14,500	14,000	10,500	20,000	4,597	2,144
	Průměrné stromy ¹¹	182	12,739	13,000	12,000	4,000	20,000	11,609	3,407

¹variable, ²average, ³median, ⁴modus, ⁵minimum, ⁶maximum, ⁷variance, ⁸standard deviation, ⁹diameter, ¹⁰target trees, ¹¹mean trees, ¹²height

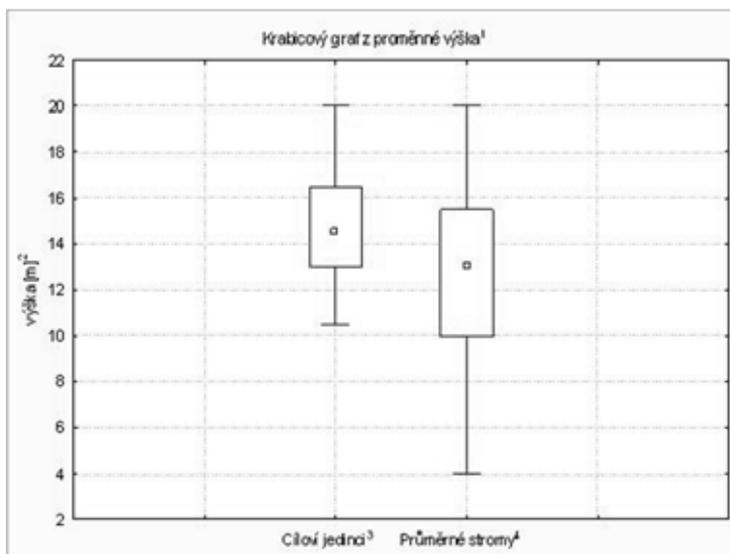
Počet nadějných stromů je ve všech skupinách uspokojivý (261 až 369 buků.ha⁻¹), resp. vysoký až velmi vysoký (457 až 816 buků.ha⁻¹). Podobné výsledky byly zaznamenány i při hodnocení bukových odrostků na Školním polesí Hůrky 16 let po výsadbě (KANTOR, PEKLO 2001). Více než 50 % jedinců mělo rovný průběžný kmen, 2/3 buků byly charakterizovány normálním jemným větvením a prakticky všichni žijící jedinci vykazovali dobrou vitalitu. Do nejkvalitnější skupiny byl zařazen každý šestý odrostek.

I ve srovnání s modely výchovy (KANTOR, SLODIČÁK 2004) nebyl zaznamenán na Školním polesí Hůrky v charakteristice bukových porostů podstatný rozdíl. Tyto výchovné programy uvádí pro HS 43 při horní porostní výšce 15 m až 20 m doporučený počet stromů 1500 až 2800 na 1 ha s předpokladem 200 až 250 nadějných jedinců.ha⁻¹.

Zcela srovnatelná data s údaji z Hůrek publikoval na Slovensku ŠTEFANČÍK (2009). Ve 3 bukových porostech ve věku 38 až 40 let byla zaznamenána průměrná výška 12,4 m až 15,9 m a střední výčetní průměr 11,4 cm až 13,6 cm. Počet nadějných buků se zde pohyboval v rozpětí 304 až 465 jedinců.ha⁻¹ (16 % až 29 % všech stromů).

Závěrem lze konstatovat, že použitý obnovní postup umělého vnášení buku do smrkových, resp. borových porostů formou skupinových sečí lze hodnotit na Školním

polesí Hůrky jako úspěšný. Prvotní podmínkou budoucích kvalitních porostů je ale odpovídající sadební materiál, dostatečná hustota zakládáných porostů, jejich ochrana před poškozením zvěří a účelné výchovné zásahy již od fáze mlazin.



Obř. 3: Krábiový graf výšek nadějných a průměrných buků

Fig. 3: Box diagram of heights of target and mean beech trees

¹Box diagram from a variable “height”, ²height, ³target trees, ⁴mean trees

PODĚKOVÁNÍ

Práce vznikla v rámci a s finanční podporou projektu NAZV č. QI102A085 „Optimalizace pěstebních opatření pro zvyšování biodiverzity v hospodářských lesích“.

LITERATURA

- ČERNOHOUS, V., KACÁLEK, D., 2008: Vliv různých způsobů meliorace půdy v horském povodí na počáteční růst buku lesního, javoru kleny a jedle bělokoré. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53 (3): 200–205.
- BARTOŠ, J., JURÁSEK, A., 2007: Vliv různých způsobů pěstování sadebního materiálu buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ve školce na následný růst ve výsadbách do stadia zajištěné kultury. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (4): 293–296.
- BARTOŠ, J., JURÁSEK, A., NÁROVCOVÁ, J., 2008: Odrůstání krytokořenného sadebního materiálu buku na extrémních stanovištích. *Zprávy lesnického výzkumu*, 53 (3): 192–199.
- KANTOR, P., PEKLO, Z., 2001: Hodnocení výsadeb odrostků buku na Školním polesí Hůrky. *Lesnická práce*, (10): 444–446.
- KANTOR, P., SLODIČÁK, M., 2004: Modely výchovy – výchovné programy hlavních hospodářských dřevin. In: *Správná výrobní praxe v lesním hospodářství*. IN-PROF, s. 54–67.
- KORPEL A KOL., 1991: *Pestovanie lesa*. Příroda, Bratislava. 465 s.

- KOLEKTIV, 2010: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010. Praha, MZe. 137 s.
- KOTEK, K., HABART, F., NEUMANN, J., 1989: Výsadba bukových odrostků na ŠP Hůrky u SLŠ Písek. *Lesnická práce*, (3): 120–124.
- KOTRLA, P. A KOL., 1999: Pěstování sadebního materiálu buku a jedle. *Lesnická práce*, (8): 366–367.
- MÁCHAL, J., 2010: Vyhodnocení skupinové (kotlíkové) obnovy buku na Školním polesí Hůrky SLŠ Písek. Mendelu v Brně, 49 s. + příl.
- NÁROVCOVÁ, J., JURÁSEK, A., 2007: Vliv intenzity hnojení na růst krytokořenných semenáčků buku lesního. *Zprávy lesnického výzkumu*, 52 (4): 298–301.
- PEŘINA, V., KADLUS, Z., JIRKOVSKÝ, V., 1964: Přirozená obnova lesních porostů. Praha, SZN. 167 s.
- PODRÁZSKÝ, V., 1997: Reintrodukce buku na sekundárně nepříznivá stanoviště. *Lesnická práce*, (6): 214–215.
- PRŮŠA, E., 2002: Bude vyhlášen rok bukových kotlíků? *Lesnická práce* (3): 214–215.
- REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., 2004: Využití podsadeb a meliorace půdy při umělé obnově bukem. *Lesnická práce*, (9): 12–13.
- SANIGA, M., 2010: Pestovanie lesa. TU Zvolen. 326 s.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., NOVOTNÝ, P., 2004. MZD v lesích a lesnická legislativa. *Lesnická práce* (9): 455–457.
- ŠPULÁK, O., 2009: Kvalita a kvantita přirozené obnovy buku ve vztahu ke světelným podmínkám mateřského porostu. *Zprávy lesnického výzkumu*, 54 (4): 248–254.
- ŠTEFANČÍK, I., 2009: Výchova bukových porostov z pohľadu súčasných poznatkov. *Les*, (11–12): 30–32.
- ŠTEFANČÍK, I., BOLVANSKÝ, M., 2011: Pestovanie bukových porastov. In: *Buk a bukové ekosystémy Slovenska*. Veda, Bratislava. S. 435–456.
- ŠTEFANČÍK, L., 1984: Úrovňová voľna prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selekčnej výchovy bukových porastov. In: *Ved. Práce VÚLH vo Zvolene 34*. Bratislava, Príroda, s. 69–112
- VYSKOT A KOL., 1978: Pěstění lesů. Praha, SZN. 432 s.

VARIABILITA PORASTOVÝCH ŠTRUKTÚR ZMIEŠANÉHO LESA V NPR MLÁČIK

VARIABILITY OF FOREST STAND STRUCTURES IN MIXED FOREST IN NPR MLÁČIK

STANISLAV KUCBEL, MILAN SANIGA

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene,
Masarykova 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The study deals with the analysis of present state of the structure in a mixed fir-beech forest stand that was left for the natural development without any human impact 25 years ago. The research object was the compartment 730 in National Nature Reserve Mláčik that is in the process of transition from the commercial forest to the equilibrium state of natural forest. In the stand, the series of 17 permanent research plots was established, where the basic structural characteristics were recorded. Acquired results confirmed that relatively homogenous stand structures with the dominance of beech and fir from upper tree layer are prevailing in the stand. Using the cluster analysis, 6 types of stand structures were defined. The most common type (70%) was the less differentiated structure with sparsely emerging lower tree layer.

Key words: stand structure, natural forest, structure indices, mixed forest

ABSTRAKT

Príspevok sa zaoberá analýzou súčasného stavu štruktúry v poraste zmiešaného jedľovobukového lesa, ktorý bol pred 25 rokmi ponechaný na prirodzený, človekom neovplyvňovaný vývoj. Objektom výskumu bol dielec 730 v NPR Mláčik, ktorý sa nachádza v procese prechodu od hospodárskeho lesa k rovnovážnemu stavu prírodného lesa. V poraste bola založená sieť 17 trvalých výskumných plôch, na ktorých boli evidované základné znaky štruktúry. Získané výsledky potvrdili, že v poraste stále prevažujú relatívne homogénne porastové štruktúry s dominanciou buka a jedle z hornej vrstvy. Prostredníctvom zhlukovej analýzy bolo v poraste vylišených 6 typov porastových štruktúr, pričom najviac zastúpený (70 %) bol typ málo diferencovanej štruktúry so sporadicky nastupujúcou dolnou vrstvou.

Kľúčové slová: štruktúra porastu, prírodný les, indexy štruktúry, zmiešaný les

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prírodné lesy neovplyvnené hospodárskou činnosťou človeka predstavujú jedinečné objekty pre skúmanie prírodných zákonitostí a procesov prebiehajúcich v lesných ekosystémoch (BRANG 2005, KORPEL 1989). Väčšina pralesových zvyškov je sústredených v strednej a východnej Európe, kde nebol tlak ľudskej činnosti tak výrazný ako v jej západnej časti (PARVIAINEN 2005). Väčšina krajín západnej Európy rieši nedostatok prírodných lesov zakladaním siete prírodných rezervácií, ktoré predstavujú bývalé hospodárske lesy ponechané na prirodzený a samovoľný vývoj (MEYER *et al.* 2006).

Slovensko je krajinou, kde zostali v unikátnom rozsahu zachované zvyšky človekom v minimálnej miere ovplyvnených prírodných lesov. Založenie siete výskumných plôch zahŕňajúcej prakticky celú vegetačnú stupňovitosť lesov Západných Karpát umožnilo skúmanie a pozorovanie prírodných procesov v týchto lesoch počas obdobia viac ako 40 rokov (KORPEL 1989, KUCBEL *et al.* 2012, ZRAK, JALLOVIAR 2009). V dôsledku existujúcej siete pralesových zvyškov je paradoxne na Slovensku málo objektov, kde by bolo možné výskumne sledovať proces návratu bývalého hospodárskeho lesa do stavu rovnovážnej štruktúry prírodného lesa vyvíjajúceho sa len podľa prírodných zákonitostí. Národná prírodná rezervácia Mláčik je jedným z takýchto objektov (GUBKA 2005).

Cieľom tejto štúdie bolo vyhodnotiť stav štruktúry zmiešaného jedľovo-bukového porastu, ktorý bol po vyhlásení najvyššieho stupňa ochrany ponechaný na prirodzený vývoj a vyvíjal sa počas uplynulých 25 rokov len vplyvom prirodzene prebiehajúcich procesov

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika skúmaného územia

Objektom výskumu bola národná prírodná rezervácia (NPR) Mláčik v Kremnických vrchoch. Rezervácia sa rozprestiera v hrebeňovej časti pohoria v nadmorskej výške 690–960 m. n. m., na svahoch s prevažne juhozápadnou expozíciou. Rezervácia bola vyhlásená v roku 1982 na výmere 147,2 ha za účelom ochrany zachovaných rastlinných a živočíšnych spoločenstiev jedľovo-bukového vegetačného stupňa, s výskytom lesných mokradí s jelšou lepkavou (*Alnus glutinosa* L.) a ďalšími fytoecologicky významnými druhmi rastlín, na vedecko-výskumné a kultúro-výchovné ciele. Geologické podložie je tvorené tret'ohornými andezitovými pyroklastickými aglomerátovými tufmi, prevažujúcim pôdnym typom je kambizem andozemná, na miestach trvalého zamokrenia sa vyskytujú oglejené pôdy (ŠÁLY *et al.* 1991). Klimaticky patrí územie do mierne chladnej oblasti C1, do chladného horského klimageografického typu. Priemerná ročná teplota dosahuje 5,0–5,5 °C a ročný úhrn zrážok presahuje 1 000 mm (ŠKVARENINA *et al.* 2006). Typologicky sa porasty v rezervácii zaraďujú do skupín lesných typov *Abieto-Fagetum*, *Fagetum typicum*, *Fagetum pauper*, *Fagetum tiliosum*, *Fageto-Aceretum* a *Fraxineto-Aceretum*. Lesné spoločenstvá majú pomerne pestré drevinové zloženie so zastúpením buka lesného (*Fagus sylvatica* L.), jedle bielej (*Abies alba* Mill.), jaseňa štíhleho (*Fraxinus excelsior* L.), javora horského (*Acer pseudoplatanus* L.), smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.), bresta horského (*Ulmus glabra* Huds.), jarabiny vtáčej (*Sorbus aucuparia* L.) a jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* L.).

Výskum porastových štruktúr sa vykonával v dieľci 730 v roku 2008. Skúmaný dielec má výmeru 10,69 ha, juhozápadnú expozíciu a sklon 10 %. Typologicky je zaradený do sít *Abieto-Fagetum* a podľa platného LHP sa v drevinovom zložení vyskytujú buk lesný (60 %), jedľa biela (20 %), jaseň štíhly (15 %), javor horský (4 %) a brest horský (1 %). Porast je charakterizovaný ako veľmi hrubá, rôznoveká kmeňovina s jednotlivým až skupinovým zmiešaním, priemerným vekom 140 rokov a zakmenením 0,7.

Metodika merania a vyhodnotenia

V poraste 730 bolo založených 17 trvalých výskumných plôch (TVP) v sieti 80 × 80 m. Plochy mali kruhový tvar a výmeru 500 m² (polomer 12,6 m). Na každej ploche sa evidovali všetky živé stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm, odumreté stojace a ležiace stromy. Pri živých jedincoch sa zaznamenávali nasledujúce charakteristiky: druh dreveniny, hrúbka $d_{1,3}$, výška, výška nasadenia koruny, parametre priemeru koruny (v dvoch na seba kolmých smeroch) a poloha jedinca (v systéme polárnych súradníc). Pre stojace odumreté stromy sa evidoval druh dreveniny, hrúbka $d_{1,3}$, výška, a poloha jedinca. Na odumretom ležiacom dreve sa zisťoval druh dreveniny, dĺžka, hrúbka v 1/2 dĺžky a stupeň rozkladu (tri kategórie podľa KORPELA 1989).

Na základe hornej výšky bol porast rozdelený na tri vrstvy: hornú (jedince s výškou nad $\frac{2}{3} h_{\text{dom}}$), strednú (jedince s výškou od $\frac{1}{3}$ do $\frac{2}{3} h_{\text{dom}}$) a dolnú (jedince s výškou menšou ako $\frac{1}{3} h_{\text{dom}}$). Štruktúra porastov bola okrem tradičných veličín charakterizovaná aj hodnotami dvoch štruktúrnych indexov (Giniho koeficient pre výšky a koeficient homogenity). Giniho koeficient vyjadruje stupeň vertikálnej diferencovanosti porastov a jeho hodnota sa pohybuje v intervale 0 (všetky stromy na ploche majú rovnakú výšku – maximálna rovnomernosť) až 1 (všetky stromy okrem jedného majú nulovú výšku – maximálna nerovnomernosť). Pre výpočet Giniho koeficienta bol použitý program TSTRAT (LATHAM *et al.* 1998). Koeficient homogenity vyjadruje vzťah medzi početnosťou stromov a ich zásobou v hrúbkových stupňoch a využíva sa na určenie stupňa štruktúrnej homogenity porastu (CAMINO 1976). Koeficient homogenity predstavuje jednu z aplikácií modifikovaného Giniho koeficienta nerovnomernosti pre lesné porasty. Na zvýraznenie rozdielov vypočítaných hodnôt je koeficient homogenity kvantifikovaný ako prevrátená hodnota Giniho koeficienta, čím je zabezpečená zmena teoretického variačného rozpätia z 0 až 1 na interval 1 až nekonečno. V stromovej forme výberkového lesa dosahuje koeficient homogenity hodnoty 1,3–2,8, v rovnovekých porastoch vychovávaných úrovňovými prebierkami sa pohybuje v rozmedzí 2,2–4,2 a v porastoch vychovávaných podúrovňovými prebierkami v rozmedzí 4,0–10,0 (CAMINO 1976).

Jednotlivé typy štruktúr boli vylíšené pomocou zhlukovej analýzy, pričom bola použitá hierarchická zhlukovacia metóda s jednoduchým spájaním podľa najbližšieho suseda (RIMARČÍK 2007). Vstupnými veličinami pre zhlukovú analýzu boli počet stromov, zásoba porastu, plošný podiel hornej a dolnej vrstvy porastu, Giniho koeficient a koeficient homogenity.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Lesný porast v skúmanom dieľci 730 bol tvorený piatimi drevinami. Drevinovému zloženiu dominovali buk (48 %) a jedľa (22 %), ako prímies sa vyskytovali javor (17 %), jaseň (12 %) a ojedinele smrek (1 %). Početnosť jedincov dosahovala 321 ± 101 ks.ha⁻¹, kruhová základňa $42,9 \pm 15,6$ m³.ha⁻¹ a zásoba 567 ± 214 m³.ha⁻¹. Variabilita týchto základných porastových charakteristík vyjadrená variačným koeficientom presahovala 30 %. Zápoj v poraste sa pohyboval na úrovni 64 ± 13 %. Podiel hornej vrstvy vyjadrený percentom clonenej plochy stromov hornej vrstvy z celkovej clonenej plochy dosahoval 71 ± 23 % a podiel dolnej vrstvy len 9 ± 18 %. Využitie rastového priestoru korunami stromov bolo na úrovni 20 ± 6 %. Indexy popisujúce

stupeň štruktúrnej diferencovanosti mali hodnotu $2,08 \pm 0,51$ (koeficient homogenity), resp. $0,186 \pm 0,061$ (Giniho koeficient pre výšky). Prítomnosť mŕtveho dreva bola zistená na 13 z celkovo 17 TVP a jeho objem dosahoval $47 \pm 51 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

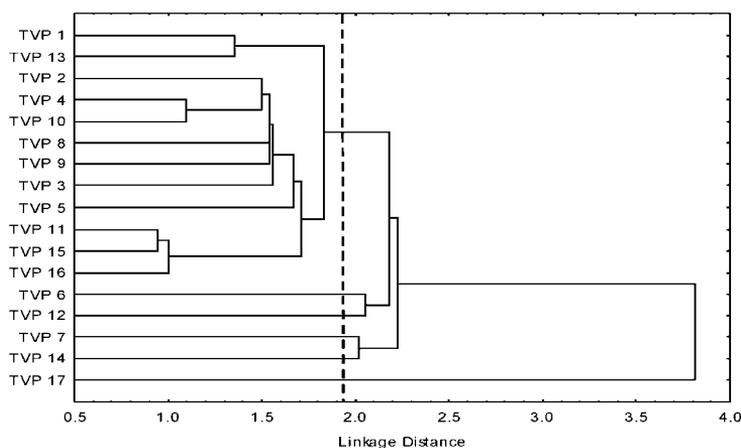
Na základe výsledkov získaných analýzou založených výskumných plôch je možné lesný porast v dieľci 730 všeobecne charakterizovať ako porast s prevahou relatívne homogénnych porastových štruktúr, v ktorom dominujú jedince buka a jedle z hornej vrstvy (resp. hornej a strednej vrstvy). Charakteristická je pomerne nízka početnosť spojená s prerušeným zápojom spôsobená odumieraním jednotlivých stromov hornej vrstvy, čo potvrdzuje aj prítomnosť nekromasy na väčšine plochy porastu. Mŕtve drevo tvorí v poraste priemerne 9,5 % zo zásoby živých stromov. V porovnaní s údajmi známymi zo zmiešaných jedľovo-bukových prírodných lesov Karpát (BALANDA 2009, KORPEL 1989, PICHLER *et al.* 2011, SANIGA, JALOVIAK 2002), kde sa podiel nekromasy pohybuje na úrovni 15–25 % v závislosti od vývojového štádia, je táto hodnota ešte stále pomerne nízka a naznačuje, že skúmaný porast ešte nedosahuje parametre typické pre prírodný les v rovnovážnom stave. Podľa hodnôt štruktúrnych indexov je možné porast rovnako priradiť k skôr menej štruktúrne diferencovaným porastom. Výsledky získané pre koeficient homogenity v rôznych typoch porastov (BACHOFEN, ZINGG 2005, KUCBEL 2011) potvrdzujú, že v štruktúrne relatívne homogénnych porastoch presahuje hodnota tejto charakteristiky 2,2–2,5. Z pohľadu vertikálnej štruktúry sa k výškovo nivelizovaným porastom zaraďujú porasty, kde sa Giniho koeficient pohybuje pod hranicou 0,25–0,27 (BALANDA 2010, PITTNER 2007, 2008), t.j. skúmaný porast sa dá klasifikovať ako výškovo výrazne nivelizovaný. Napriek priemerným hodnotám, ktoré naznačujú prevahu skôr menej diferencovaných porastových štruktúr, získaná variabilita porastových charakteristik potvrdzuje aj výskyt odlišných typov štruktúry na niektorých skúmaných TVP.

Na vylišenie jednotlivých štruktúrnych typov vyskytujúcich sa v skúmanom poraste bola použitá metóda zhlukovej analýzy. Na základe jej výsledkov (obr. 1) bolo vytvorených a popísaných 6 typov štruktúr. Tieto štruktúry predstavujú jednotlivé fázy prirodzeného a postupného prechodu od hospodárskeho lesa v závere rubnej doby k prírodnému lesu neovplyvňovanému zámernou činnosťou človeka. Základné charakteristiky jednotlivých typov štruktúry a ich vizualizácie sú uvedené v tabuľke 1 a na obrázku 2.

Tabuľka 1: Priemerné hodnoty základných charakteristík jednotlivých štruktúrnych typov
Table 1: Average values of basic characteristics of separate structure types

		štruktúra					
		A	B	C	D	E	F
početnosť ¹	N.ha ⁻¹	240	220	312	340	300	620
kruhovú základňu ²	m ² .ha ⁻¹	19,8	37,6	35,5	28,7	14,5	14,4
zásoba ³	m ³ .ha ⁻¹	676	326	646	346	368	172
nekromasa ⁴	m ³ .ha ⁻¹	73	110	40	107	35	0
zápoj ⁵	%	61	48	67	55	49	43
využitie disp. priestoru ⁶	%	20	11	22	17	15	8
podiel hornej vrstvy ⁷	%	92	77	74	62	74	23
podiel dolnej vrstvy ⁸	%	0	0	4	42	65	2
koeficient homogenity ⁹	–	3,43	2,98	1,96	1,83	1,58	2,06
Giniho koeficient ¹⁰	–	0,097	0,118	0,187	0,242	0,322	0,136

¹stem density, ²basal area, ³growing stock, ⁴deadwood, ⁵canopy cover, ⁶utilization of growth space, ⁷proportion of upper tree layer from canopy cover, ⁸proportion of lower tree layer from canopy cover, ⁹coefficient of homogeneity, ¹⁰Gini coefficient for tree heights



Obr. 1: Dendrogram znázorňujúci výsledky zhlukovej analýzy

Fig. 1: Dendrogram with the results of cluster analysis

Štruktúrny typ A predstavuje štruktúrne najhomogénnejší porast, ktorý sa najviac približuje k východiskovému stavu v dieľci v čase vyhlásenia NPR, t.j. zmiešanému jedľovo-bukovému hospodárskemu lesu v závere rubnej doby. Charakteristická je nízka početnosť stromov a pomerne vysoká zásoba. Porast pozostáva takmer výlučne z jedincov hornej vrstvy (>90 %), je výškovo nivelizovaný (Gini 0,097) a zároveň má najvyššiu hodnotu koeficienta homogenity.

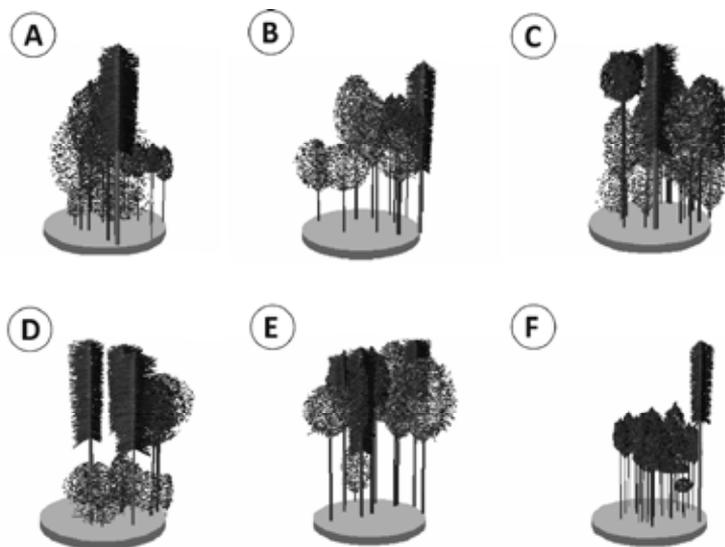
Štruktúrny typ B je pravdepodobným príkladom nasledujúcej fázy vývoja porastu, ku ktorej dochádza následkom dozívania najstarších jedincov a ich postupného odumierania. Štruktúra vykazuje podobné znaky homogenity ako predchádzajúci typ, t.j. nízky počet jedincov, dominancia hornej vrstvy, vysoká hodnota koeficienta homogenity a minimálne diferencovaná vertikálna štruktúra. Rozlišovacím kritériom je predovšetkým vysoké zastúpenie mŕtveho dreva a následkom toho výrazne znížená zásoba.

Štruktúrny typ C je najčastejšie sa vyskytujúcim typom v poraste. Predstavuje zrejme štruktúru, ktorá si stále zachováva charakter pomerne málo diferencovaného porastu, jeho základom je horná a čiastočne aj stredná vrstva. Porast si udržiava ešte pomerne vysokú zásobu, ale následkom odumierania jedincov z úrovne dochádza k sporadickému presadeniu sa jedincov dolnej vrstvy. Zistený rozsah variability základných charakteristík pre tento typ štruktúry je znázornený na obrázku 3.

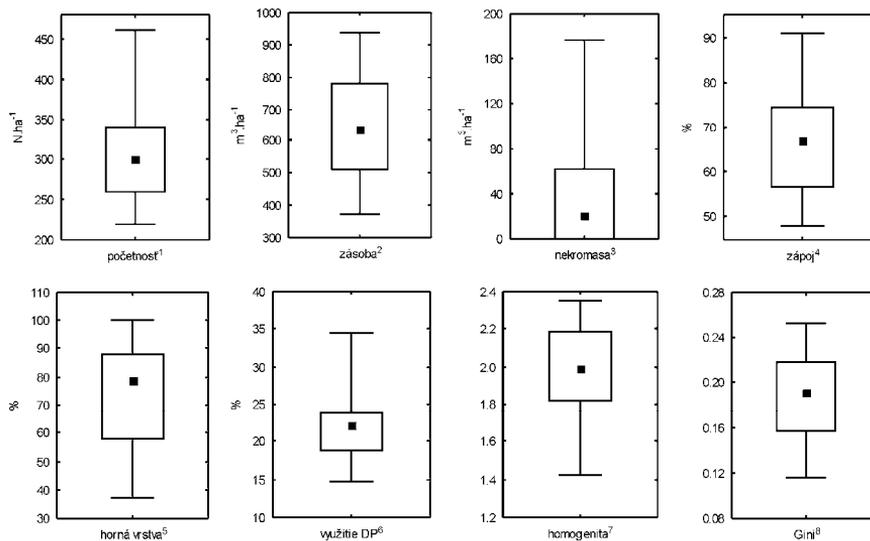
Štruktúrny typ D sa pomerne výrazne odlišuje od predchádzajúcich a je možné ho priradiť k štruktúram, pri ktorých začína byť viditeľná postupná diferenciácia. Typický je výraznejšie prerušený zápoj, v ktorom síce stále dominujú jedince hornej vrstvy, ale v dôsledku uvoľneného rastového priestoru po odumretých stromoch sa podstatne začína presadzovať dolná vrstva (>40 %). Vývoj a presadenie sa dolnej vrstvy v rámci štruktúry porastu sa javí ako kľúčový proces pre vytváranie diferencovanej štruktúry, čo potvrdzuje vo svojich prácach aj VENCURIK (2004, 2006, 2007).

Štruktúrny typ *E* má charakter veľmi podobný typu *D*, t.j. relatívne diferencovanú štruktúru. Tento typ predstavuje zrejme nasledujúcu fázu vývoja porastu charakterizovanú ďalšou redukciou úrovňových jedincov predchádzajúcej generácie v prospech nastupujúcej generácie formujúcej dolnú vrstvu, ktorá už predstavuje výrazný podiel (65 %). Podľa hodnôt indexov štruktúry sa v tomto prípade jedná o štruktúrne najvac diferencovaný typ.

Štruktúrny typ *F* je pravdepodobne príkladom najpokročilejšej fázy vo vývoji smerom k prírodnému lesu. Väčšina jedincov hornej vrstvy sa už v poraste nenachádza, uvoľnený priestor využili jedince následnej generácie (na danej TVP sa jedná konkrétne o javor horký), ktoré sa nachádzajú v postavení strednej vrstvy. Jedince následnej generácie vytvárajú prechodne pomerne homogénny súbor, čo potvrdzuje vyššia hodnota koeficienta homogenity a nízky stupeň vertikálnej diferenciacie (Gini 0,136). V dôsledku súťaže o svetlo a rastový priestor pravdepodobne dôjde v strednej vrstve k výraznej autoredukcii, postupnému zaostávaniu konkurenčne menej schopných jedincov a čiastočnému vertikálnemu rozdiferencovaniu. Zastúpenie popísaných typov štruktúry je v poraste značne nevyrovnané. Na väčšine plochy dominuje štruktúrny typ *C* (70 %), ostatné typy sú zastúpené rovnakým podielom na úrovni 6 %.



Obr. 2: Vizualizácia jednotlivých štruktúrnych typov
Fig. 2: Visualization of separate structure types



Obz. 3: Variabilita štruktúrnych charakteristík pre typ štruktúry C (medián, medzikvartilové a variačné rozpätie)

Fig. 3: Variability of structure characteristics for structure type C (median, interquartile and overall range, ¹stem density, ²growing stock, ³deadwood, ⁴canopy cover, ⁵proportion of upper tree layer from canopy cover, ⁶utilization of growth space, ⁷coefficient of homogeneity, ⁸Gini coefficient for tree heights)

ZÁVER

Predložená práca predstavuje prípadovú štúdiu sledovania vývoja bývalého hospodárskeho lesa v jedľovo-bukovom lesnom vegetačnom stupni po vylúčení akéhokoľvek pestovného usmerňovania. Časový úsek 25 rokov, ktoré uplynuli od vyhlásenia rezervácie je z pohľadu priemernej dĺžky životného cyklu pralesa (350–400 rokov) uvádzanej KORPELOM (1989) zanedbateľný, napriek tomu sú poraste viditeľné prvé zmeny smerujúce k postupnej diferenciacii jeho štruktúr.

Výsledky štúdie potvrdili postupné zmeny štruktúry smerujúce k vytváraniu mozaiky jednotlivých vývojových štádií a fáz. Tento proces je samozrejme vo svojom iničiálnom štádiu a väčšina plochy sa stále nachádza v stave, ktorý sa len málo odlišuje od východiskovej štruktúry hospodárskeho jedľovo-bukového lesa v závere rubnej doby. Štruktúrne zmeny nastupujú pozvoľne, sú náhodne rozmiestnené po ploche porastu a plošne nie príliš rozsiahle, čo prispieva k maloplošnému rozdielencovaniu štruktúry a minimálnemu ovplyvneniu celkovej stability porastu. Takýto postup je pre prechod k rovnovážnemu stavu omnoho výhodnejší, ako by bol plošný rozpad v prípade odumretia väčšiny úrovňových stromov materskej generácie počas relatívne krátkeho obdobia. Dôsledkom rýchleho vypadnutia jedincov predchádzajúcej generácie zo štruktúry porastu by bol plošný nástup pomerne málo vekovo, hrúbkovo a výškovo diferencovanej následnej generácie a výrazné predĺženie celého procesu návratu do rovnovážneho stavu prírodného lesa. Výraznú úlohu v tomto procese bude pravdepodobne hrať najmä jedľa. V dôsledku jej pri-

rodzenej dlhovekosti, ktorá výrazne prekračuje maximálny fyzický vek buka (KORPEL 1989) je predpoklad, že jedince jedle budú ešte dlhý čas prítomné v štruktúre porastu a budú prispievať k jeho diferenciacii. Okrem zachovania maloplošného charakteru sa prirodzená a pomaly postupujúca redukcia hornej vrstvy podieľa aj na vytváraní variabilných podmienok pre prirodzenú obnovu. Tieto umožňujú presadiť sa viacerým druhom drevín s odlišnými ekologickými nárokmi a odlišným rastovým rytmom a tak zachovať v poraste pestré drevinové zloženie jedľových bučín, ktoré je jedným zo základných predmetov ochrany a dôvodom vyhlásenia NPR Mláčik.

POĎAKOVANIE

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- BACHOFEN, H., ZINGG, A., 2005: Auf dem Weg zum Gebirgsplenterwald: Kurzzeiteffekte von Durchforstungen auf die Struktur subalpiner Fichtenwälder, *Schweiz. Z. Forstwes.* 156:456–466.
- BALANDA, M., 2009: Zhodnotenie produkčných pomerov prírodného zmiešaného lesa v NPR Hrončeský Grúň. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 51(1):85–94
- BALANDA, M., 2010: Štruktúra, textúra, diverzita a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v NPR Hrončeský grúň [dizertačná práca]. TU Zvolen, 118p.
- BRANG, P., 2005: Virgin forests as a knowledge source for central European silviculture: reality or myth? *For. Snow Landscape. Res.* 79:19–32.
- CAMINO, R., DE, 1976: Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität, *AFJZ* 147:54–58.
- GUBKA, K., 2005: Súčasný stav a tendencie vývoja porastu v národnej prírodnej rezervácii Mláčik. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 47:181–194.
- KORPEL, Š., 1989: *Pralesy Slovenska*, Veda Bratislava, 332 p.
- KUCBEL, S., 2011: *Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier*, TU Zvolen, 138 p.
- KUCBEL, S., SANIGA, M., JALOVIAR, P., VENCURIK, J., 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the northwestern Carpathians: A 40-years perspective, *For. Ecol. Manage.* 264:125–133.
- LATHAM, P.A., ZUURING, H.R., COBLE, D.W., 1998: A method for quantifying vertical forest structure, *For. Ecol. Manage.* 104:157–170.
- MEYER, P., KRÜGER, A.W., STEFFENS, R., UNKRIG, W., 2006: *Naturwälder in Niedersachsen: Schutz und Forschung*, NFV Göttingen, 339 p.
- PARVIAINEN, J., 2005: Virgin and natural forests in the temperate zone of Europe, *For. Snow Landscape Res.* 79:9–18.
- PICHLER, V., HOMOLÁK, M., SKIERUCHA, W., PICHLEROVÁ, M., RAMÍREZ, D., GREGOR, J., JALOVIAR, P., 2011: Variability of moisture in coarse woody debris from several

- ecologically important tree species of the Temperate Zone of Europe. *Ecology*, in press.
- PITTNER, J., 2007: Štruktúrálna diverzita smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. In: Saniga, M., Jaloviari, P., Kucbel, S., (eds): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia*, TU vo Zvolene, p. 42–348.
- PITTNER, J., 2008: Štruktúrálna diverzita a ekologická stabilita smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. [dizertačná práca], TU Zvolen, 124 p.
- RIMARČÍK, M., 2007: *Štatistika pre prax*, 200 p.
- SANIGA, M., JALOVARI, P. 2002: *Dynamik des Totholzanteils im Rahmen des Entwicklungszyklus in den ausgewählten Urwäldern der Slowakei*. Vedecké štúdie 2/2002/A, TU vo Zvolene, 49 p.
- ŠÁLY, R., KRIŽOVÁ, E., PETRÍK, M., MIHÁLIK, A., 1991: *Ecosystem study of the fir-beech stand in the Mláčik state nature reserve*. Vedecké a pedagogické aktuality I/1991, TU Zvolen, 162 p.
- ŠKVARENINA, J., ŠKVARENINOVÁ, J., SNOPOKOVÁ, Z., KOVÁČIK, M., STŘELCOVÁ, K., 2006: Fenologické prejavy listnatých lesných drevín v horskom pralesovom ekosystéme jedľobučiny v Kremnických vrchoch. ROŽNOVSKÝ J., LITSCHMANN T., VYSKOT I. (eds): *Fenologická odezva proměnlivosti podnebí*. Brno [cit. 10. apríla 2012]. Dostupné na <http://www.cbks.cz/sbornik06/prispevky/Skvarenina.pdf>.
- VENCURIK, J., 2004: Dynamika výškových presunov jedle v spodnej vrstve výberkového lesa v oblasti Oravských Beskýd. *Beskydy* 17:95–102.
- VENCURIK, J., 2006: Dynamika výškového rastu stromov v dolnej vrstve výberkového lesa v orografickom celku Volovské vrchy. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 48:171–182.
- VENCURIK, J., 2007: Výškový rast smreka a jedle v dolnej vrstve výberkového lesa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 49(1):173–184.
- ZRAK, J., JALOVARI, P., 2009: Svetelné pomery v bukovom prírodnom lese NPR Badín. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 51(1):55–67.

ŠTRUKTÚRA BUKOVÝCH PORASTOV V EKOTÓNE HORNEJ HRANICE LESA V ĎUMBIERSKÝCH NÍZKYCH TATRÁCH

THE STRUCTURE OF THE EUROPEAN BEECH (*FAGUS SYLVATICA* L.) FOREST STANDS
AT TREELINE ECOTONE IN ĎUMBIERSKE NÍZKE TATRY

JÁN MIČOVSKÝ¹, KAROL GUBKA²

¹LESY Slovenskej republiky, š.p., OZ Slovenská Ľupča, Lesná správa Brusno, Oremlaz 410, 976 62 Brusno, Externý doktorand na Katedre pestovania lesa TU vo Zvolene, e-mail: jan.micovsky@gmail.com, ²Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

ABSTRACT

*In the study, the structure and spatial patterns of high altitude European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest stands at the treeline ecotone are analyzed. Data was collected from four 0.25 ha permanent research plots that are located at an altitude of 1300 to 1400 m established in two forest stands. For each woody stem with diameter above 5 cm, basic dendrometrical data and coordinates were measured. The structure and species diversity of forest stands were analyzed using the Gini index, the Shannon index, Clark-Evans aggregation index and the diameter differentiation Fuldner index.*

Key words: European beech, high-altitude forests, forest stand structure, Nízke Tatry

ABSTRAKT

V práci sa analyzuje štruktúra vrcholových bučín v ekotóne hornej hranice lesa. Predmetom výskumu sú štyri trvalé výskumné plochy (TVP) založené v dielcoch 2128 a 2252A na LHC Brusno-štátne, v roku 2011. Na plochách boli namerané základné dendrometrické veličiny, ktoré boli použité na hodnotenie a analýzu zmeny hrúbkovej a výškovej štruktúry porastu, priestorového usporiadania stromov a biodiverzity s narastajúcou nadmorskou výškou pomocou štruktúrnych indexov.

Kľúčové slová: *Fagus sylvatica*, horná hranica lesa, štruktúra porastu, Nízke Tatry

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Narastajúci spoločenský záujem o výskum porastov na hornej hranici stromovej vegetácie v súčasnosti súvisí najmä s ich mimoprodukčnými funkciami, a tak zatiaľ čo v minulých desaťročiach boli v popredí hlavne drevoprodukčné funkcie nižšie položených hospodárskych lesov, v súčasnosti sa spoločenskou prioritou stávajú nespochybniteľné environmentálne a ekologické funkcie vysokohorských lesov. Lesy v ekotóne hornej hranice lesa budú najmä v súvislosti s vodou ako strategickou surovinou pre 21. storočie zohrávať stále významnejšiu vodohospodársku funkciu. Bezzásahový režim hospodárenia v minulosti súvisel najmä s nedostupnosťou porastov na hornej hranici lesa, a keďže možnosť vedome ovplyvňovať tento ekotón fyto technickými zásahmi reálne existuje iba posledné decéniá, hypotézy

o význame a vplyve úpravy jeho štruktúry ostávajú doposiaľ neoverené. Snahy o stanovenie optimálnej, funkčne účinnej štruktúry porastov na hornej hranici lesa narážajú na viaceré nezodpovedané otázky, keďže samotná príčina vzniku hornej hranice lesa ostáva aj po vyše sto rokoch kontinuálneho skúmania tohto ekosystému stále nezodpovedaná (HOLTMEIER 2009, SMITH *et al.* 2003).

Väčšina definícií hornej hranice lesa sa vzťahuje k určitej minimálnej výške stromu alebo minimálnemu zápoju lesa (HOLTMEIER 2009). PLESNÍK (1971) definuje hornú hranicu lesa ako čiaru, ktorá spája najvyššie ležiace body ešte zapojeného súvislého lesa. Pritom za les považuje stromový porast s minimálnym zápojom korún 0,5, a min. rozlohou 10 árov, a za strom jedince, ktoré dosahujú výšku najmenej 5 m. HOLTMEIER (2009) definuje ekotón hornej hranice lesa ako biologickú hranicu, ktorá musí byť chápaná ako priestorový a časový jav, ktorý nezodpovedá iba lineárne sa meniacim teplotám alebo iným environmentálnym faktorom. Ako uvádza ARMAND (1992) *in* KÖRNER (1998), každá prírodná hranica je v skutočnosti prestupová zóna, ktorá má svoje dve hranice. Tie sú opäť prestupnými zónami s ich vlastnými hranicami, a tak ďalej donekonečna. Lokalizácia prírodnej hranice je v princípe nepresná, preto je určená iba na základe konvencie (KÖRNER 1998, KORPEL 1991).

Cieľom príspevku je prezentácia výsledkov analýzy diferencovanej štruktúry bukových porastov v ekotóne hornej hranice lesa v Ďumbierskych Nízkych Tatrách na príklade dvoch porovnateľných dielcov.

MATERIÁL A METODIKA

Výskum vrcholových bučín sa uskutočnil v Ďumbierskom podcelku Národného parku Nízke Tatry, na LHC Slovenská Ľupča, LC Brusno-štatne. Základný súbor pre výber výskumných plôch predstavoval porasty tvoriace hornú hranicu lesa na danom LC, z ktorého sa vyčlenili dielce zaradené do HSLT 618 vrcholové bučiny, ktoré predstavujú 19 % zo základného súboru. V roku 2011 bola zvolená dvojica dielcov – 2128 a 2252A, ktorá je porovnateľná z hľadiska porastového zloženia, veku, expozície, sklonu, nadmorskej výšky a pôvodu porastu. V každom z dielcov boli založené 2 trvalé výskumné plochy (TVP), každá s rozmermi 50 m × 50 m. TVP na seba priamo nadväzujú od horného okraja ekotónu hornej hranice lesa, a spolu tvoria transekt dlhý 100 m, s dlhším okrajom po spádnici. Dielce patria do kategórie ochranných lesov, subkategórie b – vysokohorské lesy pod hornou hranicou stromovej vegetácie, funkčný typ BC – protierózno-vodohospodársky. Typologicky sú začlenené do skupiny lesných typov Fagetum humile (F hum v) – zakrpatená bučina, lesný typ 6221 – horské bučiny obmedzeného vzrastu, a SLT Fageto-Aceretum humile (Fac hum v), lesný typ 6411 – nízka buková javorina, v systéme Natura 2000 klasifikované ako javorovo-bukové horské lesy.

Dielec 2252A je dvojetážový, nachádza sa v nadmorskej výške 1 200 m n. m. – 1 400 m n. m., sú v ňom založené dve trvalé výskumné plochy – TVP I a TVP II. Podľa údajov PSoL 2010–2019 je výmera 1. etáže 17,23 ha, vek 160 r., zakmenenie 0,7, expozícia juh, drevinové zloženie bk 90, sm 10, zásoba 333 m³. ha⁻¹. Výmera 2. etáže je 3,45 ha, drevinové zloženie bk 100, vek 10 r., zakmenenie 0,2. Pôdny typ podzoly, pôdna jednotka podzoly modálne a humusovo–železité, sprievodné

podzoly organozemné, litozeme a rankre z ľahších zvetralín kyslých hornín. Geologický podklad tvoria muskoviticko-biotitické granodiority až granity (prašivský typ) (BIELY *et al.* 1992).

Dielec 2128 je dvojetážový, nachádza sa v nadmorskej výške 1 250–1 400 m n. m., sú v ňom založené TVP III a TVP IV. Podľa údajov PSOL 2010–2019 je výmera 1. etáže 8,62 ha, vek 160 r., zakmenenie 0,5, expozícia juh, drevinové zloženie bk 70, sm 15, sc 15, zásoba 219 m³. ha⁻¹. Výmera 2. etáže je 2,59 ha, drevinové zloženie bk 100, vek 5 r., zakmenenie 0,3. Pôdy podzly, geologický podklad tvoria biotitické a dvojsľudné ruly s páskovanou textúrou (BIELY *et al.* 1992). Dielec má vzhľad bukového prírodného lesa v štádiu optima. Pri identifikácii pralesov na Slovensku bol zaradený medzi pôvodné porasty pralesovitého charakteru (JASÍK a POLÁK 2011).

Podľa údajov z lesnej hospodárskej evidencie za posledné tri decéniá bol v dieľci 2128 v decéniu 90–99 predpísaný účelový výber 200 m³ buka. Dielec 2252A je dlhodobo bez zásahu. Porasty boli sprístupnené v 90-tych rokoch, z čoho možno usudzovať, že sa dlhodobo vyvíjali bez hospodárskeho, fyto technického ovplyvňovania človekom.

V roku 2011 boli na každej TVP v systéme vektorov X, Y, zaznamenané a číselne farebne označené všetky stromy s hrúbkou $d_{1,3} \geq 5$ cm. Na označených stromoch boli namerané:

- ✓ Priemer stromov vo výške 1,3 m v cm ($d_{1,3}$),
- ✓ Výšky stromov s presnosťou na 0,5 m (ultrazvukový výškomer Vertex III),
- ✓ Výšky nasadenia korún s presnosťou na 0,5 m (ultrazvukový výškomer Vertex III),
- ✓ Poloha stromov v systéme vektorov X, Y (s presnosťou na 0,1 m),
- ✓ Vertikálny priemet korún v systéme vektorov X_1 – X_4 s presnosťou na 0,1 m.

Objem stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch, ako aj celková zásoba porastu bola počítaná pomocou metódy klasických objemových dvojjargumentových tabuliek, kde chyba z titulu vlastného výpočtu zásoby so 68 % pravdepodobnosťou neprekročí hranicu 1 %.

Namerané dendrometrické veličiny boli využité pri výpočtoch potrebných na popis štruktúrálnej diverzity porastov, ktorá sa vyhodnotila na základe indexu agregácie Clark and Evans (1954) – horizontálna štruktúra porastu, Giniho koeficienta (1921) – vertikálna štruktúra porastu, Földnerovho (1995) indexu hrúbkovej diferenciacie a Shannonovho indexu H' (SHANNON, WEAVER 1949) – biodiverzita.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hodnoty základných porastových veličín (tab. 1) varirujú medzi jednotlivými TVP v rámci transektov (rozdielne nadmorské výšky), ako aj medzi porovnávanými dieľcami (rovnaké nadmorské výšky).

V oboch dieľcoch je základnou drevinou buk (*Fagus sylvatica* L.), ktorého zastúpenie na plochách je v rozmedzí 83 % až 99 %. V dieľci 2252A je vtrúsený smrek obyčajný (*Picea abies* L.). Dielec 2128, ktorý má vzhľad blízky štruktúre

prírodného lesa, je druhovo bohatší. Okrem buka ho tvorí jednotlivá prímes smreka obyčajného (*Picea abies* L.), smrekovca opadavého (*Larix decidua* Mill.) a javora horského (*Acer pseudoplatanus* L.).

Tabuľka 1: Základné parametre výskumných plôch

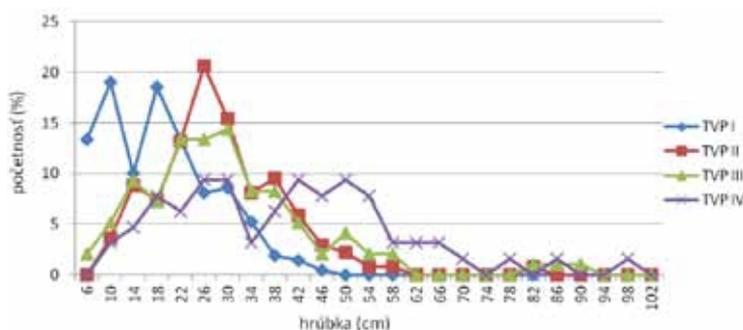
Table 1: Basic parameters of research plots

¹Dielec	2252A		2128	
	TVP1	TVP2	TVP3	TVP4
²Počet jedincov $d_{1,3} \geq 5$ cm (ks.ha ⁻¹)	840	544	388	256
³Variačné rozpätie hrúbok (cm)	5,0–47,0	11,0–82,0	5,0–90,0	9,0–100,0
⁴Horná výška (m)	21,0	31,0	28,5	27,5
⁵Kruhová základňa (m².ha ⁻¹)	27,92	39,94	34,82	38,85
⁶Zásoba dielca (m³.ha ⁻¹)	171	385	249	386
⁷Zápoj (%)	79	73	32	31

¹forest stand, ²density with dbh $d_{1,3} \geq 5$ cm, ³stem diameter range, ⁴dominant height, ⁵basal area, ⁶growing stock, ⁷canopy cover

Pre obidva dielce je charakteristická vyššia početnosť jedincov s hrúbkou $d_{1,3} \geq 5$ cm na horných plochách (TVP I a TVP III). Najvyššia početnosť jedincov (840 ks.ha⁻¹) je na hornej ploche (TVP I) v rámci tranzektu v dielci 2252A. Ide zároveň o plochu s najnižšou zásobou 171 m³.ha⁻¹. Najnižšia početnosť jedincov (256 ks.ha⁻¹) sa nachádza na spodnej ploche (TVP IV) v dielci 2128, ktorá má zároveň najvyššiu zásobou 386 m³.ha⁻¹.

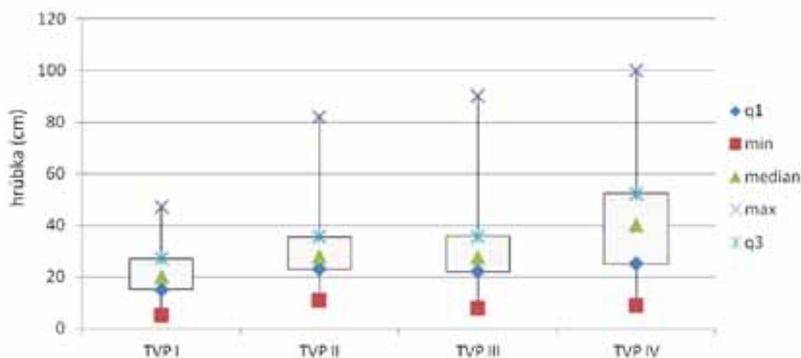
Z hľadiska hrúbkovej štruktúry sme zistili značnú hrúbkovú diferenciáciu na všetkých plochách. Hrúbky varujú menej v dielci 2252A, dielec 2128 je hrúbkovo diferencovanejší. Na TVP I je najmenšie rozpätie hrúbok, na TVP IV najväčšie rozpätie hrúbok spomedzi všetkých porovnávaných plôch. Pri porovnaní horných plôch jednotlivých dielcov sme zistili, že na TVP IV je polovica jedincov hrubších ako 40 cm, zatiaľ čo na TVP II 75 % jedincov dosahuje hrúbku maximálne 35,5 cm. Hrúbkové rozpätie 25 % najtenších jedincov je pri porovnaní horných plôch približne rovnaké (hrúbky 23 cm a 25 cm). V prípade oboch dielcov je väčšie rozpätie hrúbok na spodných plochách.



Obrázok 1: Frekvenčný polygón rozdelenia početností podľa $d_{1,3}$

Figure 1: Diameter distributions of research plots

Terénne merania v obidvoch dielcoch dokazujú tendenciu zvyšovania porastovej zásoby s poklesom nadmorskej výšky v ekotóne hornej hranice lesa. Na väčšej zásobe dolných TVP sa podieľa menší počet jedincov vo vyšších hrúbkových stupňoch, čo dokazuje aj vyššia kruhová základňa na spodných plochách (TVP II a TVP IV). Rozdielny charakter porovnávaných dielcov dokazuje vyššia porastová zásoba v dielci 2128, ktorá je tvorená nižším počtom jedincov.



Obrázok 2: Porovnanie hrúbkovej štruktúry buka na jednotlivých TVP

Figure 2: Comparison of European beech diameter structure at research plots

17 % smreka na TVP I sa nachádza v porastových medzerách buka (obr. 3). Jedince buka na tejto ploche dosahujú najmenšiu priemernú hrúbku $22,77 \pm 8,91$ cm. Krivka rozdelenia hrúbkových početností má dvojvrcholový tvar (obr. 1), pričom prvý vrchol tvoria jedince smreka $d_{1,3}$ 10 cm, a druhý vrchol jedince buka $d_{1,3}$ 18 cm. Nie je zastúpený hrúbkový stupeň 14 cm. Krivka rozdelenia hrúbkových početností na TVP II je ľavostranne asymetrická s max. 26 cm (obr. 1). Dolná TVP II je v rámci transektu druhovo homogénnejšia ($H'_{TVP II} < H'_{TVP I}$), a je zároveň najhomogénnejšia zo všetkých skúmaných plôch. Shannonov index biodiverzity $H'_{TVP II} = 0,043$ resp. 0,092 (tab. 2).

Tabuľka 2: Štruktúra dielca 2252A

Table 2: Structure of forest stand 2252A

	TVP I		TVP II	
	BK ⁶	SM ⁷	BK ⁶	SM ⁷
² Počet jedincov (ks)	175	35	135	1
³ Priemerná hrúbka kmeňa (cm)	$22,77 \pm 8,91$	$8,19 \pm 2,25$	$30,82 \text{ cm} \pm 10,69$	49,00 cm
⁴ Štíhlostný koeficient h/d	$0,58 \pm 0,16$	$0,46 \pm 0,12$	$0,66 \pm 0,15$	0,52
⁵ Priemerná korunovosť	$47,92 \pm 15,33$	$25,88 \pm 5,46$	$50,03 \pm 13,89$	75,88
Clark and Evans: R	0,671		0,703	
R(korr.n.Donelli)	0,651		0,677	
Shannon-Index (N-počet jedincov)	0,451		0,043	
Shannon-Index (G-kruhová základňa)	0,118		0,092	
Füldnerov Index	0,336		0,293	
Giniho koef.	0,236		0,140	

¹tree species, ²stem density, ³mean stem diameter, ⁴slenderness, ⁵crown ratio, ⁶beech, ⁷spruce

Horná plocha (TVP III) v rámci tranzektu v dielci 2128, je podobne ako v dielci 2252A, početnejšia ako dolná plocha (TVP IV). Je druhovo najbohatšia zo všetkých evidovaných plôch, s 93 % zastúpením buka, jednotlivou prímесou smreka 3 %, smrekovca 3 % a javora 1%. Najvyššiu druhovú biodiverzitu potvrdzujú maximálne hodnoty Shannonovho indexu biodiverzity H' (tab. 4). V rámci tranzektu v dielci 2128 je TVP IV hrúbkovo diferencovanejšia, a je zároveň najdiferencovanejšia výskumná plocha zo všetkých meraných plôch s variačným rozpätím hrúbok 9 cm až 100 cm. Maximálnu hrúbkovú diferenciáciu potvrdzuje index hrúbkovej diferenciácie podľa FÜLDNERA (1995) $T = 0,343$. Krivka rozdelenia hrúbkových početností na TVP IV má dvojvrcholový tvar, s maximami v $d_{1,3} = 30$ cm a $d_{1,3} = 50$ cm (obr. 1). Nie sú zastúpené 4 hrúbkové stupne, výraznejšie chýba zastúpenie hrúbkového stupňa 34. Rozdelenie hrúbkových početností na TVP III je ľavostranne asymetrické s max. 30 cm. Na základe indexu agregácie Clark-Evans sa sklon k zhľukovaniu sa jedincov pri štatistickom overovaní preukázal ako štatisticky významný iba na TVP III v rámci tranzektu. Na TVP IV sa preukázal ako štatisticky nevýznamný, preto budeme rozmiestnenie stromov na spodnej ploche považovať za náhodné.

Tabuľka 3: Štruktúra dielca 2128

Table 3: Structure of forest stand 2128

	TVP III				TVP IV		
	BK ⁶	SM ⁷	SC ⁸	JH ⁹	BK ⁶	SM ⁷	JH ⁹
¹ Počet jedincov (ks)	90	3	3	1	60	1	3
² Priemerná hrúbka kmeňa $d_{1,3}$ (cm)	32,57 ± 14,20	58,98 ± 34,88	50,00 ± 0	16,00	44,72 ± 19,51	48	41,96 ± 11,67
³ Stíhlostný koeficient h/d	0,61 ± 0,20	0,41 ± 0,07	0,41 ± 0,10	0,44	0,48 ± 0,14	0,52	0,36 ± 0,08
⁴ Priemerná korunovosť	57,30 ± 11,81	73,33 ± 2,67	62,96 ± 9,44	42,86	56,28 ± 14,32	0,6	57,21 ± 12,11
Clark and Evans: R		0,633				0,936	
R (korr. n. Donelli)		0,606				0,886	
Shannon-Index (N – počet jedincov)		0,332				0,269	
Shannon-Index (G – kruhová základňa)		0,559				0,262	
Füldnerov Index		0,323				0,343	
Giniho koef.		0,190				0,183	

¹tree species, ²stem density, ³mean stem diameter, ⁴slenderness, ⁵crown ratio, ⁶beech, ⁷spruce, ⁸larch, ⁹maple

ZÁVER

Na základe vyhodnotenia nameraných dendrometrických veličín možno skonštatovať, že s narastajúcou nadmorskou výškou sa zväčšuje zhľukovanie sa jedincov. Potvrdzujú to vypočítané hodnoty indexu agregácie Clark-Evans (1954), ktoré sa preukázali ako štatisticky významné pri štatistickom overovaní pomocou t-testu s 99,9 % spoľahlivosťou pri všetkých TVP okrem TVP IV.

S narastajúcou nadmorskou výškou klesá zásoba porastu, ktorá bola v oboch prípadoch nižšia na horných TVP a stúpa počet jedincov.

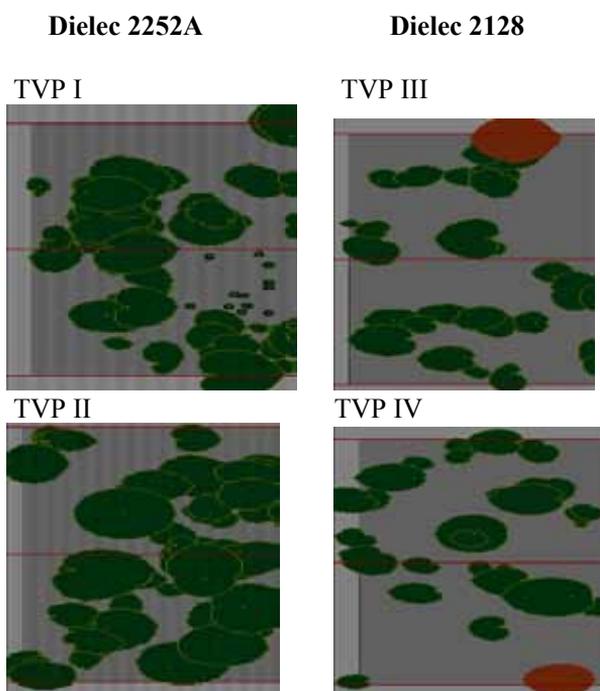
Na základe hodnôt indexu hrúbkovej diferenciácie podľa FÜLDNERA (1995), boli jednotlivé TVP zatriedené do štyroch klasifikačných tried podľa KUCBELA (2011). Hodnota indexu môže byť v rozmedzí od 0 (v prípade hrúbkovo homogénneho porastu) do 1 (v prípade úplne hrúbkovo diferencovaného porastu). Všetky evidované plochy, okrem TVP II, sme zatriedili do stupňa stredne hrúbkovo diferencovaných porastov ($0,3 \leq T \leq 0,5$). TVP II sme zaradili do triedy nízkej hrúbkovej diferenciácie ($T < 0,3$). Maximálna evidovaná hodnota indexu $T = 0,343$ je na TVP IV. Na

základe hodnôt indexu možno pokladať dielec 2128 za hrúbkovo diferencovanejší.

Na základe škály na hodnotenie výsledkov Shannonovho indexu biodiverzity (JURKO 1990) sme všetky TVP zatriedili do kategórie porastov s mimoriadne nízkou biodiverzitou ($H' < 0,5$). Druhovo homogénnejšie boli dolné plochy ($H'_{TVP II} = 0,043$, $H'_{TVP IV} = 0,269$) oproti horným plochám ($H'_{TVP I} = 0,451$ a $H'_{TVP III} = 0,332$). Na základe hodnôt Shannonovho indexu možno pokladať porast 2128 za druhovo diverzifikovanejší.

Na zhodnotenie stupňa vertikálnej diferencovanosti jednotlivých TVP bol využitý Giniho koeficient, ktorého hodnota by sa v prípade výškovo úplne homogénneho porastu rovnala 0. Na základe jeho hodnôt možno v oboch dielcoch skonštatovať väčšiu výškovú diferencovanosť na horných plochách. Výškovo najdiferencovanejšia bola TVP I. V dieleci 2252A bol v porovnaní s dielcom 2128 väčší rozdiel výškovej diferencovanosti medzi jednotlivými TVP. Dielec 2128 je v porovnaní s dielcom 2252A výškovo nivelizovanejší, zmena výškovej štruktúry s narastajúcou nadmorskou výškou je však v tomto dieleci menej výrazná.

Analýza štruktúry vrcholových bučín v ekotóne hornej hranice lesa potvrdila roz-



Obrázok 3: Porastový profil
Figure 3: Stand profile

diel hrúbkovej štruktúry, výškovej štruktúry, priestorového usporiadania stromov na ploche porastu, ako aj rozdielne porastové zloženie (biodiverzitu) s narastajúcou nadmorskou výškou. Rovnako boli zaznamenané rozdiely v štruktúre porovnávaných dielcov. Keďže vplyv fyto technických opatrení a hospodárskych zásahov bol v oboch dielcoch zanedbateľný, diferencovanú štruktúru ekotónu hornej hranice lesa na daných dielcoch možno pripísať rozdielnym podmienkam prostredia. Na základe diferencovanej štruktúry porovnateľných dielcov nachádzajúcich sa v rovnakej nadmorskej výške možno predpokladať, že na štruktúru ekotónu hornej hranice lesa majú okrem faktorov klímy výrazný vplyv aj faktory prostredia. Štruktúra porastov mohla byť do určitej miery ovplyvnená aj pastvou

dobytku v minulosti, ktorý má podľa SVOBODU a PAGANA (1965) vplyv na rast a vývoj stromov, a ktorý sa podľa týchto autorov môže prenášať aj na potomstvo.

LITERATÚRA

- ARMAND, A., D., 1992: Sharp and gradual mountain timberlines as a result of species interaction.
- In: Hansen AJ, Castri F di (eds) Landscape boundaries. Consequences for biotic diversity and ecological flows (Ecological studies 92). Springer, Berlin Heidelberg New York, 360±378. In C. Körner, *A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation*, *Oecologia* (1998) 115:445±459.
- BIELY, A., BEŇUŠKA, P., BEZÁK, V., BUJNOVSKÝ, A., HALOUZKA, R., IVANIČKA, J., KOHÚT, M., KLINEC, A., LUKÁČIK, E., MAGLAY, J., MIKO, O., PULEC, M., PUTIŠ, M., VOZÁR, J., 1992: *Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000*, Bratislava, GÚDŠ.
- CLARK, PH. J., EVANS, F. C., 1954: Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations, *Ecology*, 35(4): 445–453.
- FÜLDNER, K., 1995: *Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern*, PhD thesis Forstl Fak Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen: 146 str.
- HOLTMEIER, F., K., 2009: *Mountain Timberlines: Ecology, Patchiness, and Dynamics*, Springer Science + Business Media B.V., Berlin, 437 str.
- JASÍK, M., POLÁK, P., (eds.), 2011: *Pralesy Slovenska*. FSC Slovensko, Banská Bystrica, 228 str.
- KORPEL, Š., 1991: *Pestovanie lesa*, *Príroda*, Bratislava, 472 str.
- KÖRNER, CH., 1998: A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation, *Oecologia*, 115:445–459.
- KUCBEL, S., 2011: *Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier*, Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 138 str.
- PLESNÍK, P., 1971: *Horná hranica lesa vo Vysokých a Belianskych Tatrách*, SAV Bratislava, 240 str.
- SHANNON, C., WEAVER, W., 1949: *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 187 str.
- SMITH, GERMINO, HANCOCK, JOHNSON, 2003: Another perspective on altitudinal limits of alpine timberlines, *Tree Physiology* 23, str. 1101–1112.
- SVOBODA, P., PAGAN, J., 1965: *Lesnícka dendrológia II*, Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava, 392 str.

**DYNAMIKA ŠTRUKTÚRY A REGENERAČNÉ PROCESY
VÝBERKOVÉHO LESA V OROGRAFICKOM CELKU VOLOVSKÉ VRCHY**

**DYNAMICS STRUCTURE AND REGENERATION PROCESSES OF SELECTION FOREST
IN OROGRAPHICAL DISTRICT VOLOVSKÉ VRCHY**

SERGEJ PLACHETKA

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The main aim of this study is to compare the model structure of selection forest in LHC Mníšek nad Hnilcom. The object of interest is located in Volovskej vrchy orographical district, group of forest types Fagetum abietino-piceosum. The analysis of diameter structure appoints to significant approach to model structure with $d_{1,3}$ 70 cm. The stand has typical selection forest structure, the fir is dominant. Fir shares 324 pcs. ha^{-1} (49%), partly refills the lower and middle stand level of selection forest. Spruce represents 88 pcs. ha^{-1} (32%) and complete fir in construction selected structure in all three levels. The pine due to its sunlight requirements refills the upper level. In spite of this fact the pine will continuously disappear from stand structure due to selection cut. Nevertheless the parameters of canopy cover, the natural regeneration structure both of analyzed sub-districts appoints to appropriate dynamics of regeneration processes. It ensures suitable conditions to continuous shift of individuals to first recordable diameter class of selection structure model.

Keywords: selection forest, canopy cover, regeneration structure

ABSTRAKT

Obsahom príspevku je overenie modelu výberkového lesa v skupine lesných typov Fagetum abietino-piceosum na LHC Mníšek nad Hnilcom v orografickom celku Volovskej vrchy. Rozbor hrúbkovej štruktúry poukazuje na skutočnosť významnejšieho priblíženia sa k nadstavenému modelu s cieľovou hrúbkou 70 cm. Porast má výberkovú štruktúru, nositeľkou ktorej je drevina jedľa. Svojím podielom 324 ks ha^{-1} (49 %) tvorí najmä strednú a dolnú vrstvu výberkového lesa. Smrek svojím zastúpením 88 ks ha^{-1} (32 %) dopĺňa jedľu vo výstavbe výberkovej štruktúry vo všetkých troch vrstvách. Borovica, ktorá svojimi ekologickými nárokmi na svetlo vyplňa hornú a strednú vrstvu výberkového lesa sa postupne zo štruktúry výberkovým rubom stratí. Zo štruktúry prirodzenej obnovy vyplýva, že jej dynamika aj pri danom plošnom zápoji je dobrá a vytvára predpoklady pre pravidelný presun a dopĺňovanie jedincov do prvej evidovateľnej hrúbky v rámci modelu výberkového lesa

Kľúčové slová: model výberkového lesa, plošný zápoj, prirodzená obnova.

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Cieľom lesného hospodárstva je trvalo udržateľné obhospodarovanie lesa a zabezpečenie proporcionálneho využívania všetkých funkcií lesov vrátane produkčnej a environmentálnej. Základným predpokladom pre splnenie tohto cieľa je dosiahnutie proporcionálneho zastúpenia pôvodných stanovištných vhodných druhov drevín, pretože iba vhodné drevinové zloženie porastov je základnou podmienkou vytvárania stabilných lesných ekosystémov.

Z tohto dôvodu sa pestovné koncepcie prírode blízkeho pestovania lesa stávajú podstatnou formou pri obhospodarovaní lesov Európy SANIGA (2009). Jednou z uvedených koncepcií je výberkový hospodársky spôsob a jeho produkt výberkový les.

Výberkové lesy nachádzajúce sa v orografickom celku Volovské vrchy (LHC Mníšek nad Hnilcom) spadajú do 5. jedľovo-bukového a 6. smrekovo-bukovo-jedľového vegetačného stupňa, kde je podľa autorov KORPEL & SANIGA (1993) uplatňovanie výberkového princípu najmenej problematické. Výberkové porasty, uvedeného orografického celku zároveň patria medzi najproduktívnejšie na Slovensku, s modelovou zásobou v rozpätí 450–500 m³ na 1 ha s cieľovou hrúbkou $d_{1,3}$ až 74 cm SANIGA & BRUCHANIK (2009).

Výberkové lesy sú stabilné lesné ekosystémy, ktoré majú v porovnaní s inými porastovými formami veľkú rezistenciu voči škodlivým faktorom počasia a škodám spôsobeným hmyzom a hubami HOLUBČÍK (1960), BACHOFEN (1999).

Výberkový les je podľa SCHÜTZA (1996) vhodným príkladom biologickej racionalizácie. Regulácia sa dosahuje cez takzvaný výberkový rub, ktorý podľa LEIBUNDGUTA (1946), plní všetky funkcie prirodzenej obnovy, vývoja, formovania štruktúry a výchovy.

Ťažba, ktorá je vo výberkovom lese reprezentovaná výberkovým rubom sa teoreticky zdôvodňuje pomocou kontrolných metód HOLUBČÍK (1960), KADAVÝ & KNEIFL (2008).

V číselnom vyjadrení sa jedná o krivku hrúbkových početností. Sklon krivky a počet stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch je daný cieľovou hrúbkou a optimálnou zásobou na hektár zohľadňujú dynamiku prirodzenej obnovy. Kontrola na určitej plošnej jednotke sa zakladá v porovnaní skutočnej krivky hrúbkových početností s tzv. krivkou vzorovou. Skutočná krivka hrúbkových početností zobrazuje vzťah medzi počtom stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch a hrúbkovými stupňami odvodenými z priemerkovania. Vzorová krivka zobrazuje hrúbkovú početnosť vzorových typov lesa, takzvané modely lesa.

SCHÜTZ (2001) uvádza, že pre praktické uplatnenie je nevyhnutné, teoretický model rovnovážneho stavu premietnuť do vizuálnej podoby ako konkrétny typ ideálnej štruktúry, na základe ktorej sa vytýčia pestovné opatrenia. Pre dlhodobé udržanie vyváženej výberkovej štruktúry je nevyhnutná prirodzená obnova, ktorá vzniká v malých, nepravidelne rozmiestnených hlúčikoch na celej ploche porastu (KORPEL & SANIGA 1993, SCHÜTZ 1989).

Určenie plošného podielu prirodzenej obnovy vo výberkovom lese vychádza podľa KORPELA & SANIGU (1993) z poznania prirodzenej obnovy v prírodných lesoch v rovnakých stanovištných podmienkach. O koľko sa skracaje produkčný cyklus obhospodarovaného výberkového lesa, v porovnaní s prírodným lesom, o toľko sa má zväčšiť plošný podiel prirodzenej obnovy vo výberkovom lese. Zatiaľ čo v prírodnom lese predstavuje plošný podiel prirodzenej obnovy približne 15–20 %, vo výberkovom lese je to cca. 50 % z celkovej plochy porastu.

Z výsledkov pozorovania podľa Duca (2000), ktoré uskutočnil vo výberkovom lese COUVET sa prirodzená obnova najčastejšie vyskytuje v zoskupení malých plôšok, ktoré sú asymetricky rozmiestnené po ploche porastu. Prirodzená obnova sa tu najčastejšie objavuje o veľkosti plôšok 1 až 3 are. Ich početnosť, hustota sa pohybuje v rozpätí 0 až 13 skupín na ploche hektára. Vzdialenosť medzi týmito plôškami prirodzenej obnovy sa pohybuje od 15 až 50 metrov, najčastejšie vo vzdialenosti 20 m.

Rozsah a dynamika prirodzenej obnovy, ako aj jej odrastanie, sú vo veľmi úzkom vzťahu k výške zásoby porastu, jej rozdeleniu po hrúbkových stupňoch, hustote stromov hornej a strednej vrstvy a svetelným pomerom v dolnej vrstve KORPEL & SANIGA (1993).

Z uvedeného vyplýva, že formovanie porastovej štruktúry je potrebné orientovať cez výberkový rub tak, aby väčšina plochy výberkového lesa mala podmienky prirodzenej obnovy na úrovni juvenilnej fázy a len malá časť na úrovni optimálnej fázy obnovy. Uvedený stav sa dosiahne postupne pomalším odoberaním porastovej zásoby tým, že sa odoberie menej ako je naakumulovaný objemový prírastok. V takomto prípade nastane vyššie využitie produkčného disponibilného priestoru a plošného zápoja. Stanovená zásada je reálna a platná vo výberkových lesoch do nadmorskej výšky 1 000–1 100 m SANIGA & SZANYI (1998). Plošný zápoj porastov v rozpätí 1,01–1,66, spolu s produkčným využitím disponibilného priestoru porastu do 22,2 %, vytvára vhodné ekofyziologické podmienky pre dobrú dynamiku prirodzenej obnovy, bez jej stagnácie.

Cieľom príspevku je analyzovať:

- skutočnú hrúbkovú štruktúru a rozdelenie zásoby výberkového lesa,
- regeneračné procesy jednotlivých drevín z pohľadu biologickej automatizácie výberkového lesa,
zhodnotiť:
- navrhnutý model výberkového lesa.

MATERIÁL A METODIKA

Predmetom výskumu bol dielec 606, ktorý sa nachádza na území LHC Mníšek nad Hnilcom v orografickom celku Volovské vrchy vo východnej časti Slovenského Rudohoria. Priemerné klimatické pomery uvedenej oblasti charakterizujú priemerné ročné zrážky 950 mm, priemerná ročná teplota 6,6 °C s priemerom najteplejšieho mesiaca júla 16,9 °C a najstudenšieho januára – 4,3 °C SANIGA & BRUCHANIK (2009).

Pôdotvornú horninu tvoria prevažne kryštalické bridlice, fylity, ktoré rýchlo zvetrávajú a vytvárajú pôdy prevažne hlinitého rázu s prímесou bridličnatého, fylitového štrku. Uvedený porast patrí do kategórie lesov osobitného určenia pod vplyvom imisií.

Dielec 606 typologicky patrí skupine lesných typov (slt) *Fagetum – abietino – piceosum*. Expozícia severovýchodná so sklonom 40 %. Zastúpenie drevín : borovica 29 %, smrek 12 %, jedľa 49 %, buk 10 %.

Meranie sa uskutočnilo na trvalej výskumnej ploche (TVP), s rozmermi 50×50 m (0,25 ha). Na TVP bol založený tranzekt o rozmeroch 10 × 50 m pre podrobné sledovanie dynamiky prirodzenej obnovy a ďalších charakteristík štruktúry výberkového lesa. Na tranzekte sa evidovali všetky stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 2 cm. Na ostatnej ploche TVP(mimo tranzekt) sa evidovali stromy s hrúbkou nad 8 cm.

Na tranzekte boli merané nasledovné biometrické znaky:

- výška stromu (h) a výška nasadenia koruny (h_z), (s presnosťou na 0,5 m),
- hrúbka $d_{1,3}$ (s presnosťou na 1 mm),
- parametre korún stromov $x_1 - x_4$ (s presnosťou na 0,1 m),
- prirodzená obnova podľa nasledovných kategórií:
 - semenáčky 1 ročné
 - 2 ročné
 - 3 ročné
 - 4 ročné
 - 5 ročné

jedince 6 ročné a staršie sa evidovali vo výškovom rozpätí:

- 21–50 cm vysoké jedince
- 51–80 cm vysoké jedince
- 81–130 cm vysoké jedince
- od 131 cm do hrúbky $d_{1,3} = 2$ cm
- jedince s hrúbkou $d_{1,3} = 2,1$ až 7,0 cm

Na TVP mimo tranzekt bola na stromoch s hrúbkou $d_{1,3}$ nad 8 cm meraná:

- hrúbka $d_{1,3}$ (s presnosťou na 1 mm),
- výška stromov (s presnosťou na 0,5 m).

Uvedené biometrické znaky budú vyhodnotené z pohľadu porastovej štruktúry a regeneračných procesov výberkového lesa. Plošný zápoj sa vypočítal ak pomer súčtu plôch korunových projekcií k ploche tranzektu. Produkčný priestor bol vypočítaný ako pomer súčtu objemov korún stromov nachádzajúcich sa na tranzekte k objemu kvádra ohraničeného rozmermi tranzektu a jeho hornou porastovou výškou. Pri stanovení objemu korún boli použité nasledovné vzorce:

Pre ihličnaté dreviny (smrek, jedľa, smrekovec): $V = \pi / 12 \cdot (b^2 \cdot l)$

Pre listnaté dreviny (buk): $V = \pi / 8 \cdot (b^2 \cdot l)$

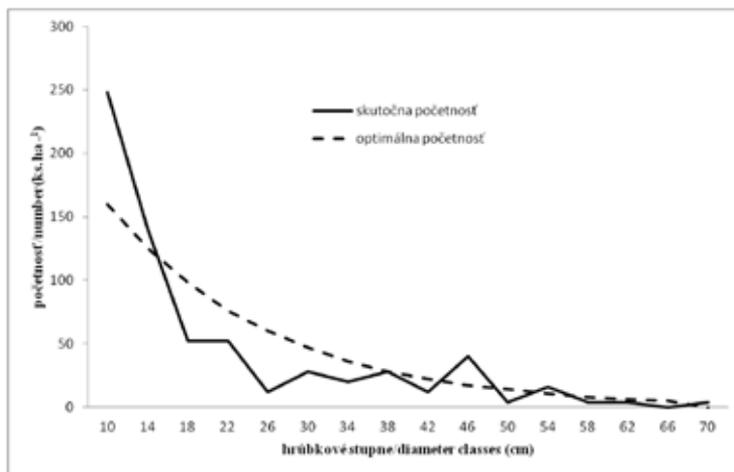
VÝSLEDKY

Hrúbková a objemová štruktúra

Pri hodnotení polygónu hrúbkových početností v dieľci 606 možno konštatovať, že doterajší zámer a realizácia výberkového rubu je správny a vytvára predpoklad postupného priblíženia sa nastavenému modelu výberkového lesa.

Nositelkou výberkovej štruktúry v uvedenom dieľci sa postupne stáva drevina jedľa, ktorá svojím počtom 324 ks .ha⁻¹ (49 %) tvorí najmä strednú a dolnú vrstvu výberkového lesa. Smrek svojím zastúpením 88 ks.ha⁻¹ (32 %) dopĺňa jedľu vo výstavbe výberkovej štruktúry vo všetkých troch vrstvách . Za pozitívum možno považovať prítomnosť buka o počte 124 ks. ha⁻¹ (10 %) v dolnej vrstve výberkového lesa. Borovica vyplní hornú a strednú vrstvu výberkového lesa, no v budúcnosti

sa nebude podieľať na tvorbe výberkovej štruktúry, keďže jej existencia v uvedenom poraste je limitovaná, a to prakticky len po vyťažení materských stromov, aj keď jej podiel na zásobe je dominantný (216,48 m³).



Obř. 1: Hrúbková štruktúra a navrhnutý model výberkového lesa LHC Mníšek nad Hnilcom (dielec 606)

Fig. 1: The real diameter structure and model structure of selection forest, LHC Mníšek nad Hnilcom (sub – compartment 606)

Jej postupný výber sa priaznivo odrazí pri produkčnom a funkčnom presadení jedle, smrek a buka na štruktúre výberkového lesa. Štruktúra odobratej zásoby vytvára predpoklad pre produkčné a funkčné presadenie sa jedle ako nositeľky výberkovej štruktúry.

V prípade zásobovej úrovne skúmaného porastu sa ukázalo, že jeho skutočná zásoba po prepočte na 1 ha je 338,42 m³. Nastavená zásoba má hodnotu 449,79 m³ a je vyššia o 111,37 m³ ako zistená skutočná zásoba na 1 ha. Príčinou poklesu porastovej zásoby v uvedenom dieleci bol výberkový rub realizovaný v rokoch 2004–2005, čím bola s porastu odobratá zásoba vo výške 398 m³, čo predstavuje 20 m³.ha⁻¹.

Tab. 1: Skutočná a optimálna početnosť, zásoba a kruhová základňa v dieleci 606 (prepočet na 1 ha)

Table. 1: The real and model numbers of trees, tree volume and basal area, sub – compartment 606 (calculation for 1ha)

Hrúbková trieda ¹	Dreviny ²																	
	Jedľa ³		Smrek ⁴		Borovica ⁵		Buk ⁶		spolu ⁷			spolu ⁷						
	skutočná ⁸															Optimálna ⁹ (A=160,q=1,28)		
	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	G(m ²)	N(ks)	V(m ³)	G(m ²)				
10	148	4,14	20	0,40	0	0,00	80	3,20	248	7,74	1,948	160	6,85	1,2566				
14	84	7,56	20	1,60	0	0,00	36	3,60	140	12,76	2,155	125	13,28	1,9242				
18	40	7,60	8	1,28	0	0,00	4	0,68	52	9,56	1,323	98	22,51	2,4938				
22	32	10,56	4	1,12	16	4,80	0	0,00	52	16,48	1,977	76	28,87	2,889				
26	4	2,08	4	1,72	4	1,92	0	0,00	12	5,72	0,637	60	33,34	3,1856				

Tab. 1: Pokračovanie

Table 1: Continued

Hrúbková trieda ¹	Dreviny ²													
	Jedľa ³		Smrek ⁴		Borovica ⁵		Buk ⁶		spolu ⁷			spolu ⁷		
	skutočná ⁸													
	Optimálna ⁹ (A=160,q=1,28)													
	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	N(ks)	V(m ³)	G(m ²)	N(ks)	V(m ³)	G(m ²)
30	0	0,00	16	10,08	8	5,84	4	2,20	28	18,12	1,979	47	36,55	3,3222
34	0	0,00	8	6,96	12	12,12	0	0,00	20	19,08	1,816	36	39,29	3,2685
38	0	0,00	8	8,88	20	26,20	0	0,00	28	35,08	3,176	28	39,62	3,1755
42	0	0,00	0	0,00	12	19,68	0	0,00	12	19,68	1,663	22	39,08	3,048
46	8	15,52	0	0,00	32	68,12	0	0,00	40	83,64	6,648	17	36,99	2,8252
50	0	0,00	0	0,00	4	10,40	0	0,00	4	10,40	0,785	14	35,12	2,7489
54	0	0,00	0	0,00	16	50,24	0	0,00	16	50,24	3,664	11	33,14	2,5192
58	4	13,28	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	13,28	1,057	8	30,54	2,1137
62	0	0,00	0	0,00	4	17,12	0	0,00	4	17,12	1,208	6	28,41	1,8114
66	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,000	5	26,2	1,7106
70	4	19,48	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	19,48	1,539	0	0	0
spolu	324	80,22	88	32,04	128	216,4	124	9,68	664	338,38	31,574	713	449,79	38,2924
%	49	24	13	9	19	64	19	3	100	100				

Explanatory notes: 1 – diameter class, 2 – tree species, 3 – Abies alba, 4 – Picea abies, 5 – Pinus silvestris, 6 – Fagus sylvatica, 7 – total, 8 real feature, 9 – optimal feature.

Plošný zápoj a regeneračné procesy

Hodnota plošného zápoja v dieľci 606 je 0,65 (tab.) Na hornú vrstvu pripadá 25,1 % podiel a je tvorená prevažne borovicou. Stredná vrstva, ktorú tvorí smrek, jedľa a buk predstavuje 10,9 % podiel. Najväčší podiel na plošnom zápoji predstavuje dolná vrstva 64 % a tá je tiež tvorená drevinami smrek, jedľa a buk. Vysoké hodnoty spodnej vrstvy sú dané jej predimenzovaním a taktiež účasťou buka, ktorý vytvára rozmerné, rozložené koruny. Nízka hodnota plošného zápoja strednej a hornej vrstvy je zapríčinená už spomenutým výberkovým rubom, realizovaným v rokoch 2004–2005, ktorý bol zameraný na podporu prirodzenej obnovy a pozitívne výškové presuny medzi jednotlivými vrstvami výberkového lesa. Aj napriek vysokému podielu borovice v hornej vrstve, sa uvedená drevina vyznačuje vysokou priepustnosťou difúzneho svetla, čím umožňuje vznik bohatej prirodzenej obnovy.

Tab. 2: Plošný zápoj a využitie disponibilného rastového priestoru korunami stromov, LHC Mníšek nad Hnilcom, dielec 606

Table 2: The canopy cover and utilization of available growth space, LHC Mníšek nad Hnilcom, subcompartments 606

Vrstva ⁷	Plošný zápoj ¹		
	Dielec 606 ²		
	m	%	vrstva/500 m
Horná vrstva ³	83,32	25,09	0,16
Stredná vrstva ⁴	35,63	10,86	0,07
Spodná vrstva ⁵	210,16	64,05	0,42
Spolu ⁶	328,11	100	0,65

Explanatory notes: 1 – canopy cover, 2 – sub-compartment, 3 – upper layer, 4 – middle layer, 5 – lower layer, 6 – total, 7 – stand layer

Z analýzy našich meraní možno konštatovať, že dynamika prirodzenej obnovy je dobrá a jej štruktúra vyvážená. Prirodzenú obnovu tvoria dreviny smrek, jedľa a buk. Prežívanie semenáčikov borovice je limitované jej nárokmi na svetlo. Smrek sa podieľa na celkovom zmladení 47 % a jedľa 51 %. Je potrebné pripomenúť, že uvedené dreviny majú svoje zastúpenie v každej výškovej a vekovej kategórii. Obe ihličnaté dreviny zabezpečujú plynulú a početnú obnovu s perspektívou postupného presunu do dolnej vrstvy výberkového lesa. Vysoká početnosť smreka a jedle je zaznamenaná najmä u 6-ročných semenáčikov vo výškovom rozpätí 21–50 cm. Celkový podiel buka na prirodzenom zmladení tvorí 2 %. Uvedená skutočnosť je spôsobená jeho nižším zastúpením v drevinovej skladbe porastu (10 %). Pozitívom buka, ako pôvodnej dreviny pre danú skupinu lesných typov je jeho vysoký podiel v kategórii $d_{1,3}$ 2,1 cm až 7 cm. Bohaté zastúpenie všetkých troch drevín bol zaznamenaný v posledných dvoch kategóriách (od 130 cm výšky do $d_{1,3}$ 2 cm, od $d_{1,3}$ 2,1 cm do $d_{1,3}$ 7 cm), ktoré udávajú priaznivý charakter prirodzenej obnovy a dostatočnú rezervu pre pozitívne výškové presuny.

Z uvedenej štruktúry prirodzenej obnovy vyplýva, že aj pri daných parametroch plošného zápoja je jej dynamika dobrá a vytvára všetky predpoklady pre pravidelný presun jedincov do prvej evidovateľnej hrúbky pre daný model výberkového lesa.

Tab. 3: Štruktúra prirodzenej obnovy výberkového lesa LHC Mníšek nad Hnilcom dielec 606

Table. 3: The natural regeneration structure of selection forest LHC Mníšek nad Hnilcom, sub – compartments 606

Kategória ¹	Drevina ⁹					%
	Smrek ⁵	Jedľa ⁶	Buk ⁷	Borovica ⁸	Spolu ⁴	
semenáčiky 1 ročné ²	80	280	0	60	420	4,2
2 ročné ³	100	400	0	20	520	52
3 ročné	140	160	0	20	320	3,2
4 ročné	40	20	0	0	60	0,6
5 ročné	60	120	0	0	180	1,8
21–50 cm	1880	1700	20	0	3600	35,7
51–80 cm	1120	760	40	0	1920	19
81–130 cm	880	1100	80	0	2060	20,4
131 + cm a $d_{1,3}$ do 2 cm	420	540	40	0	1000	9,9
Spolu ⁴	4720	5080	180	100	10080	100
%	46,8	50,4	1,8	1	100	
2,1–7 cm	140	520	220	0	880	

Explanatory notes: 1-category, 2-seedlings 3-year, 4-total, 5-Picea abies, 6-Abies alba, 7-Fagus silvatica, 8- Pinus silvestris, 9- tree species

DISKUSIA A ZÁVER

Ak pri stanovení modelu výberkového lesa prihliadame najmä na plynulú a dostatočnú prirodzenú obnovu SANIGA & SZANYI (1998), naše výsledky z tejto oblasti poukázali na skutočnosť, že regeneračné procesy sú v dobrej dynamike a bez kríz. SCHÜTZ (2001), na základe údajov získaných z rôznych výskumných plôch výberkových lesov pre výberkové lesy Švajčiarska, udáva optimálnu zásobu v rozpätí 220 m³.ha⁻¹ (suchý smrekový les, oblasť Jura) až po 450 m³.ha⁻¹ (rastovo produkčný

bukovo-jedľový les, oblasť Emmental). Štruktúra vybraných typov výberkových lesov Slovenska z pohľadu stanovenia cieľovej hrúbky a optimálnej zásoby je značne diferencovaná. Výberkové lesy nachádzajúce sa v živnom rade B HANČINSKÝ (1977) majú z pohľadu drevinovej skladby (smrek, jedľa, buk) a produkčného využitia stanovišťa vzorovú zásobu vyššiu ako $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ HOLUBČÍK (1962). Na druhej strane výberkové lesy v kyslom rade, najmä v 5. a 6. lesnom vegetačnom stupni majú zásobovú úroveň podstatne nižšiu, spravidla do $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ SANIGA & SZANYI (1995).

Na dynamiku prirodzenej obnovy v analyzovanom dieľci významne vplýva najmä drevinová skladba, s vysokým podielom borovice a to najmä v strednej a hornej vrstve výberkového lesa. Táto drevina prepúšťa viac svetla do porastového vnútra, čo sa odzrkadľuje aj na dynamike regeneračných procesov pri drevinovej skladbe smrek, jedľa a buk. Po totálnej redukcii borovice v uvedenom dieľci bude potrebné počítať s optimálnym modelom s cieľovou hrúbkou 62, resp. 66 cm a optimálnou zásobou do $400 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

V prípade problematiky regeneračných procesov údaje o počte jedincov ktoré uvádza DUC (1991) pre výberkové lesy Emmentalu sú v našom prípade vysoko prekročené. Na druhej strane, naše merania potvrdili poznatky DUCA (2000), že prirodzená obnova má charakter hlúčikového resp. 2–4 árového priebehu pokiaľ sa týka ich plochy. Preto podľa rôznych autorov (SCHÜTZ 1989, KORPEL a SANIGA 1993) je potreba plynulej, ale nie plošnej prirodzenej obnovy.

Práca bola finančne podporená vedeckým grantom VEGA 1/0381/12.

Použitá literatúra

- BACHOFEN, H., 1999a: Gleichgewicht, Struktur und Wachstum in Plenterbeständen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 750, č. 5: s. 157–170.
- BACHOFEN, H., 1999b: Nachhaltiger Waldaufbau instrukturierten Schutzwäldern. Wald und Holz. č. 10: s. 47–49.
- DUC, P., 1991: Untersuchungen zur Dynamik des Nachwuchses im Plenterwald. Zeitschrift für Forstwesen Journal forestier suisse. č. 142: s. 299–319.
- DUC, P., 2000: Zustand, Entwicklung und Pflege des Nachwuchses in Plenterwäldern des Val – de – Travers (Neuenburger Jura). Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. s. 224.
- HANČINSKÝ, L., 1977: Lesnícka typológia v prevádzkovej praxi. Príroda, Bratislava. s. 223.
- HOLUBČÍK, M., 1960: O vývoji, prírastku a štruktúre výberkových lesov Lesného závodu Smolnícka Huta. In: Matematicko-štatistické metódy v hospodárskej úprave a pestovaní lesa. Vydavateľstvo SAV Bratislava: s. 77–186.
- KADAVÝ, J. a kol., 1998: Hospodárska úprava lesů. Skriptum. MZLU Brno
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1993: Výberný hospodársky spôsob. Matica lesnícka Písek, s. 127.
- LEIBUNDGUT, H., 1946: Femelschlag und Plenterung, Beitrag zur Festlegung waldbaulicher Begriffe. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. č. 97: s. 306–317.

- SANIGA, M., 2009: Pestovanie lesa. TS TU vo Zvolene, Učebné texty s. 307.
- SANIGA, M., BRUCHANIK, R., 2009: Prírode blízke obhospodarovanie lesa. s. 101.
- SANIGA, M., SZANYI, O., 1998: Modely výberkových lesov vo vybraných lesných typoch a geografických celkoch Slovenska. Vedecké štúdie 4/1998A, TS TU Zvolen, s. 50.
- SZANYI, O., 1997: Porastová štruktúra a fytotechnika vo vybraných porastových typoch výberkových lesov Slovenska. Dizertačná práca TU vo Zvolene, s. 54.
- SZANYI, O., SANIGA, M., 1995: Štruktúra a priestorová výstavba porastov v pokročilom štádiu prebudovy na výberkový les. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XXXVII. s. 63–74.
- SCHÜTZ, J.-PH., 2001: Der Plenterwald und weitere Formen strukturierter und gemischter Wälder. Parey Buchverlag, Berlin, s. 220.

ANALÝZA ŠTRUKTÚRÁLNEJ DIVERZITY AKO KRITÉRIA PRE HODNOTENIE EKOLOGICKEJ STABILITY SMREKOVÉHO PRÍRODNÉHO LESA V DOLINE NEFCERKA

STRUCTURAL DIVERSITY ANALYSIS AS A CRITERION FOR EVALUATION
OF ECOLOGICAL STABILITY OF NORWAY SPRUCE NATURAL FOREST IN NEFCERKA
VALLEY

JÁN PITTNER

Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen

ABSTRACT

Main aim of this paper is to quantify the ecological stability of Norway spruce natural forest according to altitudinal gradient and structural diversity of its developmental stages. Data collection was performed on 27 circular research plots. Each of them was classified into three altitudinal zones and three developmental stages. For purpose of ecological stability evaluation we used the indicators of vertical diversity (Gini's index), diameter diversity (Füldner's index), static stability (crown ratio, slenderness ratio) and indicator of overall ecological stability according to VOLOŠČUK (2001). Analysis of obtained data proved the highest ecological stability in re-growth stage. We can state the increase of ecological stability along the altitudinal gradient. Regarding the result of analysis, the mountain forest in Nefcerka can be considered as a very stable forest ecosystem (according to classification of VOLOŠČUK 2001).

Keywords: ecological stability, Norway spruce virgin forest, structural diversity

ABSTRAKT

Cieľom tohto príspevku je kvantifikovať ekologickú stabilitu smrekového prírodného lesa v závislosti od nadmorskej výšky a štruktúrálnej diverzity jeho jednotlivých vývojových štádií. Merania sa uskutočnili na 27 kruhových pokusných plochách, ktoré boli zatriedené do 3 výškových zón a 3 vývojových štádií smrekového prírodného lesa. Na ohodnotenie ekologickej stability sme použili ukazovatele vertikálnej diverzity (Giniho koeficient), hrúbkovej diverzity (Füldnerov index), statickej stability (korunovosť, štíhlostný koeficient) a ukazovateľ celkovej ekologickej stability podľa VOLOŠČUKA (2001). Výhodnotením získaných údajov sme zistili, že najvyššia ekologická stabilita bola v štádiu dorastania, pričom rastie so stúpajúcou nadmorskou výškou. Celkovo môžeme konštatovať, že horské lesy v doline Nefcerka predstavujú ekosystém s veľmi dobrou ekologickou stabilitou (zatriedenie podľa VOLOŠČUKA 2001).

Kľúčové slová: ekologická stabilita, smrekový prírodný les, štruktúrna diverzita

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Jedinou objektívne zrovnateľnou základňou pre hodnotenie zmien v prostredí a vo vlastnostiach lesných biocenóz je ich prírodný stav neovplyvnený človekom. Preto sú poznatky o štruktúre a vývoji prírodných lesov jedným z dôležitých vodítko pre súčasné lesné hospodárstvo (SANIGA 2010). Obzvlášť na týchto poznatkoch bude závisieť voľba spôsobov obhospodarovania, ktoré majú zaručovať

maximálnu ekologickú stabilitu geobiocenóz, tj. porastov a ich prostredia, ktorej dosiahnutie je považované za najvyšší princíp v súčasnej koncepcii prírode blízkeho pestovania lesa (KORPEL, SANIGA 1995).

Ekologická stabilita lesa je schopnosť lesných ekosystémov v podmienkach pôsobenia vonkajších faktorov udržovať vlastnú dynamickú homeostázu vnútornými autoregulačnými mechanizmami (odolnosť – rezistencia) a vrátiť sa po narušení do pôvodného dynamického stavu (pružnosť – resiliencia), alebo ku svojmu normálnemu vývojovému smerovaniu. Čím rýchlejšie je ekosystém schopný vrátiť sa k normálu a čím menšie odchýlky od dynamického stavu vykazuje, tým je stabilnejší (VOLOŠČUK 2001).

Doterajšie výskumy smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka boli zamerané na štruktúru porastu v rámci jeho vývojového cyklu (KORPEL 1989, SANIGA 2002a). Charakteristickým znakom prírodných lesov je ich výrazná diverzita, funkčná ustálenosť a automatické vyrovnávanie výkyvov v štruktúre a funkcii komponentov vyvolaných vplyvmi exogénnych činiteľov (STOLINA 1985). Zmena štruktúry v dôsledku vývoja prírodného lesa podmieňuje aj zmenu jeho ekologickej stability v závislosti od vývojového štádia, preto je štruktúralna diverzita ekosystémov dôležitým ukazovateľom ich ekologickej stability. Ďalším významným ukazovateľom ekologickej stability horských lesov je ich statická stabilita (VORČÁK et al. 2007). Pre statickú stabilitu porastu voči vetru, námraze a snehu má význam jednotlivý až skupinovitý výskyt vitálnych stromov hornej vrstvy s hlbokými korunami (GUBKA 2003, 2004, SANIGA et al. 2011). Parametrom vyjadrujúcim ich statickú stabilitu je poloha ťažiska stromu a rozpätie medzi najvyššie a najnižšie umiestnenými ťažiskami stromov v poraste. Z tohto pohľadu najpriaznivejšie statické pomery sú v štádiu dorastania a najmenej priaznivé v štádiu optima (SANIGA 2002b, SANIGA, BALANDA 2008). Prípady, keď dôjde v prírodnom lese ku katastrofickému rozpadu a následne k situácii, keď klimax vystriedajú spoločenstvá sekundárnej sukcesie, sú v porovnaní s hospodárskym lesom mimoriadne vzácne. To svedčí o vysokej ekologickej stabilite prírodných lesov (MÍCHAL a kol. 1992). Ak tu, silným náporom mechanicky pôsobiacich faktorov prostredia, dôjde k náhlemu rozpadu lesa, potom je to najčastejšie v štádiu optima, ktoré svojou výstavbou najviac pripomína hospodárske lesy (KUCBEL 2011).

Cieľom tohto príspevku je kvantifikovať ekologickú stabilitu smrekového prírodného lesa v závislosti od nadmorskej výšky a štruktúrálnej diverzity jeho jednotlivých vývojových štádií.

MATERIÁL A METODIKA

Nefcerská dolina sa nachádza na 49° 10' severnej šírky a 19° 59' východnej dĺžky medzi masívom Kriváňa a hrebeňom Hrubô na juhozápadne exponovanom balvanitom svahu. Je súčasťou Kôprovej doliny, ktorá tvorí hranicu medzi Vysokými a Západnými Tatrami a v roku 1991 bola vyhlásená za národnú prírodnú rezerváciu s výmerou 3 220,92 ha. Geologický podklad tvorí žulová balvanitá sutina. Z pôdnych typov je tu zastúpený podzol humusovo železitý (MŽP SR 2002). Je to pôda v hornej časti hlinitá, v spodnejších častiach piesočnato-hlinitá, silne štrko-

vítá, dobre prevzdušnená a veľmi dobre prepúšťa vodu. Je kyslá až veľmi kyslá, s veľkými zásobami humusu a s nedostatkom ľahko prístupných živín. Priemerná ročná teplota sa pohybuje okolo 2–2,5 °C a priemerný ročný úhrn zrážok je 1 200–1 300 mm (KORPEL 1989).

V doline Nefcerka sme pomocou dvojstupňového stratifikovaného výberu založili 27 kruhových pokusných plôch. Prvý stupeň stratifikácie pozostával z rozdelenia záujmovej oblasti na 3 výškové zóny (do 1 300, 1 300–1 400 a nad 1 400 m. n. m.). V druhom stupni stratifikácie sme potom na základe charakteristiky vývojových štádií podľa KORPELA (1989) v každej výškovej zóne vylíšili vývojové štádiá prírodného lesa a to tak, aby sa vo výškovej zóne nachádzalo 9 pokusných plôch, po 3 z každého vývojového štádia (štádium dorastania, optima a rozpadu). Všetky pokusné plochy mali konštantnú výmeru 500 m². Na pokusnej ploche sa evidovali jedince s hrúbkou $d_{1,3}$ väčšou ako 2 cm. Meranie bolo realizované pomocou technológie Field-Map a pre každého jedinca bol zisťovaný nasledovný súbor základných znakov: druh dreviny; hrúbka $d_{1,3}$ (cm); výška (m); výška nasadenia koruny (m); parametre priemetu koruny – x_1 – x_4 (m); poloha jedinca – azimut (v stupňoch) a vzdialenosť (m); druh a stupeň poškodenia jedinca (%).

Na odhad ekologickej stability smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka sme použili niektoré jej čiastkové ukazovatele, ako sú vertikálna a horizontálna diverzita porastov, korunovosť a štihlostný koeficient. Pre charakterizovanie vertikálnej diverzity porastov na jednotlivých pokusných plochách bol použitý Giniho koeficient (DIXON et al. 1987). Horizontálna diverzita porastov bola hodnotená pomocou Földnerovho indexu (FÜLDNER 1995) tzv. indexu hrúbkovej diferenciacie, ktorého hodnoty boli vyhodnotené pomocou päťčlennej stupnice navrhutej AGUIERRE et. al. (1998). Korunovosť a štihlostný koeficient boli vyhodnotené pomocou stupnice navrhutej MÍCHALOM et. al. (1992). Na stanovenie celkovej ekologickej stability smrekového prírodného lesa na jednotlivých pokusných plochách bola použitá metodika navrhnutá VOLOŠČUKOM (2001).

Obidva indexy, spolu s hodnotami korunovosti a štihlostného koeficientu, boli štatisticky vyhodnotené pomocou dvojfaktorovej analýzy variancie, kde ako faktory boli použité vývojové štádium a nadmorská výška. Následne bol použitý Duncanov test, pomocou ktorého sme zisťovali dvojice jednotlivých faktorov, ktoré boli od seba štatisticky signifikantne rozdielne.

VÝSLEDKY

Tabuľka 1: Priemerné hodnoty Földnerovho indexu, Giniho koeficientu, korunovosti a štihlostného koeficientu v závislosti od výškovej zóny a vývojového štádia
Table 1: Mean values of Földner Index, Gini Koeficient, Crown ratio and Slenderness ratio according to altitudinal zone and developmental stage

Výšková ¹⁾ zóna	Vývojové ²⁾ štádium	Földnerov ³⁾ index	Giniho ⁴⁾ koeficient	Korunovosť ⁵⁾	Štihlostný ⁶⁾ koeficient	Celk. ekol. stabilita ¹⁰⁾
do 1 300	dorastanie ⁷⁾	0,39 ±0,05	0,29 ±0,08	62,7 ±14,0	78,1 ±14,2	2,07 ±0,31
	optimum ⁸⁾	0,30 ±0,04	0,10 ±0,04	57,3 ±10,7	75,1 ±16,7	2,30 ±0,17
m. n. m.	rozpad ⁹⁾	0,25 ±0,05	0,12 ±0,05	65,1 ±10,3	71,3 ±9,5	2,43 ±0,15

Tabuľka 1: Pokračovanie

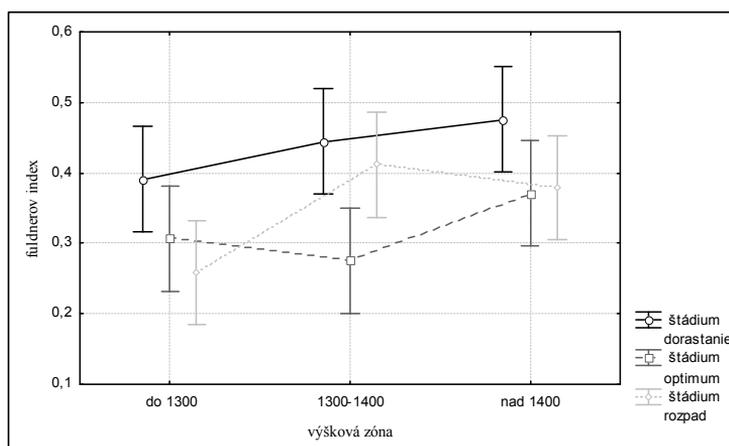
Table 1: Continued

Výšková ¹⁾ zóna	Vývojové ²⁾ štádium	Füldnerov ³⁾ index	Giniho ⁴⁾ koeficient	Korunovosť ⁵⁾	Štíhlostný ⁶⁾ koeficient	Celk. ekol. stabilita ¹⁰⁾
1 300 – 1 400 m. n. m.	dorastanie ⁷⁾	0,44 ±0,04	0,36±0,07	69,4 ±12,3	72,5 ±12,6	2,00 ±0,00
	optimum ⁸⁾	0,27 ±0,03	0,09±0,02	52,3 ±12,9	70,2 ±11,8	2,43 ±0,06
	rozpad ⁹⁾	0,41 ±0,05	0,20±0,07	55,7 ±13,5	67,1 ±12,7	2,30 ±0,36
nad 1 400 m. n. m.	dorastanie ⁷⁾	0,47 ±0,05	0,38±0,02	76,5 ±13,8	67,4 ±13,0	1,57 ±0,25
	optimum ⁸⁾	0,37 ±0,04	0,18±0,05	61,5 ±13,8	66,0 ±14,8	2,17 ±0,31
	rozpad ⁹⁾	0,37 ±0,02	0,18±0,04	66,0 ±13,5	59,1 ±14,1	2,07 ±0,29

¹⁾Altitudinal zone ²⁾Developmental stage ³⁾Füldner Index ⁴⁾Gini Koeficient ⁵⁾Crown ratio ⁶⁾Slenderness ratio ⁷⁾Growth stage ⁸⁾Optimum stage ⁹⁾Breakdown stage ¹⁰⁾Total ecological stability

Füldnerov index

Füldnerov index bol použitý pri analýze hrúbkovej diferenciacie stromov smrekového pralesa, ktorá je jedným z ukazovateľov ekologickej stability porastov. Môžeme predpokladať, že čím je hrúbková diferenciacia vyššia, tým sú porasty stabilnejšie a naopak, ak je diferenciacia nízka, jedná sa o labilné porasty. Získané hodnoty Füldnerovho indexu sú prezentované v tabuľke 1 a obrázku 1.



Obr. 1: Priemerné hodnoty Füldnerovho indexu v závislosti od výškovvej zóny a vývojového štádia

Fig. 1: Mean values of Füldner Index according to altitudinal zone and developmental stage

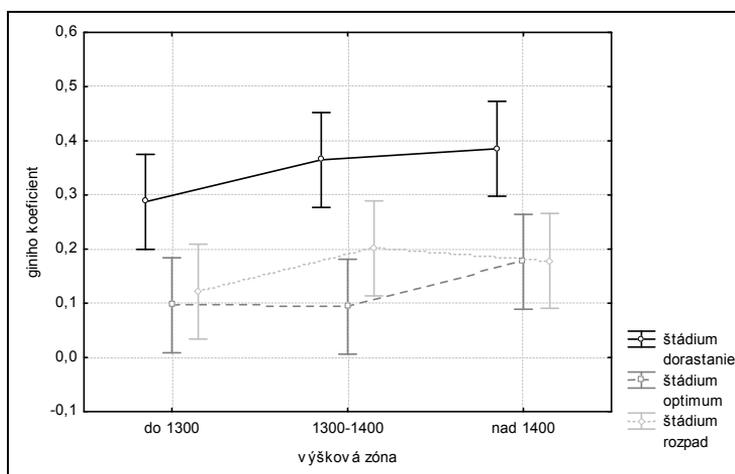
Ak hodnotíme vplyv vývojového štádia pralesa na hodnotu Füldnerovho indexu, môžeme konštatovať, že najvyššia hrúbková diferenciacia stromov vo všetkých výškových zónach sa nachádza v štádiu dorastania, čo je typické pre toto štádium. Analýzou variancie sa potvrdilo, že hodnota Füldnerovho indexu v štádiu dorastania je štatisticky významne väčšia ako v štádiu optima ($p = 0,0019$) a v štádiu rozpadu ($p = 0,0192$). Rozdiely vo Füldnerovom indexe medzi štádiom optima a štádiom

rozpadu sa nepotvrdili, čo znamená, že ich hrúbková diferenciácia je rovnaká a rozdiely medzi zistenými hodnotami sú spôsobené iba ich náhodným kolísaním. Pri analýze hrúbkovej diferenciácie podľa výškových zón, môžeme povedať, že štatisticky významne vyššie hodnoty sme zistili vo výškovej zóne nad 1400 m.n.m. ($p = 0,0163$).

Celkovo možno zhodnotiť, že smrekový prales v štádiu dorastania dosahuje svoje najvyššie hodnoty Fuldnerovho indexu vo všetkých výškových zónach a má tu prevažne zreteľne diferencovanú hrúbkovú štruktúru, čo znamená, že porasty v tomto štádiu sú ekologicky najstabilnejšie. Porasty v štádiu optima a rozpadu majú prevažne miernu hrúbkovú diferenciáciu. Ďalej môžeme konštatovať, že Fuldnerov index rastie s nadmorskou výškou a svoje najvyššie hodnoty nadobúda vo výškovej zóne nad 1400 m. n. m. s výnimkou štádia rozpadu, v ktorom tu bol zistený mierny pokles, ktorý sa ale nepotvrdil ako štatisticky významný a je teda spôsobený iba náhodným kolísaním hodnôt.

Giniho koeficient

Giniho koeficient bol použitý na vyjadrenie vertikálnej diferenciácie porastov, ktorá je jedným z ďalších ukazovateľov ekologickej stability porastov. Tak isto ako to bolo pri hodnotení Fuldnerovho indexu aj tu so stúpajúcou hodnotou Giniho koeficientu rastie vertikálna diferencovanosť porastov a tým aj ich ekologická stabilita. Hodnoty Giniho koeficientu sú prezentované v tabuľke 1 a obrázku 2.



Obr. 2: Priemerné hodnoty Giniho koeficientu v závislosti od výškovej zóny a vývojového štádia

Fig. 2: Mean values of Gini Koeficient according to altitudinal zone and developmental stage

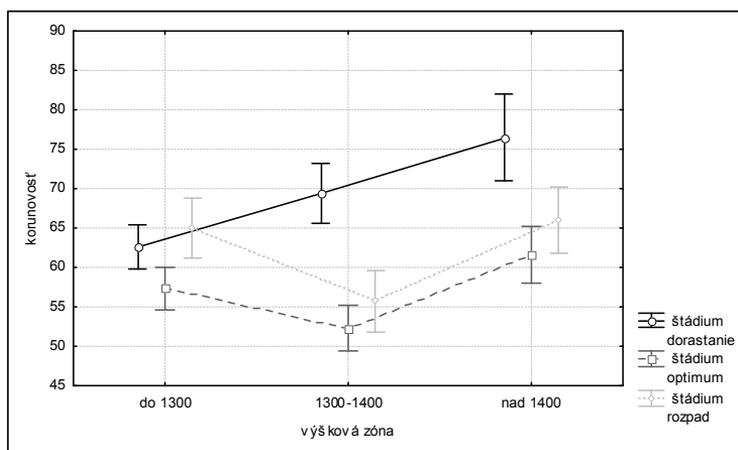
Môžeme povedať, že štádium dorastania smrekového prírodného lesa je výškovo najviac diferencované, pretože práve v tomto štádiu nadobúdal Giniho koeficient svoje najvyššie hodnoty vo všetkých výškových zónach. Najvyššiu hodnotu toh-

to koeficientu sme zistili v štádiu dorastania vo výškovej zóne nad 1 400 m. n. m. a to $0,38 \pm 0,02$. Najnižšie hodnoty Giniho koeficientu sa nachádzali v štádiu optima, čo je preňho typické, pretože toto štádium má v smrekových prírodných lesoch silne nivelizovanú výškovú štruktúru. Prekvapením sú pomerne nízke hodnoty tohto koeficientu v štádiu rozpadu, čo je spôsobené tým, že väčšina pokusných plôch v tomto štádiu sa nachádzala ešte len v jeho počiatočnej fáze, ktorá je charakteristická výškovo nivelizovaným súborom zanikajúcich stromov a hodnotu Giniho koeficientu ešte významne nestihol ovplyvniť súbor stromov vznikajúcej následnej generácie. Vyhodnotením tohto indexu pomocou dvojfaktorovej analýzy variancie sme zistili, že štatisticky významne na Giniho koeficient vplýva iba druh vývojového štádia. Potvrdilo sa že hodnota Giniho koeficientu v štádiu dorastania je významne väčšia ako v štádiách optima ($p = 0,0002$) a rozpadu ($p = 0,0005$). Rozdiely medzi štádiom optima a rozpadu sa nepotvrdili.

Celkovo možno zhodnotiť, že najvyššiu vertikálnu diferenciáciu má smrekový prírodný les v štádiu dorastania a je v tomto štádiu ekologickejšie najstabilnejší. Rozdiely medzi štádiom optima a rozpadu sa štatisticky nepotvrdili, hoci v štádiu rozpadu boli zistené vyššie hodnoty Giniho koeficientu, čo značí, že porasty nachádzajúce sa v týchto štádiách majú približne rovnakú ekologickú stabilitu.

Korunovosť

Korunovosť je nielen významným ukazovateľom statickej a tým aj ekologickej stability, ale hrá aj dôležitú úlohu vo fyziológii drevín a ich odolnosti voči klimatickým zmenám a znečisteniu ovzdušia. Získané hodnoty korunovosti sú prezentované v tabuľke 1 a obrázku 3.



Obr. 3: Priemerné hodnoty korunovosti v závislosti od výškovej zóny a vývojového štádia

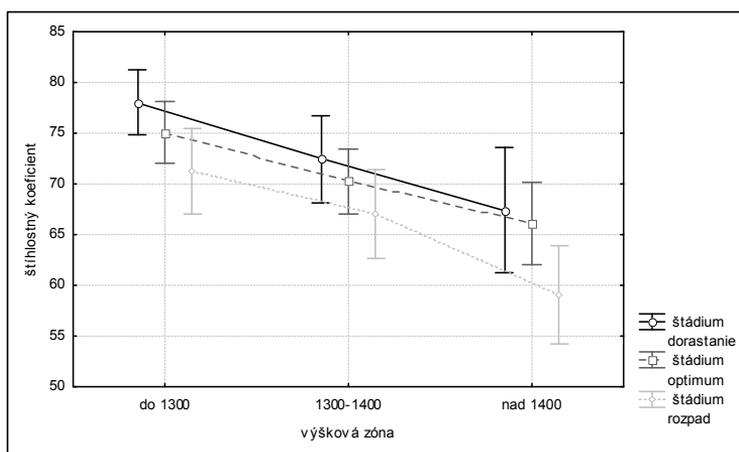
Fig. 3: Mean values of Crown ratio according to altitudinal zone and developmental stage

Celková priemerná hodnota korunovosti na pokusných plochách je $61,0 \pm 14,0$, na základe čoho sa porasty v NPR Nefcerka môžu hodnotiť ako stredne stabilné. Jedinú výnimku tvoria porasty vo výškovej zóne nad 1400 m.n.m. v štádiu dorastania, kde sme zistili hodnotu korunovosti $76,5 \pm 13,8$, ktorá zatrieduje tieto porasty medzi veľmi stabilné. Je to spôsobené tým, že porasty v týchto nadmorských výškach sú silno rozpojené, čo spôsobuje, že ich koruny siahajú hlboko k zemi. Najnižšie hodnoty korunovosti vo všetkých výškových zónach boli zistené v štádiu optima. Je to spôsobené tým, že porasty v tomto štádiu majú výškovo silne nivalizovanú hornú vrstvu, čo spôsobuje, že koruny jednotlivých stromov nesiahajú až tak hlboko, ako je to pri iných štádiách. Analýzou variancie sme zistili, že na hodnoty korunovosti štatisticky významne vplyva nadmorská výška, ako aj druh vývojového štádia. Duncanov test potvrdil, že všetky výškové zóny, ako aj vývojové štádiá sú od seba štatisticky vysoko významne odlišné ($p < 0,01$).

Celkovo môžeme povedať, že porasty v štádiu dorastania sú z pohľadu korunovosti ekologicky najstabilnejšie, pretože v tomto štádiu sme zistili jej najvyššie hodnoty a naopak v štádiu optima, kde sme zistili jej najnižšie hodnoty vo všetkých výškových zónach, sú smrekové porasty ekologicky najlabilnejšie.

Štíhlostný koeficient

Štíhlostný koeficient ako hlavný ukazovateľ statickej stability lesných porastov má význam pri posudzovaní porastov hlavne s ohľadom na mechanicky pôsobiace škodlivé činitele (vietor, sneh a námraza). Hodnoty štíhlostného koeficientu sú prezentované v tabuľke 1 a obrázku 4.



Obr. 4: Priemerné hodnoty štíhlostného koeficientu v závislosti od výškovej zóny a vývojového štádia

Fig. 4: Mean values of Slenderness ratio according to altitudinal zone and developmental stage

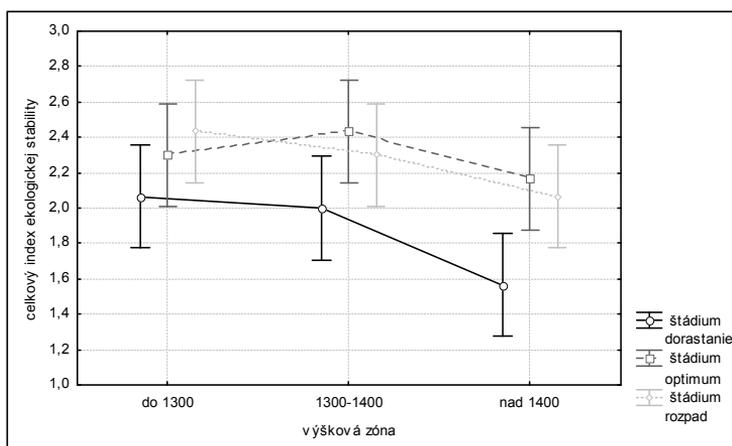
Celková priemerná hodnota štíhlostného koeficientu smrekového prírodného lesa v NPR Nefcerka je $71,1 \pm 15,1$, čo hodnotí skúmané porasty, podobne ako tomu

bolo pri korunovosti, ako stredne stabilné. Najvyššie hodnoty štíhlostného koeficientu sme zistili vo všetkých výškových zónach v štádiu dorastania. Je to spôsobené tým, že v tomto štádiu prebieha najintenzívnejší výškový rast, ktorý zvyšuje hodnoty štíhlostného koeficientu a zvýšený hrúbkový prírastok, ktorý by ich naopak znižoval, ešte nenastal. Štádium rozpadu sa javí z pohľadu štíhlostného koeficientu ako najstabilnejšie, pretože práve v tomto štádiu sme zistili jeho najnižšie hodnoty vo všetkých výškových zónach. Je to spôsobené tým, že výškový prírastok už ustal a jednotlivé stromy už prirastali len na hrúbke, pretože hrúbkový prírastok kulminuje neskôr ako výškový prírastok, čo spôsobuje znižovanie hodnoty štíhlostného koeficientu. Najnižšiu hodnotu sme zistili vo výškovej zóne nad 1400 m.n.m. v štádiu rozpadu a to $59,1 \pm 14,1$, čo charakterizuje tieto porasty ako staticky veľmi stabilné. Štatistickým testovaním pomocou analýzy variancie sa potvrdil, podobne ako v prípade korunovosti, významný vplyv nadmorskej výšky, ako aj druhu vývojového štádia na hodnoty štíhlostného koeficientu. Tak isto môžeme konštatovať, že zistené hodnoty vo všetkých skúmaných faktoroch sú od seba štatisticky významne rozdielne.

Celkovo môžeme povedať, že najnižšie hodnoty štíhlostného koeficientu a teda aj predpokladanú najvyššiu statickú stabilitu sme zistili v štádiu rozpadu a že hodnoty štíhlostného koeficientu majú so stúpajúcou nadmorskou výškou výrazne klesajúci charakter, čo znamená, že statická stabilita porastov s nadmorskou výškou rastie.

Celkový index ekologickej stability (VOLOŠČUK 2001)

Celkový index sa vypočítal ako vážený aritmetický priemer z hodnôt piatich ukazovateľov ekologickej stability, pričom ukazovateľom statickej stability (korunovosť a štíhlostný koeficient) a sanitárneho kvocientu, ako jedným z najdôležitejších ukazovateľov ekologickej stability, sa priradila váha 2. Hodnoty celkového indexu ekologickej stability sú prezentované na obrázku 5 a v tabuľke 1.



Obr. 5: Priemerné hodnoty celkového indexu ekologickej stability v závislosti od výškovej zóny a vývojového štádia

Fig. 5: Mean values of Total Ecological Stability Index according to altitudinal zone and developmental stage

Môžeme povedať, že smrekový prírodný les v NPR Nefcerka má veľmi dobrú ekologickú stabilitu, pretože celková priemerná hodnota tohto indexu, ktorú sme tu zistili je $2,15 \pm 0,33$. Najnižšiu hodnotu indexu (1,25), a teda porasty s najvyššou ekologickou stabilitou, sme zistili vo výškovej zóne nad 1 400 m. n. m. v štádiu dorastania, čo sa vzhľadom na charakter a vlastnosti tohto štádia dalo predpokladať. Najnižšiu ekologickú stabilitu podľa hodnoty tohto indexu vykazuje štádium optima ($2,30 \pm 0,20$), ktorá sa ale veľmi nelíši od hodnoty v štádiu rozpadu ($2,23 \pm 0,22$), čo je spôsobené, ako už bolo spomenuté, tým že väčšina pokusných plôch založených v štádiu rozpadu sa nachádza ešte len vo svojej počiatočnej fáze. Tento poznatok sa potvrdil aj štatisticky, analýzou variancie, pomocou ktorej sme zistili, že hodnoty indexu v týchto dvoch štádiách nie sú od seba štatisticky významne odlišné (rozdiely sú spôsobené iba náhodným kolísaním hodnôt) a štatisticky významne sa tento index odlišuje iba v štádiu dorastania ($p < 0,01$). Zistili sme aj významný vplyv nadmorskej výšky na hodnoty tohto indexu. Výšková zóna nad 1 400 m. n. m sa štatisticky významne odlišuje od ostatných dvoch výškových zón ($p < 0,05$).

Môžeme konštatovať, že celková hodnota indexu ekologickej stability má s nadmorskou výškou klesajúci charakter, a teda že s nadmorskou výškou v smrekovom prírodnom lese stúpa aj jeho ekologická stabilita. Ďalej môžeme povedať, že najvyššiu ekologickú stabilitu vykazuje štádium dorastania, v ktorom sme vo všetkých výškových zónach namerali najnižšie hodnoty celkového indexu ekologickej stability a ktoré je svojimi hodnotami štatisticky významne odlišné od ostatných vývojových štádií.

DISKUSIA A ZÁVER

Horské lesy predstavujú jedinečný a polyfunkčný ekosystém. Sú mimoriadne dôležitým stabilizačným prvkom v krajine, ale zároveň aj rovnako dôležitým regulačným faktorom hydrických, erózných, protilavínových a ďalších procesov. Ekologická stabilita tohto ekosystému má preto značný význam (KUCBEL, GUBKA 2001).

Ak porovnáme zistené výsledky s poznatkami VORČÁKA et al. (2006) môžeme povedať, že smrekový prírodný les na Babej hore je z hľadiska štruktúrálnej diverzity ekologicky stabilnejší, čo je spôsobené hlavne tamojšou surovou klímou (teplota, zrážky), ktorá výrazne vplýva na štruktúru a rastové pomery porastov. Tieto poznatky potvrdzujú aj hodnoty korunovosti a štihlостného koeficientu, ktoré sú na Babej hore výrazne lepšie a podľa stupnice navrhutej MICHALOM et al. (1992) dosahujú hodnoty solitérne rastúcich stromov.

Celkovo môžeme povedať, že ekologická stabilita smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka je najvyššia v štádiu dorastania, čo potvrdzujú hodnoty Giniho koeficienta, Földnerovho indexu, korunovosti, ako aj celková hodnota indexu ekologickej stability, ktoré práve v tomto štádiu nadobúdajú svoje najpriaznivejšie hodnoty vo všetkých výškových zónach. Výnimkou sú iba hodnoty štihlостného koeficientu, ktorý v tomto štádiu nadobúda svoje najhoršie hodnoty, čo je vzhľadom na to, že v tomto štádiu stromy najviac uplatňujú svoj výškový rast, logické. Všeobecne sa dá povedať, že ekologická stabilita porastov rastie so stúpajúcou nadmorskou výškou, čo sa vzhľadom na vývoj štruktúry porastov v závislosti od

nadmorskej výšky v prirodzených lesných ekosystémoch očakávalo (VORČÁK et al. 2007). K rovnakému výsledku dospel aj KUCBEL (2006) v masíve Prašivej. Tento poznatok sa potvrdil aj analýzou variácie, pomocou ktorej sme zistili, že hodnoty všetkých ukazovateľov vo výškovej zóne nad 1400 m.n.m. sú významne odlišné od hodnôt v nižších výškových zónach.

Na základe hodnotených ukazovateľov ekologickej stability môžeme konštatovať, že horské lesy v doline Nefcerka predstavujú ekosystém s veľmi dobrou ekologickou stabilitou. Toto zistenie potvrdzuje aj celková hodnota indexu ekologickej stability zisťovaná podľa VOLOŠČUKA (2001).

Výskum bol podporený grantom APVV 0286-10.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- AGUIRRE, O., KRAMER, H., JIMÉNEZ, J., 1988: Strukturuntersuchungen in einem Kiefern-Durchforstungsversuch Nordmexikos. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 169: 213–219.
- DIXON, P. M., WEINER, J., MITCHELL-OLDS, T., WOODLEY, R., 1987: Bootstrapping the Gini Coefficient of Inequality, *Ecology* 68: 1548–1551.
- FÜLDNER, K., 1995: Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern, Dissertation Forstliche Fakultät Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen: 146
- GUBKA, K., 2003: Zmeny štruktúry porastu pod hornou hranicou lesa na LS Čierny Váh. *Acta Fakultatis Forestalis Zvolen* 45: 151–160.
- GUBKA, K., 2004: Súčasný stav porastov pod hornou hranicou lesa v Nízkyh Tatrách na lokalita Lenivá (OLZ Beňuš). *Acta Fakultatis Forestalis Zvolen* 46: 131–143.
- KORPEL, Š., 1989: Pralesy Slovenska. Veda, Bratislava: 328.
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1995: Prírode blízke pestovanie lesa, LF TU Zvolen: 159.
- KUCBEL, S., 2006: Analýza štruktúry vo vysokohorskom ochrannom lese Nízkyh Tatier. *Acta Fakultatis Forestalis Zvolen* 50, č. 2: 57–65.
- KUCBEL, S., 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkyh Tatier. Vedecká štúdia, TU Zvolen: 138.
- KUCBEL, S., GUBKA, K., 2001: Štruktúra porastov na hornej hranici lesa v masíve Kráľovej hole. *Acta Fakultatis Forestalis Zvolen* 43: 185–195.
- MÍCHAL, I., a kol. 1992: Obnova ekologickej stability lesů. Academia, Praha: 172.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SR, 2002: Atlas krajiny Slovenskej republiky. 1. vydanie, Bratislava: 344.
- SANIGA, M., 2002a: Štruktúra, produkčné procesy a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v lokalite Krížne a Nefcerka. *Štúdie o TANAPe*, 6 (39): 133–151.
- SANIGA, M., 2002b: Štruktúra a regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Kotlov žľab. *Štúdie o TANAPe*, 6 (39), Tatranská Lomnica: 111–132.
- SANIGA, M., 2010: Pestovanie lesa. TU Zvolen: 326.
- SANIGA, M., BALANDA, M., 2008: Dynamics of tree species composition and characteristics of available space utilization in the natural forest of the National Nature Reserve Hrončokovský grúň. *Journal of Forest Science* 54 (11): 497–508.

- SANIGA, M., BALANDA, M., KUCBEL, S., JALOVÍAR, P., 2011: Cyclic changes in tree species composition of mixed-species forest in Western Carpathians: role of disturbance and tree regeneration. *Polish journal of ecology*, Vol. 59, no. 4: 381–389.
- STOLINA, M. et al., 1985: Ochrana lesa. Celostátní vysokoškolská učebnice. Příroda, Bratislava: 473.
- VOLOŠČUK, I., 2001: Teoretické a praktické problémy ekologickej stability lesných ekosystémov. Vedecké štúdie, TU Zvolen: 90.
- VORČÁK, J., MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K., 2007: Ekologická stabilita lesných porastov v NPR Babia hora. *Beskydy* (20): 275–282.
- VORČÁK, J., MERGANIČ, J., SANIGA, M., 2006: The structural diversity change and the regeneration processes of the Norway spruce natural forest in NNR Babia hora according to the altitude. *Journal of Forest Science*, 52 (9): 399–409.

VPLYV ŠTRUKTÚRY LESNÉHO PORASTU NA KVANTITU PODKORUNOVÝCH ZRÁŽOK V I. OP VODÁRENSKEJ NÁDRŽE KLENOVEC

EFFECT OF THE STAND STRUCTURE ON QUANTITY OF THROUGHFALL PRECIPITATION
IN 1ST BUFFER ZONE OF KLENOVEC WATER RESERVOIR

JOZEF ŠPIŠÁK, JÁN PITTNER

Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24,
960 53 Zvolen

ABSTRACT

The paper analyzes a current condition of stands which are situated in 1st buffer zone of Klenovec water reservoir (WR) on right waterside especially. It evaluates impact of stand structure on throughfall precipitation and the quality of crown interception. Measurements were done on 3 permanent research plots representing different stand structure and on the open area. Highest level of interception (33.1%) was recorded on PRP II (dense spruce stand, 1122 ind.ha⁻¹), the lowest (29.2%) on the PRP I (sparse spruce stand, 489 ind.ha⁻¹). Similar values (29.3%) were observed for broadleaved forest stand (PRP III, 1511 ind.ha⁻¹). We observed 67–71% rainfall overpassing through the tree crowns. We confirmed the highest impact of rainfall intensity and quantity on abovementioned transition.

Keywords: throughfall precipitation, interception, stands structure, spruce

ABSTRAKT

Práca analyzuje súčasnú štruktúru a stav porastov I. ochranného pásma vodárenskej nádrže Klenovec, konkrétne pravobrežnej strany a jej vplyv na kvantitu podkorunových zrážok a intercepcie. Merania sa uskutočnili na voľnej ploche a 3 trvalých výskumných plochách (TVP) založených v porastoch s rôznou štruktúrou a drevinovým zložením, na základe čoho sa predpokladal rôzny vplyv na množstvo zrážok v poraste. Najvyššia intercepčia bola zaznamenaná na TVP II (hustý smrekový porast s počtom stromov 1 122 ks.ha⁻¹) a to až 33,1 % a najmenšia na TVP I (riedky smrekový porast 489 ks.ha⁻¹) 29,2 %. Podobné hodnoty sa zistili aj na listnatej ploche (TVP III s 1 511 ks.ha⁻¹) a to 29,3 %. Cez koruny stromov preniká 67 až 71 % atmosférických zrážok a najväčší vplyv na množstvo podkorunových zrážok má intenzita a výdatnosť dažďa.

Kľúčové slová: podkorunové zrážky, intercepčia, štruktúra porastu, smrek obyčajný

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesné porasty významnou mierou ovplyvňujú nielen kvalitu a kvantitu vody v krajine, ale výrazne sa podieľajú aj na znižovaní maximálnych odtokov a zvyšovaní minimálnych prietokov. Okrem toho sa les ako súčasť krajiny najviac podieľa na úprave odtokových režimov povodí, následkom čoho je vyrovnanosť zásob vodných zdrojov (POBEDINSKIJ, KREČMER 1984; OTTO 1994). Pri posudzovaní vodohospodárskej a vodoochranej funkcie lesa sa vychádza predovšetkým z jeho vplyvu na jednotlivé zložky vodnej bilancie. V prírodnom obehú vody sa uplatňujú tri základné zložky, a to zrážky, výpar a odtok. Optimálna distribúcia vody v krajine nastáva vtedy, keď je vodný režim vyrovnaný, v opačnom prípade môže byť veľmi nebezpečný a škodlivý.

Bilancia príjmových a výdajových zložiek vodného režimu je v zásadnej miere regulovaná zadržiavaním zrážok v korunách stromov, na bylinnej vegetácii a v humusovej vrstve pôdy (intercepcia). Množstvo zrážok zachytených v korunách stromov je variabilné v závislosti od charakteru zrážok, ich intenzity, nadmorskej výšky, lesného porastu a ďalších činiteľov. Významný vplyv na množstvo zachytenej vody má samotný lesný porast, konkrétne jeho hustota, vek, zakmenenie, zápoj, drevinové zloženie, vertikálna výstavba a iné charakteristiky porastov. K drevinám zachytávajúcimi najviac zrážkovej vody v korunách patrí smrek obyčajný. Intercepčné straty smrekových porastov kolíšu podľa viacerých autorov v rozmedzí 15 až 50 % (ASTON 1979; EIDMANN 1959; KANTOR 1981, 1983; OREŇÁK *et al.* 2010; POBĚDINSKIJ, KREČMER 1984; TUŽINSKÝ 2000, 2008).

V príspevku prezentujeme priebeh jednotlivých zložiek vodnej bilancie pod smrekovým a výmladkovým hrabovým porastom v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec, vo vegetačnom období roku 2011. Na základe získaných údajov, ktoré predstavujú čiastkové výsledky z výskumu vodnej bilancie porastov na danej lokalite, bude možné navrhnúť funkčne účinnú štruktúru porastov s vodohospodárskou funkciou. Výskum vodnej bilancie porastov nachádzajúcich sa v ochranných pásmach vodárenských nádrží je zvlášť významný z dôvodu bližšieho poznania ich hydrických pomerov, čo je možné uplatniť pri štúdiu ich zdravotného stavu a samotnom obhospodarovaní.

Cieľom predkladanej práce je zistiť vplyv štruktúry porastu na kvantitu podkorunových zrážok a intercepcie, a na základe získaných výsledkov vyhodnotiť funkčnú účinnosť sledovaných porastov.

MATERIÁL A METODIKA

Vodárenská nádrž (VN) Klenovec bola vybudovaná v rokoch 1968 až 1974, jej prevádzka začala v roku ukončenia výstavby. Účelom stavby bolo vytvoriť vodárenskú nádrž s prioritným vodárenským využitím pre potreby rimavkosobotského skupinového vodovodu. VN má dva hlavné prítoky Klenovská Rimava a Veporský potok a jeden bočný prítok Čerešňový potok. Dlhodobý priemerný prítok je 0,88 m³.s⁻¹ (v profile nádrže), plocha nádrže je 0,71 km², celkový objem 8,90 mil. m³, zásobný objem 6,75 mil. m³. Maximálna výška hrádze je 36,5 m, dĺžka hrádze v korune 390 m. Kapacita odberu je 0,460 m³.s⁻¹ (ABAFFY, LUKÁČ 1991; JAKUBIS, TRNAVSKÝ 2000).

Povodie vodárenskej nádrže Klenovec a jej prítokov leží v orografickej sústave Slovenského Rudohoria, geomorfologickom celku Veporské vrchy. Najvyšším bodom v skúmanej oblasti je Klenovský Vepor (1 338 m n.m.) a najnižším miestom je ústie Klenovskej Rimavy do VN Klenovec (377,2 m n.m.). Vodná nádrž Klenovec a jej prítoky sa nachádzajú v povodí Hrona, samotná vodná nádrž je vybudovaná na Klenovskej Rimave (JAKUBIS, TRNAVSKÝ 2000).

Územie leží v dvoch klimatických oblastiach: v mierne teplej klimatickej oblasti, okrsok mierne teplý, vlhký s chladnou alebo studenou zimou, dolinový a v chladnej klimatickej oblasti, okrsku mierne chladného (www1). Najteplejším mesiacom je júl s priemerom teplôt 19 °C a najchladnejším je január, v ktorom teploty klesajú

na úroveň $-2,18$ °C. Priemerné ročné teploty dosahujú hodnoty $9,18$ °C a priemerné teploty vo vegetačnom období $14,25$ °C. Najmenej zrážok je v mesiaci január, v priemere $40,34$ mm a najviac v júni, priemerne $111,68$ mm. Priemerný mesačný úhrn zrážok dosahuje $68,22$ mm a priemerný ročný úhrn je $818,66$ mm, priemerný úhrn zrážok za vegetačné obdobie je $568,45$ mm (zdroj SHMÚ).

Z typologického hľadiska prislúchajú dotknuté lesné porasty k ZHSLT 35 Živné bučiny s dubom a k HSLT 310 Svieže dubové bučiny. Zastúpená je tu jediná skupina lesných typov *Fagetum pauper* nst., ktorá predstavuje v I. OP základnú fytoocenózu. Avšak táto základná fytoocenóza sa zachovala len vo zvyškoch pôvodných porastov, ktoré sa nachádzajú popri bočných prítokoch nádrže. V ostatných porastoch tvorených nepôvodným smrekom je vzhľad bylinnej sinúzie značne odlišný (Nič, TÓBIS 2012).

V pravobrežnej strane I. ochranného pásma VN Klenovec bola založená séria troch trvalých výskumných plôch (TVP) o veľkosti 30×30 metrov (900 m²). Výber umiestnenia TVP je účelový, s cieľom zachytiť aktuálny stav porastov v I. ochrannom pásme. Postupnosť číslovania plôch je smerom od priehradného múru proti prúdu, pričom TVP I tvorí riedky smrekový porast, TVP II hustý smrekový porast, TVP III pôvodný výmladkový hrabový porast s prímесou iných listnatých drevín.

Fixácia plôch sa v teréne vykonala pomocou kolíkov (na štyroch rohoch plochy) a označením stromov bielou farbou, ktoré sa nachádzajú mimo plochy po obvode TVP.

Na TVP sa merali nasledovné dendrometrické charakteristiky:

- druh dreviny,
- zdravotný stav (živé, suché),
- hrúbka stromov vo výške $1,3$ m s presnosťou na 1 mm,
- výška stromov s presnosťou na $0,5$ m,
- výška nasadenia korún stromov s presnosťou na $0,5$ m.

Plošný zápoj porastu sa stanovil zmeraním stromov a plôch korún jednotlivých stromov pomocou prístroja Field Map a následne sa v programe Stand Visualisation System vypočítal zápoj porastu (BALANDA 2008).

Na každú TVP boli inštalované 4 Hellmanove zrážkomery so zachytňujúcou plochou 200 cm². Zrážkomery boli nainštalované na každej ploche v závislosti od vzdialenosti ku stromu a to tak, že jeden zrážkomer sa nachádzal priamo na kmeni stromu, ďalší sa umiestnil na stred koruny, ďalší na hranicu koruny a jeden zrážkomer sa nainštaloval do porastovej medzery. Množstvo zachytenej vody sa kontrolovalo pravidelne raz za dva týždne, pri výdatnejších zrážkach aj častejšie. Výsledná hodnota množstva podkorunových zrážok sa stanovila vypočítaním priemeru množstva zachytenej vody v štyroch zrážkomeroch na určitej ploche. Jeden zrážkomer sa umiestnil aj na voľnú plochu nachádzajúcu sa v blízkosti TVP a to tak, že najbližšia porastová stena bola vo vzdialenosti cca 200 m, aby sa vylúčil vplyv lesného porastu na množstvo zachytenej vody v zrážkomere.

VÝSLEDKY

Štruktúra porastov na jednotlivých TVP je reprezentovaná pôvodom porastov, zdravotným stavom, drevinovým zložením a variabilitou výšok a hrúbok. Okrem toho boli z nameraných údajov kvantifikované aj objemy korún, plošný zápoj a suma korunových projekcií stromov na ploche.

Lesný porast na TVP I má vek 35 rokov a je tvorený smrekom s 95 % zastúpením, zvyšok je tvorený duglaskou. Na stave porastu sa odzrkadlilo negatívne pôsobenie škodlivých činiteľov (hmyz a následne vietor), preto je v súčasnosti značne preriedený, okrem toho sa v jeho susedstve nachádzajú holiny, čo má tiež značný vplyv na vodnú bilanciu porastu. Na tejto ploche sa zistila početnosť 489 ks.ha⁻¹, z čoho je 4,5 % jedincov suchých, výškovo je porast značne nivelizovaný, o čom vypovedá variačný koeficient s hodnotou 10,5 %. Podobná je situácia aj pri hrúbkovej štruktúre. Plošný zápoj predstavuje hodnotu 48 %, čo vypovedá o značnom preriedení porastu. Značný vplyv na prechod zrážok korunami stromov má objem korún stromov (2 047 m³) a takisto aj suma korunových plôch (539,6 m²). Jedná sa o najnižšie zistené hodnoty na sledovaných TVP (tab. 1). Na TVP II sa z drevín nachádza iba smrek s vekom 30 rokov, avšak daná plocha na rozdiel od predchádzajúcej nebola dostatočne vychovávaná, čoho dôsledkom je prehustenie porastu a prítomnosť množstva nižších a tenších jedincov. O tom vypovedá aj zistená početnosť 1 122 ks.ha⁻¹, ale aj relatívne vysoký podiel suchých stromov (7,9 %). Priemerné hodnoty porastových charakteristík (tab. 1) mierne skresľuje skutočnosť, že spodná časť TVP je čiastočne preriedená a nachádzajú sa tu aj jedince dosahujúce väčších dimenzií, avšak je potrebné dodať, že zrážkomerné pozorovania prebiehali v hornej časti plochy, kde je porast značne hustejší, s nižšími a tenšími jedincami. Plošný zápoj porastu dosahuje 68 %, objem korún je 2583 m³ a suma korunových projekcií má hodnotu 629 m² (tab. 1). Porast na TVP III je tvorený zvyškami pôvodných porastov, ktoré sa zachovali v terénnych zárezoch pozdĺž bočných prítokov vodárenskej nádrže. Drevinové zloženie tejto plochy je tvorené hrabom s 51 % zastúpením a jelšou s 28 %, zvyšok predstavujú ostatné listnaté dreviny. Vek porastu je 70 rokov. Početnosť je 1 511 ks.ha⁻¹, z čoho je 8 % suchých stromov. Výšková aj hrúbková štruktúra na ploche je značne diferencovaná, o čom vypovedajú vysoké zistené hodnoty variačných koeficientov (výška 40,9 %, hrúbka 63,4 %). Na tejto TVP sa zistila najvyššia hodnota plošného zápoja a to 98 %, a taktiež najvyššie hodnoty objemu korún, až 15 259 m³ a sumy korunových projekcií 2514,9 m² (tab. 1).

Tabuľka 1: Základné charakteristiky štruktúry porastov na jednotlivých TVP

Table 1: General characteristics of stand structure on PRP

	TVP I ⁰		TVP II		TVP III	
	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%
Živé ¹	467	95,5	1033	92,1	1389	91,9
Suché ²	22	4,5	89	7,9	122	8,1
Spolu ³	489	100,0	1122	100,0	1511	100,0

Tabuľka 1: Základné charakteristiky štruktúry porastov na jednotlivých TVP
Table 1: General characteristics of stand structure on PRP

	TVP I ¹⁰		TVP II		TVP III	
	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%
d _{1,3} ⁴ (cm)	26,5±4,4		21,5±6,8		16,3±9,6	
Var. koef ⁵ (%)	17,7		29		63,4	
h ⁶ (m)	25±2,6		23,3±3,5		15,2±6,2	
Var. koef (%)	10,5		15		40,9	
V korún ⁷ (m ³)	2047		2583		15259	
Pl. zápoj ⁸ (%)	48		68		98	
Σ KP ⁹ (m ²)	539,6		629,1		2514,9	

¹Live trees, ²Dead trees, ³Total, ⁴DBH, ⁵Coefficient of variability, ⁶Height, ⁷Crowns volume, ⁸Canopy cover, ⁹amount of crown projections, ¹⁰PRP,

Z údajov zobrazených v tabuľke 2 je zrejma distribúcia zrážok počas vegetačného obdobia v roku 2011 na jednotlivých TVP. Najviac zrážok spadlo v mesiacoch máj (90,5 mm) a júl (148 mm), naopak výrazne podpriemerný bol apríl, kedy spadlo len 0,3 mm zrážok a jesenné mesiace. Potvrzuje nám to aj skutočnosť, že dlhodobý priemer zrážok počas vegetačného obdobia je 568 mm (zdroj SHMÚ) a nami zistený úhrn predstavoval 399 mm. Na TVP I preniklo cez koruny počas vegetačného obdobia celkovo 282,6 mm zrážok a na korunách sa zachytilo 116,1 mm čo predstavuje hodnotu celkovej intercepcie na danej ploche 29,1 %. Najnižšia hodnota intercepcie (25,1 %) bola zaznamenaná v mesiaci júl, kedy spadlo najviac zrážok, čo nám potvrdzuje aj graf závislosti percenta intercepcie od množstva zrážok zaznamenaných na voľnej ploche (obr. 1). Najvyššia intercepcia sa zistila v mesiaci apríl až 100 %, avšak v tomto mesiaci bolo zaznamenaných iba 0,3 mm zrážok. Vo všeobecnosti možno povedať, že zo závislosti % intercepcie od množstva zrážok na voľnej ploche vyplýva poznatok, že čím výdatnejšie sú zrážky tým je % intercepcie nižšie. Podľa hodnoty koeficientu determinácie môžeme konštatovať na tejto ploche 48 percentnú variabilitu, čo je najnižšia zistená hodnota na jednotlivých TVP (obr. 1). Podkorunové zrážky na TVP II dosiahli hodnotu 268 mm a množstvo zachytenej vody na korunách stromov bolo 132 mm, čo predstavuje 33,1 percentnú intercepciu. Táto hodnota je najvyššia zo všetkých TVP (tab. 2). Situácia ohľadom priebehu množstva podkorunových zrážok intercepcie počas vegetačného obdobia je podobná so situáciou na TVP I. Pri závislosti % intercepcie od množstva zrážok na voľnej ploche ide o logaritmickú závislosť s hodnotou koeficientu determinácie 0,527, čo predstavuje tesnejšiu koreláciu ako na TVP I (obr 1). Priebeh rozdelenia podkorunových zrážok počas vegetačného obdobia na TVP III je aj napriek výraznej odlišnosti lesného porastu (listnatý porast) podobná s priebehom zrážok na predchádzajúcich smrekových plochách. Na predmetnej TVP prešlo cez koruny 282 mm zrážok a zachytilo sa 116,8 mm, čo je takmer identické s TVP I. Čiastočnú odlišnosť možno badať pri intercepcii porastu v mesiaci apríl (20%), čo však možno odôvodniť tým, že porast v tej dobe ešte nebol olistený. Nižšie množstvo podkorunových zrážok sa zistilo oproti ostatným plochám vo všetkých mesiacoch,

okrem mája, a taktiež vyrovnanejší priebeh intercepcie počas vegetačného obdobia (tab. 2). To nám potvrdzuje aj závislosť % intercepcie od množstva zrážok na voľnej ploche, kde sa zistila najnižšia závislosť charakterizovaná logaritmickou funkciou s hodnotou koeficientu determinácie 0,029.

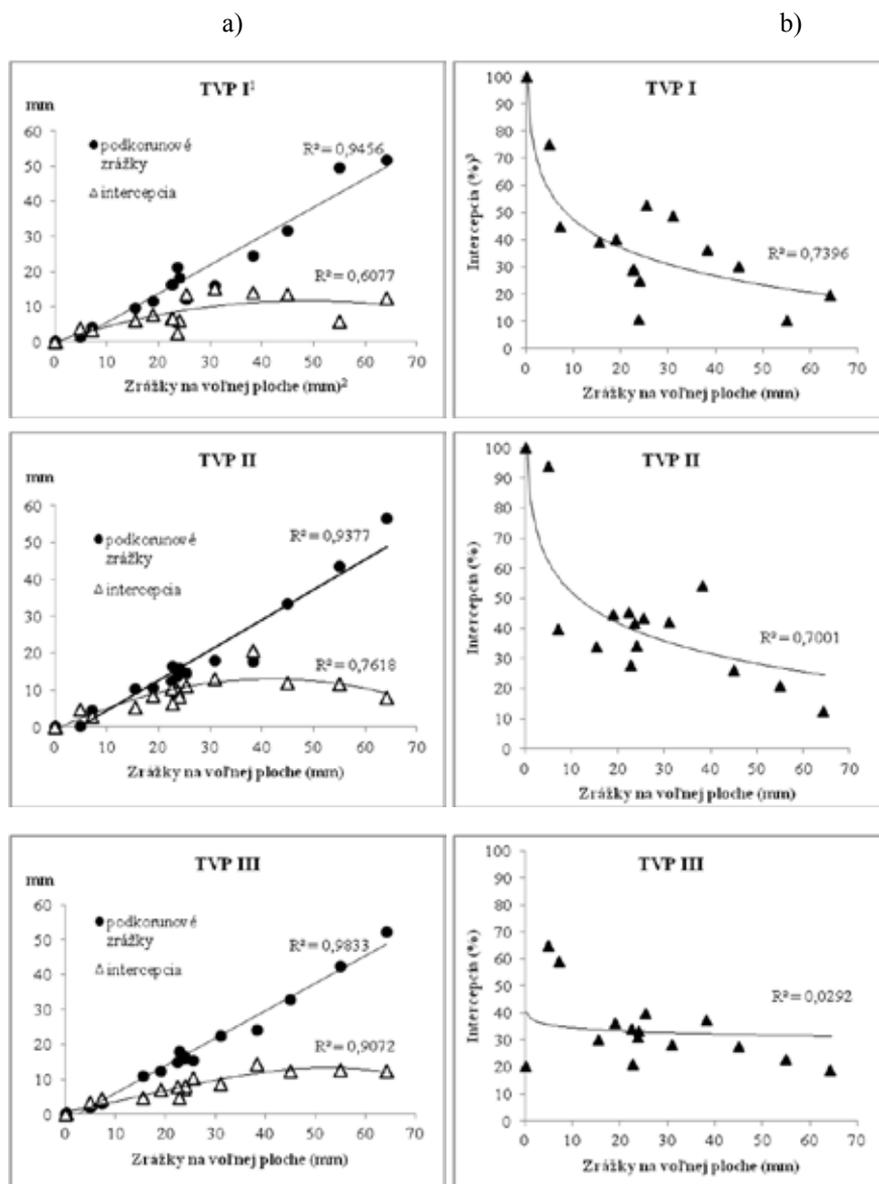
Tabuľka 2: Množstvo podkorunových zrážok a intercepcie počas vegetačného obdobia na jednotlivých TVP

Table 2: The amount of precipitation and interception in growing season for each PRP

Mesiac ⁶	TVPI ¹			TVPII			TVPIII			Voľná plocha ⁵ mm/m ²
	P ² (mm/m ²)	I ³ (mm/m ²)	I ⁴ %	P (mm/m ²)	I (mm/m ²)	I %	P (mm/m ²)	I (mm/m ²)	I %	
Apríl ⁷	0,0	0,3	100,0	0,0	0,3	100,0	0,2	0,1	20,0	0,3
Máj ⁸	67,2	23,3	25,8	71,3	19,2	21,2	67,2	23,3	25,7	90,5
Jún ⁹	43,6	26,9	38,1	47,7	22,8	32,4	48,0	22,5	31,9	70,5
Júl ¹⁰	110,9	37,1	25,1	92,9	55,1	37,2	105,2	42,8	28,9	148,0
August ¹¹	34,1	12,4	26,6	28,1	18,4	39,5	30,9	15,6	33,5	46,5
September ¹²	1,3	3,7	74,9	0,3	4,7	94,2	1,8	3,3	65,3	5,0
Október ¹³	25,6	12,7	33,2	26,7	11,6	30,2	28,9	9,4	24,5	38,3
Suma ¹⁴	282,6	116,4	29,2	267,0	132	33,1	282,2	116,8	29,3	399

¹PRP, ²Forest stand precipitation, ³Interception, ⁴% of interception, ⁵free area precipitation, ⁶Month, ⁷April, ⁸May, ⁹June, ¹⁰July, ¹¹August, ¹²September, ¹³October, ¹⁴Total

Zo závislosti množstva podkorunových zrážok a množstva korunami zachytených zrážok od množstva zrážok na voľnej ploche, ktorá je znázornená na obrázku 1, vyplýva poznatok, že na všetkých sledovaných TVP narastá množstvo podkorunových zrážok lineárne, v závislosti na množstve zrážok na voľnej ploche. Najtesnejšiu koreláciu ($R^2 = 0,984$) sme pritom zistili na TVP III a najmenšiu závislosť na TVP II ($R^2 = 0,938$), avšak pri všetkých plochách môžeme konštatovať vysokú závislosť množstva podkorunových zrážok od zrážok na voľnej ploche. Odlišná situácia sa ukazuje pri posudzovaní závislosti množstva zachytených zrážok na korunách stromov od množstva zrážok padnutých na voľnú plochu, kde táto závislosť bola vyrovnaná polynomicou funkciou. Priebeh množstva zachytených zrážok v závislosti od množstva zrážok na voľnej ploche je podobný pri všetkých sledovaných plochách a to, pri stúpajúcom množstve zrážok na voľnej ploche spočiatku stúpa aj množstvo zachytených zrážok, avšak pri množstve 40 až 50 mm nadobúda krivka klesajúcu tendenciu a pri vyššom množstve zrážok spadnutých na voľnú plochu sa zachytí menej na korunách stromov. Najtesnejšia korelácia je na TVP III s hodnotou koeficientu determinácie 0,907 a najmenšia je pri TVP I, kde $R^2 = 0,608$ (obr. 1).



Obr. 1: a) Závislosť podkorunových zrážok a intercepcie od množstva zrážok na voľnej ploche;

b) Závislosť % intercepcie od zrážok na voľnej ploche

Fig. 1: a) Relation among throughfall precipitation, interception and open area precipitation;

b) Relation among percentual interception and open area precipitation.

¹PRP, ²free area precipitation, ³% of interception

DISKUSIA A ZÁVER

Na lesné porasty v povodiach vodárenských nádrží, a hlavne v ochranných pásmach I. stupňa, sú kladené špecifické požiadavky, ktoré môžu plniť len vtedy, ak majú vhodné drevinové zloženie, požadovanú štruktúru a vyhovujúci zdravotný stav. Tieto požiadavky sú dané osobitnými predpismi (KOLEKTÍV 1982; 2004) a boli presne zafinované vo viacerých prácach (GUBKA 1995, 1997, 2011, PITTNER, ŠPIŠÁK 2011). Štruktúru a zdravotný stav porastov v I. OP VN Klenovec podrobne charakterizovali GUBKA 2002; ŠPIŠÁK, PITTNER 2011). Na základe týchto poznatkov môžeme konštatovať výrazne nepriaznivý stav predmetných porastov, preto je nutné, v čo najkratšom čase pristúpiť k ich intenzívnemu pestovnému usmerňovaniu a pri vyťažovaných porastoch k dôslednej starostlivosti o nárasty a založené kultúry. Počas vegetačného obdobia spadlo na voľnej ploche 399 mm zrážok, čo vypovedá o zrážkovo podpriemernom vegetačnom období (priemer 568 mm). Okrem toho aj distribúcia zrážok počas vegetačného obdobia bola veľmi nepravidelná. Výrazne podpriemerný bol apríl s 0,3 mm zrážok a mesiace august (namerané 46 mm – dlhodobý priemer 87 mm) a september (namerané 5 mm – dlhodobý priemer 66 mm). Na TVP I prešlo cez koruny 282,6 mm zrážok a 116 mm sa zachytilo na korunách stromov. Na TVP II tvorili podkorunové zrážky 267 mm a intercepčná strata bola 132 mm, pričom na tejto ploche sa zistila najväčšia intercepcia (33,1 %). Zrážky padnuté na pôdny povrch na TVP III tvorili 282,2 mm a zachytených zrážok bolo 116,8 mm. Nevýznamný rozdiel medzi zrážkami preniknutými cez koruny stromov a zachytenými, ktoré sa zistili na TVP I a TVP III môžeme odôvodniť skutočnosťou že TVP I je tvorená rozpadajúcim sa riedkym smrekovým porastom, hoci s pomerne veľkými korunami a na TVP III sa nachádza prehustený listnatý porast. Pri posudzovaní vplyvu porastov na transformáciu zrážok, je potrebné povedať že funkčne účinný porast v I. OP by mal čo najviac zmierňovať intenzitu zrážok, aby nedošlo k odnosu pôdy a organického materiálu do vodného zdroja. Preto môžeme konštatovať, že najvýraznejší vplyv na retardáciu zrážok badať pri poraste na TVP II, ktorý ak by bol vhodne vychovávaný a mal vyhovujúcu statickú stabilitu, tak by bol vyhovujúci pre potreby hygienickej ochrany a vodoochranej funkčnej účinnosti. Lesný porast nachádzajúci sa na TVP I je nevyhovujúci kvôli nízkej hustote (489 ks.ha⁻¹) a nízkemu zápoju (48 %) a porast na TVP III má vzhľadom na osobitné predpisy a požiadavky (KOLEKTÍV 1982) neprípustné drevinové zloženie.

Významnou zložkou vodnej bilancie je intercepcia porastov, ktorá sa v našom prípade pohybovala v rozmedzí 29,2 % až 33,1 %, čo je porovnateľné s údajmi z porastov s podobným drevinovým zložením od viacerých autorov (INTRIBUS 1977; KANTOR 1994; OREŇÁK *et al.* 2010; TUŽINSKÝ 1995, 1997). Preukázalo sa, že najväčší vplyv na intercepciu mala intenzita a množstvo zrážok, pričom pri stúpaní množstva zrážok po hodnotu 40–50 mm stúpalo aj % intercepcie, avšak pri vyšších hodnotách mala intercepcia klesajúcu tendenciu.

POUŽITÁ LITERATÚRA

ABAFFY, D., LUKÁČ, M., 1991: Priehrady a nádrže na Slovensku. ALFA, Bratislava, 144.

- ASTON, A.R., 1979. Rainfall interception by eight small trees. *J. Hydrol.* 42, 383–396.
- BALANDA, M., 2008: Charakteristika metodického postupu pri hodnotení štruktúry, Textúry, diverzity a regeneračných procesov prírodného lesa v NPR Hrončecký Grúň. *Acta Fac. For. L 1, Zvolen*, s. 85–96.
- EIDMANN, F.E., 1959: Die interception in Buchen und Fichtenbestandes: Ergebnis mehrjähriger Untersuchungen im Rothackergebirge(sauerland). *Assoc. Int. Hydrol. Sci., Publ. Gent*, 48.
- GUBKA, K., 1995: Stav porastov a odporúčané výchovné opatrenia v I PHO vodárenskej nádrže Hriňová. *Acta Fac. For., Zvolen XXXVII*, s. 75–83.
- GUBKA, K., 1997: Optimalizácia výchovy lesných porastov s vodohospodárskou funkciou. *TU Zvolen, ZS E6*, 2–25 s.
- GUBKA, K., 2002: Štruktúra a výchovné opatrenia v smrekovom poraste so západnou expozíciou v I. PHO vodárenskej nádrže Klenovec. *Acta Fac. For., Zvolen 44*, s. 59–70.
- GUBKA, K., 2011: Súčasný stav mladého smrekového porastu v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Málinec. *Zborník Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a menících se podmínkách prostředí, 12. Mezinárodní symposium, Opocno, VÚLHM Strnady*, 173–184.
- INTRIBUS, R., 1977: Bilancia zrážok v lesnom bióme Carpineto-Quercetum . *Lesnícke štúdie VÚLH vo Zvolene*, 28, 66 s.
- JAKUBIS, M., TRNAVSKÝ, P., 2000: Výskum prítokov vodárenskej nádrže Klenovec z hľadiska stupňa ustálenosti korýt. *Acta Fac. For., XLII, Zvolen*, 355-366 s.
- KANTOR, P., 1981: Intercepce horských smrkových a bukových porostů. *Lesnictví*, 27, č. 2.
- KANTOR, P., 1983: Intercepčné straty smrkových a bukových porostů. *Vodohospodársky časopis (Bratislava)*, 31, č. 6, 643–651 s.
- KANTOR, P., 1994: Hydrický režim horských smrkových a bukových porostu po jejích holosečné obnově. *Acta Universitatis Agriculturae, VŠZ v Brně*, 2–4, s. 97–107.
- KOLEKTÍV 1982: Metodické pokyny MLVH SSR z 13. augusta 1982 č. 6184/82-5/161–160. Postup pri obhospodarovaní lesov v ochranných pásmach vodných zdrojov.
- KOLEKTÍV 2004: Zákon NR SR Č. 364/2004 Z. Z. Zákon o vodách.
- NIČ, J., TÓBIS, Š., 2012: Ekologicko-typologická charakteristika lesných spoločenstiev v ochrannom pásme I. stupňa vybraných vodárenských nádrží. *In: Ekosystémy v povodiach vodárenských nádrží*, TU Zvolen.
- OREŇÁK, M., FRIČ, M., ŠKVARENINA, J., 2010: Zhodnotenie intercepcie zrážok prirodzenej horskej smrečiny Západných Tatier. *Acta Fac. For. 52, Suppl. 1, Zvolen*, 43–55 s.
- OTTO, H. J., 1994: *Waldökologie*. Eugen Ulmer, Stuttgart, 391 s.
- PITNER, J., ŠPIŠÁK, J., 2011: Analýza súčasného stavu porastov v ochrannom pásme I. stupňa vodárenskej nádrže Hriňová. *In: Kacálek, D., Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M., (eds.): Proceedings of Central European Silviculture, 12th International Conference*, s. 153–160.

- POBEDINSKIJ, A., KREČMER, V., 1984: Funkce lesů v ochraně vod a půdy. SZN Praha, 256 s.
- ŠPIŠÁK, J., PITTNER, J., 2011: Analýza štruktúry lesných porastov v I. ochrannom pásme vodárenskej nádrže Klenovec. In: Kacálek, D., Jurásek, A., Novák, J., Slodičák, M., (eds.): Proceedings of Central European Silviculture, 12th International Conference, s. 161–172.
- TUŽINSKÝ, L., 2000: Zrážkový režim v horskom smrekovom ekosystéme. Zpravo-
daj Beskydy „Vliv imisí na lesy a lesní hospodářství Beskyd“ 13, 139–144 s.
- TUŽINSKÝ, L., 2005: Vplyv intenzity ťažbového zásahu na zložky vodnej bilancie
v smrekovom ekosystéme. Lesnícky časopis, 41, (4), s. 231–241.
- TUŽINSKÝ, L., 2007: Bilancia pôdnej vody v smrekovom ekosystéme v zrážko-
vo nezabezpečených vegetačných obdobiach. Acta Fac. For., Zvolen, XLIX,
9–16 s.
- TUŽINSKÝ, L., 2008: Water balance under spruce stand in growing season 2006 and
2007. Beskydy, 1 (2): 183–190 s.
1. <http://www.minerally.sk/files/reg/ru.htm> [Cit. 2011-02-12], (www1).

VYBRANÉ RŮSTOVÉ PARAMETRY BOROVICE VEJMUTOVKY – ŠTIHLLOSTNÍ KOEFICIENT A KOREFICIENT ZAVĚTVENÍ

PARTIAL GROWTH PARAMETERS OF EASTERN WHITE PINE – H/D RATIO AND L/H RATIO

PETR VANĚK

Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta,
MENDELU v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika,
petr.vanek@mendelu.cz

ABSTRACT

This article deals with evaluation of h/d ratio and l/h ratio (ratio of crown length and stem height) of Eastern white pine and compares this attributes with native tree species – Scotch pine, both of these species are growing in same forest stands, have same age and similar stand tending. As a suitable location for collecting data were chosen municipal forests of Hradec Králové town. The results of statistical comparison of data from five forests stands show that Eastern white pine has more favourable h/d ratio and larger l/h ratio than Scotch pine. H/d ratio of Eastern white pine was lower from 6,1% to 18,6% and l/h ratio of Eastern white pine was greater from 20,7% to 35,5%. In every cases were differences between tree species statistically significant.

Key words: *h/d ratio, crown length-stem height ratio, l/h ratio, Eastern white pine, Hradec Králové municipal forests*

ABSTRAKT

Tento příspěvek se zabývá zhodnocením štihllostního koeficientu a koeficientu zavětvení (poměr délky koruny a výšky stromu – l/h) introdukované borovice vejmutovky a porovnáním těchto vlastností s domácí borovicí lesní rostoucí na stejném stanovišti se stejnou pěstební výchovou. Sběr dat se uskutečnil na území Městských lesů Hradec Králové. Statistické vyhodnocení dat z pěti porostních skupin prokázalo, že borovice vejmutovka oproti borovici lesní obdobného věku na stejném stanovišti dosahuje příznivějšího štihllostního koeficientu a vyšších hodnot koeficientu zavětvení. Štihllostní koeficient vejmutovky dle stáří porostní skupiny dosahoval menších hodnot o 6,1 % až 18,6 %, naopak koeficient zavětvení byl u vejmutovky ve všech případech větší – rozdíl hodnot se pohyboval od 20,7 % do 35,5 %. Ve všech případech u obou parametrů byly rozdíly statisticky významné.

Klíčová slova: *štihllostní koeficient, koeficient zavětvení, l/h, borovice vejmutovka, Městské lesy Hradec Králové*

Úvod

Na území Městských lesů Hradec Králové se vyskytuje a více či méně úspěšně roste přes dvacet druhů introdukovaných dřevin (VANĚK, 2010). Nejzastoupenější cizokrajná dřevina je společně s dubem červeným právě borovice vejmutovka, která se zejména v centrální části území poměrně hojně vyskytuje a tvoří zde lesní porosty společně s borovicí lesní. Z tohoto důvodu nemůžeme považovat tuto dřevinu za bezvýznamnou či nezajímavou složku tamějších lesů. V rámci výzkumu této

dřeviny na zájmovém území byla provedena celá řada měření dendrometrických charakteristik přítomných jedinců, přičemž tento článek vyhodnocuje dva z těchto parametrů – štihlостní koeficient a poměr délky koruny vůči výšce stromu a porovnává je se stejnými parametry borovice lesní.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) je jedním z nejvíce hodnotných a ceněných druhů dřevin rostoucích ve východní části Severní Ameriky. Jelikož se jedná o rychlerostoucí dřevinu mající ve své domovině širokého využití, považuje se stále za jednu z nejvíce pěstovaných amerických dřevin (BURNS, HONKALA, 1990). Vejmutovka zabírá poměrně velký areál ve východní části Severní Ameriky (KLIKA *et al.*, 1953). Do Evropy tento druh dřeviny přivezl roku 1605 G. Weymouth. Ke skutečné a úspěšné introdukci však došlo až v roce 1705 (Anglie, panství vikomta Weymoutha) (MUSIL, HAMERNÍK, 2007). Hlavním důvodem pro introdukci tohoto druhu byl předpoklad vyšší objemové produkce oproti domácím dřevinám. Na některých místech Evropy (Švýcarsko) vejmutovka produkuje dokonce větší přírůst než ve své domovině (SVOBODA, 1953). První záznam o pěstování na našem území je z roku 1785 (zámecká zahrada v Lánech), v lesních kulturách se využívá od 80. let 18. století (Českokamenické panství) (MLÍKOVSKÝ, STÝBLO, 2006).

Dnes je v lesích pěstována jako příměs v kulturách, zejména ve středně teplých a omezeně i v teplých oblastech. Je pěstována téměř po celé Evropě. V České republice roste vejmutovka od nížin až do podhorských oblastí s optimem cca do 500 m.n.m. na čerstvě vlhkých, hlinitých až písčitých půdách v chladnějších oblastech. Celkově je v ČR místně hojná (MLÍKOVSKÝ, STÝBLO, 2006).

Městské lesy Hradec Králové

Městské lesy Hradec Králové a.s. (LHC 509422) se rozkládají jihovýchodním směrem od města Hradec Králové. Vlastníkem lesních pozemků je statutární město Hradec Králové. Pozemky a s nimi související porosty, stavby a rybníky jsou v nájmu společnosti Městské lesy Hradec Králové a.s., ta v současné době obhospodařuje 3 833 ha pozemků, z toho 3 667 ha jsou lesní porosty.

Přírodní poměry, druhová skladba

Zájmové území se nalézá v přírodní lesní oblasti č. 17 – Polabí (PRŮŠA, 2001). Z hlediska lesních vegetačních stupňů se tyto lesy nacházejí zonálně v 1. dubovém (1 %), dále v 2. bukodubovém (98 %) a v 3. dubobukovém (1 %) lesním vegetačním stupni. Nejzastoupenější cílové hospodářské soubory jsou oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh (49,5 %), živná stanoviště nižších poloh (18,1 %), přirozená borová stanoviště (16,2 %) a kyselá stanoviště nižších poloh (13,7 %). Z jehličnatých dřevin má největší druhové zastoupení borovice lesní (*Pinus sylvestris*) 57 %, dále smrk ztepilý (*Picea abies*) 23 %, modřín opadavý (*Larix decidua*) 2 % a borovice vejmutovka (*Pinus strobus*) 2 %. Z listnatých dřevin má největší zastoupení dub zimní (*Quercus petraea*) 6 %, bříza bělokorá (*Betula pendula*) 3 %, olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) 2 % a dub červený (*Quercus rubra*) 2 %. (LHP, 2004).

Geologická stavba je velmi jednoduchá, nicméně vysoce specifická. Na podkladu turonských slínů se zachovaly rozlehlé terasové plošiny, tvořené kyselými říčními šterkopísky, místy s tenkým pokryvem vátých písků (CULEK, 1996). Území Městských lesů Hradec Králové spadá dle klimatické klasifikace Quitta (QUITT, 1971) do klimatické oblasti T2, tzn. klimatické oblasti teplé. Lesní porosty v této oblasti se rozprostírají v nadmořské výšce přibližně v rozmezí 230–290 m. n. m.

MATERIÁL A METODIKA

Borovice vejmutovka

Vejmutovka je statný strom dosahující až 50, řidčeji dokonce až 80 m výšky, který může u paty měřit až 150 cm v průměru (PILÁT, 1964). Není-li ovlivněna negativními vlivy prostředí či škůdci lehce dosahuje věku kolem 200 let. Vejmutovka kromě dostatečné vlhkosti půdy (za předpokladu propustné spodiny) vyžaduje také značnou vlhkost vzduchu. Stagnující půdní vláhu snáší hůř. Je to světlomilná dřevina, snášející pouze slabý boční zástín (ÚRADNÍČEK, 2003). Na některých místech Evropy trpí vejmutovka houbovými chorobami více než ve své domovině, zároveň je však více odolná k poškození sněhem než domácí druhy dřevin (SVOBODA, 1953). Přirozeně se vejmutovka zmlazuje výborně na písčítých stanovištích, kde také snadno odolává konkurenčnímu tlaku jiných dřevin. Takováto stanoviště jsou (v Americe) považována za velmi efektivní a ekonomicky výhodná pro lesnické pěstování vejmutovky (MUSIL, HAMERNÍK, 2007). V našich podmínkách se vejmutovka nejlépe spontánně zmlazuje v borových lesích pískovcových skalních měst. V podrostu lesů zmlazuje i v rovinatých nížinných polohách, všude tam, kde jsou propustné písčité půdy. (HADINCOVÁ ET AL., 2008) V souvislosti s přirozeným zmlazením vejmutovky se objevuje problém invazivního chování této dřeviny a to především v oblasti Národního parku České Švýcarsko (dříve území Labských pískovců a Českosaského Švýcarska) a v jeho přílehlém okolí. Vejmutovka zde zásadním způsobem mění druhovou skladbu i prostorovou strukturu přirozených a přírodě blízkých lesních porostů v Národním parku České Švýcarsko. Jedná se především o skalní bory a bory na plošinách (KLITSCH, HARTEL, 2004).

V severní Americe poskytuje vejmutovka velkou část palivového dřeva. Dále se používá ve stavebním i nábytkovém truhlářství, na práce tesařské a bednářské, k výrobě prken, latí, beden, zápalek atd. a jako důležitá surovina pro výrobu dřevoviny a celulózy (KLIKA ET AL., 1953). Na území USA byla vejmutovka 300 let považována za nejlepší jehličnaté dřevo. I dnes, tam, kde se ještě tato dřevina ve větší míře vyskytuje, je pilaři požadována přednostně ona (MUSIL, HAMERNÍK, 2007).

Borovice vejmutovka v Městských lesích Hradec Králové

Borovice vejmutovka se na území Městských lesů Hradec Králové poprvé objevila a začala pěstovat na přelomu 19. a 20. století, tj. v době kdy zde působil Ing. Jan Strachota, který zde jako první lesník začal ve větší míře zavádět nepůvodní dřeviny do lesních porostů. Od té doby se stala na tomto majetku vejmutovka poměrně hojnou a do jisté míry běžnou součástí lesních porostů. Výchovné zásahy jsou aplikovány obdobně jako u borovice lesní.

Metodika

Sběr dat a následné vyhodnocení a komparace byla provedena v rámci následujících pěti porostních skupin:

86B4b – současný věk 42 let, plocha 0,42 ha, lesní typ 2M4, hospodářský soubor 263, zakmenění 10.

77A8 – současný věk 77 let, plocha 6,03 ha, lesní typ 2P1, hospodářský soubor 263, zakmenění 7.

41B9a – současný věk 87 let, plocha 1,33 ha, lesní typ 1M7, hospodářský soubor 261, zakmenění 8.

88A9 – současný věk 89 let, plocha 2,56 ha, lesní typ 2M2, hospodářský soubor 263, zakmenění 7.

86B10b – současný věk 102 let, plocha 2,21 ha, lesní typ 2P5, hospodářský soubor 263, zakmenění 6.

Ve všech zmíněných porostních skupinách je v dostatečné míře zastoupena jak borovice vejmutovka, tak borovice lesní. V rámci každé porostní skupiny dřeviny rostou na stejném stanovišti (SLT), jsou obdobného věku a výchovné zásahy jsou taktéž obdobné.

Ve výše jmenovaných porostních skupinách byly dle porostní situace a rozmístění dřevin vytyčeny výzkumné plochy různé velikosti, na nichž byly kromě okrajových jedinců zaznamenány a následně změřeny všechny vyskytující se borovice vejmutovky a borovice lesní.

Měřeny byly následující charakteristiky:

1. Výška jedince – měřena pomocí ultrazvukového výškoměru Vertex IV s přesností měření 0,1 m.
2. Výčetní tloušťka jedince – měřena kovovou průměrkou s přesností 0,1 cm.
3. Výška nasazení živé koruny jedince – měřena pomocí ultrazvukového výškoměru Vertex IV, za nasazení živé koruny jedince byla považována výška přesleňu s alespoň dvěma živými větvemi, pokud byl takový přesleň součástí souvislé koruny.

Po změření zmíněných dendrometrických parametrů byl použit program Microsoft Excel 2007 k výpočtu štihlостního koeficientu a koeficientu zavětvení (poměr délky živé koruny a výšky stromu) všech přítomných jedinců. Následně proběhlo statistické vyhodnocení dat pomocí softwaru Statistika v.8. Zde byla nejprve ověřena normalita dat pro každý výběrový soubor pomocí normálního pravděpodobnostního grafu Shapiro-Wilksovým testem, poté byla vypočtena základní popisná statistika sledovaných charakteristik výběrových souborů. Následně proběhla komparace těchto parametrů a ověření existence statisticky významných rozdílů mezi daty výběrových souborů pomocí statistického testování. K tomuto účelu byl v případě normality dat výběrových souborů použit dvouvýběrový t-test, v případě, že výběrové soubory vykazovaly nenormální rozdělení dat, byl použit neparametrický Mann-Whitney test. Veškeré testování probíhalo na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

VÝSLEDKY

Celkem bylo ve všem pěti zmíněných porostních skupinách změřeno, vyhodnoceno a porovnáno 457 jedinců borovice vejmutovky a 452 jedinců borovice lesní.

Porostní skupina 86B4b

V porostní skupině 86B4b bylo celkem zaznamenáno a vyhodnoceno 144 jedinců borovice vejmutovky a 150 jedinců borovice lesní. Obě dřeviny tvořily v porostní skupině nesmíšené homogenní skupiny. Z výsledků popisné statistiky (tab. 1 a tab. 2) je zřejmé, že štíhlostní koeficient borovice vejmutovky v této porostní skupině je o 18,6 % menší než štíhlostní koeficient borovice lesní (100,5 vs. 81,8). Koeficient zavětvení dosahuje u borovice vejmutovky vyšších hodnot průměrně o 35,5% proti borovici lesní (0,42 vs. 0,31). Rozdíly v datech obou sledovaných charakteristik vyhodnotil test jako statisticky významné.

Tabulka 1: Popisná statistika parametru štíhlostní koeficient – porost 86B4b

Table 1: Descriptive statistics of h/d ratio – forest district 86B4b

štíhlost. koef. ¹	Průměr ²	Int. spol. – 95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	81,8	79,9	83,6	82,8	10,9	1,86700486392294*10 ⁻²¹
BO ⁹	100,5	97,6	103,3	97,9	17,8	

¹h/d ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Tabulka 2: Popisná statistika parametru koeficient zavětvení – porost 86B4b

Table 2: Descriptive statistics of crown length-stem height ratio – forest district 86B4b

koef. zavětvení ¹	Průměr ²	Int. spol. – 95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	0,31	0,30	0,32	0,31	0,07	4,40995261989205*10 ⁻²²
BO ⁹	0,42	0,40	0,43	0,41	0,08	

¹crown length-stem height ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Porostní skupina 77A8

V porostní skupině 77A8 bylo zaznamenáno a vyhodnoceno 52 jedinců borovice vejmutovky a 56 jedinců borovice lesní, obě dřeviny zde rostou nesmíšeně. Borovice vejmutovka v této porostní skupině dosahuje proti borovici lesní příznivějšího štíhlostního koeficientu (viz. tab. 3), ten je o 7,2 % nižší (81,3 vs. 75,5). Koeficient zavětvení je větší u borovice vejmutovky o 20,7 % (0,35 vs. 0,29) viz tab. 4. Rozdíly v obou parametrech byly vyhodnoceny jako statisticky významné.

Tabulka 3: Popisná statistika parametru štíhlostní koeficient – porost 77A8

Table 3: Descriptive statistics of h/d ratio – forest district 77A8

štíhlost. koef. ¹	Průměr ²	Int. spol. – 95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	75,5	72,0	79,0	75,0	12,6	0,010377
BO ⁹	81,3	78,4	84,1	83,7	10,6	

¹h/d ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Tabulka 4: Popisná statistika parametru koeficient zavětvení – porost 77A8
Table 4: Descriptive statistics of crown length-stem height ratio – forest district 77A8

koef. zavětvení ¹	Průměr ²	Int. spol. -95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	0,29	0,27	0,30	0,29	0,06	1,44771730065218*10 ⁻⁶
BO ⁹	0,35	0,33	0,37	0,36	0,07	

¹crown length-stem height ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Porostní skupina 41B9a

V porostní skupině 41B9a bylo zaznamenáno a vyhodnoceno 68 jedinců borovice vejmutovky a 62 jedinců borovice lesní, borovice vejmutovka je zde jednotlivě přimíšena v porostu borovice lesní. Dle uvedených výsledků popisné statistiky (viz. tab. 7 a tab. 8) dosahuje borovice vejmutovka příznivějších hodnot štíhlostního koeficientu o 10,1 % (81,1 vs. 72,9) a většího průměrného koeficientu zavětvení o 23,3 % (0,37 vs. 0,30). Rozdíly v datech mezi dřevinami u obou charakteristik jsou statisticky významné.

Tabulka 5: Popisná statistika parametru štíhlostní koeficient – porost 41B9a
Table 5: Descriptive statistics of h/d ratio – forest district 41B9a

štíhlost. koef. ¹	Průměr ²	Int. spol. -95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	72,9	70,7	75,2	72,7	9,2	0,000018
BO ⁹	81,1	78,2	84,1	80,3	11,7	

¹h/d ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Tabulka 6: Popisná statistika parametru koeficient zavětvení – porost 41B9a
Table 6: Descriptive statistics of crown length-stem height ratio – forest district 41B9a

koef. zavětvení ¹	Průměr ²	Int. spol. -95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	0,30	0,28	0,31	0,29	0,06	8,31936247038386*10 ⁻⁹
BO ⁹	0,37	0,35	0,39	0,36	0,08	

¹crown length-stem height ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Porostní skupina 88A9

V porostní skupině 88A9 bylo zaznamenáno a vyhodnoceno 125 jedinců borovice vejmutovky a 113 jedinců borovice lesní, vejmutovka zde tvoří v porostu borovice lesní jednotlivou příměs. Z výsledků popisné statistiky (viz. tab. 5 a tab. 6) je zřejmé, že borovice vejmutovka zde dosahuje nižší průměrné hodnoty štíhlostního koeficientu o 6,1 % (82,1 vs. 77,1) a větší průměrné hodnoty koeficientu zavětvení o 31 % (0,38 vs. 0,29) proti průměrným hodnotám borovice lesní. U obou sledovaných parametrů byly rozdíly v datech vyhodnoceny jako statisticky významné.

Tabulka 7: Popisná statistika parametru štíhlostní koeficient – porost 88A9
Table 7: Descriptive statistics of h/d ratio – forest district 88A9

štíhlost. koef. ¹	Průměr ²	Int. spol. -95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	77,1	74,9	79,4	77,1	12,5	0,003101
BO ⁹	82,1	79,7	84,5	80,3	12,9	

¹h/d ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Tabulka 8: Popisná statistika parametru koeficient zavětvení – porost 88A9

Table 8: Descriptive statistics of crown length-stem height ratio – forest district 88A9

koef. zavětvení ¹	Průměr ²	Int. spol. – 95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	0,29	0,27	0,30	0,28	0,07	2,58633616504646*10 ⁻¹⁴
BO ⁹	0,38	0,36	0,40	0,35	0,11	

¹crown length-stem height ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Porostní skupina 86B10b

V porostní skupině 86B10b bylo zaznamenáno a vyhodnoceno 68 jedinců borovice vejmutovky a 71 jedinců borovice lesní, porostní skupina se nachází v pokročilém stadiu obnovy s malým zakmeněním, jedná se o skupinu jedinců borovice vejmutovky obklopenou jedinci borovice lesní. Výsledky porovnání sledovaných charakteristik mají obdobný trend jako v předchozích porostních skupinách, tzn. průměrný štihllostní koeficient nabývá příznivějších hodnot u vejmutovky – je o 7,7 % nižší (63,5 vs. 58,6) a koeficient zavětvení je taktéž opět vyšší u vejmutovky – o 32,3 % (0,41 vs. 0,31). U obou charakteristik byly rozdíly vyhodnoceny jako statisticky významné.

Tabulka 9: Popisná statistika parametru štihllostní koeficient – porost 86B10b

Table 9: Descriptive statistics of h/d ratio – forest district 86B10b

štihllost. koef. ¹	Průměr ²	Int. spol. – 95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	58,6	56,7	60,4	58,0	59,4	0,011607
BO ⁹	63,5	60,9	66,1	61,2	119,8	

¹h/d ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

Tabulka 10: Popisná statistika parametru koeficient zavětvení – porost 86B10b

Table 10: Descriptive statistics of crown length-stem height ratio – forest district 86B10b

koef. zavětvení ¹	Průměr ²	Int. spol. – 95 % ³	Int. spol. 95 % ⁴	Medián ⁵	Sm. odch. ⁶	Test – hodnota p ⁷
VJ ⁸	0,31	0,30	0,33	0,31	0,07	1,95796441324633*10 ⁻¹⁵
BO ⁹	0,41	0,40	0,43	0,42	0,07	

¹crown length-stem height ratio, ²average, ³confidence interval, ⁴confidence interval, ⁵median, ⁶skewness, ⁷test-p value, ⁸Eastern white pine, ⁹Scotch pine

ZÁVĚR

Borovice vejmutovka je jednou z více zastoupených, produkčně významných (VANĚK, 2011), introdukovaných dřevin na území Městských lesů Hradec Králové. Na celém zájmovém území není její zastoupení příliš velké – cca 2 % (75 ha), nicméně převážná část jejího výskytu je koncentrována do centrální části LHC, kde dosahuje výrazně vyššího podílu v druhové skladbě porostů. Proto nelze tuto dřevinu považovat za nedůležitou či nevýznamnou součást lesních porostů.

Tento příspěvek hodnotí štihllostní koeficient a koeficient zavětvení (l/h) borovice vejmutovky a porovnává tyto parametry s domácím druhem – borovicí lesní. Z provedeného měření a následného statistického porovnání zcela zřetelně vyplývá, že

borovice vejmutovka dosahuje ve všech porostních skupinách proti borovici lesní signifikantně příznivějšího (nižšího) štihlостního koeficientu (až o 18,6 % – v nejmladší porostní skupině 86B4b). Opačná situace pro borovici vejmutovku nastala u parametru koeficient zakmenění, kde vejmutovka dosahuje ve všech porostních skupinách signifikantně vyšších hodnot (až o 35,5 % v porostní skupině 86B4b).

LITERATURA

- BURNS, R. M., HONKALA, B. H., 1990, *Silvics Of North America Vol. 1 Conifers*, Washington D.C., Agriculture Handbook 654, USDA Forest Service.
- CULEK, M., 1996, *Biogeografické členění České republiky [1. díl]*, Praha, Enigma, 347 pp.
- HADINCOVÁ, V., KÖHLEINOVÁ, I., MAREŠOVÁ, J., ŠAJTAR, L., 2008, Šíření borovice vejmutovky v lesích České republiky, *Živa*, 3:108–110.
- JŮZA, R. A KOL., 2004, *Lesní hospodářský plán (platnost 1. 1. 2005 – 31. 12. 2014)*, Městské lesy Hradec Králové.
- KLIKA, J., ŠIMAN, K., NOVÁK, F. A., KAVKA B., 1953, *Jehličnaté*, Praha, Nakladatelství Československé akademie věd, 310 s.
- KLITSCH, M., HÄRTEL, H., 2004, Invaze borovice vejmutovky v Národním parku České Švýcarsko. In: Neuhöferová, P., (eds.): *Introdukované dřeviny a jejich produkční a ekologický význam*, Praha, ČZU Praha, 109–112 s.
- MLÍKOVSKÝ, J., STÝBLO, P., 2006, *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*, Praha, ČSOP, 496s. ISBN 80-86770-17-6.
- MUSIL, I., HAMERNÍK, J., 2007, *Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: dendrologie 1*, Praha, Academia, 352 s., ISBN 978-80-200-1567-9.
- PILÁT, A., 1964, *Jehličnaté stromy a keře našich zahrad a parků*, Praha, ČSAV, 507 s.
- PRŮŠA, E., 2001, *Pěstování lesa na typologických základech*, Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce, 593 s. ISBN 80-86386-10-4.
- SVOBODA, P., 1953, *Lesní dřeviny a jejich porosty – část I.*, Praha, SZN, 411 s.
- ÚRADNÍČEK, L., 2003, *Lesnická dendrologie I.: Gymnospermae*, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 70 s., ISBN 80-7157-643-3.
- VANĚK, P., 2011, Komparace produkčního potenciálu borovice vejmutovky a borovice lesní. In: ŠRÁMEK, M., SEDLÁK, P., (eds): *SilvaNet - WoodNet 2011*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 95–96. ISBN 978-80-7375-567-6.
- VANĚK, P., 2010, Využití introdukovaných druhů dřevin v podmínkách Městských lesů Hradec Králové. In: Knott, R., Peňáz, J., Vaněk, P., (eds): *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, s. 166-172. ISBN 978-80-7375-422-8.
- QUITT, E., 1971. *Mapa Klimatické oblasti ČSSR 1:500 000. Kartografické nakladatelství pro Geografický ústav Československé akademie věd Brno.*

PODĚKOVÁNÍ

Tato studie byla uskutečněna a prezentována za finanční podpory IGA 11/2011-Interní grantová agentura LDF Mendelu v Brně.

VPLYV RÔZNEJ DREVINOVEJ SKLADBY NA PRODUKČNÉ A RASTOVÉ CHARAKTERISTIKY PRALESA NPR SKALNÁ ALPA

INFLUENCE OF VARIABLE TREE SPECIES COMPOSITION ON PRODUCTION AND GROWTH CHARACTERISTICS OF VIRGIN FOREST NNR SKALNÁ ALPA

JOZEF ZRAK

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The work deals with evaluation growth and wood-producing patterns in the old-growth forest NNR Skalná Alpa. The research was realized on the tree permanent research plots (PRP) with different share of European beech. We analyzed relationship between the crown volume and trunk volume of beech and the utilization of available growth space as well. The utilization of available growth space by the crown volume ranged from 14,1% to 16,3%, according to beech share. The simple linear regression analysis revealed the strong correlation between the crown volume and trunk volume of beech ($R^2 =$ from 0,692 to 0,716). Tree species composition dont influence these relationship. We found, that the same beech crowns volume in NNR Skalná Alpa, produce 3 times less trunk volume, in compare with beech old growth forest in 4-th altitudinal vegetable zone.

Key words: NNR Skalná Alpa, beech, utilization of available space

ABSTRAKT

Predkladaná práca sa zaoberá hodnotením produkčných a rastových charakteristík v pralesi NPR Skalná. Výskum bol vykonaný na troch TVP s rôznym podielom buka v drevinovom zložení. Predmetom analýzy boli vzťahy medzi objemom koruny a objemom kmeňa buka a využitie rastového disponibilného priestoru v NPR. Hodnoty využitia disponibilného priestoru na skúmaných TVP v NPR Skalná Alpa sa pohybujú v závislosti od podielu buka od 14,1 % po 16,3 %, čo predstavuje len nevýznamné rozdiely. Analýza vzťahu medzi objemom kmeňov a korun buk lesného potvrdila tesnú závislosť charakterizovanú korelačným koeficientom R^2 od 0,692 do 0,716. Drevinová skladba porastu neovplyvňuje tesnosť tejto závislosti. Zistilo sa, že výkon asimilačného aparátu jedincov buka v NPR Skalná Alpa je v porovnaní s pralesmi nachádzajúcimi sa v 4. lvs len tretinový.

Kľúčové slová: NPR Skalná Alpa, buk, využitie disponibilného priestoru

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Ako prvý prezentoval sukcesný prístup skúmania lesných ekosystémov COMBES (1899 in WATT 1947). Výskum zameraný na produkčné otázky a štruktúru prírodných lesov zaznamenal od prvých prác významný poznatkový posun. Riešenie tejto problematiky sa dostalo na úroveň časovo-priestorového výskumu vývoja prírodných lesov. Vedecké práce zaoberajúce sa výskumom ich štruktúry sa datujú hlavne v druhej polovici 20. storočia (PINTARIĆ 1959, MLINŠEK 1978, 1993, LEIBUNGUT 1982, MAYER *et al.* 1989 in BRANG 2005, KORPEE 1989). Striedanie vývojových fáz a štádií

v rámci vývojového cyklu pralesa znamená rôznu mieru a dynamiku využívania jeho produkčného a rastového priestoru korunami stromov. Podľa KORPELA (1989, 1995) a KORPEL, SANIGA (1995) je funkciou striedania vývojových štádií pralesa konkurenčný tlak stromov v rastovom disponibilnom priestore pralesa, ich oslabenie z dôvodu vysokého veku a vplyv biotických resp. abiotických faktorov. Dôležité je poznať produkčné využitie rastového priestoru korunami stromov drevín ako ukazovateľa nárastu biomasy a konkurenčného tlaku. Objem korún má veľký význam pre produkčné presadenie sa jedinca v produkčnom priestore porastu ale aj objemovej produkcii.

Uvedený smer výskumu je v poslednom období veľmi aktuálny. Prvé kroky boli vykonané pri analýze produkčných charakteristik v prípade výberkových lesov Slovenska (SANIGA, VENCÚRIK 2007). Analýza vysokej tesnosti korelácie medzi objemom korún smreka resp. jedle a objemom ich kmeňov potvrdila, že až 80–82 % prírastku na objeme kmeňa je determinované jeho objemom koruny. Miera využitia rastového disponibilného priestoru vo vybratých výberkových lesoch orografického celku Nízke Tatry sa čiastkovo venoval aj JAĎUŠ, SANIGA (2012).

Práce zaoberajúce sa rozborom závislosti medzi objemami korún a kmeňov v pralesoch Slovenska priniesli viacero nových poznatkov. Výsledky z pralesa Hrončecský grúň (SANIGA, BALANDA 2008) a z bukových pralesov západných Karpát (BAKOŠOVÁ, SANIGA 2009) potvrdili rozdielne hodnoty závislosti medzi sledovanými produkčnými charakteristikami. Vysoká tesnosť korelácie ($R^2 > 82\%$) sa potvrdila v prípade rovnorodých bukových pralesov východného Slovenska v NPR Rožok a Havešová. Nižšia hodnota ($R^2 = 68\%$) medzi objemom korún a kmeňov bola zistená v NPR Kyjov. Dôvodom je podľa autorov nižšia stabilita a väčšia frekvencia medzier v tomto pralesi. Na druhej strane, práca SANIGA, BALANDA (2008) potvrdila, že v prípade viacerých drevín, ktoré sa zúčastňujú na štruktúre a výstavbe pralesa, sú závislosti medzi ich objemami korún a kmeňov menej tesné a závisia hlavne od ich tolerance na svetlo a vrstvy v ktorej sa nachádza prevažná časť stromov analyzovaných drevín.

Aj keď štruktúrou a rastovými procesmi v NPR Skálná Alpa sa už v minulosti zaoberal SANIGA (1995), analýza zmien objemov korún a využitia disponibilného priestoru diferencovane podľa vývojových štádií bola vykonaná až autormi ZRAK, SANIGA (2010). Rozbor výsledkov ukázal, že v štádiu dorastania a optima sa objem korún podieľa len 40–45 % na tvorbe objemu kmeňa. Tesnejšia závislosť sa potvrdila v štádiu rozpadu. Výsledky 20-tich rokov merania v pralesi NPR Sitno boli prezentované prácou DANKOVÁ, SANIGA (2011), kde najtesnejšia závislosť ($R^2 = 0,83$) bola zistená v počiatočnom štádiu dorastania, napriek tomu že využitie disponibilného priestoru korunami stromov za sledované obdobie dosahovalo najvyššie hodnoty (od 24,5 % do 36,5 %).

Cieľom práce je:

- porovnať úroveň využívania rastového disponibilného priestoru v jednotlivých vrstvách pralesa, pri rôznom zastúpení buka,
- overiť hypotézu, či drevinová skladba porastu významne neovplyvňuje tesnosť závislosti medzi objemom korún a kmeňov pri drevine buk lesný,
- porovnať výkon asimilačného aparátu buka v NPR Skálná Alpa s bukovými pralesmi nachádzajúcimi sa v optime jeho rozšírenia.

Charakteristika výskumného objektu

Skalná Alpa (1 463,2 m n. m.) je jedným s vrchov orografického celku Veľká Fatra. Nachádza sa na 48°58'58.11" severnej šírky a 19°11'27.68" východnej dĺžky v Žilinskom kraji, v okrese Ružomberok, v katastri obce Liptovská Osada a Lubochňa. Za NPR bola vyhlásená v roku 1964 s výmerou 67,46 ha (VYSKOT 1981). Neskôr v roku 1993 bola rozšírená na súčasných 524,55 ha. Geologické podložie je tvorené vápencami a dolomitmi. Z pôdnych typov prevažuje rendzina hnedá a rendzina typická, vyskytujú sa taktiež hnedé lesné pôdy (VESTENICKÝ, VOLOŠČUK 1986). KORPEL (1989) uvádza v NPR Skalná Alpa nasledovné drevinové zloženie: SM 65 %, JD 10 %, BK 20 %, JH 5 %. Tieto porasty patriace do skupín lesných typov *Fageto-Aceretum humile*, a *Abieto-Fagetum*, prechádzajú v siedmom lesnom vegetačnom stupni do prestarnutých porastov patriacich do sít *Fageto-Picetum* a *Acereto-Picetum* (KORPEL 1989). SANIGA M., SANIGA MIR. (2004) uvádzajú pre NPR Skalná Alpa nasledovné klimatické charakteristiky: priemerná ročná teplota 4 °C, úhrnné ročné zrážky 1 000 až 1 200 mm, z toho 400–450 mm vo vegetačnej dobe, priemerný počet letných dní v roku s teplotou nad 25 °C je 20 a priemerný počet mrazových dní v roku je 170.

Výskum bol vykonaný na troch trvalých výskumných plochách (TVP) o rozmeroch 150 × 50 m založených v častiach pralesa s rôznym podielom zastúpenia buka lesného. TVP sa nachádzajú vedľa seba v nadmorskej výške 1 150 m n. m. na severovýchodnom a severnom svahu so sklonom 30°. Medzi jednotlivými TVP sa nachádzajú 50 m široké izolačné pásy. Pôdnym typom je rendzina typická. Okrem buka sa na drevinovom zložení porastu TVP podieľa javor horský (*Acer pseudo-platanus* L.), smrek obyčajný (*Picea abies* (L.) Karst.), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.), jedľa biela (*Abies alba* Mill.) a jarabina mukyňová (*Sorbus aria* L.). Pričom posledné tri dreviny sa nachádzajú len ako jednotlivá prímies. V bylinnom kryte prevládajú vysoké byliny. Dominujú horské druhy a prístupujú kalcifity a subalpínske druhy. Vyskytuje sa napr.: *Allium ursinum*, *Corthusa mathioli*, *Soldanella carpathica*, *Mercurialis perennis*, *Dentaria* sp., *Veratrum album*, *Sanicula europaea*, *Oxalis acetosella* a iné.

METODIKA

Na analýzu využitia rastového disponibilného priestoru pralesa korunami stromov jednotlivých drevín ako aj na analýzu zistenia závislosti medzi objemami korún stromov a objemom ich kmeňov boli použité údaje z 3 trvalých výskumných plôch (TVP), každá s rozmermi 150 × 50 m, dlhšou stranou orientovanou po vrstevnici. TVP boli založené v častiach pralesa s nasledovným podielom buka v drevinovom zložení: TVP 1: BK – 95 %, TVP 2 – 80 % a TVP 3 – 65 % Výskumné plochy boli založené a vymerané pomocou technológie Field-Map a stabilizované pomocou drevených kolíkov. Každá plocha bola kvôli lepšej orientácii rozdelená na 12 čiastkových plôch o výmere 25 × 25 m. Na TVP boli zmerané pri živých stromov hrubších ako 2 cm v $d_{1,3}$ tieto veličiny:

- hrúbky stromov ($d_{1,3}$),
- výšky stromov (h),
- výšky nasadenia korún (h_c)

- pozícia stromov v ortogonálnom systéme (x, y),
- parametre korún vo vektoroch x_1 až x_n .

Meranie hrúbok sa vykonávalo dendrometrickou priemerkou s milimetrovým delením, podľa všeobecných zásad priemerkovania (ŠMELKO 2000) s presnosťou na 1 mm. Meranie výšok a výšok nasadenia korún sa vykonávalo pomocou výškomeru VERTEX III s presnosťou na 0,5 m. Pri jedincoch tenších v $d_{1,3}$ ako 5 cm, rastúcich spravidla vo veľkej hustote sa meranie výšok vykonávalo pomocou výškomernej laty. Pozičné zachytenie jedincov a meranie parametrov korún ($x_1 - x_n$) sa vykonávalo pomocou technológie Field-Map. Pre všetky jedince s hrúbkou nad 2 cm v $d_{1,3}$ sa vypočítal objem kmeňový s kôrou pomocou vzorcov PETRÁŠ, PAJTIK (1991).

Produkčné využitie disponibilného rastového priestoru pralesa korunami stromov bolo počítané na základe pomeru objemu korún stromov nachádzajúcich sa na TVP ku objemu kvádra ohraničeného rozmermi TVP 150 × 50 m a hornou výškou ($h_{10\%}$) drevín nachádzajúcich sa v ňom. Horná výška ($h_{10\%}$) bola vypočítaná ako výška 10 % najvyšších stromov porastu zvlášť pre každú TVP. Pre stanovenie objemu koruny boli použité vzorce JURČA (1968):

$$C_k = \frac{\pi}{8} \cdot b^2 \cdot l \quad \text{– pre listnaté dreviny, a} \quad C_k = \frac{\pi}{12} \cdot b^2 \cdot l \quad \text{– pre ihličnaté dreviny.}$$

kde: l – dĺžka koruny,

b – šírka koruny.

Rozdelenie stromov do jednotlivých vrstiev pralesa bolo vykonané na základe tretín hornej výšky ($h_{10\%}$). Pri analýze vzťahu medzi objemom korún stromov a objemom kmeňa bola použitá regresná a korelačná analýza.

VÝSLEDKY

V drevinovom zložení pralesa (tab. 1) na TVP 1 dominuje buk lesný 94,8 % podielom z celkového počtu jedincov a 92,4 % podielom na objeme hrubiny. Ako prímes sa vyskytuje javor horský a smrek obyčajný. Na TVP 2 taktiež početne aj objemovo dominuje buk lesný. V pralese sa, ešte výrazne presadzuje javor horský a smrek obyčajný. Smrek má výrazný podiel len na objemovej produkcii (10,9 %), pričom jeho podiel na počte jedincov je nepatrný (1,6 %). Z ostatných druhov drevín sa na ploche v nepatrnom množstve (4ks) vyskytujú jaseň štíhly a jarabina mukyňová. Buk lesný je na TVP 3 taktiež dominantnou drevinou svojim 67,3 % podielom na počte a 42 % podielom na objeme. Druhou najpočetnejšou drevinou je smrek obyčajný (22,9 %), ktorý však objemovo dominuje (51,8 %). Na TVP 3 sa ešte výrazne uplatňuje javor horský.

Suma objemov korún drevín všetkých vrstiev na TVP 1 predstavuje 72 236 m³, pričom horná výška 10 % najvyšších stromov pralesa je rovná 30,23 m. Následne vypočítaná úroveň využitia disponibilného priestoru predstavuje 15,9 %. Analýza preukázala, že horná vrstva má na využití disponibilného priestoru 2/3 podiel. Podrobné rozdelenie v rámci jednotlivých vrstiev pralesa a drevín je prezentované v tab. 2. Pri analýze závislosti medzi objemom koruny a kmeňa pri drevine buk (obr. 1) bola zistená tesná závislosť s koeficientom korelácie $r_{xy} = 0,836$. Koeficient determinácie $R^2 = 0,699$ potvrdzuje, že takmer 70 % objemu kmeňa sa dá vysvetliť

závislosťou od objemu koruny. Pri analýze bola použitá lineárna závislosť s tvarom $y = 0,003x$. Nelineárne závislosti mali korelačný koeficient len nevýznamne vyšší čomu neodpovedala ich zložitosť. Absolútny člen lineárnej funkcie $a = 0,003$ znamená, že objem kmeňa predstavuje 1/330 objemu koruny.

Tab. 1: Drevinové zloženie pralesa v NPR Skalná Alpa podľa počtu a objemu

Tab. 1: Tree species composition in NNR Skalná Alpa according to number and volume

Drevina ¹	BK ²	JH ³	SM ⁴	Spolu ⁵	BK ²	JH ³	SM ⁴	Spolu ⁵
	Ks (ks.ha ⁻¹) ⁶				V (m ³ .ha ⁻¹) ⁷			
TVP 1	327	15	3	345	313,41	10,02	15,73	339,16
%	94,8	4,3	0,9	100	92,4	3	4,6	100
TVP 2	295	60	6	361	251,87	45,64	36,53	334,04
%	81,8	17,4	1,6	100	75,4	13,7	10,9	100
TVP 3	344	50	117	511	153,05	19,372	185,29	357,70
%	67,3	9,8	22,9	100	42,8	5,4	51,8	100

¹tree species, ²beech, ³maple, ⁴spruce, ⁵total, ⁶pieces (pc per ha), ⁷volume (m³ per ha)

Tab. 2: Využitie disponibilného priestoru korunami stromov na TVP 1 v NPR Skalná Alpa

Tab. 2: Crown utilization of available growth space on PRP 1 in NNR Skalná Alpa

Vrstva ¹	Buk lesný ²		Smrek obyčajný ³		Javor horský ⁴		Spolu ⁸	
	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰
Dolná⁵	3 338	0,7	0	0	0	0	3 338	0,7
Stredná⁶	19 586	4,3	0	0	1003	0,2	20 589	4,5
Horná⁷	46 523	10,3	852	0,2	932	0,2	48 308	10,7
Spolu⁸:	69 448	15,3	852	0,2	1935	0,4	72 236	15,9

¹layer, ²beech, ³spruce, ⁴maple, ⁵lower, ⁶middle, ⁷upper, total, ⁹crown volume in m³, ¹⁰utilization of available space

Na TVP 2, kde sa na drevinovom zložení podieľa buk cca 80 % bola zistená horná výška 10 % najvyšších stromov pralesa 28,1 m. Pričom suma objemov korún drevín nachádzajúcich sa na ploche TVP 2 predstavuje 68 396 m³. Následne vypočítaná hodnota využitia disponibilného priestoru je 16,3 %. Rozdelenie objemov korún v rámci vrstiev a drevín je v tab. 3. Stromy hornej vrstvy sa na využití disponibilného priestoru podieľajú 2/3 podielom.

Tab. 3: Využitie disponibilného priestoru korunami stromov na TVP 2 v NPR Skalná Alpa

Tab. 3: Crown utilization of available growth space on PRP 2 in NNR Skalná Alpa

Vrstva ¹	Buk lesný ²		Smrek obyčajný ³		Javor horský ⁴		Spolu ⁸	
	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰
Dolná⁵	3 741,583	0,9	0	0	272,8137	0,1	4 014,396	1
Stredná⁶	15 219,67	3,6	72,0174	0	2 117,072	0,5	17 408,76	4,1
Horná⁷	4 0268,1	9,6	1 184,957	0,3	5 520,172	1,3	46 973,23	11,2
Spolu⁸:	59 229,36	14,1	1 256,974	0,3	7 910,057	1,9	68 396,39	16,3

¹layer, ²beech, ³spruce, ⁴maple, ⁵lower, ⁶middle, ⁷upper, ⁸total, ⁹crown volume in m³, ¹⁰utilization of available space

Aj keď je hodnota využitia disponibilného priestoru vyššia ako na TVP 1, sumárne hodnoty objemov korún sú nižšie. Disproporciu vysvetľuje odlišná horná výška porastu. Preukázala sa tesná závislosť objemu kmeňa od objemu koruny

(obr. 2). Tesnosť potvrdzuje hodnota koeficientu $r_{xy} = 0,832$. Koeficient determinácie má hodnotu $R^2 = 0,692$. Závislosť bola popísaná rovnakou lineárnou funkciou ako na TVP 1.

Z pomedzi analyzovaných plôch je najnižšie zastúpenie buka (cca 65%) na TVP 3. Vypočítaná horná výška na TVP 3 je 27,4 m, a sumárny objem korún všetkých drevín v celom výškovom profile je 63 686 m³ (tab. 4). Na TVP 3 bolo zistené najnižšie využitie disponibilného priestoru z pomedzi analyzovaných plôch, a to na úrovni len 14,2 %. Horná vrstva sa na celkovom objeme korún podieľa 5/8, čo je hodnota porovnateľná z TVP 1 a 2. Analýza vzťahu medzi objemom korún a kmeňov taktiež potvrdila tesnú koreláciu charakterizovanú korelačným koeficientom $r_{xy} = 0,846$. Koeficient determinácie $R^2 = 0,716$ potvrdzuje, že viac ako 71 % objemu kmeňa závisí od objemu koruny. Závislosť bola rovnako ako u predošlých TVP popísaná lineárnou funkciou s tvarom $y = 0,002x$ (obr. 3). Objem kmeňa zodpovedá 1/500 objemu koruny.

Tab. 4: Využitie disponibilného priestoru korunami stromov na TVP 3 v NPR Skalná Alpa
Tab. 4: Crown utilization of available growth space on PRP 3 in NNR Skalná Alpa

Vrstva ¹	Buk lesný ²		Smrek obyčajný ³		Javor horský ⁴		Spolu ⁸	
	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰	Ck (m ³) ⁹	% VDP ¹⁰
Dolná ⁵	2 690,09	0,6	39,94	0	252,42	0,1	2 982,45	0,7
Stredná ⁶	18 389,57	4,1	319,04	0,1	2 220,02	0,5	20 928,63	4,6
Horná ⁷	26 100,34	5,9	10 814,69	2,4	2 860,31	0,6	39 775,34	8,8
Spolu ⁸ :	47 180	10,5	11 173,67	2,5	5 332,75	1,2	63 686,42	14,1

¹layer, ²beech, ³spruce, ⁴maple, ⁵lower, ⁶middle, ⁷upper, ⁸total, ⁹crown volume in m³, ¹⁰utilization of available space

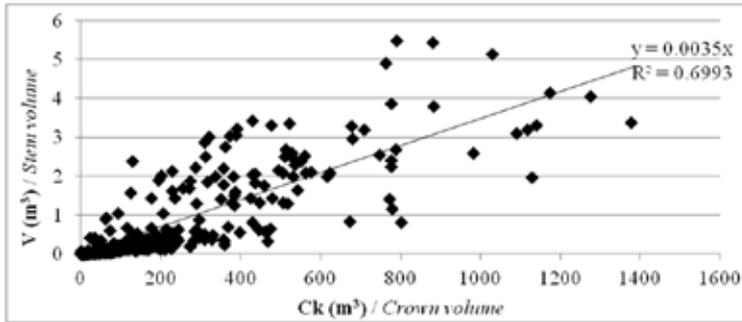
Na všetkých TVP, rovnako ako v drevinovom zložení, aj pri pohľade na štruktúru rozdelenia objemov korún medzi drevinami, dominuje buk lesný. Na TVP 1 a 2 je podiel všetkých drevín na objeme korún priamo úmerný ich početnému zastúpeniu v pralesi. V porovnaní s podielom drevín na tvorbe objemu kmeňov sa zistili značné disproporcie. Na TVP 3 oproti početnému zastúpeniu v pralesi je podiel korún buka vyšší o cca 7 %, a podiel smreka a javora nižší. V porovnaní s podielom na tvorbe objemu kmeňov sú rozdiely ešte výraznejšie (tab. 5).

Tab. 5: Podiel jednotlivých drevín na využití disponibilného priestoru (objeme korún) na TVP 1 až 3 v NPR Skalná Alpa

Tab. 5: Tree species proportion on utilisation of available space (crown volume) on PRP's 1 to 3 in NNR Skalná Alpa

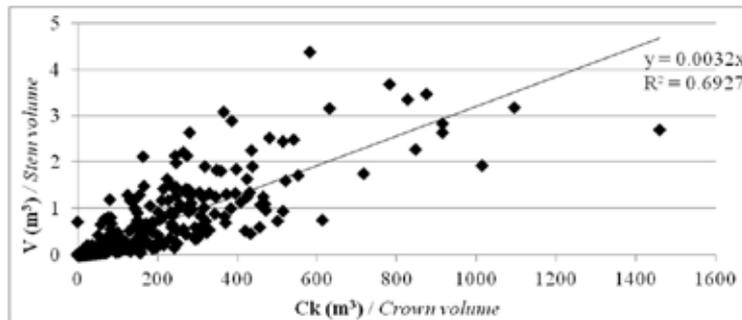
Plocha ¹	Buk lesný ²		Smrek obyčajný ³		Javor horský ⁴		Spolu ⁵	
	Ck (m ³) ⁶	%VDP ⁷	Ck (m ³) ⁶	%VDP ⁷	Ck (m ³) ⁶	%VDP ⁷	Ck (m ³) ⁶	%VDP ⁷
TVP 1	69 448,03	96,1	852,2504	1,2	1 935,742	2,7	72 236,02	100
TVP 2	59 229,36	86,6	1 256,974	1,8	7 910,057	11,6	68 396,39	100
TVP 3	47 180,00	74,1	1 1173,67	17,5	5 332,75	8,4	76 965,84	100

¹plot (PRP), ²beech, ³spruce, ⁴maple, ⁵total, ⁶crown volume in m³, ⁷utilization of available space,



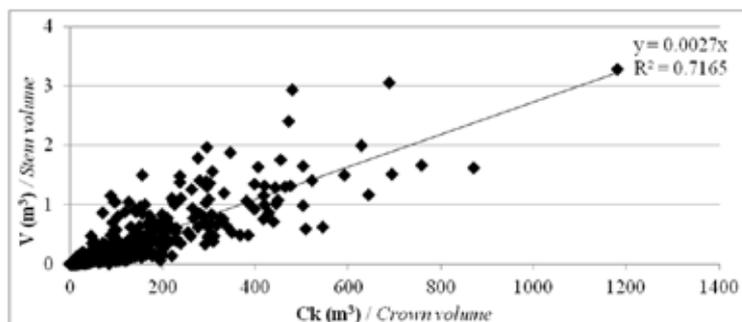
Obr. 1: Závislosť medzi objemom koruny a objemom kmeňa buka na TVP 1 v prírodnom lese NPR Skalná Alpa

Fig. 1: Relationship between crown volume and stem volume of beech on PRP 1 in old-growth forest NNR SkalnáAlpa



Obr. 2: Závislosť medzi objemom koruny a objemom kmeňa buka na TVP 2 v prírodnom lese NPR Skalná Alpa

Fig. 2: Relationship between crown volume and stem volume of beech on PRP 2 in old-growth forest NNR SkalnáAlpa



Obr. 3: Závislosť medzi objemom koruny a objemom kmeňa buka na TVP 3 v prírodnom lese NPR Skalná Alpa

Fig. 3: Relationship between crown volume and stem volume of beech on PRP 3 in old-growth forest NNR SkalnáAlpa

DISKUSIA

Hodnoty využitia disponibilného priestoru v NPR Skalná Alpa s rôznym podielom buka na drevinovom zložení sa pohybujú od 14,1 % do 16,3 %. Najnižšie využitie disponibilného priestoru sa zistilo na TVP 3, kde sa na drevinovom zložení podieľal buk 67 %. Spôsobené to je skutočnosťou, že hornú výšku porastu výrazne ovplyvnila drevina smrek, vyskytujúca sa takmer výlučne v nadúrovni. Uvedená skutočnosť má za následok, že aj vypočítaný objem disponibilného priestoru je väčší, a početne dominujúci buk nachádzajúci sa v úrovni ho celý nevyužíva. Pri porovnaní výsledkov z TVP 1 (VDP = 15,9 %) a TVP 2 (VDP = 16,3 %) s bukovými pralesmi Slovenska (BAKOŠOVÁ, SANIGA 2009), sú zistené hodnoty využitia disponibilného priestoru nižšie. Dôvodom je, že dreviny rastúce na živnejších stanovištiach vykazujú väčšiu toleranciu na zatienenie ako dreviny na chudobnejších stanovištiach (BAKER 1950; WUENSCHER, KOZLOWSKI 1971). Buk lesný v NPR skalná Alpa má kvôli extrémnym podmienkam vyššie nároky na svetlo ako v svojom ekologickom optime. Preto koruny stromov hornej vrstvy nie sú tak nahustené ako v 4. lvs. DANKOVÁ, SANIGA (2011) uvádzajú v NPR Sitno využitie disponibilného priestoru v štádiu dorastania až na 36,5 %, treba však podotknúť, že sa jedná o prales zložený z viacerých drevín. Úroveň využitia disponibilného priestoru na nami skúmaných plochách najviac korešponduje s výsledkami autorov ZRAK, SANIGA (2010), ktorý robili výskum zameraný na zmeny vo využití disponibilného priestoru v priebehu vývojového cyklu pralesa v inej časti pralesa NPR Skalná Alpa.

Analýza vzťahu medzi objemom kmeňov a korún buka lesného potvrdila výsledky z bukových pralesov Slovenska (BAKOŠOVÁ, SANIGA 2009). Všetky analyzované závislosti môžeme považovať za tesné. Naše výsledky sa líšia od výsledkov práce ZRAK, SANIGA (2010), kde hodnoty koeficientu determinácie R^2 , pri drevine buk boli zistené v intervale od 0,376 do 0,820. Diferencie možno vysvetliť skutočnosťou, že jedince buka sa tu nachádzajú pod konkurenčným tlakom smreka, čo spôsobuje väčšiu variabilitu v hodnotách objemu ich kmeňov. Pri rovnakej analýze sa v práci DANKOVÁ, SANIGA (2011) hodnoty R^2 pre buk pohybujú od 0,48 do 0,84, v závislosti od vývojového štádia.

Pri pohľade na funkcie popisujúce priebeh závislosti objemu kmeňov od objemov korún medzi jednotlivými TVP navzájom (obr 1. až 3.) môžeme konštatovať, že sa jedná o lineárnu funkciu $y=ax$ tzv. priamu úmernosť. Pri TVP 1 a 2 sa jedná o totožnú priamu úmernosť kde objem kmeňa zodpovedá 1/330 objemu koruny. Na TVP 3 objem kmeňa zodpovedá 1/500 objemu koruny. Rovnako veľkým korunám na prvých dvoch TVP v porovnaní s TVP 3, budú pripadať rôzne objemy kmeňov. Rozdiel (cca 1/3) je zapríčinený konkurenciou smreka a odlišnou expozíciou plochy. Matematické funkcie charakterizujúce závislosť objemu kmeňa od objemu koruny, publikované autormi BAKOŠOVÁ, SANIGA (2009), majú taktiež tvar lineárnej závislosti. Absolútny člen lineárnej funkcie v NPR Rožok má hodnotu $a = 0,0115$, v NPR Havešová $a = 0,0079$ a v NPR Kyjov $a = 0,0096$. Z toho vyplýva, že v bukových pralesoch Slovenska nachádzajúcich sa v rastovom a ekologickom optime buka sú objemy kmeňov v priemere 1/100 z objemu koruny. Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že výkon asimilačného aparátu jedincov buka v NPR Skalná Alpa je v porovnaní s pralesmi nachádzajúcimi sa v 4. lvs len 1/5 až 1/3. Rozdiel je zapríčinený pre buk extrémnymi klimatickými podmienkami v NPR Skalná Alpa.

ZÁVER

Na základe vykonaných analýz možno konštatovať, že:

- rôzna drevinová skladba v NPR Skalná Alpa významne neovplyvňuje úroveň využívania rastového disponibilného priestoru v jednotlivých vrstvách pralesa,
- drevinová skladba pralesa neovplyvňuje tesnosť závislosti medzi objemom korún a kmeňov pri drevine buk lesný,
- aj keď je tvorba objemu kmeňa tesne korelovaná s veľkosťou koruny jednotlivých drevín, podiel drevín na využití disponibilného priestoru nezodpovedá ich podielu na objeme kmeňov. Podiel drevín na využití disponibilného priestoru je viac podobný ich početnému podielu na drevinovom zložení.
- Výkon asimilačného aparátu buka v NPR Skalná Alpa v porovnaní s bukovými pralesmi nachádzajúcimi sa v optime rozšírenia buka (NPR Rožok, NPR Havešová a NPR Kyjov) je len 1/3.

POĎAKOVANIE

Výskum bol vykonaný s finančnou podporou projektu APVV-0286-10.

LITERATÚRA

- BAKER, F. S., 1950: Principles of silviculture, McGraw-Hill, New York.
- BAKOŠOVÁ, L., SANIGA, M., 2009: Vybrané charakteristiky rastového priestoru bukových pralesov Slovenska. In: Štefančík, I., Kamenský, M. (eds.) *Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov*. Zvolen, s: 291–298.
- BRANG, P., 2005: Virgin forests as a knowledge source for central European silviculture: reality or myth? *For. Snow Landsc. Res.* 79, 1/2, p. 19–32.
- DANKOVÁ, L., SANIGA, M., 2011: Rastové charakteristiky a využitie disponibilného priestoru drevinami v pralese NPR Sitno, *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 53 (1):113–122.
- JADUŤ, J., SANIGA, M., 2012: Rastová a regeneračná dynamika vybratých typov výberkových lesov v orografickom celku Nízke Tatry, *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, in press.
- JURČA, J., 1968: Pěstební analytika, Praha, SPN, 304 s.
- KORPEL, Š., 1989: Pralesy Slovenska. Bratislava: Veda, SAV. 332 s.
- KORPEL, Š., 1995: Die Urwalder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.
- KORPEL, Š., SANIGA, M., 1995: Prírode blízke pestovanie lesa. ÚVVP LVM SR Zvolen, 158 p.
- PETRÁŠ, R., PAJTIK, J., (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, 37, (1), s. 49–56.
- SANIGA, M., SANIGA, MIR., 2004: Influence of stand structure on the occurrence of bird communities in the National Reserve Skalná Alpa in the Veľká Fatra Mts. *Journal of Forest Science* 50, 219–234.
- SANIGA, M., 1995. Štruktúra, vývoj a rastové procesy prírodného lesa Skalná alpa, *Ochrana prírody* roč. 13, Banská Bystrica, s: 251–262.

- SANIGA, M., BALANDA, M., 2008: Dynamics of tree species composition and characteristics of available space utilization in the natural forest of the National Nature Reserve Hrončokovský Grúň. *Journal of Forest Science*, 54, 2008 (11): 497–508.
- SANIGA, M., VENCÚRIK, J., 2007: Dynamika štruktúry a regeneračné procesy lesov v rôznej fáze prebudovy na výberkový les. Vedecké štúdie TU Zvolen, 82 s
- ŠMELKO, Š., 2000: Dendrometria, Vysokoškolská učebnica, TU Zvolen, 118 s.
- VESTENICKÝ, K., VOLOŠČUK, I., 1986. Veľká Fatra chránená krajinná oblasť. Bratislava, s. 378.
- VYSKOT, M., (ed.):1981, Československé pralesy, Praha, Academia, 362 s.
- WATT, A.S., 1947: Pattern and process in the plant community. *J. Ecol.* 35: 1–22.
- WUENSCHER, J. E., KOZŁOWSKI, T. T., 1971: The relationship of gas exchange resistance to tree seedlings ecology, *Ecology* 52, pp. 1016–1023
- ZRAK, J., SANIGA, M. 2010. Produkčné a rastové charakteristiky drevín v rastovom priestore pralesa NPR Skalná Alpa. *Acta Facultatis Forestalis, Zvolen*, 52(1): 55–63.

SEKCIA 2

PRODUKCIA

**ŠPECIFIKÁ RADIÁLNEHO RASTU BOROVICE HORSKEJ – KOSODREVINY
(*PINUS MUGO TURRA.*) VZHLADOM NA METODIKU ODOBERANIA VZORIEK**

*RADIAL GROWTH PARTICULARITY OF MOUNTAIN PINE (*PINUS MUGO TURRA*) WITH
SPECIAL AIM ON SAMPLE COLLECTION*

MIROSLAV BALANDA, IVAN LUKÁČIK

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: balanda@vsld.tuzvo.sk;
lukáčik@vsld.tuzvo.sk

ABSTRACT

The submitted paper is aimed on particularity of annual radial growth on set of 30 individuals of Mountain pine. Main aim of the paper is to set the optimal method of sample collection and processing for purposes of increment analysis and dendrochronological growth reconstruction. Five different radii were analyzed on each cross section. We can state the significant pith excentricity (83% of analyzed) as well as high discrepancy in annual creation of tree rings around the trunk perimeter (age discrepancies observed for 99% of individuals). The significant impact of tree ageing on tree ring number disappearances was stated. According to obtained results, the processing of three radii on each disc appears to be an optimal solution for purpose of increment analysis. In case of stem core collection from pull side of trunk, it is necessary to take into account the systematical overestimation in an amount approximately 26% of ring width. Regarding the dendrochronological analysis, we suggest the processing at least two radii on each cross section (or stem cores) and subsequent two-phase crossdating (on the level of individual as first, the second among different individuals).

Key words: *Pinus mugo Turra., ring width, radial growth, sample processing*

ABSTRAKT

Predložená práca sa zaoberá špecifikami radiálneho rastu kosodreviny na výberovom súbore tridsiatich jedincov. Hlavným cieľom príspevku je stanoviť optimálny spôsob odoberania a spracovania vzoriek pre potreby prírastkovej analýzy a dendrochronologickej rekonštrukcie rastu. Radiálne prírastky boli analyzované na kotúčových výrezoch v piatich rôznych smeroch. Môžeme konštatovať výraznú excentricitu stržňa (83 % jedincov) ako i veľmi vysokú mieru nepravidelnosti v tvorbe ročných prírastkov po celom obvode kmeňa (vekové disproporcie zistené u 99 % jedincov). Štatisticky preukázaný bol vplyv veku jedinca na mieru strácania letokruhov po obvode kmeňa. Ako optimálny variant pre prírastkovú analýzu sa javí spracovanie troch polomerov, v prípade odberu vývrtov z bázy kmeňa je potrebné uvažovať so systematickým nadhodnocovaním priemernej šírky letokruhu o 26 %. Z hľadiska dendrochronologickej analýzy odporúčame spracovanie minimálne dvoch polomerov a následné dvojfázové krížové datovanie (na úrovni jedinca a následne medzi viacerými jedincami).

Kľúčové slová: *Pinus mugo Turra., šírka letokruhu, radiálny rast, analýza vzoriek*

Úvod

Z pohľadu ekologických podmienok zóny lesov mierneho pásma sú ekosystémy nad hornou hranicou lesa špecifické. Drsné klimatické podmienky limitujúce existenciu

a prežívanie organizmov majú za následok senzitivnu rastovú odozvu na výskyt extrémnych klimatických faktorov, resp. výkyvov od priemerných hodnôt (BENISTON, INNES 1998; SCHWEINGRUBER 1996). Zmena tempa produkcie biomasy a intenzity rastu drevín rastúcich nad hornou hranicou lesa je z uvedeného dôvodu vhodným indikátorom reakcie ekosystémov na aktuálne prebiehajúce klimatické zmeny (BÄR *et al.* 2006).

Na severnej pologuli zodpovedá priebeh hornej hranice lesa približne júlovej izoterme 10 °C (KRIŽOVÁ *et al.* 2007). V podmienkach Slovenska sa priemerná horná hranica zapojeného lesa nachádza v závislosti od konkrétnych geomorfologických pomerov približne vo výške 1 350–1 450 m n. m. (PLESŇÍK 1977).

Vzhľadom na výnimočnosť lesných ekosystémov hornej hranice lesa im bola venovaná osobitná pozornosť. Štúdiom štruktúry týchto spoločenstiev sa zaoberalo viacero autorov (GUBKA 1996, 2004; KUCBEL 2011; PITTNER 2008; PITTNER, SANIGA 2008) Aj výskum prirodzených populácií borovice horskej – kosodreviny bol orientovaný prevažne na štúdium ich premenlivosti a sledovania zdravotného stavu (BUGALA 2000; LUKÁČIK 1999, 2003; LUKÁČIK, KOLARČÍK 2011).

Cieľom predloženej práce je stanoviť optimálny spôsob odoberania a hodnotenia vzoriek pre potreby dendrochronologického výskumu borovice horskej - kosodreviny v podmienkach Slovenska. Stanoviť minimálny potrebný počet spracovávaných polomerov na kotúčovom výreze, resp. odobraných vývrtov z bázy kmeňa kosodreviny.

POUŽITÁ METODIKA

Umiestnenie plôch bolo volené tak, aby bol systematickým výberom pokrytý celý výškový gradient od najnižšieho výskytu kosodreviny, pozdĺž turistického chodníka až po kótu Babia hora 1 722,9 m n. m., krok pre odber materiálu predstavovalo prevýšenie Δ 50 m n. m.

Materiál použitý pre analýzu bol získaný z jedincov odstránených počas rekonštrukcie turistického chodníka vedúceho z obce Oravská Polhora na vrchol Babia hora, ktorá sa uskutočnila v roku 2010.

Vzorky určené pre analýzu boli odobraté vo forme kotúčových výrezov vo výške $d_{0,15}$. Analýza radiálneho rastu bola vykonaná na výberovom súbore $N = 30$. Po odbere boli jednotlivé vzorky označené a vysušené pri izbovej teplote. Po vysušení boli jednotlivé kotúče opracované použitím brúsneho papiera o zrnitosti 350. Vzorky boli digitalizované skenerom Epson Expression 10000 XL s rozlíšením 2400 dpi a spracované v programe WinDendro™ 2009b (Régent Instruments, Inc.). Šírka samotných letokruhov bola meraná s presnosťou 0,001 mm, na piatich polomeroch, odstupňovaných po 72°, so spoločným začiatkom v strede stržňa. Pre každý polomer bol vypočítaný priemerný ročný prírastok ako jednoduchý aritmetický priemer všetkých zistených letokruhov na danom polomere. Modelový ročný prírastok i_{mod} , bol vypočítaný podľa vzorca:

$$i_{mod} = \frac{r_{mod}}{n} \quad \text{pričom} \quad r_{mod} = \sqrt{\frac{G_{ekut}}{\pi}}$$

kde: i_{mod} – modelový prírastok (mm); r_{mod} – skutočný polomer (mm); G_{skut} – skutočná kruhová základňa bázy kmeňa $d_{0,15}$ stanovená digitálnym planimetrom (mm²); n – najvyšší počet letokruhov zistený z piatich polomerov.

Uvedeným spôsobom bola stanovená modelová šírka ročného letokruhu pre každú vzorku. Táto bola štatisticky porovnaná s aritmetickými priermi širok letokruhov získaných z jednotlivých polomerov.

Excentricita stržňa bola vyjadrená pomerným číslom, ktoré predstavovalo podiel hodnoty minimálneho a maximálneho zisteného polomeru bázy kmeňa. Diferencia v počte letokruhov Δt bola stanovená ako rozdiel maximálneho a minimálneho počtu letokruhov zisteného na piatich polomeroch konkrétneho jedinca. Pre hodnotenie vplyvu excentricity stržňa, resp. veku jedinca na počet chýbajúcich letokruhov boli použité metódy korelačnej a regresnej analýzy. Štatistická signifikancia zistených korelácií bola hodnotená tzv. „Whole model R²“ testom. Pre otestovanie rozdielov v radiálnom raste v rôznych smeroch (polomeroch) bol použitý parametrický Studentov t-test.

VÝSLEDKY

Analýzou kotúčových výrezov kosodreviny bol zistený priemerný vek jedincov 73,4 rokov. Samotné variačné rozpätie veku sledovaných jedincov je charakterizované intervalom 34 až 131 rokov, pričom však 71% jedincov bolo starších ako 60 rokov.

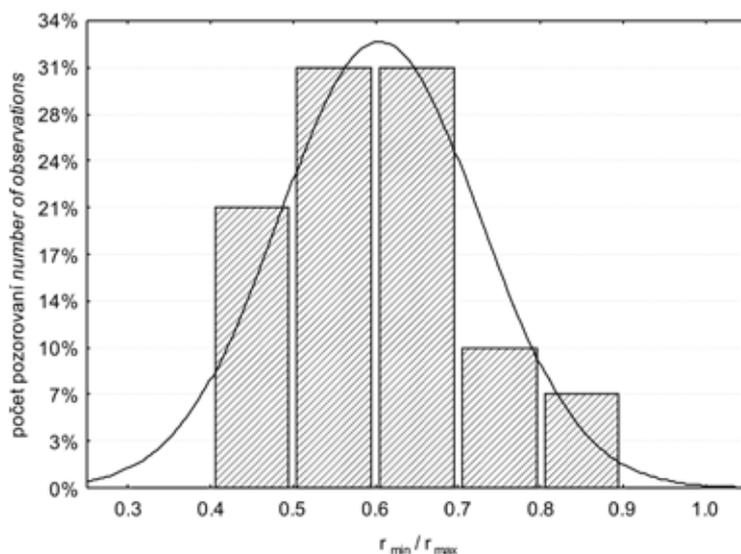
Z hodnotenia pravidelnosti radiálneho rastu kosodreviny (Obr. 1) vyplynuli nasledovné skutočnosti. Zo skúmaných jedincov až 83 % vykazovalo známky výraznej excentricity (pomer rozmeru najdlhšej osi k najkratšej $\leq 0,7$). Znaky tvarovej symetrie rastu kmeňa sme zaznamenali len u necelých 7 % hodnotených vzoriek (r_{max} / r_{min} v intervale 0,81–1,0).

Veľmi závažnou sa javí skutočnosť, že až 99 % skúmaných jedincov vykazovalo diferenciu v počte identifikovaných letokruhov aspoň v jednom z piatich skúmaných polomerov. Približne 70 % z týchto jedincov vykazovalo rozdiel v počte ročných prírastkov v intervale 1 až 4 roky. Pri 15 % analyzovaných vzoriek bol tento rozdiel dokonca väčší než 12 ročníkov.

Uvedený jav bol podrobený bližšiemu štatistickému skúmaniu, pričom za hlavné faktory ovplyvňujúce strácanie, resp. absenciu letokruhov v bazálnej časti kmeňa boli považované vek jedinca a excentricita stržňa. Vzťah medzi vekom jednotlivých jedincov a vekovou diferenciou bol kvantifikovaný pomocou korelačného koeficientu (Obr. 2). Lineárnu závislosť charakterizuje koeficient determinácie $R^2 = 0,34$ avšak vzťah je na základe výsledku testu identifikovaný ako štatisticky veľmi významný ($p = 0,001$).

Osobitnej analýze boli podrobené prírastkové rady získané hodnotením polomeru kopirujúceho smer ťahu a tlaku vznikajúceho pri poliehavom raste kosodreviny, keďže vrchná strana kmeňa (ťahová strana) je v prípade odberu vývrvtov najprístupnejšia. Analýza nepreukázala štatisticky signifikantný rozdiel ($p = 0,238$) v počte letokruhov na tlakovej a ťahovej strane kmeňa, zaznamenali sme však mierny posun

v pomere zisteného počtu letokruhov na ťahovej strane k maximálnemu zistenému počtu letokruhov na jednom z piatich polomerov (N_{max}) – Obr. 3.



Obr. 1: Štruktúra analyzovanej vzorky z pohľadu excentricity stržňa bazálnej časti kmeňa kosodreviny $d_{0,15}$

Fig. 1: Structure of analyzed individuals regarding the pith excentricity

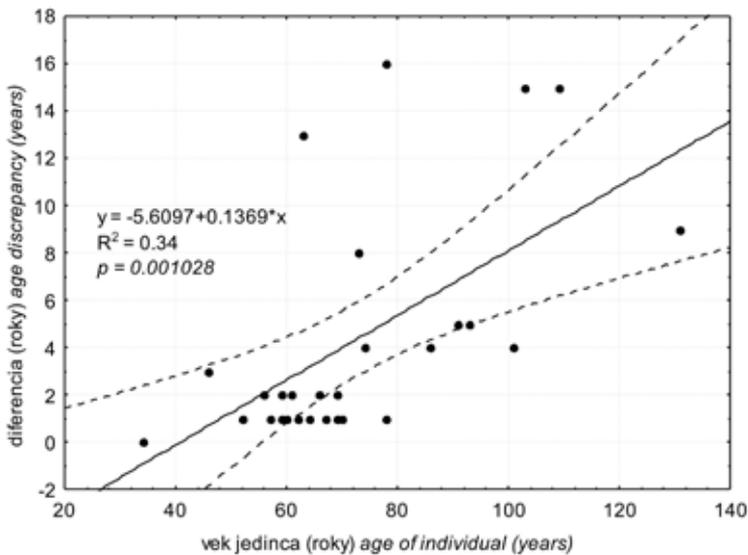
Z pohľadu šírky ročných prírastkov môžeme konštatovať, že priemerný ročný prírastok zistený vývrtom v smere ťahového dreva (i_{tah}) je na základe výsledkov Studentovho t-testu štatisticky vysoko významne ($p = 0,005$) vyšší ako skutočný ročný prírastok zistený planimetrom (Obr. 4). Pomer i_{tah} / i_{mod} dosahuje na výberovom súbore $N = 30$ v priemere hodnotu $1,264 \pm 0,141$.

Vzhľadom na presnosť určenia skutočného ročného prírastku a kruhovej základne bol analýze podrobený vzťah medzi spracovaným počtom polomerov na kotúčovom výreze a presnosťou určenia uvedených veličín.

Priama závislosť medzi samotnou excentricitou stržňa a rozdielom v počte identifikovaných letokruhov nebola potvrdená ($R^2 = 0,05$; $p = 0,240$).

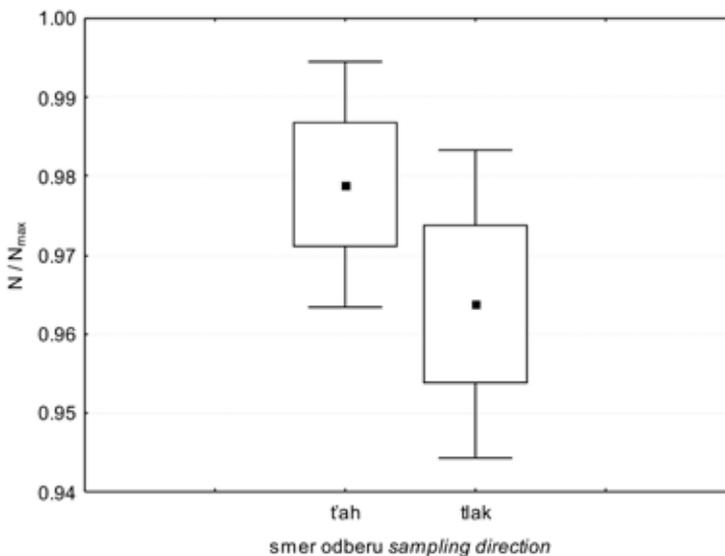
Najvyššia hodnota koeficientu korelácie ($R = 0,98$) bola zistená pri porovnávaní priemerného odmeraného ročného prírastku získaného z piatich polomerov so skutočným prírastkom získaným planimetrom plochy kotúčového výrezu (i_{mod}). V tomto prípade charakterizovala vypočítaná hodnota 98% skutočného ročného prírastku analyzovaných jedincov (Obr. 5).

Pri spracovaní iba jedného polomeru bola hodnota výrazne nižšia $R = 0,75$, avšak priemerný odmeraný prírastok ešte stále tvoril 92% skutočného prírastku stanoveného planimetrom. Z hľadiska náročnosti spracovania vzoriek sa javí optimálnym variant pri spracovaní troch polomerov ($R^2 = 0,83$) kedy priemerná hodnota odmeraného ročného prírastku tvorila 99 % skutočného ročného prírastku.



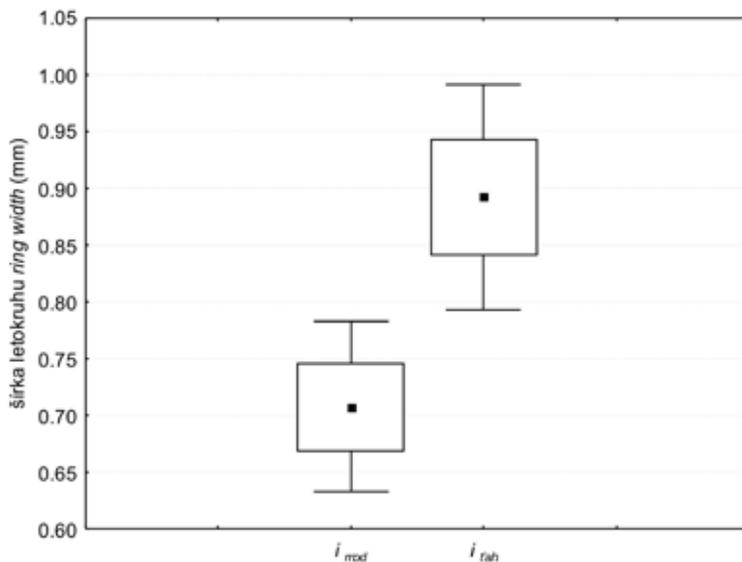
Obr. 2: Vzťah medzi vekom jedinca a diferenciou v počte identifikovaných letokruhov na báze kmeňa kosodreviny

Fig. 2: Relation among age of individual and number of tree ring discrepancy in the stem base of Mountain pine



Obr. 3: Porovnanie počtu identifikovaných letokruhov na ťahovej a tlakovej strane kmeňa

Fig. 3: Comparison of tree ring number among zone of pull (ťah) and suppressed (tlak) radial growth

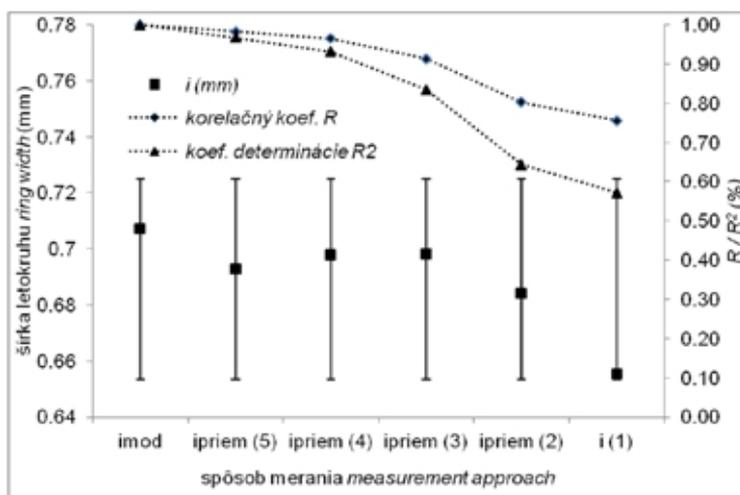


Obr. 4: Porovnanie šírky letokruhov na ťahovej strane kmeňa (i_{tah}) a modelovej šírky (i_{mod}) určenej planimetrom

Fig. 4: Comparison of tree ring width on a pull side (i_{tah}) of trunk and model widths (i_{mod}) measured by planimeter

DISKUSIA A ZÁVER

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať výraznú mieru nepravidelnosti v radiálnom prírastku borovice horskej – kosodreviny v podmienkach Babej hory. Túto skutočnosť potvrdzuje práca KOLISHCHUKA (1990), ktorý u drevín s poliehavým rastom konštatuje výraznú mieru nepravidelnosti v tvorbe radiálneho prírastku pozdĺž celej osi kmeňa. Autor osobitnú pozornosť venuje chýbajúcim letokruhom v bazálnej časti kmeňa ako rastovej odozvy jedinca na obzvlášť nevhodné klimatické pomery v konkrétnom roku. Ak predpokladáme, že kambiálna aktivita je iniciovaná v rastovom vrchole, počas obzvlášť nevhodných klimatických podmienok je letokruh ako výsledok tejto aktivity vytvorený iba vo vrchnej časti kmeňa (jedinca). KOLISHCHUK (1967) odvodil metodiku odberu vzoriek z celej dĺžky kmeňa v rovnakom intervale, podľa rastových vlastností konkrétneho druhu (interval odberu kotúčov 0,25 m; 0,5 m; 1,0 m alebo 0,1 m). Uvedená metodika bola po modifikácii (odber Presslerovým nebožiecom) použitá na rekonštrukciu žerov druhu *Thecodiplosis brachythera* na kosodrevine v Krkonošiach (KYNCL, WILD 2003). Problémy pri krížovom datovaní poliehavých drevín zaznamenal i WOODCOCK, BRADLEY (1994) pri analýze rastu *Salix arctica* (Pall.). Autori získavali priemernú chronológiu jedinca priemerovaním štyroch polomerov rovnomerne rozložených na sekcii kotúča sledujúcej jeho dlhšiu os. BÄR *et al.* (2006) sa na príklade rekonštrukcie rastu druhu *Empetrum hermaphroditum* pokúsil odstrániť vplyv excentricity stržna vytvorením chronológie z hodnôt radiálnych ročných prírastkov na kruhovej základni (tzv. BAI hodnôt).



Obr. 5: Vzťah medzi počtom spracovaných polomerov a skutočným planimetrovaným ročným prírastkom

Fig. 5: Relationship among number of analyzed radii and model ring width measured by planimeter

Na základe získaných výsledkov čiastkových analýz môžeme odvodiť nasledovné odporúčania odberu, resp. spracovaniu vzoriek borovice horskej – kosodreviny:

- Pre potrebu stanovenia priemerného ročného prírastku celej populácie jedincov kosodreviny je postačujúca analýza jedného polomeru na každom kotúči (vzorku). Takto získaný priemerný ročný prírastok reprezentoval 92 % skutočného priemerného ročného prírastku výberového súboru. Pri voľbe smeru spracovaného polomeru je potrebné zvoliť náhodný smer, alebo striedať rôzne smery tak, aby bola minimalizovaná systematická chyba;
- Ak je prírastková analýza zameraná na úroveň rastových možností jedinca, je potrebná analýza minimálne troch rôznych polomerov na kotúčovom výreze. Takto zistený prírastok dosahoval až 99 % skutočného priemerného prírastku výberového súboru. Uvedený priemer už spoľahlivo reagoval na tvarovú a hrúbkovú variabilitu jednotlivých jedincov ($R^2 = 0,83$);
- V prípade odberu vývrvtov z bázy kmeňa kosodreviny je pri odbere z ťahovej strany, ako najčastejšie voleného smeru odberu, potrebné uvažovať so systematickým nadhodnocovaním odmeraného ročného prírastku na úrovni približne 26 %. Uvedenú systematickú chybu je možné eliminovať odberom dvoch na seba kolmých vývrvtov, čím sa však výrazne zvýši poškodenie daného jedinca. Je možné vysloviť poznatok že ťahová strana kmeňa presnejšie vystihuje počet ročných prírastkov konkrétneho jedinca a nedochádza tu v takej miere k vykľonovaniu, resp. strácaniu letokruhov ako na strane dreva tlakového;
- V rámci ročného radiálneho rastu kmeňa kosodreviny možno konštatovať štatisticky vysoko významný rozdiel v počte identifikovaných letokruhov na jednotlivých polomeroch v rámci jedného jedinca. Vplyv fyzického veku na strácanie letokruhov bol štatisticky preukázaný;

- Pri spracovávaní kotúčových výrezov je vzhľadom na intenzívne strácanie letokruhov po odvode kmeňa potrebné analyzovať minimálne dva polomery, čo následne pomocou krížového datovania umožní identifikovať chýbajúce, resp. falošné letokruhy a vytvoriť priemerný časový rad pre konkrétneho jedinca. V ďalšom kroku je pre vytvorenie stanovíštnej chronológie potrebné vykonať opakované krížové datovanie medzi analyzovanými jedincami z dôvodu identifikácie prípadných rastových porúch jedinca, počas ktorých mohlo dôjsť k úplnej absencii letokruhu po celom obvode kmeňa.

POĎAKOVANIE

Príspevok bol financovaný z prostriedkov projektu VEGA č. 1/0381/12.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- BÄR, A., BRÄUNIG, A., LÖFFLER J., 2006: Dendroecology of dwarf shrubs in the high mountains of Norway – A metodological approach. *Dendrochronologia* 24: 17–27.
- BENISTON, M., INNES, J. L., 1998: The Impacts of Climate Variability on Forests. Springer Verlag. 329 s.
- BUGALA, M., 2000: Premennivosť, rastové vlastnosti a zdravotný stav (poškodenie) prirodzených populácií borovice horskej (*Pinus mugo* Turra.) v oblasti Vysokých Tatier. Diplomová práca. TU Zvolen. 40 s.
- GUBKA, K., 1996: Štruktúra porastov hornej hranice lesa v závislosti na expozícií a nadmorskej výške. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 38: 115–125.
- GUBKA, K., 2004: Súčasný stav porastov pod hornou hranicou lesa v Nížkych Tatrách na lokalite Lenivá (OLZ Beňuš). *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 46: 131–143
- KOLISHCHUK, V., G., 1967: Methods of studying fluctuations in increment of prostrate dwarf forms using *Pinus mugo* as an example. *Botanicheskii Zhurnal* 52 (6): 852–859.
- KOLISHCHUK, V., G., 1990: Dendroclimatological study of prostrate woody plants. In: COOK, E., R., KARIUKSTIS, L., A.: *Methods of dendrochronology*. Kluwer Academic Publishers. 51–55.
- KRIŽOVÁ, E., KROPIL, R., NIČ, J., 2007: Základy ekológie. TU Zvolen. 181 s.
- KUCBEL, S., 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nížkych Tatier. TU Zvolen. 119 s.
- KYNCL, T., WILD, J., 2004: Použití letokruhov analýzy pro datování velkoplšného odumírání kleče v Krkonoších. In: Štursa, J., Mazurski, K. R., Palucki, A., Potocka, J., (eds.), *Geoekologické problémy Krkonoš*. 434–440.
- LUKÁČIK I., KOLARČIK M., 2011: Súčasný stav prirodzených populácií borovice horskej (*Pinus mugo* Turra) vo vybraných oblastiach Nížkych Tatier. In: Salaš, P., (eds.): *Rostliny v podmínkách mšnicího se klimatu. Úroda, vědecká příloha časopisu*. 343–349.
- LUKÁČIK, I., 1999: Rast, rozmnožovanie, zdravotný stav a funkčná účinnosť borovice horskej – kosodreviny v Tatrách. In: Kantor, P., (eds.): *Pěstování lesů v podmínkách antropicky zmeneného prostředí*. 23–26.

- LUKÁČIK, I., 2003: Vplyv škodlivých činiteľov na porasty borovice horskej – kosodreviny vo vybranej oblasti Tatier. In: Hlaváč, P., (eds.): *Ochrana lesa 2002*. 77–82.
- PITTNER, J., 2008: Štrukturálna diverzita a ekologická stabilita smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. Dizertačná práca. TU Zvolen. 124 s.
- PITTNER, J., SANIGA, M., 2008: A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP). *Journal of forest science* 54: 545–553.
- PLESNÍK, P., 1971: Horná hranica lesa vo Vysokých a Belianskych Tatrách, SAV Bratislava. 238 s.
- SCHWEINGRUBER, F.H., 1996: Tree Rings and Environment. Dendroecology. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. 609 s.
- WOODCOCK, H., BRADLEY, R., S., 1994: *Salix arctica* (Pall.): Its potential for dendroclimatological studies in the high arctic. *Dendrochronologia* 12: 11–22

STANOVIŠTNÁ CHRONOLÓGIA A ANALÝZA RASTU VYBRANEJ POPULÁCIE JELŠE LEPKAVEJ (*ALNUS GLUTINOSA* (L.) GAERTN.) V OBLASTI KREMICKÝCH VRCHOV

*SITE CHRONOLOGY AND GROWTH ANALYSIS OF THE SELECTED BLACK ALDER POPULATION (*ALNUS GLUTINOSA* (L.) GAERTN.) IN THE KREMICKÉ MTS.*

MICHAL BUGALA

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24,
SK – 960 53 Zvolen, e-mail: bugala@tuzvo.sk

ABSTRACT

Submitted paper analyzes the dynamics of radial increment of the natural population of Black alder in the Kremické Mts. Study was performed on the eight localities, the plot location was aimed on systematical covering of the whole river-basin of the Biensky stream. We calculated basic statistical characteristics for each tree ring series. The values of sensitivity varied in range from 0.196 to 0.328, with an average value of 0.265, what represents the medium level of sensitivity on exogenous factors of the environment. The highest values of auto-correlation connected with low level of sensitivity and the highest average annual increment were recorded by analysis of J6 series. This fact suggests that on the abovementioned plot, the trees were able to eliminate exogenous factors in the best way. After the detrending of increment series using Hegershoff curve, we created standard, residual and "arstan" increment chronology of the Black alder.

Key words: *Alnus glutinosa, radial increment, dendrochronology, tree ring*

ABSTRAKT

Predkladaná práca v základných rysoch analyzuje dynamiku hrúbkového rastu prirodzených populácií jelše lepkavej v oblasti Kremických vrchov. Štúdia bola vykonaná na ôsmich lokalitách, pričom plochy pre odber vývrtov boli navrhnuté tak, aby bolo pokryté celé povodie Bienskeho potoka. Pre jednotlivé dendrochronologické série vývrtov boli vypočítané základné štatistické parametre. Hodnoty citlivosti priemeru v sérii sa pohybovali od 0,196 po 0,328 pričom priemerná hodnota citlivosti 0,265 predstavuje strednú úroveň citlivosti analyzovaných jedincov na exogénne faktory prostredia. Najvyššie hodnoty auto-korelácie spojené s nízkou citlivosťou priemeru a zároveň najvyššou priemernou šírkou ročného kruhu boli zaznamenané v letokruhovej sérii J6 čo naznačuje, že jedince na sledovanej ploche najmenej reagovali na vplyv vonkajších faktorov prostredia, resp. ich dokázali najlepšie eliminovať. Po detrendácii letokruhových radov pomocou Hegershoffovej rastovej funkcie bola prostredníctvom programu ARSTAN vytvorená štandardná, reziduálna a arstan chronológia jelše lepkavej.

Kľúčové slová: *Alnus glutinosa, radiálny prírastok, dendrochronológia, letokruh*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

V poslednom období sa pozornosť lesníckeho výskumu v oblasti základných biologických disciplín venuje aj štúdiu populácií drevín dôležitých predovšetkým z hľadiska plnenia iných, celospoločenských funkcií. Patria k nim i porasty jelše

lepkavej (*Alnus glutinosa*), ktoré sa okrem breho-ochrannej funkcie v poslednom období stávajú zaujímavými aj z hospodárskeho hľadiska ako producent cennej drevnej suroviny najmä pre nábytkársky priemysel. Cenené sú predovšetkým rôzne technické formy (svalcovité, očkové), ktoré poskytujú kvalitné, farebne a esteticky vysoko hodnotné drevo. Pri správnom obhospodarovaní môžu jelše vytvárať rovné a plnodrevné kmene na stanovištiach, na ktorých by sa iné hospodárske dreviny len ťažko uplatnili (LUKÁČIK, BUGALA 2005). Jelše vo všeobecnosti patria k drevinám odolnejším voči vplyvu rôznych biotických i abiotických škodlivých činiteľov. Znášajú vyšší stupeň znečistenia, čo sa dá uplatniť v súčasnosti, kedy vplyvom nepriaznivých zmien v ovzduší, kvalite pôdy a čistote vôd dochádza k zhoršovaniu životného prostredia (LUKÁČIK 2002).

Jelša lepkavá patrí k významným zložkám brehových porastov s veľkou regulačnou a retenčnou schopnosťou pri vysokých vodných stavoch, ale aj k dôležitým melioračným drevinám, ktoré priaznivo pôsobia na vlastnosti pôd, na ktorých rastú. Ako rýchlorastúca drevina má skrátenú životnosť. Dožíva sa 120–170 rokov, zriedkavo semenné jedince presahujú 200 rokov veku. Táto životnosť jelše má vplyv na dĺžku vývojového cyklu prírodného lesa, ktorý je oproti iným typom prírodných lesov pomerne krátky a trvá len asi 140–170 rokov (SANIGA, ZRAK 2010). Okrem biologických a ekologických aspektov sa zvýšená pozornosť začína venovať aj rastovým zákonitostiam a produkčným schopnostiam jelší s ohľadom ich lepšieho hospodárskeho využitia. Z hľadiska zachovania biologickej diverzity je však nevyhnutné venovať pozornosť aj menej kvalitným populáciám jelší, vyskytujúcich sa na extrémnych, často netypických stanovištiach (LUKÁČIK, BUGALA 2005).

Štruktúra a rastové vlastnosti porastov sa neustále menia spolu s diverzifikovanými podmienkami stanovišťa a pri ich štúdiu je potrebné mať meniacu sa dynamiku neustále na zreteli. Riešením môžu byť v niektorých prípadoch dendochronologické štúdie, ktoré umožňujú do istej miery popísať dynamiku porastu v minulosti pomocou merania širok letokruhov a ďalších parametrov prírastku (SCHWEINGRUBER 1996). Touto témou sa zaoberá veľké množstvo dendochronologických štúdií napr. vplyvom teploty na dynamiku prírastku (SANDER *et al.* 1995), vplyv meniacej sa klímy na gradient nadmorskej výšky (NORTON 1984, LINGG 1986) prípadne hodnotia dynamiku radiálneho prírastku v závislosti od vplyvu komplexu vonkajších (stresových) faktorov (KUCBEL *et al.* 2009) atď.

Predkladaná práca je súčasťou dlhodobého výskumu prirodzených populácií jelše lepkavej a jelše sivej na Slovensku a jej cieľom bolo posúdiť na základe stanovištnej chronológie dynamiku radiálneho rastu a rastové vlastnosti jelše lepkavej vo vybranej oblasti Kremnických vrchov.

METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu bol získaný z 8 lokalít na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene, ležiaceho v orografickom celku Kremnické vrchy.

Kremnické vrchy sú najsevernejším stredoslovenským sopečným pohorím. Sú súčasťou provincie Západné Karpaty, subprovincie Vnútorne Západné Karpaty a oblasti Slovenské stredohorie. Základnou črtou geologickej stavby je hojná za-

stúpenie lávových telies v centrálnej časti pohoria. Dominantným pôdnym typom sú kambizeme s lokálnym výskytom kambizemí andozemných až andozemí.

Vrcholové časti Kremnických vrchov patria k subtypu studenej horskej klímy, okrajové časti k subtypu chladnej horskej klímy a južné výbežky zvažujúce sa do Žiarскеj a Zvolenskej kotliny patria k subtypu mierne teplej horskej klímy. Priemerná januárová teplota sa pohybuje medzi -6 až $-3,5$ °C, júlová teplota od 17 do 18 °C. ročný úhrn zrážok je 650 – 850 mm. Snehová pokrývka sa vyskytuje 100 – 120 dní do roka (KOLEKTÍV 1979).

Zber materiálu určeného pre následnú analýzu prebiehal v roku 2010 pred začatím vegetačného obdobia. Výberový dizajn plôch určených pre odber vývrtov bol navrhnutý tak, aby bolo pokryté celé povodie Bienskeho potoka. Vzhľadom na vertikálny gradient nadmorskej výšky tohto povodia bol pre odber materiálu zvolený krok $\Delta 50$ m. Týmto spôsobom bol pozdĺž celého povodia odobraný materiál z celkovo ôsmich plôch. Na každej ploche boli vybrané tri úrovňové jedince, ktoré si navzájom v korunovej vrstve nekonkurovali a svojimi dendrometrickými charakteristikami reprezentovali stredný kmeň konkrétneho porastu. Samotné vývrty boli odoberané vo výške $d_{1,3}$ pomocou Presslerovho nebožieca v dvoch na seba kolmých smeroch. Smer odoberania prvého vývrtu bol priebežne menený s cieľom zamedziť systematickej chybe (ŠMELKO 1982). Z každej plochy boli hore uvedeným spôsobom odobraté vývrty z troch jedincov ($N = 24$). Odobraté vývrty boli vysušené a nalepené do 2mm hlbokých drážok dreveného vzorkovníka. Po uschnutí boli manuálne prebrúsené brúsnym papierom so zrnitosťou 200 (COOK, KAIRIUKSTIS 1990). Vzorky boli digitalizované skenerom Epson Expression 10000 XL s rozlíšením 1200 dpi a spracované v programe WinDendro™ 2009b (Régent Instruments, Inc.). Šírka samotných letokruhov bola meraná s presnosťou 0,001 mm. Nakoľko vek mnohých jedincov nepresiahol 50 rokov, na krížové datovanie jednotlivých letokruhových sérií bola použitá metóda skeletonových diagramov (CROPPER 1979), pre stanovenie miery podobnosti časových radov neparametrický tzv. *Gleichlaufigkeit* (GI) sign test (KAENNEL, SCHWEINGRUBER 1995). Kritériom pre zaradenie letokruhovej série do priemernej chronológie bola hodnota GI koeficientu väčšia než 75 %. Po revízií falošných a chýbajúcich letokruhov na základe porovnávania jednotlivých sérií spĺňalo uvedené kritérium 10 letokruhových sérií. Tieto boli použité pre kalkuláciu deskriptívnych štatistík ako i vytvorenie štandardnej letokruhovej série pre jelšu lepkavú na danej lokalite. Pre odstránenie trendu ktorý je následkom prirodzeného poklesu rastovej energie každého jedinca bola použitá Hugershoffova rastová funkcia:

$$f(t) = a \cdot t^b \cdot e^{(-ct)} + d$$

kde: $f(t)$ – šírka letokruhu,

t – čas,

b, c, d – parametre funkcie.

Pre odstránenie biologického trendu ako aj konštrukciu štandardnej a reziduálnej chronológie bol použitý program ARSTAN ver. 41 (COOK 1985).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné štatistické údaje pre série letokruhov sú uvedené v Tab. 1. Priemer kmeňa analyzovaných jedincov vo výške 1,3 m ($d_{1,3}$) sa pohyboval v intervale od 24,0 do 48,8 cm a ich vek (podľa počtu letokruhov jednotlivých analyzovaných stromov) od 23 do 59 rokov. Priemerná šírka letokruhu v sérií plôch dosiahla 3,8 mm s pomerne vysokou priemernou variabilitou na úrovni 43 %. Najnižšia zaznamenaná priemerná šírka letokruhu v sérií predstavuje 2,51 mm (J7) a naopak najvyššia 5,27 mm (J6).

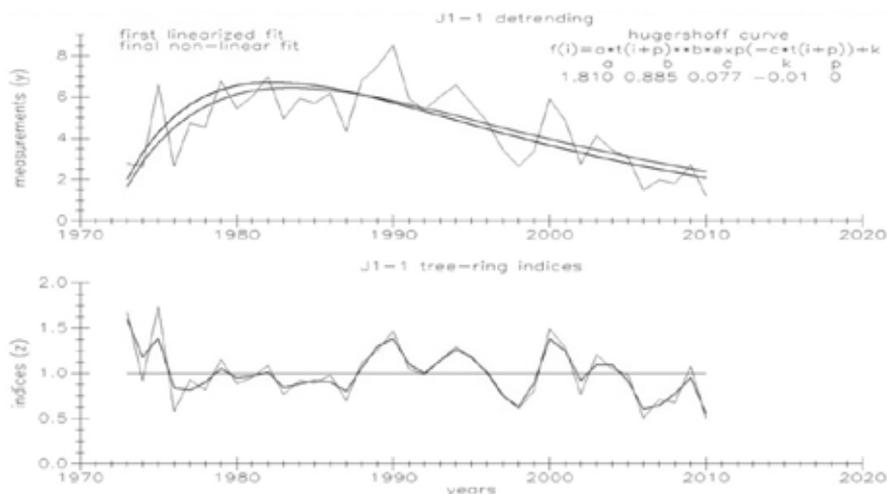
Hodnoty autokorelácie prvého rádu v sérií varíovali od 0,313 po 0,829. Čím vyššie sú rozdiely v striedaní nadpriemerných a podpriemerných ročníkov, tým nižšie sú hodnoty autokorelácie. Najvyššie hodnoty autokorelácie spojené s nízkou citlivosťou priemeru a zároveň najvyšším priemerným prírastkom boli zaznamenané v letokruhovej sérií J6 čo naznačuje, že jedince na sledovanej ploche najmenej reagovali na vplyv vonkajších faktorov prostredia, resp. ich dokázali najlepšie eliminovať. Naopak najvýraznejšie reagovali jedince v sériách J7 a J8, kde sa vplyv endogénnych faktorov výrazne prejavil i na nízkom priemernom prírastku.

Citlivosť priemeru je mierou relatívnych rozdielov širok po sebe nasledujúcich letokruhov. Jej hodnota sa môže pohybovať od nuly, keď neexistuje rozdiel v šírkach po sebe nasledujúcich letokruhov po 2,0, kedy sa nulové hodnoty pravidelne striedajú s nenulovými hodnotami širok (FRITTS 1976). Vyjadruje teda mieru citlivosti stromov na exogénne faktory prostredia. Citlivosť bola vypočítaná pre každú letokruhovú sériu z priemeru dvoch na seba kolmých vývrtov troch jedincov. Táto štatistická charakteristika spolu s autokoreláciami prvého rádu dokumentuje rozdielnosť sérií z hľadiska hrúbkových prírastkov (JALOVIAR *et al.* 2011). Hodnoty citlivosti v sérií sa pohybovali od 0,196 po 0,328 pričom priemerná hodnota citlivosti 0,265 predstavuje strednú úroveň citlivosti analyzovaných jedincov na vonkajšie faktory prostredia.

Tabuľka 1: Základné štatistické parametre dendrochronologických sérií jelše lepkavej
Table 1: Basic statistical characteristics of the Black alder chronologies

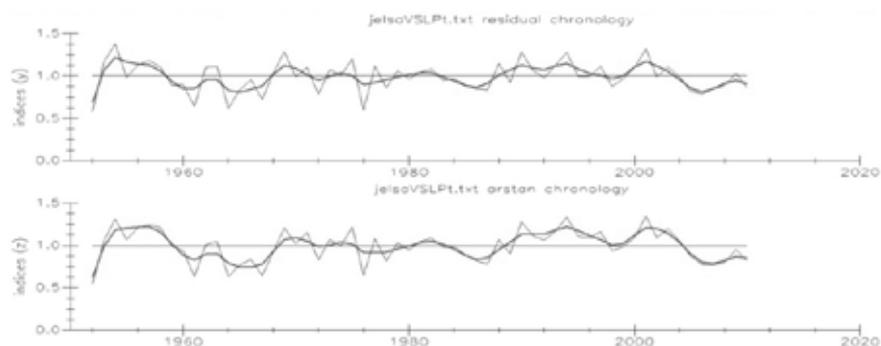
Séria ¹	Rok začiatku ²	Počet rokov ³	Šírka letokruhu ⁴	$\pm s_x$ ⁵	Citlivosť priemeru ⁶	Autokorelácia 1. rádu ⁷
J1	1952	59	3,224	1,233	0,271	0,552
J2	1973	38	4,639	1,853	0,304	0,590
J3	1962	49	3,196	1,727	0,256	0,791
J4	1967	44	4,205	1,352	0,241	0,588
J5	1985	26	4,851	2,386	0,328	0,729
J6	1988	23	5,268	2,389	0,231	0,829
J7	1970	41	2,514	0,920	0,278	0,329
J8	1965	46	3,296	1,584	0,281	0,313
J9	1978	33	4,205	1,669	0,196	0,571
J10	1953	58	2,654	1,108	0,245	0,698

¹series, ²year of beginning, ³number of years, ⁴ring width, ⁵standard deviation, ⁶mean sensitivity, ⁷1st order autocorrelation



Obr. 1: Odstránenie biologického trendu pomocou Hugershoffovej funkcie, jedinec J 1-1
Fig. 1: Removing of biological growth trend using the Hugershoff curve, specimen J 1-1

Každý jednotlivý strom skúmanej série vykazuje postupný pokles šírky letokruhov. Z dôvodu prirodzeného poklesu šírky letokruhu s rastúcim vekom stromu spôsobené jednak zväčšovaním jeho priemeru a ďalšími endogénnymi príčinami je spravidla nutné letokruhové rady pred letokruhovou analýzou detrendovať (COOK, KAIRIUKSTIS 1990). Detrendácia je potrebná najmä vtedy, keď rovnako ako v tomto prípade, je spracovávaný súbor rôznovekých stromov a kde na veku závislý rastový trend môže výrazne ovplyvniť výsledok. Stredná šírka letokruhov v jednotlivých rokoch, detrendácia pomocou Hugershoffovej rastovej funkcie a vyrovnanie chronológie letokruhovej rady je znázornené na Obr. 1, na príklade jedinca 1 prvej série.



Obr. 2: Reziiduálna a arstan chronológia jelše lepkavej na území VŠLP TU vo Zvolene
Fig. 2: Residual and „arstan“ chronology for the Black alder in the area of University Forest Enterprise in Zvolen

Program ARSTAN (COOK 1985) bol použitý na základe detrendovania pre vytvorenie troch typov chronológií (COOK, KAIRIUKSTIS 1990). Ako prvá chronológia bola

vytvorená chronológia štandardná. Tá vznikla ako priemer indexu širok letokruhu po detrendovaní (odstránení rastového trendu pomocou Hegershoffovej funkcie). Druhá chronológia je reziduálna. U tej bola navyše odstránená autokorelácia z jednotlivých letokruhových radov. Graficky znázorňuje pozitívny alebo negatívny vplyv vonkajších faktorov prostredia v jednotlivých časových obdobiach na dynamiku rastu (prírastku) jedincov v skúmanej oblasti (Obr. 2). Tretia tzv. arstan chronológia vznikla spätným zahrnutím autoregresívneho modelu do reziduálnej chronológie. Teoreticky by mala byť zhodná s chronológiou štandardnou. Je to overenie autoregresívneho modelu použitého pre odstránenie autokorelácie (Obr. 2).

ZÁVER

Rozdielny hrúbkový rast jednotlivých letokruhových sérií jelše lepkavej v sledovanej oblasti je ovplyvnený kombináciou rôzne veľkých hrúbkových prírastkov na začiatku ich rastu a rozdielne rýchleho poklesu prírastku s rastúcim vekom výrazne vekovo diferencovaného súboru stromov. Tvar priebehu časového radu bol pri väčšine skúmaných letokruhových sérií veľmi podobný. Séria s najväčším priemerným prírastkom (J6) sa na rozdiel od ostatných rôzni jednak miernejším poklesom prírastku, zároveň najvyššou hodnotou autokorelácie a pomerne nízkou hodnotou citlivosti priemeru na exogénne faktory prostredia. Zároveň analyzovaná séria vykazuje väčšie šírky letokruhov ako celkový priemer. Dosažená vysoká hodnota hrúbky je teda pravdepodobne výsledkom rýchlejšieho rastu na začiatku sledovaného obdobia a následného pomerne vyrovnaného trendu hrúbkových prírastkov.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- COOK, E. R., 1985: A time-series analysis approach to tree ring standardization. Ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, 171 p.
- COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A., 1990: Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences. Kluwer academic publishers, 394 p.
- CROPPER, J. P., 1979: Tree-Ring Skeleton Plotting by Computer. *Tree-Ring Bulletin* 39: 47-59.
- FRITTS, H. C., 1976: Tree rings and climate. Academic Press, New York, 579 p.
- JALOVIAR, P., LUKÁČIK, I., KUCBEL, S., VARGA, M., 2011: Porovnanie hrúbkového rastu vybraných proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies septentrionalis* Svob.) vysadených v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 53 (1): 29–39.
- KAENNEL, M., SCHWEINGRUBER, F. H., (EDS). 1995: Multilingual Glossary of Dendrochronology. Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf, 467 p.
- KOLEKTÍV., 1979: Encyklopédia Slovenska III. zväzok, K-M. Veda, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 652 p.
- KUCBEL, S., VENCÚRIK, J., JALOVIAR, P., BEREŠÍK, A., 2009: Radial growth dynamics of Norway spruce in Kysucké Beskydy Mts. MZLU Brno. *Beskydy*, 2 (2): 141–148.

- LINGG, W., 1986: Dendroökologische Studien an Nadelbäumen in Alpinen Troc-kental Wallis (Schweiz). Ber. Eidgenöss Forsch anst. Wald Schnee Landsch 287: 1–81.
- LUKÁČIK, I., 2002: Biodiverzita, rastová charakteristika a kvalita porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) v regióne Zvolen - Banská Bystrica. In: Benčať, T., Soroková, M. (eds.): Biodiverzita a vegetačné štruktúry v sídelnom regióne Zvolen – Banská Bystrica. PARTNER z. p., Banská Bystrica: 103–108.
- LUKÁČIK, I., BUGALA, M., 2005: Premennivosť, rastová charakteristika a ekológia jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* [L.] Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* [L.] Moench.) na Slovensku. Vedecké štúdie 13/2004/A. Technická univerzita, Zvo-len, 68 p.
- NORTON, D. A., 1984: Phoenological growth characteristics of *Nothofagus solandri* trees at three altitudes in the Creibierburn Range, New Zeland. N. Z. J. Bot., 22: 413–424.
- SANDER, C., ECKSTEIN, D., KYNCL, J., DOBRÝ, J., 1995: The growth of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Krkonoše Mountains as indicatet by a ring width and wood density. Ann Sci For 52: 401–410.
- SANIGA, M., ZRAK, J., 2010: Produkčné a rastové charakteristiky disponibilného priestoru jelšového prírodného lesa v NPR Jurský šúr. In: Knott, P., Peňáz, J., Vaněk, P., (eds.): Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních. Křtiny, pp. 121–126.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1996: Tree rings and environmental dendroecology. Bir-mensdorf, Swiss Federal Institute for Forests, Snow and Landscape Research. Berne Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 p.
- ŠMELKO, Š., 1982: Biometrické zákonitosti rastu a prírastku lesných stromov a po-rastov. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 184 p.

PRODUKČNÉ POMERY A NEKROMASA PRALESA SITNO

THE PRODUCTION PATTERNS AND NECROMASS OF OLD-GROWTH FOREST SITNO

LUCIA DANKOVÁ

Katedra pestovania lesa, Technická univerzita vo Zvolene,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT

The paper evaluates a production patterns and necromass of mixed oak-beech old-growth forest remnant Sitno. The permanent research plot (250×100 m) was established in south part of the national natural reservation, altitude 800 to 900 m above sea level, in group of forest types Tilieto-Aceretum and Querceto-Fagetum tiliosum. More than 50% of trees in the lower layer is reflected in the fact that, despite the high mean number of trees per hectare (677 pcs. ha⁻¹), the growing stock of living trees reached only 432.87 m³.ha⁻¹. The volume of dead trees presents 151.33 m³.ha⁻¹, more than 45% of lying necromass were classified into 4th degree of decomposition. The share of necromass volume on total volume of living trees was 23.5%.

Key words: mixed oak-beech old-growth forest, tree diameter distribution, growing stock, necromass

ABSTRAKT

Predkladaná práca sa zaoberá zhodnotením produkčných pomerov a nekromasy v zmiešanom dubovo-bukovom pralesi Sitno. V južnej časti rezervácie bola založená trvalá výskumná plocha o rozmere 250 × 100 m, v nadmorskej výške 800–900 m n. m. v slt. Tilieto-Aceretum a Querceto-Fagetum tiliosum. Viac ako 50 % zastúpenie stromov v spodnej vrstve spôsobilo, že aj napriek vysokému priemernému počtu stromov – 677 ks.ha⁻¹, zásoba živých stromov dosiahla hodnotu iba 432,87 m³.ha⁻¹. Celkový objem ležiaceho a stojaceho odumretého dreva predstavuje 151,33 m³.ha⁻¹, pričom viac ako 45 % padnutej nekromasy tvorili stromy zatriedené do 4. stupňa rozkladu. Podiel nekromasy z celkového objemu živých stromov predstavuje 23,5 %.

Kľúčové slová: dubovo-bukový prales, hrúbková štruktúra, zásoba pralesa, nekromasa

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Prales predstavuje najvyspelejšiu a najzložitejšiu geobiocenózu, s pôvodnými druhmi typickými pre daný ekosystém, so zachovalou vekovou a priestorovou štruktúrou, prítomnosťou odumretého dreva a drevín, ktorých vek sa blíži k fyzickému veku (KORPEL 1989, JASÍK *a kol.* 2011). Na Slovensku zaberajú pralesy takmer 10 120 ha, čo predstavuje 0,47 % z celkovej výmery lesov (JASÍK *a kol.* 2011).

Jednotlivé stromy, ako stavebné komponenty pralesa, neustále vznikajú a zanikajú (obmieňajú sa), navzájom sa ovplyvňujú a sú ovplyvňované vonkajším prostredím. WATT (1947) rozvinul koncepciu „lesného cyklu“ (*forest cycle*) ako procesu, v ktorom vznik medzier je spúšťačom regeneračných procesov a iniciátorom ďalších zmien vo vývojovom cykle. Podľa uvedeného autora lesný cyklus môžeme

rozdeliť do dvoch častí: na vzostupnú časť, charakteristickú plynulými zmenami vo vekovej štruktúre, raste a početnosti dominantných druhov drevín, a náraste celkovej biomasy a produkcie; a na zostupnú časť, spojenú so zvýšeným podielom mŕtvych a odumierajúcich stromov, následnou tvorbou medzier a poklesom produkcie.

Jedným z dôležitých komponentov typickým a determinujúcim pralesy je prítomnosť odumretého dreva. Proces hromadenia mŕtveho dreva je odlišný v porastoch tvorených rôznymi drevinami. V dubových porastoch sa tento proces ukazuje ako stály (pravidelný), v bukových je viac nepravidelný s vyššími hodnotami objemu. CHRISTENSEN *et al.* (2005) uvádzajú priemernú hodnotu objemu mŕtveho dreva 132 m³. ha⁻¹ pre bukové európske pralesy, iné výskumy (štúdie) poukazujú na hodnotu 50–200 m³. ha⁻¹ (SANIGA A SCHÜTZ 2001a). Prírodné dubové porasty v Poľsku a na Slovensku majú objem mŕtveho dreva medzi 70 a 160 m³. ha⁻¹, pričom podiel celkovej nekromasy na celkovej biomase predstavuje 23 % (BOBIEC 2002). Porovnávaním objemu nekromasy v rôznych vývojových štádiách vo vybraných prírodných rezerváciách na Slovensku sa zaoberali autori SANIGA A SCHÜTZ (2002). Na základe ich výsledkov sú rozdiely v objeme nekromasy v jednotlivých vývojových štádiách determinované drevinovým zložením, resp. stupňom zmiešania drevín, ktoré sa podieľajú na štruktúre porastu a z toho vyplývajúce aj rôzne časové rozpätie vývojového cyklu. Prírodné zmiešané lesy v 3. lesnom vegetačnom stupni tvorené viacerými drevinami rozdielneho fyzického veku sa naopak vyznačujú pomerne vysokým objemom mŕtveho dreva počas celého vývojového cyklu s maximom v štádiu optima. O niečo odlišná situácia je v prírodnej rezervácii Sitno, ktorá je tvorená až 8 druhmi drevín a kde krivka priebehu padnutej drevnej hmoty dosahuje relatívne vysoké hodnoty v štádiu dorastania aj rozpadu.

Cieľom predkladanej práce je zhodnotiť hrúbkovú štruktúru, zásobu, kruhovú základňu a nekromasu na trvalej výskumnej ploche pralesa Sitno.

METODIKA

Charakteristika výskumného objektu

Sitno ako Štátna prírodná rezervácia bola vyhlásená vyhláškou Povereníctva školstva vied a umení číslo 25 (úprava číslo 125 317/1950-V/4) zo dňa 29. 1. 1951 o výmere 45,49 ha za účelom ochrany lesných spoločenstiev, vrátane neživej prírody. Úpravou Ministerstva kultúry SSR č. 1558/1983-32 zo dňa 31. 3. 1983 bolo územie rozšírené na plochu 93,68 ha s cieľom ochrany vegetácie a fauny (KOLEKTÍV 2004).

Územie sa nachádza uprostred pohoria Štiavnické vrchy patriaceho do oblasti Slovenského stredohoria, juhozápadne od Banskej Štiavnice, v katastrálnom území Ilja. Najvyšším vrchom pohoria je Sitno (1 009 m n. m.). Nadmorská výška pohoria sa pohybuje od 750 do 1 009 m n. m., pričom samotná rezervácia leží v nadmorskej výške od 770–940 m n. m. Vrchol Sitna patrí do oblasti mierne chladnej a veľmi vlhkej s priemernou teplotou v júli od 12 °C do 16 °C. Centrálnu časť NPR tvorí komplex amfibolicko-pyroxenického andezitu s biotitom. Prevažujúcim pôdnym typom je hnedá lesná pôda (KOLEKTÍV 2004).

Charakter vegetácie je submontánny, formovaný vplyvom teplých a studených klimatických prúdov. Lesy na území NPR patria do štyroch lesných vegetačných stupňov (lvs). Najrozšírenejší je 3. dubovo-bukový lvs. IV so skupinou lesných typov (slt) *Querceto-Fagetum*, ktorý zaberá takmer 70 % z plochy všetkých lesných typov. Z drevín sa v rezervácii nachádzajú viaceré druhy dubov (dub zimný-*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl., cerový-*Quercus cerris* L., plstnatý-*Quercus pubescens* Willd., mnohoplodý-*Quercus polycarpa* Schur., žltkastý-*Quercus daledchampii* Ten.), buk lesný (*Fagus sylvatica* L.), hrab obyčajný (*Carpinus betulus* L.), lipa malolistá (*Tilia cordata* Mill.), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior* L.), javor mliečny a horský (*Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L.), brest horský (*Ulmus scabra* Mill.), z ihličnatých miestami jedľa (*Abies alba* Mill.) a smrek (*Picea abies* (L.) Karst.).

Zber údajov a ich vyhodnotenie

Trvalú výskumnú plochu (TVP) sme sa rozhodli umiestniť v južnej časti rezervácie, ktorá spolu s juhovýchodnou expozíciou tvorí časť územia, vyhláseného už v roku 1951 za chránené a preto predstavuje najhodnotnejšiu a najzachovalejšiu oblasť pre náš výskum. Trvalá výskumná plocha má rozmery 250 × 100 m, s dlhšou stranou po vrstevnici, nachádza sa v nadmorskej výške 800–900 m n. m. a prechádza cez skupinu lesných typov *Tilieto-Aceretum* a *Querceto-Fagetum tiliosum*. Hranice plochy boli trvalo označené štyrmi drevenými kolíkmi a uložené v GPS systéme.

Na trvalej výskumnej ploche sme evidovali tieto veličiny:

- hrúbku stojacich stromov ($d_{1,3} \geq 4\text{cm}$) s presnosťou na 1 mm,
- výšku stromov a výšku nasadenia ich korún s presnosťou na 0,5 m,
- pozičné zameranie stojacich stromov v polárnom súradnicovom systéme (x, y) a projekcie korún živých stromov (x_1-x_4),
- situáciu padnutých stromov (s minimálnou hrúbkou 20 cm na hrubšom konci) a stupeň ich rozkladu podľa ALBRECHTA (1990),
- zameranie otvorených a rozšírených medzier, počet a štruktúra stromov, ktorých vypadnutím medzera vznikla,
- percentuálne zastúpenie prirodzenej obnovy podľa druhu dreviny a vývojovej kategórie.

Všetky živé stromy, ktoré dosiahli hrúbku vo výške 1,3 m nad zemou ($d_{1,3}$) najmenej 4 cm boli merané pomocou dendrometrickej priemerky s presnosťou na 1 mm. Výška stromov a výška nasadenia korún sa merala laserovým výškomerom VERTEX III s presnosťou na 0,5 m. Pozičné zameranie stromov sa vykonávalo pomocou technológie Field-MAP (www.fieldmap.cz). Všetky živé stromy nachádzajúce sa na ploche boli rozdelené do stromových vrstiev podľa zistenej hornej výšky porastu – h_{10} . Táto reprezentuje priemernú výšku 10 % najhrubších stromov. Podľa nej bolo rozdelenie stromov do vrstiev nasledovné (IUFRO klasifikácia):

- horná vrstva – výška stromu viac ako $2/3 h_{10}$,
- stredná vrstva – výška stromu od $1/3$ do $2/3 h_{10}$,
- spodná vrstva – výška stromu do $1/3$ hornej výšky.

Pozične sa zameriavali aj ležiace – vyvrátené stromy, ktoré dosiahli dĺžku aspoň 2 m s minimálnou hrúbkou 20 cm na hrubšom konci a stojace suché stromy s výškou viac ako 2 m a hrúbkou $d_{1,3}$ min. 8 cm. Meraním sa zisťovala hrúbka padnutej nekromasy na obidvoch koncoch (d_0 a d_n), pri stojacich stromoch priemer $d_{1,3}$.

Nekromasa bola zatriedovaná do štyroch stupňov rozkladu podľa ALBRECHTA (1990):

1. čerstvo odumreté stromy,
2. začínajúci rozklad: uvoľnená kôra, po použití sekery drevo ešte pevné, hniloba jadra do 1/3 priemeru,
3. pokračujúci rozklad: beľ mäkká, jadro ešte miestami pre sekeru pevné, hniloba jadra je väčšia ako 1/3 priemeru,
4. silná hniloba: drevo po celej hrúbke mäkké, hlavné znaky nie sú viditeľné.

Doteraz sme zmerali 1,04 ha výskumnej plochy. Pre nedostatočný počet zameraných medzier a plošného zastúpenia jedincov prirodzenej obnovy sme sa rozhodli vyhodnotiť tu len dendrometrické charakteristiky stojacich živých stromov od hrúbky 4 cm, ležiacu nekromasu a zhodnotiť produkčné pomery pralesa na zmeranej ploche.

Pri vyhodnocovaní nameraných údajov sme použili nasledujúce vzorce na výpočet:

- objemu kmeňa s kôrou podľa druhu dreviny (PETRÁŠ, PAJTIK 1991)
- kruhovej základne dreviny:

$$g = \frac{\pi \cdot d_{1,3}^2}{4} \quad \Sigma g = G \quad (1)$$

kde: g – kruhová základňa jednotlivého stromu (m^2), $d_{1,3}$ – hrúbka stromu vo výške 1,3 m (m), G – celková kruhová základňa porastu ($m^2 \cdot ha^{-1}$)

- objemu stojacich mŕtvych stromov (podobne ako živé stromy)
- objemu ležiacej nekromasy (vo Field-MAPe cez Smalianov vzorec):

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(d_0 + d_n)}{2} \cdot L \quad (2)$$

kde: V – objem ležiaceho stromu (m^3), d_0 – hrúbka stromu na hrubšom konci
 d_n – hrúbka na tenšom konci, L – dĺžka kmeňa (m).

Na vyrovnanie krivky hrúbkových početností sme použili (testovali) negatívnu exponenciálnu funkciu, trojparametrickú Weibullovu funkciu a nakoniec zmiešanie dvoch Weibullových funkcií (sedemparametrická funkcia). Štatistická zhoda medzi týmito funkciami bola skúmaná pomocou χ^2 testu. Všetky výpočty sa vykonávali v „mixdist“, balíku R – software (MACDONALD with contribution from DU. 2010, R Development Core Team 2010 in KUCBEL *et al.* 2012).

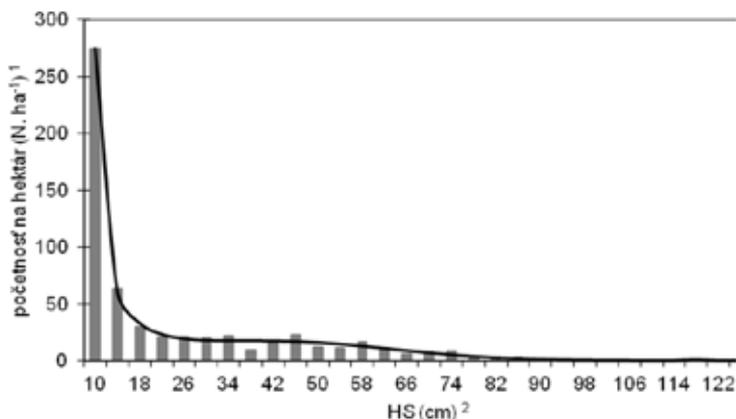
Mediánové hodnoty hrúbky a výšky stromov podľa druhu dreviny sme porovnali pomocou Kruskal – Walisovho neparametrického testu v programe Statistica 7.0 (StatSoft, USA).

VÝSLEDKY

Horizontálna štruktúra lesa

Početnosť stromov v jednotlivých hrúbkových stupňoch je znázornená na obr. 1.

Najvhodnejšou funkciou na znázornenie priebehu krivky hrúbkovej počtosti sa ukázala Weibullova sedemparametrická funkcia.



Obr. 1: Hrúbková štruktúra stromov na TVP (NPR Sitno)

Fig. 1: Tree's diameter distribution on PRP (NNR Sitno)

¹stem density (N. ha⁻¹), ²DBH (cm)

Priemerný počet stromov na ploche je 677 stromov na hektár (tab. 1). Najväčší počet stromov sa nachádza v spodnej vrstve (373 ks na hektár), kde z druhov drevín dominujú javor horský (45,6 %) a jaseň štíhly (35,8 %). Javor je najviac zastúpený aj v strednej etáži, kde spolu s bukom lesným tvoria viac ako polovicu zo všetkých stromov (tab. 1). V hornej vrstve je už pomer medzi javorom a bukom opačný, buk predstavuje 36,2 % z celkového počtu 132 ks. ha⁻¹. Zastúpenie duba zimného je len 2,1 % z priemerného počtu stromov na hektár, pričom vo vertikálnom profile lesa sa vyskytuje len v strednej a hornej vrstve.

Z celkovej zásoby na hektár (432,87 m³) sa buk podieľa 42,20 %, čo korešponduje s jeho vyšším zastúpením v hornej vrstve lesa, a teda aj vo vyšších hrúbkových stupňoch. Kruhová základňa buka je 37,35 m². ha⁻¹. Javor horský je počtom jedincov najzastúpenejšou drevinou, avšak s dominantným zastúpením v spodnej vrstve, jeho zásoba predstavuje 95,87 m³. ha⁻¹, čo činí 22,15 % z celkovej priemernej zásoby hrubiny na hektár. Kruhová základňa duba zimného predstavuje 4,06 m². ha⁻¹ (10,87 % z celkovej kruhovej základne) (tab. 2).

Mediánové (stredné) hodnoty výšok a hrúbok sú zobrazené na obr. 2. Buk má pomerne široké variačné rozpätie výšok, v rozmedzí 12–30 m sa nachádza 50 % všetkých stromov na ploche. Najnižšie mediánové hodnoty výšky boli zistené u drevín javor horský, jaseň štíhly a brest horský (obr. 2). Najvyššie stredné hodnoty hrúbky boli namerané u duba zimného a javora mliečneho, pričom jedince duba nedosahovali hrúbku kmeňa pod 20 cm (obr. 2).

Podobný trend sme zistili aj pri hrúbke (obr. 2). Najvyššie zastúpenie javora horského a jaseňa štíhleho v spodnej etáži korešponduje s ich nízkymi hodnotami mediánov hrúbky (v rozpätí 4,3 až 7,0 cm sa nachádzalo 50 % ich jedincov). Najväčšou variabilitou hrúbky kmeňa sa vyznačovala lipa (4,0 až 122,5 cm). Párové porovnanie stredných hodnôt hrúbok a výšok pre jednotlivé dreviny je v tab. 3.

Tabuľka 1: Početnosť (ks. ha⁻¹) a percentuálne zastúpenie drevín v jednotlivých vrstvách na TVP

Table 1 The tree numbers (per hectare and percentage) in the tree layers on PRP

drevina ¹	spodná vrstva ²		stredná vrstva ³		horná vrstva ⁴		spolu ⁵	
	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%	ks.ha ⁻¹	%
<i>Fraxinus excels.</i>	134	35,8	19	10,8	11	8,7	164	24,2
<i>Acer pseudopl.</i>	170	45,6	52	30,1	30	22,8	252	37,2
<i>Acer platanoid.</i>	3	0,8	1	0,6	11	8,7	15	2,2
<i>Fagus sylvatica</i>	20	5,3	43	24,7	48	36,2	111	16,4
<i>Carpinus betul.</i>	3	0,8	22	12,7	6	4,7	31	4,6
<i>Tilia cordata</i>	24	6,4	19	10,8	8	6,3	51	7,5
<i>Ulmus scabra</i>	20	5,3	13	7,8	3	2,4	36	5,3
<i>Quercus petraea</i>			4	2,4	10	7,9	14	2,1
<i>Abies alba</i>					3	2,4	3	0,4
spolu ⁵	373	100,0	172	100,0	132	100,0	677	100,0

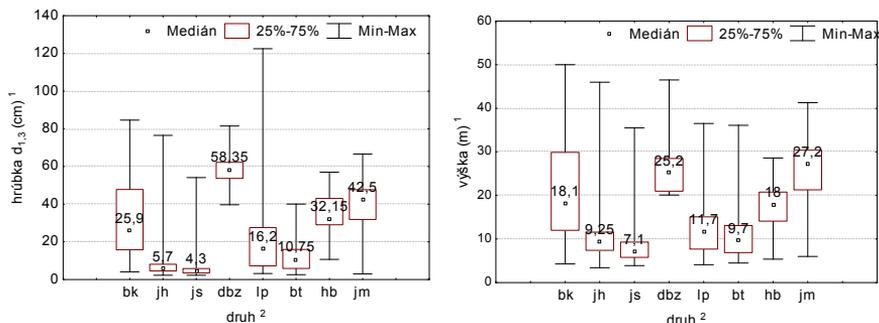
¹tree species, ²the lower layer, ³the middle layer, ⁴the upper layer, ⁵total

Tabuľka 2: Zásoba (m³. ha⁻¹) a kruhová základňa (m². ha⁻¹) stromov na TVP

Table 2 The growing stock (m³ per hectare) and basal area (m² per hectare) of trees on PRP

drevina ¹	V ²		G ³	
	(m ³ . ha ⁻¹)	%	(m ² . ha ⁻¹)	%
<i>Fraxinus excels.</i>	21,96	5,07	2,08	5,57
<i>Acer pseudopl.</i>	95,87	22,15	7,46	19,97
<i>Acer platanoid.</i>	29,70	6,86	2,20	5,89
<i>Fagus sylvatica</i>	182,66	42,20	13,55	36,28
<i>Carpinus betul.</i>	0,49	0,11	3,19	8,54
<i>Tilia cordata</i>	35,00	8,09	3,19	8,54
<i>Ulmus scabra</i>	5,86	1,35	0,65	1,74
<i>Quercus petraea</i>	47,61	11,00	4,06	10,87
<i>Abies alba</i>	13,73	3,17	0,97	2,60
spolu ⁴	432,87	100,00	37,35	100,00

¹tree species, ²growing stock, ³basal area, ⁴total



Obr. 2: Mediánové hodnoty, kvartily a variačné rozpätie hrúbok a výšok stromov podľa druhu dreveniny na TVP

Fig. 2: Box-plots of tree DBH and tree heights according to tree species on PRP
 bk-European beech, jh-maple, js-common ash, dbz-sessile oak, lp-lime, bt-elm, hb-European hornbeam, jm-Norway maple, ¹DBH, ²tree species

Tabuľka 3: P-hodnoty štatistickej významnosti Kruskal-Wallisovho testu porovnávajúceho hrúbku (nad uhlopriečkou) a výšku (pod uhlopriečkou) drevenín na skúmanej ploche (zvýraznené hodnoty sú štatisticky významné pri $p < 0,05$)

Table 3: Kruskal-Wallis tests' p-values for multiple comparisons of tree species' diameters (above diagonal) and heights (below diagonal) on analysed plot (bold values are statistically significant at $p < 0,05$).

	bk	jh	js	dbz	lp	bt	hb	jd	jm
bk		0,00	0,00	1,00	0,21	0,00	1,00	1,00	1,00
jh	0,00		0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,15	0,00
js	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
dbz	1,00	0,00	0,00		0,01	0,00	1,00	1,00	1,00
lp	0,00	1,00	0,00	0,00		1,00	0,31	1,00	1,00
bt	0,00	1,00	0,17	0,00	1,00		0,01	1,00	0,30
hb	1,00	0,00	0,00	1,00	0,15	0,04		1,00	1,00
jd	1,00	0,21	0,01	1,00	0,68	0,35	1,00		1,00
jm	1,00	0,00	0,00	1,00	0,09	0,02	1,00	1,00	

bk – European beech, jh – maple, js – common ash, dbz – sessile oak, lp – lime, bt – elm, hb – European hornbeam, jm – Norway maple

Stojaca a ležiaca nekromasa

Celkový objem ležiacej nekromasy na ploche predstavuje 132,59 m³. ha⁻¹ (tab. 3). Najväčší podiel tvoria stromy vo štvrtom stupni rozkladu (60,04 m³. ha⁻¹), čo predstavuje 45,28 % z celkového objemu nekromasy. Z druhového zloženia prevažujú listnaté dreveniny, ktorých pokročilý stav rozkladu neumožňoval určenie druhu dreveniny (49,65 m³. ha⁻¹). Padnuté stromy zatriedené do tretieho stupňa rozkladu predstavujú rovnako početnú skupinu (55,79 m³. ha⁻¹), so zastúpením všetkých druhov ležiacich drevenín evidovaných na ploche. Čerstvo padnuté stromy tvoria 5,85 % z celkového objemu, s vysokým podielom buka (81,55 %). V druhom stupni rozkladu je evidovaná len nekromasa buka (9,01 m³. ha⁻¹).

Celkový objem stojacich odumretých stromov na ploche predstavoval 18,74 m³. ha⁻¹ (tab. 4). Najpočetnejšou skupinou sú stromy zatriedené do 1. stupňa rozkladu

– čerstvo odumreté (15,11 m³. ha⁻¹), kde dominovali stojace stromy buka lesného (73,86 % z celkového objemu stojacej nekromasy). Ostatných 26,14 % tvorili lipa malolistá a jaseň štíhly. V druhom stupni rozkladu boli evidované len stojace odumreté stromy brešta horského (0,13 m³. ha⁻¹). Suché stojace stromy duba zimného sa vyskytovali iba v treťom stupni rozkladu, spolu s bukom lesným tvorili 18,62 % z celkového objemu stojacich odumretých stromov.

Tabuľka 4: Objem ležiacej nekromasy (v m³. ha⁻¹ a v %) v závislosti od stupňa rozkladu a druhu dreveniny na TVP

Table 4: The volume of lying necromass (m³ per hectare, %) according to the degree of decomposition and tree species on PRP

drevina ¹	stupeň rozkladu ²									
	1	%	2	%	3	%	4	%	spolu ³	%
<i>Quercus petaea.</i>	1,32	17,03			23,57	42,25	4,86	8,09	29,75	22,45
<i>Tilia cordata</i>	0,11	1,42			8,21	14,72			8,32	6,27
<i>Fagus sylvatica</i>	6,32	81,55	9,01	100,00	9,38	16,81	5,53	9,21	30,24	22,81
<i>Acer pseudopl.</i>					12,96	23,23			12,96	9,77
<i>Carpinus betul.</i>					0,93	1,67			0,93	0,70
<i>Fraxinus excels.</i>					0,74	1,33			0,74	0,56
neurčené ⁴							49,65	82,69	49,65	37,45
spolu ³	7,75	5,85	9,01	6,80	55,79	42,07	60,04	45,28	132,59	100,00

¹tree species, ²degree of decomposition, ³total, ⁴undetermined

Tabuľka 5: Objem stojacich odumretých stromov (v m³. ha⁻¹ a v %) v závislosti od stupňa rozkladu a druhu dreveniny na TVP

Table 5: The volume of standing necromass (m³ per hectare, %) according to the degree of decomposition and tree species on PRP

drevina ¹	stupeň rozkladu ²							
	1	%	2	%	3	%	spolu ³	%
<i>Fagus sylvatica</i>	11,16	73,86			1,49	42,69	12,65	67,50
<i>Tilia cordata</i>	1,66	10,98					1,66	8,86
<i>Fraxinus excels.</i>	2,29	15,16					2,29	12,22
<i>Quercus petraea</i>					2,00	57,31	2,00	10,67
<i>Ulmus scabra</i>			0,13	100,00			0,13	0,69
spolu ³	15,11	80,63	0,13	0,69	3,49	18,62	18,74	100,00

¹tree species, ²degree of decomposition, ³total

DISKUSIA A ZÁVER

Zhodnotením štruktúry, rastových a regeneračných procesov v zmiešanom prírodnom lese v NPR Sitno sa zaoberal už SANIGA (2001). Ním zistený počet stromov sa pohyboval od 270 ks. ha⁻¹ v počiatočnej fáze štádia rozpadu do 678 ks. ha⁻¹ v pokročilej fáze štádia dorastania. Nami zistená hodnota priemernej početnosti (677 ks. ha⁻¹) korešponduje s autorovými výsledkami. Na celkovej zásobe sa z dreven najviac podieľal buk (29,7–48,4 %), podobne ako je to v našom prípade (tab. 2). V NPR Kašivárová je priemerná zásoba pralesa uvádzaná vyššia – 663,33 m³. ha⁻¹, s čím súvisí aj vyššie zastúpenie duba v hornej a strednej vrstve pralesa (SANIGA

2005). Celkový objem ležiacej nekromasy na ploche predstavuje 132,59 m³. ha⁻¹. SANIGA (2001) uvádza množstvo padnutých odumretých stromov od 51,79 m³. ha⁻¹ do 202,07 m³. ha⁻¹, objem stojacich odumretých stromov sa pohyboval od 12,62 m³. ha⁻¹ do 45,73 m³. ha⁻¹ v závislosti od štádia. Z drevín sa na celkovom objeme nekromasy najviac podieľali buk, duby a javory. V našom prípade dominantnú zložku ležiacich odumretých stromov tvoria listnaté dreviny vo štvrtom stupni rozkladu (tab. 3). Podiel nekromasy z celkového objemu živých stromov predstavuje 23,5 % a je porovnateľný s údajmi v bukovej časti NPR Skalná Alpa (ZRAK, SANIGA 2011). V NPR Kašivárová a NPR Hrončekký Grúň je podiel nekromasy na objeme biomasy vyšší – 34 % (SANIGA 2005, BALANDA 2009).

Zásoba pralesa Sitno sa nachádza v rozpätí zásob ostatných zmiešaných dubových pralesov na Slovensku.

POĎAKOVANIE

Výskum bol vykonaný s finančnou podporou projektu APVV-0268-10.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- ALBRECHT, L. 1990: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Naturwaldreservate in Bayern. Schiftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Landschaftstechnik, Band 1, München, 221 p.
- BOBIEC, A. 2002: Living stands and dead wood in the Białowieża Forest: suggestions for restoration management. *Forest Ecol. Manage.* 165, 125–140.
- CHRISTENSEN, M., HAHN, K., MOUNTFORD, E. P. *et al.* 2005: Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *For Ecol. Manag.* 210: 267–282.
- JASÍK, M., POLÁK, P. *a kol.* 2011: Pralesy Slovenska – Všeobecná časť. FSC Slovensko, Banská Bystrica, 228 s.
- KOLEKTÍV 2004: Plán starostlivosti o SKUEV 0216 Sitno/Holík.
- KORPEL, Š. 1989: Pralesy Slovenska. VEDA, vydavateľstvo SAV Bratislava, 332 s.
- KUCBEL, S., SANIGA, M., JALOVÍAR, P., VENCÚRIK, J. 2012: Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of northwestern Carpathians: A 40-years perspective. *For Ecol. Manag.* 264:125–133.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. 1991: Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis*, roč. 37, č. 1, s. 49–56.
- SANIGA, M. 2001: Štruktúra, rastové a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v národnej prírodnej rezervácii Sitno. *Ochrana prírody*, Banská Bystrica, 19:121–136.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P. 2001a: Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. *J. Forest Sci.* 47, 557–565.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P. 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. *J. For. Sci.* 48 (12): 513–528.
- SANIGA, M. 2005: Štruktúra a regeneračné procesy dubového pralesa v NPR Kašivárová. *Ochrana prírody*, Banská Bystrica, 24:21–33.

- ZRAK, J., SANIGA, M. 2011.: Štruktúra a objem nekromasy v bukovej časti pralesa NPR Skalná Alpa. *Acta Facultatis Forestalis, Zvolen*, 53(2): 29–38.
- WATT, A. S. 1947: Pattern and process in the plant community. *J. Ecol.* 35:1–22.

PRODUKČNÍ POTENCIÁL A STABILITA SMÍŠENÉHO DUBOHABROVÉHO POROSTU NA EUTROFNÍM STANOVIŠTI VE ŽDÁNICKÉM LESE

PRODUCTION POTENTIAL AND STABILITY OF THE BROADLEAVED TREE MIXED OAK/
HORNBEAM FOREST STAND SITUATED ON AN EUTROPHIC SITE, ŽDÁNICKÝ LES

VÁCLAV HURT

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta,
Zemědělská 3, 613 00 Brno

ABSTRACT

The paper focuses on assessing of growth and production of the mixed oak/hornbeam forest stand established by combined regeneration in 1940 to 1942. The stand is situated at an altitude of 460 m and since 1961 is left to its natural development. The 25-year-old stand was characterized as an individually mixed, both dbh- and height-differentiated pole-stage stand. The proportion of tree species was following: sessile oak 77%, hornbeam 19%, birch 1%, lime 1%, black poplar 1%, wild cherry tree, wild service tree a field maple. During 41 years of measurements, the proportion of oak slightly decreased to 76%, on the other hand, the proportion of hornbeam increased to 22%. The initial growing stock of the 25-year-old stand, $75 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, increased to $323 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ at an age of 66 years in 2008. At present, current volume increment amounts was between $6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ and $11,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ during years 1967 and 1998. Since the age of 61, the growth of the stand has decreased and than even ceased due to increased mortality of oak.

Keywords: sessile oak, hornbeam, birch, mixed stand, natural development, mortality, production

ABSTRAKT

Příspěvek hodnotí růst a produkci porostu směsi dubu s habrem založeného v letech 1940 až 1942 kombinovanou obnovou. Porost se nachází v nadm. výšce 400 m a od roku 1967 je ponechán přirozenému vývoji. V době založení výzkumných ploch, ve věku 25 let byl porost charakterizován jako jednotlivě smíšená, tloušťkově a výškově diferencovaná tyčkovina až tyčovina. Zastoupení dřevin mělo následující podobu: dub 77 %, habr 19 %, bříza 1,4 %, lípa 1 %, topol černý 1 %, třešeň ptačí, jeřáb břek a javor babyka. V průběhu 41 sledování mírně kleslo zastoupení dubu na 76 % a naopak vzrostlo zastoupení habru na 22 %. Počáteční zásoba $75 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ve věku 25 let vzrostla na $323 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ve věku 66 let v roce 2008. Běžný objemový přírůstek se v letech 1967 až 1998 pohyboval v rozpětí $6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ až $11,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Od věku 61 let došlo vlivem zvýšené mortality dubu ke snížení a následně k zastavení celkového přírůstu porostu.

KLíčová slova: dub, habr, lípa, bříza, smíšený porost, přirozený vývoj, produkce, mortalita, cenné listnáče

ÚVOD A NÁSTIN PROBLEMATIKY

Z domácích druhů je na území České republiky nejvíce rozšířen dub zimní (*Quercus petraea* Matusch) a dub letní (*Quercus robur* L.). Podle údajů Zelené zprávy

(MZE 2010) je dub zastoupen téměř na 7 % porostní půdy, odhaduje se však, že jeho zastoupení dosahovalo až 19 %.

Dub je naší původní listnatou dřevinou, která je řazena mezi nejhojnější přirozené složky střeoevropské vegetace, kde zároveň patří mezi hospodářsky nejvýznamnější střeoevropské dřeviny. Smysl jeho pěstování ani na nejurodnějších půdách nespočívá v celkové produkci dřeva. Těžiště hospodářského významu dubu se hlavně opírá o hodnotovou produkci kvalitních sortimentů, které lze na úrodných půdách při správné výchově vypěstovat.

Je považován za dřevinu náročnou na pěstování. Problematická často bývá výchova, kdy nesmí dojít k přeštitlení a zároveň, a to je z pěstebníh hlediska neméně důležité, k přílišnému prosvětlení porostu, kdy by došlo k nežádoucímu snížení výškového přírůstu a košatění korun. Velmi kvalitní dubové porosty se zpravidla nevyskytují v monokulturách, ale ve smíšených porostech. Problematické pěstování dubu byla nejen u nás, ale i v Evropských zemích věnována značná pozornost. Pro představu lze uvést některé monografie: VYSKOT *et al.* (1958), KLEPAC *et al.* (1996) a JOHNSON, SHIFLEY, ROGERS (2009).

Za vhodné směsné typy pro pěstování cenných dubových výřezů považuje GAYER (1898), BOUDRU (1889) a SEKYRKA (1901): směs dubu zimního – buku, dubu zimního – habru, dubu letního – jasanu nebo jilmu. Z produkčního hlediska autoři dále doporučují směs smrku – dubu, borovice – listnáče (pozdě kvetoucí třešně a dub červený), dub zimní – borovice lesní, dub – javor. V pahorkatinách dosahuje dub zimní ve směsi společně s modřínem, bukem a jedlí nadprůměrných výnosů (LEIBUNDGUT 1967). Pěstováním smíšených porostů s dubem zimním se věnovala celá řada autorů např. VYSKOT (1962), LANG, MAYER (1968), GADOW (1989), SCHÜTZ (1994), SANIGA (1999), KADLUS (2005). Zakládáním a přestavbami porostů na směsi s dubem se zabýval ADO-MAT (1965), BERGMANN (2003), NOACK (2004), AMMER, ZIEGLER, KNOKE (2005). Studována byla taktéž otázka kvality listnatých porostů se zastoupením dubu vzniklých kombinovanou obnovou (FOLTÝN 1984) a sukcesními pochody (SCHULZ, HEIN, KENK, KLÄDTKE 2005).

ŠMELKO *et al.* (1992) shrnují poznatky o výškovém růstu jednotlivých typů směsí a účinku různého stupně smíšení dvou druhů dřevin v porovnání s produkcí stejnorodého porostu. Problematickou světlostního přírůstu dubu se zabývala celá řada autorů. Pro přehled je možno jmenovat některé z nich: WIEHL (1903), VINŠ, MRÁZ (1973), KADLUS *et al.* (2001). Produkce směsí s dubem byla sledována KOZAKEM, HOLUBETSEM (2001) a produkce a vývoj porostů se zastoupením dubu zimního byl publikován např. v pracích KNOTTA, KANTORA (2000), KANTORA, KNOTTA, MARTINÍKA (2001).

Z prací zahraničních autorů věnovaných problematice smíšených porostů a jejich produktivitě je nutno zmínit práce CANNELLA *et al.* (1992), BARTELINKA, OLSHOORNA (1999), HECTORA *et al.* (1999), nebo OLSHOORNA *et al.* (1999). Vyhodnocení se opírají o dlouhodobé výsledky pozorování, namátkové zkoušky objemu a pěstební nakládání v jedinečné síti čistých a smíšených výzkumných ploch.

Tento stručný, neúplný a nevyčerpávající soupis prací naznačuje široký záběr řešené problematiky.

Jak již bylo naznačeno výše, a jak vyplývá i z názvu příspěvku, předkládaná studie

si klade za cíl rozšířit a upřesnit naše poznatky zejména o produkčních možnostech a stabilitě smíšených porostů dubu s habrem a lípou.

CHARAKTERISTIKA EXPERIMENTÁLNÍHO POROSTU

Lokalita se nachází v katastrálním území obce Dambořice. Pozemky jsou ve správě Lesů České republiky, s.p., lesní správa Bučovice. Porost s evidenčním označením 108B7 na Revíru Bílý Vlč vznikl pravděpodobně kombinovanou obnovou v letech 1940 až 1942. Za základ porostu do dnešního dne lze považovat výsadbu dubu zimního, v níž se postupně přirozeně obnovila celá řada dřevin (habr, lípa, bříza, jeřáb břek, třešň ptačí a topol černý). V příspěvku jsou bříza, jeřáb břek, třešň ptačí a topol černý v evidenci sloučeny do skupiny ostatní. Do věku 25 let byly v porostu zprvu uplatňovány podúrovňové zásahy, později negativní úrovňové a nadúrovňové.

V roce 1967, kdy měl porost 25 let, zde byly založeny trvalé probírkové. Celková plocha porostní skupiny je 10,26 ha. Porost leží na plošině mírně skloněné k jihovýchodu v nadmořské výšce 400 m (zeměpisné souřadnice 49°4'43.964" s. š., 16°56'6.623" v.d.). Průměrné roční srážky činí 600–650 mm, průměrná roční teplota vzduchu 8–9 °C, jedná se o klimatický okrsek A3 – teplý, mírně suchý, s mírnou zimou (QUITT 1975). Na zvrásněných terciálních horninách (pískovce, břidlice) se vytvořily půdy typu pararenzina arenická (CENIA 2012). Typologicky byl porost zařazen do lesního typu 2H2 – Hlinitá buková doubrava tolitová (hospodářský soubor 25).

Předkládaný příspěvek shrnuje a hodnotí pouze přirozený vývoj porostu 108B7 na kontrolním dílci bez úmyslných zásahů (odstraňování byli pouze odumřelí jedinci), a to v časovém úseku 41 let – od r. 1967 do r. 2008. V době založení výzkumných ploch, ve věku 25 let byl porost charakterizován jako jednotlivě smíšená, tloušťkově a výškově diferencovaná tyčkovina až tyčovina. Zastoupení dřevin mělo následující podobu: dub 77 %, habr 19 %, bříza 1 %, lípa 1 %, topol černý 1 %, třešň ptačí, jeřáb břek a javor babyka.

METODIKA TERÉNNÍHO ŠETŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Metodika použitá v tomto příspěvku byla podrobně publikována KANTOREM (1997). V předkládané práci je hodnocena pouze kontrolní plocha, která byla ponechána po celou dobu šetření (41 let) bez úmyslných těžebních zásahů a má celkovou výměru 0,25 ha (50 × 50 m). Ve 41leté časové řadě pětiletých period (od r. 1967 do r. 2008) se u jednotlivých dřevin posuzované směsi samostatně hodnotily: celková četnost a mortalita stromů, četnost ve výškových a tloušťkových stupních, průměrná porostní výška, průměrná výčetní tloušťka, kruhová výčetní základna, zásoba, zakmenění a zastoupení dřevin.

Při sestavování a posuzování hodnotících kritérií byly voleny následující postupy: Mortalita (vyjádřená v % uhynulých stromů) v mezidobích pětiletých šetření je vždy vztažena k četnosti předchozího měření. Z důvodu obsáhlosti tabulek, jsou slovně uváděny pouze nejdůležitější výsledky. Zásoba porostu a z ní případně odvozený periodický objemový přírůstek jsou vztaženy pouze k hlavnímu porostu, hmota odumřelých stromů zde není započítána. Zakmenění porostu bylo vypočteno podle běžné taxační praxe z poměru skutečných kruhových výčetních základů jednotlivých dřevin a úda-

jů tabulkových. Z takto určených redukovaných ploch bylo stanoveno i zastoupení dřevin. Pro zjištění tabulkových kruhových základů dubu, jeřábu břeku, lípy a třešně ptačí byly využity Růstové a taxační tabulky (ČERNÝ, PAREZ, MALÍK 1996) a pro ostatní dřeviny (habr, topol černý a břízu) byly použity Taxační tabulky (ÚHÚL, VÚLHM 1990).

Na základě popsaného hodnocení byl posouzen význam a podíl jednotlivých druhů na produkčním potenciálu a stabilitě sledovaného smíšeného porostu. Souběžně byly získány prvotní podklady pro splnění strategického cíle celého projektu – upřesnění a předložení návrhu (variant návrhů) cílové skladby v nejvýznamnějších hospodářských souborech chlumních oblastí, v daném případě pro HS 45.

VÝSLEDKY ŠETŘENÍ – ANALÝZA PŘIROZENÉHO VÝVOJE POROSTU 108B7

Základní charakteristika kontrolní plochy porostu 108B7 v roce založení (1967) je sestavena v tab. 1. V té době (věk 25 let) se jednalo o jednotlivě smíšenou tyčkovinu až tyčovinu s kruhovou výčetní základnou 20,4667 m².ha⁻¹ a zásobou 74,72 m³.ha⁻¹.

Hustota porostu a mortalita

Výchozí evidovaná hustota kontrolního porostu v roce 1967 – 2 832 ks.ha⁻¹ (viz tab. 1) ve věku 25 let byla mírně nižší (KANTOR, SLODIČÁK 2004) nebo odpovídala (PAREZ, CHROUST 1988) pravidlům pro výchovu dubových porostů, odpovídala také stanovišti i svému druhovému složení. V roce 1967 na kontrolních dílcích v hluboké podúrovni přežívala řada habrů a lip, které nedosahovaly tehdy stanovených vstupních parametrů ($d_{1,3} = 4$ cm, $h = 4$ m). Většina z nich během dalšího vývoje porostu odumřela a nebyla tedy nikdy evidována. Pokud ale některé z těchto stromů v konkurenčním boji přežily a dosáhly výše uvedených parametrů, byly do databáze zařazeny. Začlenění těchto stromů se výrazně projevilo v nárůstu počtu stromů v roce 1972 (viz tab. 1 a obr. 1). Počet stromů díky tomuto přesunu vzrostl o 620 ks.ha⁻¹ (3 452 ks.ha⁻¹).

V průběhu dalších hodnocených časových period již ale hustota porostu přirozeně klesala v důsledku konkurence a přirozeného výběru až na současnou hodnotu 1 152 stromů.ha⁻¹ (přirozená mortalita 67 %) ve věku 66 let v roce 2008 (viz tab. 1 a obr. 1). Přirozený vývoj počtu stromů obou hlavních dřevin porostu v průběhu hodnocených 41 let dokumentuje i obr. 1.

Absolutně nejvyšší celkovou mortalitu vykazovala produkční dřevina dub; z původních 1 932 ks.ha⁻¹ jich odumřelo 1 384 ks.ha⁻¹, tj. 72 %. Obdobná tendence byla zaznamenána i u stín snázející lípy: při prvním šetření 50 ks.ha⁻¹, při poslední revizi 16 ks.ha⁻¹ (mortalita 67 %).

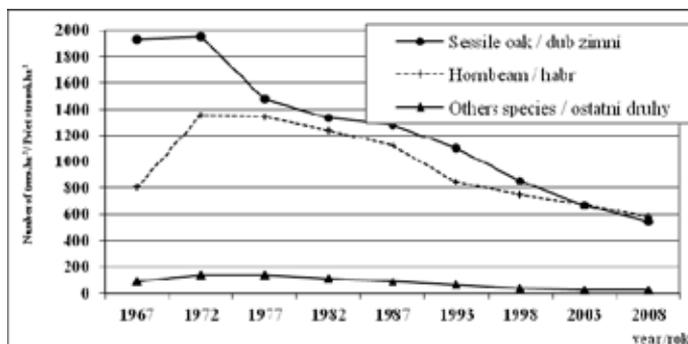
O polovinu nižší úmrtnost byla zaznamenána u druhé nejvíce zastoupené dřeviny studovaného porostu – habru. Přirozeným vývojem postupně odumřelo 228 ks.ha⁻¹, tj. 28 %. Podobně jako u lípy byla tato přirozená mortalita soustředěna výlučně na výrazně potlačené podúrovňové habry.

Četnost dubu, habru a lípy ve výškových a tloušťkových stupních

Z vývoje četností dubu, habru a lípy ve výškových a tloušťkových stupních v průběhu let 1967 2008, který bude z prostorových důvodů okomentován pouze v textu, jsou

zřejmé ekologické nároky a růstové strategie daných druhů dřevin.

Téměř 10metrové rozpětí výšek dubu již při založení výzkumných ploch v roce 1967 od 4 m po 15 m dokumentuje významné zastoupení této dřeviny v podúrovni, úrovni, ale i nadúrovni. Většina podúrovňových stromů pak odumřela již v průběhu prvního decennia, v letech 1967 až 1977. Zároveň se ale v porostu od prvních měření vyčleňuje soubor úrovnňových a nadúrovnňových dubů (v roce 1967 výška 8 m až 15 m, výčetní průměr 10 cm až 14 cm), který postupně tvoří základ vysoké produkce i stability celého porostu. Při poslední evidenci v roce 2008 lze do tohoto souboru zahrnout již 124–137 ks.ha⁻¹ s výškou 21 m až 26 m a výčetním průměrem 22 cm až 34 cm.



Obr. 1: Vývoj počtu dubu a habru v porostu 108B7 (ks.ha⁻¹) v letech 1967 až 2008

Fig. 1: Development of the number of sessile oak and hornbeam trees in stand 108B7 (trees.ha⁻¹) in 1967 až 2008 years

Tabuľka 1: Vývoj základných dat kontrolního dílce v letech 1967 až 2008

Table 1: The development of stand basic data in the control plot in 1967–2008

Species ¹	Number of trees per hectare ² (N)	Mean tree ¹⁹			Stand basal area ⁶ (b.a.) (m ² .ha ⁻¹)	Growing stock ⁷ (m ³ .ha ⁻¹)	Stand density ⁸	Species composition ⁹ (%)
		h ³ (m)	DBH ⁴ (cm)	V ⁵ (m ³)				
1967 – 25 years/let								
Wild Service Tree ¹⁰	4	6,2	6,5	0,01	0,0133	0,04	0,00	0,1
Field Maple ¹¹								
Birch ¹²	28	9,8	11,4	0,04	0,2915	1,12	0,01	1,4
Sessile oak ¹³	1 932	9,0	10,3	0,03	16,5068	60,04	0,80	77,0
Hornbeam ¹⁴	808	6,5	6,9	0,01	3,3023	11,92	0,20	19,3
Lime ¹⁵	48	6,3	6,4	0,01	0,1755	0,56	0,01	1,0
Black poplar ¹⁶	8	12,8	14,5	0,10	0,1321	0,76	0,01	1,0
Wild cherry tree ¹⁷	4	14,1	12,0	0,07	0,0452	0,28	0,00	0,2
Total ¹⁸	2832				20,4667	74,72	1,04	100
2008 – 66 years/ let								
Wild Service Tree ¹⁰	4	16,5	11,5	0,07	0,0412	0,28	0,00	0,2
Field Maple ¹¹								
Birch ¹²								
Sessile oak ¹³	548	22,9	23,2	0,52	23,9876	283,76	0,81	76,1
Hornbeam ¹⁴	580	13,5	10,1	0,06	5,1745	35,44	0,24	22,2
Lime ¹⁵	16	14,4	13,3	0,14	0,2668	2,16	0,01	1,0
Black poplar ¹⁶								
Wild cherry tree ¹⁷	4	21,5	21,6	0,34	0,1466	1,36	0,01	0,5
Total ¹⁸	1 152				29,6167	323,00	1,07	100

Legend: Species¹ – dřevina, Number of trees per hectare² (N) – počet stromů na ha (ks), Stand basal area⁶ (b.a.) (m².ha⁻¹) – kruhová výčetní základna, Growing stock⁷ (m³.ha⁻¹) – zásoba porostu, Stand density⁸ – zakmenění porostu, Species composition⁹ (%) – zastoupení dřevin, Wild Service Tree¹⁰ – jeřáb břek, Field Maple¹¹ – javor babyka, Birch¹² – bříza, Sessile oak¹³ – dub zimní, Hornbeam¹⁴ – habr, Lime¹⁵ – lípa, Black poplar¹⁶ – topol černý, Wild cherry tree¹⁷ – třešň ptačí, Total¹⁸ – celkem, Mean tree¹⁹ – průměrný strom.

Habr v průběhu hodnocených let obsazuje takřka výlučně podúroveň. Značnou vitalitu a v daném případě i zcela mimořádnou schopnost přežívání habru ve spodních patrech potvrzují údaje ve všech šetřených periodách. V roce 1967 činilo výškové rozpětí habru 4 m až 12 m, v roce 1982 4 m až 14 m. Vějíř výškového rozpětí se v dalších letech ještě více rozšířil a při poslední evidenci činil 4 m až 22 m. V poslední době do úrovně vrůstá jen několik málo habrů. V průběhu 41 let pozorování odumíraly především podúrovňové a přeštíhlené habry s nepříznivým stíhlostním kvocientem. Přesto ještě ve věku 66 let bylo v porostu evidováno v hluboké podúrovni (výška 4 m až 17 m) 170 ks.ha⁻¹. Zejména proto jsou střední hodnoty výšky i výčetního průměru u habru výrazně nižší než u dubu.

V případě lípy, přestože se její početnost v daném experimentu (88 stromů.ha⁻¹ v roce 1972) pohybovala na velmi nízkých hodnotách, lze vylíčit dvě její růstové strategie. První z nich bylo dlouhodobé přežívání podúrovňových jedinců ve výrazné podúrovni porostu (v některých případech až 20 let). V případě, že již na počátku měly stromy dostatek růstového prostoru (výška 10 m v roce 1967) dokázaly se v porostu udržet a obsadit porostní úroveň (výška 20 m v roce 2008).

Bříza bělokorá společně s topolem černým při prvním šetření v porostu růstově dominovala. Její střední výčetní tloušťka se v roce 1967 pohybovala od 8 do 14 cm a výška 8–12 m. V roce 1998, tj. v posledním roce, kdy byla v porostu evidována, se vyskytovala v rozmezí výčetních tloušťek 16–24 cm a výšek 20–24 m.

Kruhová výčetní základna porostu

Již v předchozích studiích (KANTOR, PAŘÍK 1998) bylo konstatováno, že nejobektivnějším kritériem hodnocení produkční schopnosti jednotlivých dřevin ve smíšených porostech vyvíjejících se přirozeně je dynamika nárůstu kruhové výčetní základny.

Celková kruhová základna porostu z roku 1967 – 20,4667 m².ha⁻¹ vzrostla za 41 let pozorování 1,5-krát na 29,6167 m².ha⁻¹, Při několika posledních šetřeních (rok 2003 a 2008) byl zaznamenán pokles z hodnoty 34,1509 v roce 1998 na 32,2126 m².ha⁻¹ a 29,6167 m².ha⁻¹.

V absolutních hodnotách nejvíce vzrostla výčetní kruhová plocha dubu, z 16,5068 m².ha⁻¹ na 23,9876 m².ha⁻¹, tedy o 7,5 m².ha⁻¹, Z pohledu procentického nárůstu dosahoval stejných hodnot jako nárůst celkové kruhové výčetní základny (viz tab. 1), Dynamičtější nárůst kruhové plochy byl zaznamenán u habru a lípy, a to na 157 a 152 % (z 3,3023 m².ha⁻¹ na 5,1745 m².ha⁻¹ a z 0,1755 m².ha⁻¹ na 0,2668 m².ha⁻¹).

Zásoba porostu

Vývoj zásoby porostu (v m³.ha⁻¹) sestavený opět podle jednotlivých dřevin v pětiletých periodách je uveden v tab. 1, Celková zásoba vzrostla z prvotních 74,72 m³.ha⁻¹ v roce 1967 4,3-krát na 323,00 m³.ha⁻¹ v roce 2008, Stejně jako u kruhové výčetní základny byl při několika posledních šetřeních (rok 1998, 2003 a 2008) zaznamenán pokles zásoby a průměrného ročního přírůstu,

V absolutních hodnotách se na nárůstu zásoby pochopitelně podílel nejvíce dub (283,76 m³.ha⁻¹, tj. 90 % celkové zásoby), Z 9 % se při posledním šetření na celkovém

nárůstu zásoby podílel habr, Vysoký produkční potenciál hodnoceného smíšeného porostu dokumentují i hodnoty celkového běžného objemového přírůstu, které se zde v letech 1967 až 1998 pohybovaly v rozpětí $6,3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ až $11,6 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Zakmenění a zastoupení dřevin

Údaje o vývoji zakmenění a zastoupení dřevin během celé posuzované periody jsou sestaveny v tab. 1. Porost lze v průběhu celého hodnoceného období považovat za plně zakmeněný. Vypočtené, vysoké hodnoty zakmenění porostu ve věku 25 až 56 let (1,26–1,33) kopírovaly situaci nárůstu a poklesu výčetní kruhové základny a zásoby porostu. Významná část porostní složky byla v té době tvořena podúrovňovými přeštlhelnými listnáči (habr, lípa a bříza) s extrémně nízkou kruhovou základnou. Použitá metodika výpočtu zakmenění pak výrazně nadhodnotila jeho hodnoty. Při posledním inventarizaci ale již vypočtené zakmenění činilo 1,07.

V době založení výzkumných ploch, tj. ve věku 25 let byl porost charakterizován jako jednotlivě smíšená, tloušťkově a výškově diferencovaná tyčkovina až tyčovina se zastoupením dubu 77 %, habru 19 %. Vtroušené postavení zde ještě měla bříza (1 %) a lípa (1 %), topol černý (1 %), třešeň ptačí, jeřáb břek a babyka.

V dalších letech nepodstatně kleslo zastoupení dubu, nicméně v posledních 15 letech zaujímá tato dřevina stabilně 76 % redukované plochy porostu. Zastoupení druhé základní dřeviny porostu habru naopak při všech inventarizacích postupně mírně narůstalo až na současných 22 %. Postavení vtroušených dřevin si v daném porostu do současné doby zachovala lípa, třešeň ptačí a jeřáb břek.

DISKUZE A ZÁVĚR

Výsledky šetření představené v tomto příspěvku v souladu s dalšími našimi i zahraničními studii potvrdily, že i jednoduchá, provozně snadno zvládnutelná směs dubu a habru splňuje na živných stanovištích pahorkatin požadavky na odpovídající produkční potenciál i požadovanou stabilitu. Příměs dalších, stanovištně vhodných dřevin navíc příznivě ovlivňuje biodiverzitu těchto ekosystémů.

Produkčních ztrát při pěstování smíšených porostů se obával HARTIG (1804). Opačný názor přichází od COTTY (1828). Vsouladu s jeho názorem jsou i naše výsledky, kdy byla potvrzena vyšší hmotová produkce směsi dubu s habrem než ve srovnání s tabulkovými hodnotami čitých dubových porostů (ČERNÝ, PÁŘEZ, MALÍK 1996).

Důvodů, proč tomu tak je, může být celá řada. Nejdůležitější z nich pravděpodobně v odlišných prostorových a živinových požadavcích, které se navíc průběhu života stromu mění. Dřeviny ve směsi, tedy pokud si růstově odpovídají využívají efektivněji růstový prostor. Naše výsledky je možno porovnat pouze s tvrzením WIEDEMANN (1942), který uvádí, že při dodržení vyššího zastoupení dubu jak 20 %, je produkce směsi dubu s bukem vyšší, než produkce srovnatelných porostů stejnorodého dubu a buku.

V průběhu vývoje porostu došlo postupně od věku 61 let ke snížení a následně k zastavení přírůstu porostu, což mělo vliv na pokles kruhové výčetní základny a zásoby porostu. Tento stav vznikl především důsledkem zvýšené mortality dubu. Kolísání

růstu v průběhu života ve víceetážových porostech buku s dubem nebo dubu s borovicí také dokladují BURSHELL a HUSS (2003). I přes dočasný pokles zásoby a kruhové výčetní základny bylo potvrzeno, že dub je nosná listnatá dřevina cílové druhové skladby pahorkatin.

Potenciální kvalitní jedinci lípy, jeřábu břeku a třešně ptačí musí mít ve směsi s dubem přinejmenším postavení jednotlivě přimíšené úrovňové dřeviny. Hloučkovité, popř. skupinovité smíšení je z pěstebníh hlediska nevhodné. Tyto dřeviny, tedy pokud mají sloužit k produkci cenných sortimentů, musí být navíc od mláďi pěstovány s dostatečným výškovým náskokem v úrovni a nadúrovni. Pro výchovnou funkci a dostatečné čištění kmene lze na těchto stanovištích s výhodou využít jedince habru a lípy.

Z pohledu zajištění všech prioritních funkcí (produkční, stabilizační) dubohabrových porostů lze na živných stanovištích pahorkatin doporučit optimální zastoupení dubu 60–80 % a navýšení podílu cenných listnatých dřevin na 20–30 %.

Ve shodě s údaji POLENA (1980) z našich výsledků rozboru výškového růstu směsi dubu s habrem vyplývá, že pokud se má dosáhnout kvalitní směsi, musí se výškově zaostávající dřevině vhodnými pěstebními zásahy již v mladých porostech poskytovat více růstového prostoru. Později již nelze chyby ve výchově zcela napravit.

Výsledky potvrdily vhodnost dubu pro daná stanoviště souboru lesního typu 2H. Byla prokázána problematičnost udržení ostatních cenných druhů listnatých dřevin a to v tom případě pokud již v prvopočátku není zajištěna jejich předrůstavost. Dále bylo potvrzeno, že ani ve smíšených porostech není možno počítat s delším obmýtím břízy bělokore jak 60 let. Znovu byla, stejně jako v předešlých studiích (KNOTT, KANTOR 2000, KANTOR, KNOTT, MARTINÍK 2001, KANTOR *et al.* 2002, KANTOR, HURT 2003), na základě vývoje habru a lípy potvrzena schopnost stín snášejících druhů dřevin přežívat i ve výrazné podúrovni porostu a to i několik desítek let.

LITERATURA

- ADOMAT, R., 1965: Betriebswirtschaftliche Untersuchungen über die Holzarten Fichte, Förle, Buche und Eiche im Bad.-Württ. Staatswal. Forst- u. Holzwirt: 353–355.
- AMMER, CH., ZIEGLER, C., KNOKE, T.: 2005: Zur Beurterteilung von intra- und interspezifischer Konkurrenz von Laubbaumbeständen im Dickungsstadium. Allg. Forst-u.J.-Ztg., 176 (5): 85–94.
- BARTELINK, H., H., OLSTHOORN, A., F., M., 1999: Mixed forest in western Europe. In: OLSTHOORN, A., F., M., BARTELINK, H., H., GARDINER, J., J., PRETZSCH, H., HEKHUIS, H., J., FRANZ, A., (ed.), Management of mixed-species forest: silviculture and economics. IBN Scientific Contributions, Wageningen, 15: 9–16.
- BERGMANN, J., H., 2003: Denkanstösse: V. Die Begründung von gleichaltrigen Kiefern-Eichenmischbeständen und ihre weitere Pflege. Thought Impetus: V. – Establishing Even-aged, Mixed Pine/Oak Stands and Their Further Tending. Forst u. Holz, 58 (11): 32.
- BOUDRU, M., 1889: Forêt et silviculture: Traitement des forêt. Pressenses agronomiques de Gembloux, 356.

- BURSCHEL, P., HUSS, J., 2003: Grundriss des Waldbaus. 3., unveränderte Auflage, Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart. 487.
- CANNELL, M., G., R., MALCOLM, D., C., ROBERTSON, P., A., 1992: The Ecology of Mixed-Species Stands of Trees. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 312.
- CENIA, 2012: CENIA, česká informační agentura životního prostředí. [online] citováno 16. dubna 2012, Dostupné na <[http://www.cenia.cz/_C12571B20041E945.nsf/\\$pid/MZPMSFGR031F](http://www.cenia.cz/_C12571B20041E945.nsf/$pid/MZPMSFGR031F)>
- ČERNÝ, M., PAŘEZ, J., MALÍK, Z., 1996: Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky, IFER Jilové u Prahy, 245.
- FOLTÝN, M. *et al.*, 1984: Variabilita ukazatelů jakosti ve smíšeném listnatém porostu středního věku. Lesnická práce, 172–173.
- GADOW, W., H., 1989: Der Buchenmischwald und seine Bewirtschaftung. AFZ, 44 (38–39): 1025–1027.
- GAYER, K., 1886: Der gemischte Wald eine Begründung und Pflege, insbesondere durch Horst- und Gruppenwirtschaft. Verlag von Paul Parey, Berlin, 168.
- GAYER, K., 1898: Der Waldbau. 4. Auflage, Paul Parey Verlag, Berlin, 626.
- HARTIG, G., L., 1804: Anweisung zur Taxation und Beschreibung der Forste. Gießen und Darmstadt, Georg Friedrich Heyer, 208.
- JOHNSON, P., S., SHIFLEY, S., R., ROGERS, R., 2009: The Ecology and Silviculture of Oaks. – 2nd edition, CAB International, Cambridge, 580.
- KADLUS, Z. *et al.*: 2001: Příklad a zmlazování smíšeného porostu. In: 50 let pěstitelství výzkumu v Opocně. (Sborník z celostátní konference 12.–13. 9. 2001), Jurásek, A., (eds.) 145–158.
- KADLUS, Z., 2005: Poznámky k pěstování dubu. Lesnická práce, 84 (4): 8–9.
- KANTOR, P., *et al.*, 2002: Produkční potenciál a stabilita porostů, Sborník institucionálního výzkumu 2, Paido - MZLU, Brno, 86.
- KANTOR, P., KNOTT, R., MARTINÍK, A., 2001: Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands – III. A single tree mixed stand with Douglas fir on a eutrophic site of the Křtiny Training Forest Enterprise. Journal of Forest Science. 47 (2): 45–59.
- KANTOR, P., 1997: Produkce a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v antropicky se měnících podmínkách pahorkatin jako podklad pro návrh cílové skladby dřevin. Lesnictví-Forestry, 43 (5): 220–229.
- KANTOR, P., HURT, V., 2003: Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands. V. A mixed spruce/beechness stand on a nutrient-rich site of the Křtiny Training Forest Enterprise. Journal of Forest Science. 49 (11): 502–514.
- KANTOR, P., PAŘÍK, T., 1998: Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands: I. a conifer stand with the admixture of beech on an acid site of the Křtiny Training Forest Enterprise. [Produkční potenciál a ekologická stabilita smíšených lesních porostů v pahorkatinách – I. Jehličnatý porost s příměsí buku na kyselém stanovišti ŠLP Křtiny]. Lesnictví, 44 (11): 488–504.
- KANTOR, P., SLODIČÁK, M., 2004: Modely výchovy – výchovné programy hlavních hospodářských dřevin. In Sborník přednášek pro účastníky kurzu Správná výrobní praxe v lesním hospodářství. České Budějovice: MVDr. Václav Prokop – IN-PROF České Budějovice, 54–67.

- KLEPAC, D., *et al.* 1996: Hrast Lužnak (*Quercus robur* L.) U Hrvatskoj (Pedunculate Oak in Croatia). Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Centar za znanstveni rad, Hrvatske šume, Zagreb, 546.
- KNOTT, R., KANTOR, P., 2000: Produkční potenciál a ekologická stabilita lesních porostů v pahorkatinách II. Bukojedlový porost na živném stanovišti ŠLP Křtiny. Production potential and ecological stability of mixed forest stands in uplands - II. Beech-Fir stand on a fertile site of the Křtiny training forest enterprise. *J.For. Sci.*, 46 (2): 61–75.
- KOLEKTIV, 1990: Hmotové tabulky ÚLT, ÚHÚL Brandýs nad Labem, Brandýs nad Labem, 14 tabulek.
- KOLEKTIV, 1990: Taxační tabulky, ÚHÚL Brandýs nad Labem – VÚLHM Zbraslav Strnady, Brandýs nad Labem, 27.
- KOZAK, I., HOLUBETS, M., 2001: Produkcia a produktivita biomasy vo vzťahu k veku porastov v dubovém lese vo Východných Karpatech. *Ekológia*, (3), 301–309.
- LANG, H., P., MAYER, H., 1968: Waldbauliche Grundlagen für die Eichenwertholz – Produktion im nordöstlicher Flysch – Wienerwald. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen Wien*, (4), 222–243.
- LEIBUNDGUT, H., 1967: Untersuchungen über Ergebnisse des Lörchenanbaues im schweizerischen Mittelland. Zvláštní příloha časopisu *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, č. 4., Zürich, 26.
- MZE, 2011: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2010. MZe, Praha, 130.
- NOACK, M., 2004. Waldumbau mit Traubeneiche im Land Brandenburg. *AFZ*, 59 (16): 887–889.
- OLSTHOORN, A., F., M., BARTELINK, H., H., GRARDINER, J., J., PRETZSCH, H., HEKHUIS, H., J., FRANC, A., 1999: Management of mixed-species forest: Silviculture and economics. *IBN Scientific Contributions*, Wageningen, Vol. 15, 389.
- PAŘEZ, J., CHROUST, L., 1988: Modely výchovy lesních porostů. *Lesnický průvodce*, (4).
- PETERS, T., BILKE, G., 2004: Waldumbau von Kiefernreinbeständen mit Eiche. *AFZ*, 59 (16): 875 – 878.
- POLENO, Z., 1980: Potenciální produkce smíšených porostů. *Práce VÚLHM*, 57: 97-122.
- PRETZSCH, H., 2002: Grundlagen der Waldwachstumsforschung, Blackwell Wissenschafts-Verlag, 414.
- QUIT, E., 1975: Klimatické oblasti ČSR. Mapa M 1:500000, Brno, ČSAV Brno
- SANIGA, M., 1999: Vplyv rôznych metód akostnej úrovňovej prebiecky na kvantitatívnu a kvalitatívnu štruktúru bukovo-dubovej žrdoviny. *Les časopis-Forestry journal* 44 (6): 435 449
- SEKYRKA, F., 1901: Nauka o zakládání a pěstování lesů. Pisek, Nakladatelství Jaroslav Burian, 424
- SCHULZ, F., HEIN, S., KENK, G., KLÄDTKE, J., 2005: Qualitätsentwicklung in laubbaumdominierten Beständen aus Sukzession. *Forst und Holz*, 60 (10): 407–410.
- SCHÜTZ, J., P., 1994: Waldbauliche Behandlungsgrundsätze in Mischbeständen. *Schweiz. Z. Forstwes.*, 145 (5): 389–399.

- ŠMELKO, Š., WENK, G., ANTANAITIS, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. 1. vydání. Bratislava, Príroda, 343.
- VINŠ, B., MRÁZ, K., 1973: Vliv zásobení vodou na tloušťkový přírůst dubu a jasanu v jihomoravských lužních lesích. Zprávy lesnického výzkumu 19: 9–13.
- VYSKOT, M., 1958: Pěstění dubu. SZN Praha. 284.
- VYSKOT, M., 1962: Probírky: Biotechnika a efektivnost. Státní zemědělské Nakladatelství, 301.
- WIEHL, J., 1903: Allgemeine Beschreibung des Forstamtsbezirkes Butschowitz-Steinitz. Verhandlungen der Forstwirte von Mähren und Schlesien. Brno.

ACKNOWLEDGEMENTS

The paper was worked out within and support the projekt of **The Ministry of Agriculture** of Czech Republic NAZV č. QI102A085 „Optimization of silvicultural measures to increase biodiversity in commercial forests“.

POROVNANIE PROVENIENCIÍ SMREKA OBYČAJNÉHO Z HĽADISKA ICH HRÚBKOVÉHO RASTU

COMPARISON OF NORWAY SPRUCE PROVENANCES REGARDING THEIR RADIAL GROWTH

PETER JALOVIAK, MARTIN VARGA

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: jaloviar@vsl.d.tuzvo.sk;

ABSTRACT

*In the paper we evaluated tree ring widths of 26 provenances of Norway spruce (*Picea abies septentrionalis* Svob.) from a provenance trial established in 1965 in Arboretum Borová Hora (TU Zvolen). The minimum value of mean tree ring width was reached by the provenance 117 – Russian climatype (2.32 mm) and the maximum value by the provenance 133 – Ob climatype (4.32 mm). The analysis has confirmed a higher variability of tree ring widths for the slower growing provenances in comparison to the faster growing ones. The largest diameter of provenance 133 is the result of a steady radial growth as well as of high increments at the beginning of investigated period. A more steady growth of this provenance was confirmed by several characteristics as the unimodal distribution of relative ring widths, the higher value of mean sensitivity, the lower r of the 1st order autocorrelation and of the linear correlation between the ring width and year. The lowest value of regression coefficient of provenance 133 proves the slowest decrease of mean tree ring width with the increasing age.*

Keywords: *Picea abies septentrionalis, tree ring, radial growth*

ABSTRAKT

*Práca hodnotí priemerné šírky letokruhov 26 proveniencií smreka obyčajného-severského (*Picea abies septentrionalis* Svob.) v arboréte Borová hora. Najmenšia priemerná šírka letokruhov s hodnotou 2,32 mm sa zistila v proveniencii č. 117 – v ruskom klimatype. Najvyššia šírka sa zistila pri proveniencii č. 133 – v obskom klimatype. Variability širok letokruhov je vyššia pri pomalšie rastúcich provenienciách. Na druhej strane je rovnomernosť rastu vyjadrená autokoreláciou prvého rádu a citlivosťou aritmetického priemeru najmenšia pri najrýchlejšie rastúcich provenienciách. Rýchly rast niektorých proveniencií je predovšetkým výsledkom veľmi intenzívneho rastu v niektorých rokoch, kým pomaly rastúce proveniencie nevykazujú v týchto pravdepodobne priaznivých rokoch žiadnu výraznú prírastkovú reakciu.*

Príučové slová: *Picea abies septentrionalis., šírka letokruhu, radiálny rast*

Úvod

Areál smreka obyčajného je mimoriadne rozsiahly. Odlišné podmienky prostredia v širokej oblasti jeho prirodzeného rozšírenia sú predpokladom, aby sa pri smreku obyčajnom vylíšilo viacero základných oblastí (SVOBODA 1953). Podľa výsledkov provenienčného pokusu IUFRO 1964–1968 sa intenzita výškového aj hrúbkového rastu zväčšuje smerom zo severu na juh a prvé maximum predstavujú baltické ekotypy. Ďalšie maximum je o 5–10° s.z.š. južnejšie (Beskydy a východné Karpaty) (BALANDA 2010). Od 46° s.z.š. intenzita rastu smerom na juh klesá.

Smrek je hospodársky najvýznamnejšia ihličnatá drevina. Za svoje rozšírenie a obľubu vďačí jednak pomerne rýchlemu rastu a teda možnosti dopestovania zaujímavých sortimentov v mladom veku, ale aj jednoduchosti resp. v širokom výbere vhodných možností obhospodarovania porastov (VENCURIK, KUCBEL 2011, VENCURIK, KUCBEL 2008, VENCURIK *et al.* 2009).

SCHWEINGRUBER (1996) uvádza všeobecné rozdelenia faktorov, ktoré spôsobujú rozdiely v hrúbkovom raste jednotlivých stromov na genetické, biotické a abiotické. COOK, KAIRIUKSTIS (1992) delí tieto faktory v rámci lineárneho agregovaného modelu.

Rozdiely v priemerných hrúbkach proveniencií v istom okamihu ich existencie sú teda spôsobené kombináciou týchto faktorov, ale vzhľadom na homogenitu stanovišťa sa predpokladá dominancia genetického vplyvu. Geneticky podmienené rozdiely sa môžu prejavíť jednak v absolútnych šírkach letokruhov, ale aj v ich senzitivite, t.j. v stupni reakcie stromu na environmentálne vplyvy.

Hrúbky stromov sú výsledkom súčtu širok letokruhov a teda rozdiely v hrúbkach proveniencií môžu byť buď výsledkom rozdielu v šírkach letokruhov počas celého obdobia rastu alebo rozdielu v dynamike hrúbkového rastu. Cieľom práce posúdiť rozdielneho hrúbkového rastu proveniencií smreka.

MATERIÁL A METODIKA

Materiál pre túto prácu sa získal z proveniencií smreka obyčajného severského vysadených v Arboréte Borová hora. Ide o provenienčný pokus z proveniencií získaných prevažne na území dnešnej Ruskej federácie. Pokus obsahuje 26 proveniencií, ktoré sú zoradené do 6 základných kľimatypov. Podrobný popis objektu vrátane hodnoteného sponového pokusu uvádzajú GALAJDA (1968), DUDAS (1974) a LUKÁČIK (2000) LUKÁČIK, JALOVIAROVÁ (2006). V každej proveniencii sme odobrali vývrty z 5 vzorníkov, ktorých hrúbka sa najmenej líšila od priemernej hrúbky proveniencie, pričom z výberu boli vylúčené okrajové stromy. Vývrty sme odobrali vo výške 1 m nad zemou aby sme zachytili čo najviac ročníkov a zároveň sa vyhlí zóne najväčšej zbíhavosti kmeňa. Ďalšie spracovanie odobratých dendrochronologických vzoriek sme urobili podľa všeobecne používaných zásad (COOK, KAIRIUKSTIS 1992). Vývrty sa vlepili do drážok drevených dosiek a pripravené vzorky sa digitalizovali a hodnotili v prostredí programu WinDendro™ (Régent Instruments® Ltd. CA). Jeho výstupom sú údaje obsahujúce šírky letokruhov (presnosť 0,001 mm) a ich datovanie podľa zadaného letopočtu. Synchronizácia (crossdating) bola v tomto prípade jednoduchá, pretože všetky stromy boli vysadené v jednom roku, s dostatočným rastovým priestorom a minimálnym vzájomným ovplyvnením. V prípade smreka je prechod medzi jarným a letným drevom zreteľný, takže aj veľmi úzke letokruhy sa dajú dobre identifikovať. Z údajových výstupov boli po synchronizácii časových radov vypočítané základné štatistiky pre jednotlivé stromy a priemerné hodnoty proveniencií (FRITTS 1976). Po synchronizácii sa vypočítali priemerné šírky letokruhu pre príslušný ročník ako aritmetický priemer širok letokruhov všetkých piatich vzorníkov z danej proveniencie.

Z nameraných širok letokruhov sa vypočítali nasledujúce veličiny:

- priemerná šírka letokruhu,
- variačný koeficient širok letokruhov
- autokorelácie 1. rádu
- citlivosť aritmetického priemeru

Tieto veličiny sa použili na hodnotenie proveniencií jednak samostatne, ale boli aj súčasťou hodnotenia v rámci zhlukovej analýzy.

Všetky priemerné chronológie boli ďalej klasifikované podľa rozdelenia relatívnych prírastkov do tried. Rozdelenie sa vykonalo tak, že priemerná šírka letokruhu predstavovala 100% relatívnej šírky a jednotlivé ročníky sa zaradili do tried s intervalom 20%. Výsledkom boli tri základné typy rozdelenia. Pri niektorých provenienciách sa zistilo klesajúce rozdelenie, veľká časť proveniencií mala rozdelenie s jedným výrazným vrcholom, pričom väčšinou to boli rozdelenia ľavostranne asymetrické. Časť proveniencií mala viac alebo menej výrazné dvojrýcholové rozdelenie relatívnych prírastkov. Variačné rozpätie relatívnych širok letokruhov a počet ročníkov v triede s najvyššou početnosťou sa použili ako ďalšie dve kritériá pre zhlukovú analýzu. Všetky veličiny použité v zhlukovej analýze sa štandardizovali.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priemerná šírka letokruhu dosahovala najväčšiu hodnotu v proveniencii č. 133. V tomto jedinom prípade presiahla priemerná šírka hodnotu 4 mm, t.j. radiálny prírastok tejto proveniencie bol v priemere 8 mm ročne. Najmenšia šírka bola zistená pri proveniencii č. 117. V prípade proveniencie č. 133 sa zároveň zistila najnižšia variabilita širok. Hodnota variačného koeficienta v tejto proveniencii (31,1 %) je s veľkým odstupom najnižšia spomedzi všetkých sledovaných proveniencií.

Z hľadiska maximálnych širok jednotlivých letokruhov však táto proveniencia nepatrí k extrému (tab. 1). Najväčšia šírka jednotlivého (priemerného) ročníka sa zistila v proveniencii č. 114, ale najväčšia šírka pri jednotlivom strome bola v proveniencii č. 119. Proveniencia č. 133 má však najvyššiu hodnotu minimálnej priemernej šírky letokruhu.

Zmena šírky letokruhov s rastúcim vekom stromov má pri všetkých provenienciách približne rovnaký priebeh. Kĺzavý päťročný priemer klesá pod priemernú hodnotu šírky pri všetkých provenienciách v približne rovnakom čase – v polovici 80-tych rokov. Po tomto poklese už pri žiadnej z proveniencií kĺzavý priemer neprekračuje hodnoty celkového priemeru. Toto zväčša platí aj pre priemerné šírky jednotlivých ročníkov. V celom provenienčnom pokuse existujú len dve proveniencie (č. 129 a č. 133), kde po poklese 5-ročného kĺzavého priemeru pod celkový priemer dosiahnu šírky jednotlivých ročníkov ešte nadpriemerné hodnoty (obr. 1). Rovnomernosť hrúbkového prírastku sme posudzovali na základe citlivosti aritmetického priemeru a autokorelácie 1. rádu (tab. 2). Z hľadiska autokorelácie, ako miery závislosti šírky letokruhu od šírky predchádzajúceho sa najplynulejším rastom vyznačuje proveniencia č. 134, ktorá má druhú najmenšiu priemernú šírku letokruhu. Na druhej strane proveniencia č. 122 s druhou najvyššou hodnotou autokorelácie má vysokú priemernú šírku letokruhov čo znamená, že plynulosť prírast-

ku nie je vlastnosťou typickou ani pre pomaly ani pre rýchlo rastúce proveniencie (ekotypy). Pri provenienciách s vyššími hodnotami priemernej šírky sa častejšie vyskytujú slabšie autokorelácie s hodnotami pod 0,75, ale rozdiel v priemernej hodnote autokorelácie skupiny proveniencií s podpriemernou šírkou ($r = 0,797$) a v nadpriemernou šírkou letokruhu ($r = 0,771$) je veľmi malý. Najvyššou nepravidelnosťou rastu sa ale vyznačuje proveniencia s najvyššou priemernou šírkou č. 133.

Citlivosť priemeru (*mean sensitivity* ms_x) je vyjadrením miery relatívnych rozdielov v priemernej šírke po sebe nasledujúcich ročných kruhov. Táto štatistická charakteristika môže dosahovať hodnoty od 0 po 2.

Ak miera citlivosti dosahuje hodnotu 0, rozdiely v šírke po sebe nasledujúcich letokruhov neexistujú. Naopak, pri hodnote 2 sa pravidelne striedajú nulové hodnoty s nenulovými hodnotami širok letokruhov (FRITTS 1976). Aj v prípade tohto parametra sa ukázalo, že rýchlosť rastu posudzovaná na základe dosiahnutej hrúbky v určitom období nemá priamy súvis s rovnomernosťou rastového rytmu. Podľa týchto hodnôt by sa dalo usudzovať skôr na to, že proveniencie s vysokou hodnotou priemernej hrúbky v súčasnosti boli schopné lepšie využiť vhodné rastové podmienky v konkrétnych priaznivých rokoch lepšie ako ostatné proveniencie.

Aby bolo možné komplexne posúdiť podobnosť resp. veľkosť rozdielov medzi provenienciami, vykonalo sa hodnotenie proveniencií pomocou zhlukovej analýzy. Táto technika umožňuje klasifikovať rozdielnosť hodnotených proveniencií na základe zohľadnenia viacerých znakov súčasne. Vzhľadom na to, že tieto veličiny mali rozdielne absolútne hodnoty, vykonala sa ich štandardizácia podľa vzorca: $y_i = (x_i - \bar{x}) / s_{x_i}$. Takouto štandardizáciou sa dosiahne rovnaký priemer a rovnaká variabilita transformovaných hodnôt, ktoré sa použijú na zhlukovú analýzu. Výstupom analýzy je dendrogram (obr. 2)





Obr. 1: Príklady dvoch rozdielne rýchlo rastúcich proveniencií. Hore: provenienca č. 117 – najpomalšie rastúca, dolu: provenienca č. 133 – najrýchlejšie rastúca. Plná čiara predstavuje priemernú šírku ročných kruhov, prerušovaná čiara je 5-ročný kĺzavý priemer

Fig. 1: Examples of two provenances with different growth intensity. Above: provenance Nr. 117 – the slowest growth, below: provenance Nr. 133 – the fastest growth. Solid line represents mean tree ring width, dashed line represents the 5-year moving average

Tabuľka 1: Hodnoty základných dendrometrických parametrov proveniencií

Table 1: Basic statistics of Norway spruce provenances

Číslo proven. ¹	Priemerná šírka letokruhu ² (mm)	$S_x (S_x \%)^3$	Počet ročníkov ⁴	Max. šírka letokruhu ⁵ (mm)	Min. šírka letokruhu ⁶ (mm)
108	2,67	1,75 (65,66)	45	7,58 (11,38)	0,40 (0,23)
109	3,06	1,55 (50,75)	40	6,65 (7,69)	0,89 (0,14)
110	2,81	1,89 (67,32)	40	7,32 (12,07)	0,72 (0,21)
111	2,74	1,58 (57,57)	40	7,71 (10,38)	1,09 (0,44)
112	3,43	1,76 (51,36)	38	8,01 (10,01)	1,54 (0,92)
113	2,87	1,59 (55,55)	39	7,05 (8,72)	0,92 (0,36)
114	3,06	1,80 (59,01)	39	8,42 (10,11)	1,08 (0,43)
115	2,84	1,58 (55,72)	40	6,83 (10,53)	0,74 (0,38)
116	2,96	1,65 (55,77)	40	8,12 (10,18)	0,75 (0,34)
117	2,32	1,40 (60,20)	34	5,15 (6,10)	0,63 (0,29)
118	3,14	1,70 (54,30)	39	8,06 (11,14)	0,72 (0,10)
119	3,14	1,57 (50,05)	42	8,14 (11,50)	0,68 (0,27)
120	2,70	1,22 (45,34)	39	5,41 (8,45)	0,79 (0,18)
121	3,25	1,54 (47,46)	38	7,12 (9,40)	0,98 (0,06)
122	3,30	1,83 (55,45)	37	7,57 (12,02)	0,75 (0,32)
123	3,10	1,56 (50,23)	37	7,25 (10,07)	1,07 (0,19)
124	2,97	1,75 (59,00)	39	7,33 (9,68)	0,67 (0,42)

Tabuľka 1: Pokračovanie

Table 1: Continued

Číslo proven. ¹	Priemerná šírka letokruhu ² (mm)	$S_x (S_x \%)^3$	Počet ročníkov ⁴	Max. šírka letokruhu ⁵ (mm)	Min. šírka letokruhu ⁶ (mm)
126	2,80	1,79 (63,85)	39	8,05 (9,14)	0,64 (0,23)
127	2,93	2,01 (68,60)	41	6,72 (9,54)	0,78 (0,13)
128	2,91	1,56 (53,57)	41	6,91 (9,71)	0,91 (0,38)
129	3,13	1,48 (47,40)	42	7,10 (9,13)	1,03 (0,42)
130	2,69	1,66 (61,57)	38	5,88 (9,09)	0,40 (0,14)
131	3,34	1,69 (50,50)	40	7,23 (13,67)	1,10 (0,15)
132	2,78	1,69 (60,69)	38	7,24 (10,03)	0,52 (0,39)
133	4,32	1,34 (31,10)	40	8,22 (10,44)	1,88 (0,92)
134	2,57	1,35 (52,80)	39	4,94 (6,77)	0,51 (0,12)

¹provenance number, ²mean tree ring diameter, ³ standard deviation (variance coefficient), ⁴number of analysed years, ⁵maximal tree ring width, ⁶minimal tree ring width

Proveniencia č. 133 (obský klimatyp) sa podľa hodnotených znakov výrazne odlišuje od všetkých ostatných proveniencií. Jedná sa o provenienciu s najväčšou priemernou šírkou letokruhov (4,32 mm). V tomto znaku sa odlišuje mimoriadne silne od ostatných, pretože najbližšia nižšia hodnota priemeru je 3,43 (proveniencia 112). Táto proveniencia má veľmi nízku mieru autokorelácie šírky letokruhov, ale nie veľmi variabilnú šírku letokruhov (var. koeficient je 32 %). Z hľadiska rozdelenia ročníkov do tried podľa relatívnych prírastkov má najsymetrickejšie rozdelenie, s maximálnou hodnotou v triede 90–110 % priemeru (11 ročníkov).

Ďalšou výrazne odlišnou je proveniencia č. 127. Z hľadiska priemernej šírky letokruhov sa málo odlišuje od priemeru celého pokusu, rozdiel je –0,07 mm. Je to však proveniencia s najväčšou variabilitou (tab. 2). Má výrazne ľavostranné rozdelenie ročníkov a najnižšiu hodnotu autokorelácie. To znamená, že okrem toho, že sú šírky letokruhov výrazne rozdielne, takéto rozdielne šírky sa vyskytujú často aj v rokoch nasledujúcich bezprostredne po sebe. Proveniencia č. 110 má z hľadiska priemernej šírky letokruhov a jej variability podobné postavenie ako predchádzajúca proveniencia, ale má mimoriadne vysokú hodnotu autokorelácie. Napriek veľkým odlišnostiam hodnôt majú ročné prírastky plynulý priebeh.

Tabuľka 2: Charakteristiky rovnomernosti hrúbkového prírastku proveniencií

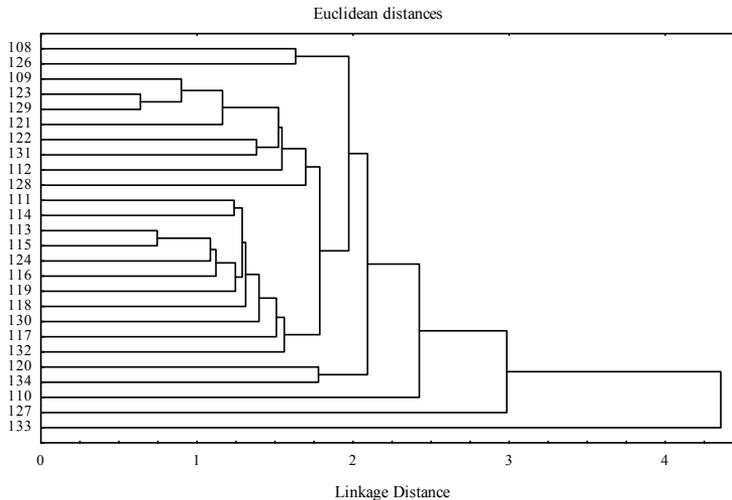
Table 2: Characteristics of radial increment regularity of the provenances

číslo proven. ¹	Citlivosť priemeru ²	Autokor. ³	Rozpätie ⁴	Max. počet ⁵	Číslo proven.	Citlivosť priemeru	Autokor.	Rozpätie	Max. počet
108	0,256	0,877	28	10	121	0,221	0,766	18	10
109	0,226	0,772	18	8	122	0,187	0,906	20	8
110	0,206	0,903	16	13	123	0,206	0,798	20	7
111	0,171	0,792	26	8	124	0,204	0,875	22	11
112	0,157	0,903	18	13	126	0,234	0,787	26	12
113	0,202	0,722	22	10	127	0,238	0,514	20	12
114	0,183	0,778	24	9	128	0,162	0,856	20	14
115	0,198	0,779	22	11	129	0,211	0,785	20	8

Tabuľka 2: Pokračovanie
Table 2: Continued

číslo proven. ¹	Citlivosť priemeru ²	Autokor. ³	Rozpätie ⁴	Max. počet ⁵	Číslo proven.	Citlivosť priemeru	Autokor.	Rozpätie	Max. počet
116	0,238	0,746	22	10	130	0,193	0,790	20	9
117	0,196	0,873	22	8	131	0,174	0,890	18	10
118	0,240	0,641	22	8	132	0,248	0,686	24	7
119	0,260	0,683	22	10	133	0,226	0,562	14	12
120	0,131	0,839	18	8	134	0,155	0,910	20	6

¹provenance number, ²mean sensitivity, ³1st autocorrelation, ⁴range, ⁵max. number of classes



Obr. 2: Dendrogram – výstup zhlukovej analýzy provenienčného pokusu smreka v arboréte Borová hora

Fig. 2: Dendrogram with the results of cluster analysis for the Norway spruce provenance trial in arboretum Borová hora

Provenencie 120 a 134 majú najnižšie hodnoty citlivosti priemeru a veľmi nízke resp. v prípade provenencie 134 najnižšiu hodnotu počtu ročníkov v najpočetnejšej triede rozdelenia relatívnych prírastkov.

Ostatné provenencie tvoria dva viac-menej homogénne zhľuky napriek tomu, že v niektorých jednotlivých charakteristikách sa dosť výrazne odlišujú (obr. 3).

LITERATÚRA

- BALANDA, M., 2010: Štruktúra, textúra, diverzita a regeneračné procesy zmiešaného prírodného lesa v NPR Hrončeský grúň. (dizertačná práca). TU Zvolen, 118 s.
- COOK, E. R., KAIRIUKSTIS, L. A., 1990: *Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences*. Kluwer Academic Publishers, 394 pp.
- DUDAS, J., 1974: Vyhodnotenie rôznych pôvodov smreka obyčajného *Picea excelsa* L. v Arboréte Borová hora. *Diplomová práca*. Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen, 88 pp.
- FRITTS, H. C., 1976: *Tree rings and climate*. Academic Press, New York, 579 pp.

- GALAJDA, M., 1968: Vyhodnotenie proveniencií severského smreka v Arboréte Borová hora. *Diplomová práca*. Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen, 56 pp.
- KUCBEL, S., 2011: *Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier*, TU Zvolen, 138 p.
- LUKÁČIK, I., 2000: Arborétum Borová hora – významný objekt pre štúdium premenlivosti drevín. In: Arboréta, premenlivosť a introdukcia drevín. Lesnícky výskumný ústav, Zvolen, 243 pp.
- LUKÁČIK, I., JALOVIAROVÁ, V., 2006: Hodnotenie výškového a hrúbkového rastu proveniencií smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) v Arboréte Borová hora Technickej univerzity vo Zvolene. *Acta facultatis forestalis* 48: 43–57.
- SCHMIDT-VOGT, H., 1977: *Die Fichte*. Band 1. Paul Parey Verlag, Hamburg u. Berlin, 647 pp.
- SCHWEINGRUBER, F. H., 1996: *Tree rings and environment dendroecology*. Haupt Publishers, Berne, Stuttgart, Vienna, 609 pp.
- SVOBODA, P., 1953: *Lesné dřeviny a jejich porosty I*. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 411 pp.
- VENCURIK, J., KUCBEL, S., 2008: Hrúbkový prírastok smreka a jedle vo výberkovom lese Oravských Beskýd, *Beskydy* 1(2):209–214.
- VENCURIK, J., KUCBEL, S., KLIMAŠ, V., RANDUS, M., 2009: Hrúbkový prírastok smreka a jedle v poraste prebudovávanom na výberkový les. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 51(2):17–24.

POĎAKOVANIE

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

**VYHODNOCENÍ RŮST BUKU V RŮZNÝCH EKOLOGICKÝCH (SVĚTELNÝCH)
PODMÍNKÁCH PŘED A PO VÝSADBĚ V SOUVISLOSTI S EXTRÉMNÍ MRAZOVOU
EPIZODOU**

EVALUATION OF EUROPEAN BEECH GROWTH IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS
(LIGHT) BEFORE AND AFTER OUTPLANTING IN CONNECTION WITH EXTREME FROST EPISODE

JAN LEUGNER, JARMILA MARTINČOVÁ, ANTONÍN JURÁSEK

VÚLHM Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno

ABSTRACT

*Increasing the share of beech (*Fagus sylvatica*) in the forests of the Czech Republic is an important requirement for the high stability of regenerated stands. Artificial regeneration of beech has many problems. Very important is protection to game, as encouraging faster growth after planting and reduction of losses are also relevant. An important factor for good growth of beech after planting is occurrence of late spring frosts that can severely damage the young (in extreme cases, even older) trees. The aim of this contribution is to evaluate the effect of different ecological conditions on the damage and growth of young beeches in extreme climatic situation in 2011. The beeches planting without the shielding were significantly higher. The advantage of a higher approach lights were in 2011, covered by damage of young trees during frost episodes from the beginning of May. During this situation was recorded stronger frost (and also the greater the difference between the max min temperature within 24 hours) on the clear cut plot. Frost temperature caused by trees on the clear cut plot, significantly more damage, which is a very significant impact on the growth in 2011.*

Key words: *beech, artificial reforestation, damage by frost, environmental conditions*

ABSTRACT

*Zvyšování podílu buku lesního (*Fagus sylvatica*) v lesích České republiky je důležitou podmínkou pro vysokou stabilitu obnovovaných porostů. S výsadbou sadebního materiálu buku je stále spojeno s řadou problémů. Důležitým faktorem pro odrůstání (a také větší buku po výsadbě je výsky pozdních jarních mrazů, které mohou výrazně poškodit mladé (v extrémních případech i starší) stromky. Cílem tohoto příspěvku je vyhodnotit vliv různých ekologických podmínek na odrůstání mladých jedinců buku při extrémní klimatické situaci v roce 2011. Buky pěstování ve školce bez stínění byli v době výsadby signifikantně větší. Výhoda vyššího přístupu světla byla v roce 2011 překryta rozsahem poškození mladých stromů během mrazové epizody z počátku května. Během této situace byl zaznamenán silnější mráz (a také větší rozdíl mezi max. min. teplotou během 24 hodin) na volné ploše. Mrazové teploty způsobily u jedinců na volné ploše signifikantně vyšší poškození, které se velmi výrazně projevilo na přírůstu v roce 2011.*

Klíčová slova: *buk, umělá obnova, poškození mrazem, ekologické podmínky*

Úvod

Zvyšování podílu buku lesního (*Fagus sylvatica*) v lesích České republiky je důležitou podmínkou pro vysokou stabilitu obnovovaných porostů. Jedním z hlavních

způsobů tohoto zvyšování je umělá obnova zejména tam, kde buk není přítomen v mateřském (obnovovaném) porostu.

S výsadbou sadebního materiálu buku je stále spojeno s řadou problémů. Kromě ochrany před zvěří je důležitá i podpora rychlejšího růstu po výsadbě a snížení ztrát. Důležitým faktorem pro odrůstání jedinců buku po výsadbě je výsky pozdních jarních mrazů, které mohou výrazně poškodit mladé (v extrémních případech i starší) stromky.

Buk lesní je používán pro obnovu lesa na holinách i v podsadbách. Podle umístění se poté výrazně liší ekologické podmínky, které se mohou výrazně projevit na odrůstání sadebního materiálu buku po výsadbě. Významnou roli na růst mladých jedinců má přístup světla a s tím související teplotní a vlhkostní poměry konkrétního stanoviště. Důležitou „funkcí“ krycího porostu je potom také omezení klimatických extrémů (např. pozdní jarní mrazy).

Sazenice pěstované v různých ekologických podmínkách (volná plocha x stíněné stanoviště) se liší v řadě morfologických, anatomických i fyziologických charakteristik (WELANDER, OTTOSSON 1997, WYKA et al. 2007). Po výsadbě se musí často adaptovat ke změněným podmínkám. Existuje řada údajů o reakci semenáčků rostoucích ve stínu na náhlé zvýšení přístupu světla. Některé charakteristiky se mění velmi rychle, v řádu hodin až několika málo dní. Rychle reagují například procesy spojené s fotosyntézou a fluorescencí chlorofylu (TOGNETTI et al. 1997). Mnohem pomaleji reaguje růst, zejména výškový, kde byly rozdíly pozorovány během několika následujících vegetačních období (COLLET et al. 2001, REYNOLDS et al. 2003).

Pro ověření a upřesnění těchto reakcí byla založena experimentální výsadba, pro kterou byl použit sadební materiál buku lesního vypěstovaný jednak na volné ploše a druhá polovina na stíněných záhonech. Tento sadební materiál byl vysázen za prvé na holinu a za druhé pod proředený porost.

Cílem tohoto příspěvku je vyhodnotit vliv různých ekologických podmínek na odrůstání mladých jedinců buku při extrémní klimatické situaci v roce 2011.

MATERIÁL A METODY

Na VP Broumov byly na podzim roku 2008 vysazeny prostokořenné sazenice buku lesního vypěstované ve školce v různých světelných podmínkách. Sazenice byly vysazeny jednak na volnou plochu, jednak do krytu dospělého porostu (označení jednotlivých variant je uvedeno v tab. 1). Sledovány jsou reakce na změnu dostupnosti slunečního záření s cílem optimalizovat růstové podmínky ve školce u sazenic určených pro výsadbu na holiny nebo pro podsadby. Na ploše jsou měřeny kontinuálně meteorologické podmínky (stanice NOEL s automatickým záznamem) a výškový a tloušťkový růst sazenic.

Po mrazové epizodě v květnu 2011 bylo na této ploše sledováno poškození mrazem. Poškození se hodnotilo pomocí indexů (0–3), kdy index 0 odpovídá nepoškozeným

jedincům a index 3 jedincům s totálním poškozením asimilačního aparátu a čerstvého výhonu. Samostatně byly hodnoceny jedinci pozdně rašící, kteří v době mrazové epizody nebyli vyrašení – označeny „P“. Na podzim bylo provedeno měření morfologických parametrů (výška, výškový přírůst, tloušťka kořenového krčku). U těchto parametrů bylo provedené statistické vyhodnocení (jedno a dvoufaktorová ANOVA) za pomoci statistického programu QC Expert. Prvním faktorem byly varianty pokusu (ekologické podmínky při růstu) a druhou bylo časnost měření popř. stupeň poškození asimilačního aparátu.

Tabulka 1: Označení jednotlivých variant na VP Broumov

Table 1: Description of each variant on the RP Broumov

Varianta (variant)	Označení (description)
Volná plocha (BK pěstován ve školce bez stínění) Clear cut plot (beech grown in nursery without the shading)	ss
Volná plocha (BK pěstován ve školce se stíněním) Clear cut plot (beech grown in nursery with the shading)	ts
Podsadba pod porostem (BK pěstován ve školce bez stínění) Shading plot (beech grown in nursery without the shading)	st
Podsadba pod porostem (BK pěstován ve školce se stíněním) Shading plot (beech grown in nursery with the shading)	tt

VÝSLEDKY

Mrazová epizoda se v roce 2011 vyskytla téměř na celém území České republiky na začátku května. Na VP Broumov.

Průběh teplot v obou částech výzkumné plochy je znázorněn na obr. 1 a 2).

Při vyhodnocení průběhu teplot pod clonou porostu a na volné ploše byly zjištěny výrazné rozdíly teploty jak ve 2 m tak 30 cm.

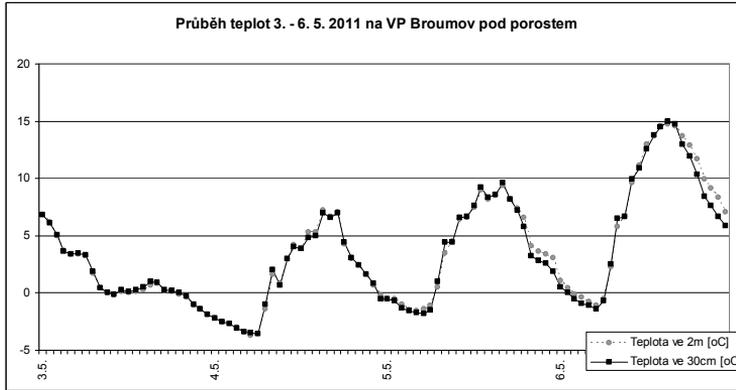
Rozdíly v mrazové teplotě 4. května činily 0,7°C (pod porostem –3,7 a na volné ploše –4,4°C).

Naopak maximální denní teploty se lišily o cca 8°C ve prospěch volné plochy.

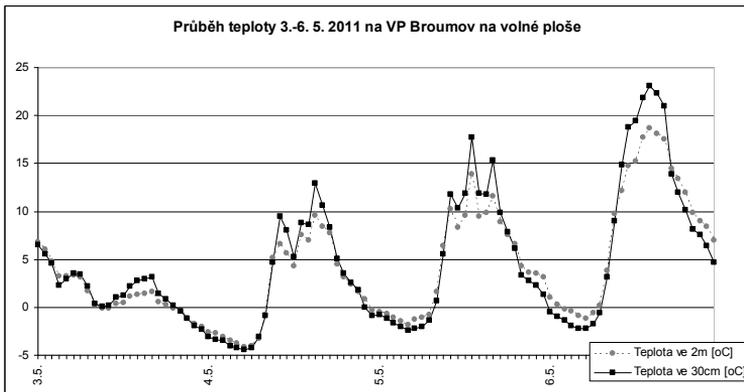
Takto relativně silný mraz značně poškodil asimilační aparát buků. Na obr. 3 je znázorněno průměrné poškození (dle stupňů) jednotlivých variant pokusy. Tyto varianty byla navíc rozděleny podle stupně narašení (označení „n“ – plně vyvinuté listy, označení „p“ pozdně rašící jedinci s pouze zvětšenými pupeny).

Z grafu poškození je patrné celkem zanedbatelné poškození u jedinců pozdně rašících. Dle průměrného poškození je také patrné výraznější poškození u stromků, které jsou umístěny na volné ploše (varianty ss a ts). Ochrana mateřského porostu se tedy projevila tlumením extrémních teplotních rozdílů a to mělo přímý vliv na rozsah poškození mladých jedinců buku.

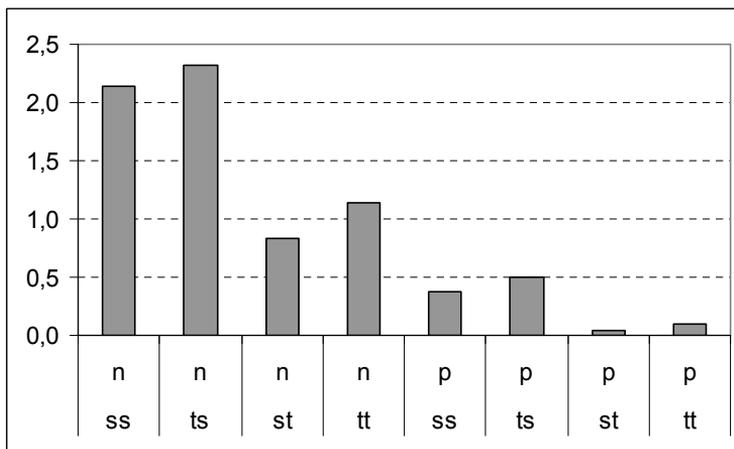
Výsledky měření základních morfologických parametrů (celková výška, průměr kořenového krčku) po konci vegetační sezóny 2011 jsou zobrazeny na obr. 4 a 5.



Obr. 1: Průběh teplot na VP Broumov pod porostem v období 3. – 6. 5. 2011
Fig. 1: Temperatures on RP Broumov under stand in period 3. – 6. 5. 2011

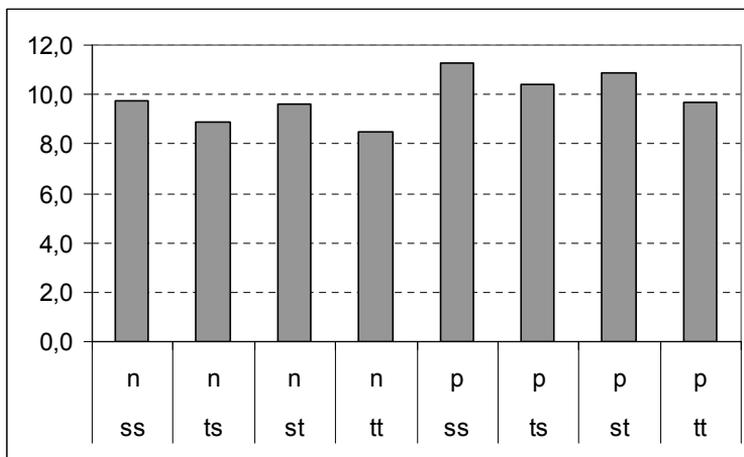


Obr. 2: Průběh teplot na VP Broumov na volné ploše v období 3. – 6. 5. 2011
Fig. 2: Temperatures on RP Broumov on clear cut plot in period 3. -6. 5.2011



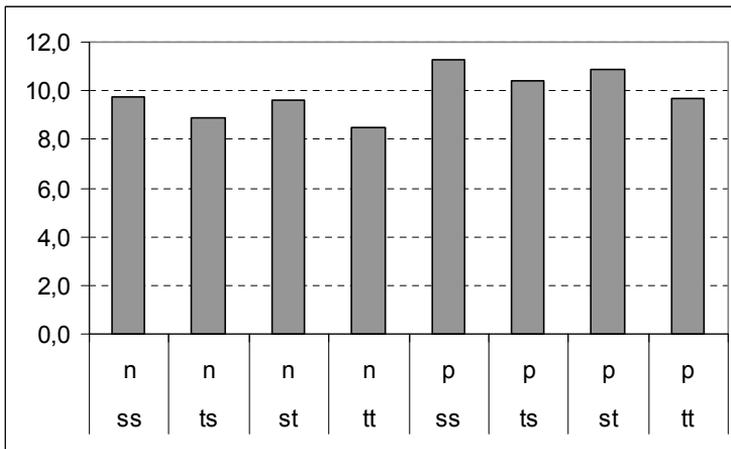
Obr. 3: Průměrný stupeň poškození jednotlivých variant na VP Broumov po mrazové epizodě na jaře 2011 (stupnice: 0 – nepoškozený až 3 – totální poškození asimilačního aparátu, „n“ – dříve rašící jedinci, „p“ – pozdně rašící jedinci)

Fig. 3: The average level of damage to the variations on RP Broumov after frost episode in spring 2011 (scale: 0-without damage to 3 – total damage of leafage apparatus, “n” – early budding trees, “p” - later budding trees)



Obr. 4: Průměrná tloušťka kořenových krčků buku dle jednotlivých variant na VP Broumov na konci vegetačního období v roce 2011 „n“ – dříve rašící jedinci, „p“ – pozdně rašící jedinci)

Fig. 4: The average diameter of root collar of beech according to individual variations on RP Broumov at the end of the growing season in 2011 “n” – early budding trees, “p” - later budding trees)

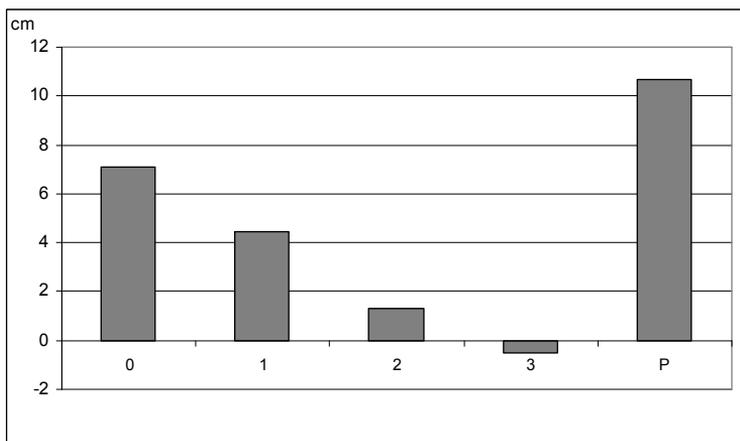


Obr. 5: Průměrná výška buku dle jednotlivých variant na VP Broumov na konci vegetačního období v roce 2011 („n“ – dřívě rašící jedinci, „p“ – pozdně rašící jedinci)

Fig. 5: The average height of beech according to individual variations on RP Broumov at the end of the growing season in 2011 (“n” – early budding trees, “p” – later budding trees)

Vliv poškození mrazem na následný růst mladých jedinců buku lesního lze nejlépe dokumentovat na ročním výškovém přírůstu v roce 2011.

Průměrné hodnoty tohoto přírůstu jsou zobrazeny na ob. 6.



Obr. 6: Výškový přírůst ve vegetační sezóně 2011 buku rozdělených dle stupně poškození mrazem na jaře 2011 (stupnice poškození: 0 – nepoškozený až 3 – totální poškození asimilačního aparátu, P – pozdně rašící).

Fig. 6: The height increment in the growing season 2011 beech, according to the degree of damage due to frost in the spring of 2011 (scale of damage: 0 – without damage to 3 total damage leaves, P – later budding trees).

Z grafu je patrné značné ovlivnění růstu mladých jedinců silným pozdním mrazem (počátek května). Z výsledků je také zřejmá důležitost zastoupení celého spektra jedinců dle časnosti rašení, kdy v tomto případě byli minimálně zasaženy jedinci pozdně rašící.

DISKUZE A ZÁVĚR

Morfologické parametry buku lesního rostoucího v různých ekologických podmínkách je po třech letech růstu na VP Broumov jsou stále výrazně ovlivněny podmínkami pěstování ve školce. Jedinci pěstovaní ve školce bez stínění byli v době výsadby signifikantně větší a tento rozdíl je u parametrů výšky stále významný. O parametru tloušťky kořenového krčku dochází k vyrovnávání rozdílů především díky intenzivnímu přírůstu jedinců pěstovaných ve školce ve stínu a na výzkumné ploše vysazeného na volnou plochu.

Popsaný trend odpovídá pozorováním jiných autorů. Například DZIEMIDEK A TARASIUK (2005) popisují snížení finální velikosti jednoletých bukových semenáčků při použití stínění redukujícího denní intenzitu světla na 40 %. Vyšší růst při zvyšující se dostupnosti světla pod porostem od 1 do 50 % plného osvětlení pozorovali BEAUDET A MESSIER (1998) u *Fagus grandifolia*. JOHNSON et al. (1997) pěstovali semenáčky buku v kontejnerech na volné ploše, v kotlíku a pod porostem. Semenáčky z volné plochy byly větší než z ostatních variant. Silný pokles výšky, průměru, sušiny stonků, větví, listů a kořenů s klesajícím množstvím světla uvádí i AMMER (2003). Silný negativní vliv hustoty stínícího porostu na tloušťkový růst a mnohem menší vliv na výškový růst popisují COLET A CHENOST (2006).

BURSCHEL A HUSS (1964) pozorovali redukcii růstu nadzemních částí až při intenzitě světla nižší než 12 %. Hmotnost kořenů však byla stíněním redukována silně a progresivně. Naproti tomu CURT et al. (2005) uvádějí, že na rozdíl od jiných morfologických znaků byl pozorován pouze malý vliv světelných podmínek na poměr nadzemních částí ke kořenům a na rozdělení biomasy. Obdobné poznatky byly získány i v našich pokusech. Reakce růstu a poměru kořenů k nadzemním částem na intenzitu osvětlení může být výrazně ovlivněna dalšími faktory prostředí, například dostupností vody (MADSEN 1994).

Výhoda vyššího přístupu světla byla v roce 2011 překryta rozsahem poškození mladých stromů během mrazové epizody z počátku května. Během této situace byl zaznamenán silnější mráz (a také větší rozdíl mezi max. min. teplotou během 24 hodin) na volné ploše. Mrazové teploty způsobily u jedinců na volné ploše signifikantně vyšší poškození, které se velmi výrazně projevilo na přírůstu v roce 2011.

Na volné ploše i pod clonou mateřského porostu se vyskytoval přibližně stejný podíl jedinců pozdně rašících, kteří nebyli mrazem poškozeni. Tento podíl činil 23 % a výškový přírůst těchto stromků byl v roce 2011 nejvyšší (viz obr. 6).

POZNÁMKA

Poznatky byly získány v souvislosti s řešením výzkumného záměru MZE 002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- AMMER, C. Growth and biomass partitioning of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. seedlings in response to shading and small changes in the R/FR-ratio of radiation. *Annals of Forest Science*, 2003, Vol. 60, No. 2, pp. 163–171.
- BEAUDET, M. MESSIER, C. Growth and morphological responses of yellow birch, sugar maple, and beech seedlings growing under a natural light gradient. *Canadian Journal of Forest Research*, 1998, Vol. 28, No. 7, pp. 1007–1015.
- BURSCHEL, P. HUSS, J. The reaction of Beech seedlings to shade. *Forstarchiv*, 1964, Vol. 35, No. 11, pp. 225–33.
- COLLET, C., CHENOST, C.: Using competition and light estimates to predict diameter and height growth of naturally regenerated beech seedlings growing under changing canopy conditions *Forestry (Oxford)*, 2006, 79, 5, pp 489–502.
- COLLET, C. LANTER, O. PARDOS, M. Effects of canopy opening on height and diameter growth in naturally regenerated beech seedlings. *Annals of Forest Science*, 2001, Vol. 58, No. 2, pp. 127–134.
- CURT, T. COLL, L. PRÉVOSTO, B. BALANDIER, P. KUNSTLER, G. Plasticity in growth, biomass allocation and root morphology in beech seedlings as induced by irradiance and herbaceous competition. *Annals of Forest Science*, 2005, Vol. 62, No. 1, pp. 51–60.
- DZIEMIDEK, T. TARASIUK, S. Produkcja szkółkarska buka zwyczajnego *Fagus sylvatica* L. w szkółkach gruntowych północno-wschodniej Polski. *Sylvan*, 2005, Vol. 149, No. 1, pp. 15–24.
- JOHNSON, J. D. TOGNETTI, R. MICHELOZZI, M. PINZAUTI, S. MINOTTA, G. BORGHETTI, M. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. II. The interaction of light environment and soil fertility on seedling physiology. *Physiologia Plantarum*, 1997, Vol. 101, No. 1, pp. 124–134.
- MADSEN, P. Growth and survival of *Fagus sylvatica* seedlings in relation to light intensity and soil water content. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 1994, Vol. 9, No. 4, pp. 316–322.
- REYNOLDS, P. E. FROCHOT, H. EDITOR: COLLET, C. FROCHET, H. : Photosynthetic acclimation of beech seedlings to full sunlight following a major windstorm event in France. *Annals of Forest Science*, 2003, Vol. 60, No. 7, pp. 701–709.
- TOGNETTI, R. JOHNSON, J. D. MICHELOZZI, M. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. I. Interactions between photosynthetic acclimation and photoinhibition during simulated canopy gap formation. *Physiologia Plantarum*, 1997, Vol. 101, No. 1, pp. 115–123.
- WELANDER, N. T. OTTOSSON, B. Influence of photosynthetic photon flux density on growth and transpiration in seedlings of *Fagus sylvatica*. *Tree Physiology*, 1997, Vol. 17, No. 2, pp. 133–140.
- WYKA, T., ROBAKOWSKI, P., ŻYTKOWIAK, R.: Acclimation of leaves to contrasting irradiance in juvenile trees differing in shade tolerance. *Tree Physiology* 27, 2007, pp. 1293–1306.

Adresa autorů:

Ing. Jan Leugner, leugner@vulhmop.cz
RNDr. Jarmila Martincová, martincova@vulhmop.cz
Ing. Antonín Jurásek, CSc., jurasek@vulhmop.cz
VÚLHM Výzkumná stanice Opočno
Na Olivě 550
517 73 Opočno

RASTOVÉ CHARAKTERISTIKY DOMINANTNÝCH DRUHOV DREVÍN V LESOSTEPNÝCH SPOLOČENSTVÁCH KRUPINSKEJ PLANINY A STRÁŽOVSKÝCH VRCHOV

GROWTH CHARACTERISTICS OF THE DOMINANT TREE SPECIES OCCURRING ON THE
FOREST STEPPE LOCATED IN KRUPINSKÁ PLANINA AND STRÁŽOVSKÉ MTS.

IVAN LUKÁČIK, MARIAN ĎURIŠ

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
E-mail: lukacik@vsld.tuzvo.sk, durism@vsld.tuzvo.sk

ABSTRACT

*The submitted paper deals with the evaluation of thermophilic forest-steppe communities located in Krupinská planina and Strážovské Mts. Four permanent research plots (PRP) were established. For arborescent species, we measured basic dendrometrical features (DBH, height and height of crown base) with their subsequent statistical evaluation. The significance of differences among localities for species *Quercus pubescens* (Willd.) as a model example was evaluated by using of single-factor ANOVA. According to results of analysis, we can state the significant differences among average heights of *Quercus pubescens* (Willd.). The differences among average height and crown base were not statistically significant. Results of the homogeneity tests point on the statistical homogeneity among average tree heights on PRP1, PRP3 and PRP4.*

Key words: forest steppe communities, Krupinská planina, Strážovské Mts., *Quercus pubescens* (Willd.), growth characteristics

ABSTRAKT

*V predkladanej práci sú hodnotené teplomilné spoločenstvá lesostepného charakteru, ktoré sa nachádzajú v orografických celkoch Krupinská planina a Strážovské vrchy, v ktorých boli založené štyri trvalé výskumné plochy (TVP). Na založených plochách sa pri drevinách stromovitého vzrastu merali základné taxačno-dendrometrické veličiny (hrúbka, výška stromov a výška nasadenia koruny), ktoré sa vyhodnotili aj štatisticky. Významnosť rozdielov medzi lokalitami sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variácie na príklade duba plstnatého (*Quercus pubescens* Willd.). Z výsledkov vyplynulo, že len výška stromov sa medzi jednotlivými TVP štatisticky významne odlišuje (na 95 % hladine významnosti). Rozdiely v priemerných hrúbkach a výškach nasadenia korún jedincov (*Quercus pubescens* Willd.) neboli štatisticky významné. Okrem toho sa Duncanovým testom testovala podobnosť jednotlivých lokalít. Výsledky testu poukázali na homogénnosť TVP 1, TVP 3 a TVP 4 pri hodnotení priemernej výšky drevín.*

Príučové slová: lesostepné spoločenstvá, Krupinská planina, Strážovské vrchy, *Quercus pubescens* (Willd.), rastové charakteristiky

ÚVOD A CIELE PRÁCE

V najteplejších oblastiach Slovenska sa dodnes zachovali najsuchomilnejšie a najteplomilnejšie lesné spoločenstvá. Vyvinuli sa po dobe ľadovej na vhodných sta-

novištiach (južné expozície, prudké svahy, hrebene, chrby hôr), na vulkanických až neutrálnych podkladoch (vápence, dolomity, andezity, spraše, sprašové hliny). Je to skupina submediteránnych, subkontinentálnych a panónsko – pontických lesných spoločenstiev.

Na rozmanitých lesných stanovištiach sa vyvinuli spoločenstvá, ktorých drevinové zloženie je výsledkom šírenia drevín a kompetície medzi jednotlivými druhmi. Pred začiatkom pôsobenia človeka sa na každom type stanovišta nachádzal len jeden typ klimaxového lesa. V oblastiach narušených rôznymi škodlivými činiteľmi bol klimaxový les často sprevádzaný jeho nižšími vývojovými štádiami. Súčasné lesné porasty sú oproti tomuto stavu podstatne rozmanitejšie, ich druhové zloženie a štruktúra významne závisia aj od činnosti človeka.

Cieľom predkladanej práce bolo zhodnotiť a podrobne popísať zloženie teplomilných spoločenstiev lesostepného charakteru v orografických celkoch Krupinská planina a Strážovské vrchy na štyroch trvalých výskumných plochách. V ďalšom zmerať základné taxačno – dendrometrické charakteristiky hlavných drevín (výška stromov, výška nasadenia korún, hrúbka $d_{1,3}$), posúdiť ich vertikálne rozvrstvenie a v konečnom dôsledku komplexne analyzovať hrúbkovú a výškovú štruktúru teplomilných dubových lesov.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Všeobecná charakteristika lesostepných spoločenstiev

Lesostepné spoločenstvá sa zaraďujú medzi najxerofilnejšie lesné spoločenstvá vyskytujúce sa v najteplejších oblastiach od nížin do pahorkatín v nadmorských výškach do 400 m n. m., ktoré zaraďujeme do 1. ojedinele aj 2. lesného vegetačného stupňa (lvs) (ĎURIŠ, LUKÁČIK 2010). Priemerné ročné teploty sú vysoké, pohybujú sa v rozpätí 7,5–8,5 °C, výnimočne aj viac. Priemerné úhrny zrážok patria k najnižším na našom území, nepresahujú väčšinou 650 mm. Vegetačné obdobie trvá 165–170 dní (KOLIBÁČOVÁ *et al.* 1999). Ich pôvod úzko súvisí s horninovou skladbou územia polohovými a mikroklimatickými podmienkami (DAVID *et al.* 2007).

Tieto spoločenstvá sa nachádzajú na južných expozíciách v teplých a suchých oblastiach. Väčšinou sú podmienené edaficky, zaberajú extrémnejšie reliéfové tvary s plytkými pôdami typu rendzín a rankrov. Stromovité dreviny hlavnej úrovne väčšinou nevytvárajú nikdy plný zápoj. Tvoria zhluky alebo riedke porasty na ktorých sa vyskytujú mnohé xerotermofilné trávovité spoločenstvá. Charakteristická je aj veľká druhová diverzita v kríkovitej a bylinnej vrstve (STANOVÁ, VALACHOVIC 2002).

Krupinská planina

Územie Krupinskej planiny leží v subprovincii Vnútrotných Západných Karpát, v oblasti Slovenské stredohorie. Patrí k najzachovalejším a najrozsiahljším pozostatkom sopečných tabúl v rámci sopečných štruktúr.

Územie je zaujímavé z hľadiska stupňa vývoja jednotlivých geomorfologických foriem. Meandrujúce toky riek dali základ pre vznik údolných nív, kde sa na str-

mých svahoch a terasách vytvorili postupne lesostepné spoločenstvá, v ktorých sa vyskytujú viaceré zriedkavé a chránené druhy rastlín a živočíchov.

Z pôdných druhov majú najväčšie zastúpenie hlinité pôdy so stredným obsahom skeletu, ílovito hlinité pôdy a piesočnato-hlinité pôdy. Väčšina pôd je slabo skeletnatá. Typologicky sú zastúpené najmä hnedé lesné pôdy nasýtené, hojne rozšírené ilimerizované pôdy a pôdy ilimerizované pôdy oglejené, ktoré spolu s oglejenými pôdami tvoria charakteristické súbory pôdných typov (KOLEKTÍV 2001).

Charakter lesných porastov určujú dominantné druhy stromovej vrstvy. Ide o *Quercus cerris*, *Quercus petraeae*, pristupuje *Quercus dalechampii*, *Quercus virgiliana*, *Quercus pubescens*, *Acer platanoides*, *Sorbus torminalis* a *Cerasus mahaleb*.

Kríkovitá vrstva je len čiastočne vyvinutá, keď sa sporadicky *Ligustrum vulgare*, *Rosa canina* a *Crataegus laevigata*.

Bylinnú a trávnu synúziu reprezentujú druhy dubových teplomilných lesov ako napr. *Poa nemoralis*, *Campanula persicifolia*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Genista tinctoria*, *Lembotropis nigricans*, *Symphytum tuberosum*, *Melica nutans*, *Stachys recta*, *Trifolium alpestre* a mnoho ďalších (DAROLA et al. 1984).

Strážovské vrchy

Strážovské vrchy patria do pásma jadrových pohorí vnútorných Karpát, od ktorých sa odlišujú po štruktúrálnej stránke. Vývoj a tvorbu pôd v tejto oblasti okrem karbonátových hornín ovplyvňovali aj sprašové hliny, ktoré tvoria prikrývku rôznej hrúbky alebo prímies v spodnej vrstve.

V oblastiach Chalmovej, Rokoša a Drieňového vrchu, kde boli založené výskumné plochy je to najmä typická rendzina na vápencovom a dolomitovom geologickom podloží, najmä na strmších svahoch, hrebienkoch a vypuklých svahoch. Jemnozom obsahuje karbonáty v celom profile. V pôdnej hmote je značné množstvo skeletu. Zrinitosť je stredne ťažká, piesočnatohlinitá až hlinitá, štrkovitá s mierne uľahnutou spodinou. Obsah skeletu smerom nadol stúpa. Humifikácia prebieha intenzívne. Pôdy sú vzhľadom na zrinitosť a vyššiu skeletnatosť málo vododržné a vzdušné. Na teplých výhrevných expozíciách sú presýchavé, čo sa prejavuje aj v zložení fytoocenóz, v ktorých sa popri vápnomilných druhoch uplatňujú i druhy teplomilné a suchomilné (KOLEKTÍV 1980).

Územie patrí podľa fytogeografického členenia Slovenska (FUTÁK 1966) do oblasti západokarpatskej flóry (*Carpaticum occidentale*), obvodu predkarpatskej flóry (*Praecarpaticum slovacum*), ktorá nadväzuje na oblasť panónskej flóry a tvorí vlastne prechod medzi teplomilnou panónskou vegetáciou a vegetáciou vysokých Karpát.

Drevinovú zložku tvoria hlavne druhy *Quercus pubescens*, *Quercus cerris*, *Quercus petraea*, *Acer campestre*, *Carpinus betulus*, *Sorbus torminalis*, *Sorbus aria*, *Fraxinus ornus*.

V krovinovej vrstve prevládajú teplomilné kry ako *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Cornus mas*. Na skalách a bralách sa tu vyskytuje *Pinus sylvestris*, dopĺňaná *Pinus nigra*.

V bylinnej vrstve sa vyskytujú najmä trávy *Melica uniflora*, *Brachypodium sylvaticum*, *Brachypodium pinnatum*, *Festuca valesiaca*, z bylín je to *Fragaria moschata*, *Viola riviniana*, *Teucrium chamaedrys*, *Galium molugo* (FUTÁK 1966).

MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Výber a zakladanie plôch

Materiál pre predkladanú prácu sa získal v orografických celkoch Krupinská planina a Strážovské vrchy, kde sme v každom orografickom celku založili po 2 trvalé výskumné plochy (TVP) o rozmeroch 50 × 50 m (0,25 ha).

Výber plôch sa uskutočnil na základe vlastných pochôdzok priamo v teréne a poznatkov pracovníkov Odštepných závodov (OZ) Levice a Prievidza. Trvalé výskumné plochy boli založené tak aby boli súvislé a čo najlepšie reprezentovali lesostepný charakter vyskytujúcich sa spoločenstiev.

V rámci každej plochy sa urobil jej popis, ktorý obsahoval údaje o odštepnom závoде, lesnom hospodárskom celku, expozícii, sklone terénu, nadmorskej výške, umiestnení, veľkosti a charaktere plochy (zastúpení drevín, kríkovitá zložka porastu).

Meranie taxačno-dendrometrických veličín

Na každej TVP sme merali:

hrúbku kmeňov $d_{1,3}$ – v cm, s presnosťou na 0,1 cm, ktorá sa merala dendrometrickou priemerkou s milimetrovým delením podľa platných pravidiel priemerkovania (ŠMELKO 2000). Na založených plochách sa merali jedince s minimálnym priemerom $d_{1,3} - 0,5$ cm,

výšku stromov – v m, s presnosťou na 0,1 m,

výšku nasadenia korún – v m, s presnosťou na 0,1 m.

Výšky stromov a výšky nasadenia koruny bola meraná pomocou výškomernej laty a ultrazvukovým výškomerom VERTEX III.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY

Základné údaje o založených plochách

TVP1 Chalmová

Plocha sa nachádza v LHC Vestenice, v dielci 781, ktorý patrí pod odštepný závod (OZ) Prievidza. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 250 m n. m. Svah je juhovýchodne orientovaný so sklonom 60 %. Vek porastu je 120 rokov.

Zastúpenie drevín:

Quercus pubescens 50 %, *Acer campestre* 18 %, *Pyrus pyraeaster* 12 %, *Cerasus mahaleb* 8 %, *Quercus cerris* 7 %, *Fraxinus ornus* 5 %.

Kríkovitý porast:

Rosa canina, *Crataegus monogyna*, *Cornus mas*, *Berberis vulgaris*.

TVP2 Rokoš

Plocha sa nachádza v LHC Vestenice, v dielci 762, ktorý organizačne patrí pod OZ Prievidza. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 330 m n. m. Svah je južne orientovaný so sklonom 60 %. Vek porastu je 120 rokov.

Zastúpenie drevín:

Quercus pubescens 71 %, *Sorbus torminalis* 13 %, *Quercus cerris* 10 %, *Sorbus aria* 6 %.

Kríkovitý podrast:

Crataegus monogyna, *Rosa canina*, *Cornus mas*.

TVP3 Beluj

Plocha sa nachádza v LHC Plášťovce, v dielci 596, ktorý patrí pod OZ Levice. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 246 m n. m. Svah je južne orientovaný so sklonom 60 %. Vek porastu je 120 rokov.

Zastúpenie drevín:

Quercus pubescens 74 %, *Acer campestre* 9 %, *Quercus cerris* 8 %, *Pyrus pyraeaster* 6 %, *Acer tataricum* 3 %.

Kríkovitý podrast:

Prunus spinosa, *Rosa canina*, *Crataegus sp.*

TVP4 Medovarce

Plocha sa nachádza v LHC Plášťovce, v dielci 1000, ktorý patrí pod OZ Levice. Porast sa nachádza v nadmorskej výške 330 m n. m. Svah je južne orientovaný so sklonom 50 %. Vek porastu je 75 rokov.

Zastúpenie drevín:

Quercus cerris 47 %, *Acer tataricum* 30 %, *Quercus pubescens* 10 %, *Pyrus pyraeaster* 7 %, *Acer campestre* 3 %.

Kríkovitý podrast:

Prunus spinosa, *Ligustrum vulgare*, *Juniperus communis*, *Cornus mas*, *Rosa canina*, *Crataegus sp.*

Hodnotenie dendrometrických charakteristík

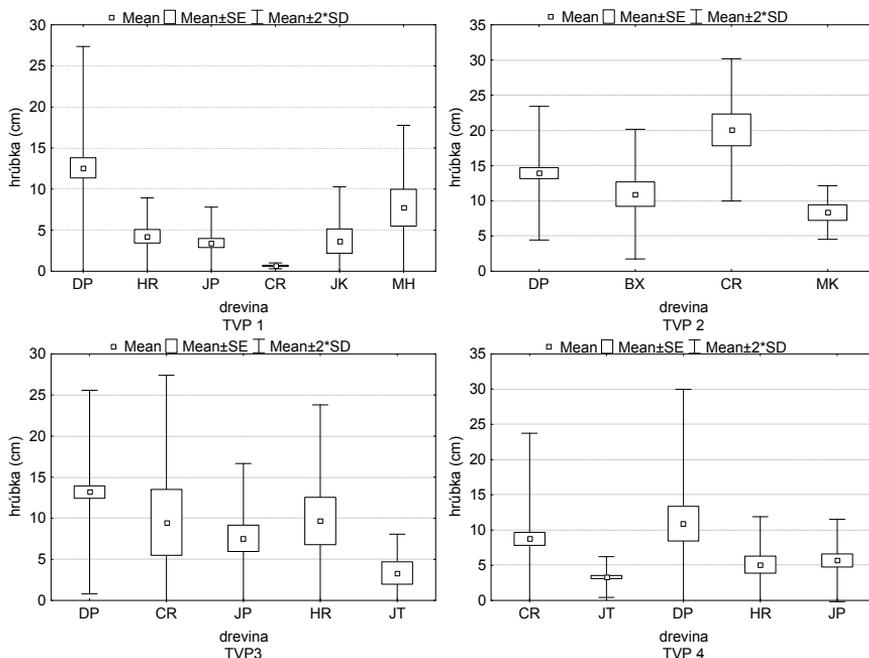
Hrúbka kmeňov

Na všetkých založených TVP bol spoločne sa vyskytujúcou drevinou *Quercus pubescens*, keď bol dominantný na TVP1 – TVP 3. Na TVP4 mal najväčšie zastúpenie *Quercus cerris* a *Acer tataricum*. Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ *Quercus pubescens* v orografickom celku Strážovské vrchy sa pohybovala v rozpätí 12,3 cm (TVP 1) až 13,9 cm (TVP 2), keď najväčšia variabilita hrúbky bola na TVP 1 – 61,1 %. Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ *Quercus pubescens* v orografickom celku Krupinská planina sa pohybovala v rozpätí 10,9 cm (TVP 4) až 13,5 cm (TVP 3), kde variabilita hrúbky bola 87,4 %. Na TVP4 – Medovarce dominoval dub cerový (*Quercus cerris*), kde

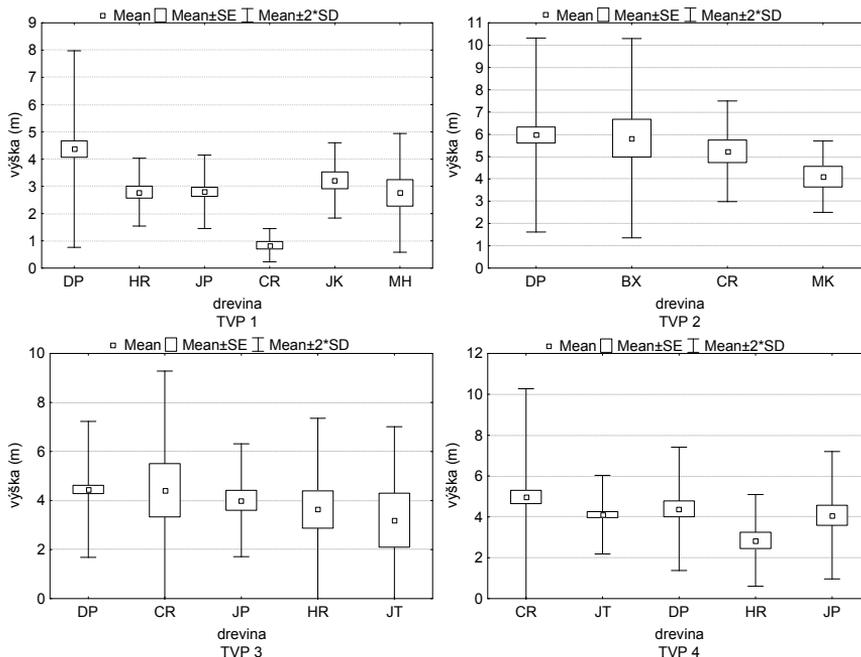
jeho priemerná hrúbka bola 8,7 cm s variačným rozpätím 85,84 %. Vyššie (30 % zastúpenie) mal na tejto ploche javor tatársky (*Acer tataricum*). Jeho priemerná hrúbka bola 3,3 cm s podielom vysvetlenej variability 43,6 %.

Výška stromov

Výšky stromov hodnotených drevín sú typické pre lesostepné spoločenstvá, keď sa pohybovali v rozpätí 0,8 m až 5,9 m. Priemerná výška dominantného *Quercus pubescens* sa pohybovala od 3,9 m (TVP 1) po 5,9 m (TVP 2). Na TVP 3 a TVP 4 priemerné výšky duba plstnatého varirovali okolo 4,4 m. Priemerná výška duba cerového na TVP 4 dosiahla hodnotu 4,9 m a javora tatárskeho 4,1 m. Priemerné výšky ostatných hodnotených drevín (*Quercus cerris*, *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *Cerasus mahaleb*, *Fraxinus ornus*, *Pyrus communis*) sa pohybovali v rozpätí 0,8–5,8 m.



Obr. 1: Charakteristika variačného rozpätia hrúbky drevín na založených TVP
Fig. 1: The variation characteristics of tree diameter according to tree species and PRP



Obz. 2: Charakteristika variačného rozpätia výšky drevín na založených TVP

Fig. 2: The variation characteristics of tree height according to tree species and PRP

Legenda: DP – *Quercus pubescens*, MK – *Sorbus aria*, JP – *Acer campestre*, BX – *Sorbus torminalis*, JT – *Acer tataricum*, JK – *Fraxinus ornus*, CR – *Quercus cerris*, HR – *Pyrus communis*, MH – *Cerasus mahaleb*

Výška nasadenia koruny

Aj priemerné výšky nasadenia korún poukazujú na typický charakter lesostepných spoločenstiev, keď koruny drevín vyskytujúcich sa na založených TVP sú väčšinou netvárne a nízko nasadené. Priemerná výška nasadenia korún *Quercus pubescens* bola na všetkých založených plochách 1,5 m. Na TVP 1 výšky nasadenia korún boli v celku vyrovnané, pohybovali sa od 1,0 m *Cerasus mahaleb* do 1,6 m *Acer campestre*. Výška nasadenia korún na TVP 2 bola pri *Quercus cerris* rovnaká ako pri *Quercus pubescens* - 1,6 m, *Sorbus aria* mala priemernú výšku 2,1 m a *Sorbus torminalis* 2,7 m. V priemere najnižšie výšky nasadenia korún boli zaznamenané na TVP 3, kde sa pohybovali od 0,8 *Pyrus pyraeaster*, do 1,5 m *Quercus cerris*. Na TVP 4 sa výška nasadenia korún prevládajúcich drevín okrem už uvádzaného *Quercus pubescens* pohybovala v rozpätí 1,6 m *Quercus cerris* do 1,9 m *Acer tataricum*.

Výsledky analýzy variancie duba plstnatého

Jedinou drevinou vyskytujúcou sa na všetkých trvalých výskumných plochách bol *Quercus pubescens*, významnosť rozdielov medzi lokalitami sa hodnotila pomocou jednofaktorovej analýzy variancie a otestovala sa Duncanovým testom.

Z výsledkov analýzy variancie pre priemernú hrúbku *Quercus pubescens* vyplynulo, že faktor plochy nemá štatisticky významný vplyv na túto veličinu, pretože priemerná hrúbka stromov nadobúda na všetkých založených plochách podobné hodnoty. Zistené rozdiely majú vzhľadom na nízku vnútrodruhovou variabilitu preto len náhodný charakter. Z tohto dôvodu nebolo potrebné tieto rozdiely testovať Duncanovým testom.

Z priemernej výšky stromov *Quercus pubescens* je evidentný vplyv rozdielnej lokality. Z výsledkov analýzy variancie vyplýva, že faktor plochy má štatisticky významný vplyv na priemernú výšku stromov. Podľa výsledkov Duncanovho testu (tab. 1) neexistuje z hľadiska priemernej výšky významný rozdiel medzi TVP1 a TVP3, resp. TVP 4. Trvalá výskumná plocha 2 sa z tohto pohľadu významne odlišuje od ostatných troch založených výskumných plôch.

Tab. 1: Výsledky Duncanovho testu (homogénne skupiny) pre priemernú výšku *Quercus pubescens* na založených plochách

Table. 1: The results of Duncan's test (homogeneous groups) of *Quercus pubescens* (Willd.) average height

Názov plochy Plot ID	Homogénna skupina Homogenous group	
	1	2
TVP 1	A	B
TVP 2		
TVP 3	A	
TVP 4	A	

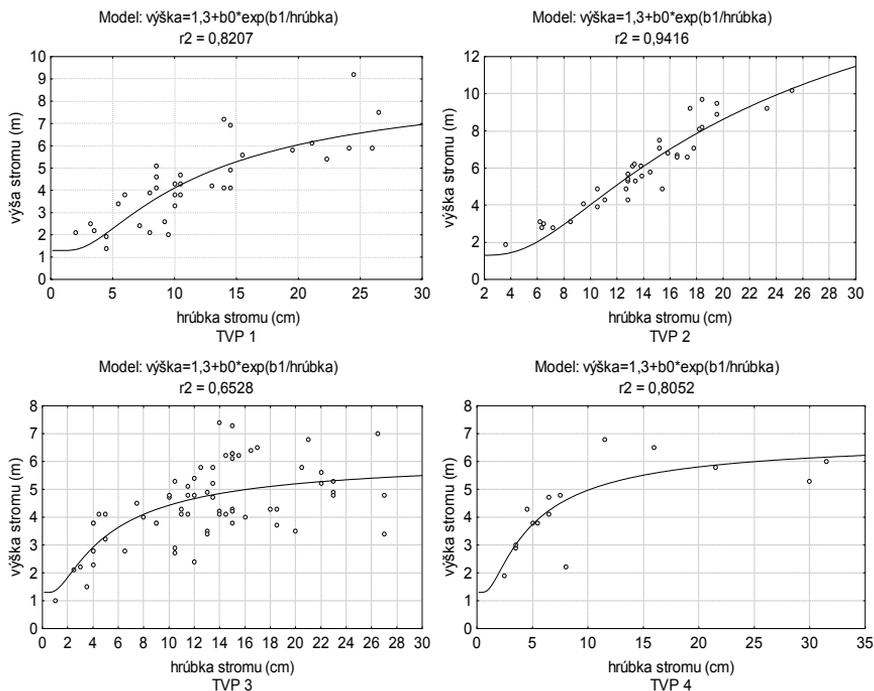
Z výsledkov analýzy variancie pre priemernú výšku nasadenia korún *Quercus pubescens* podobne ako pri priemernej hrúbke vyplynulo, že faktor plochy nemá štatisticky významný vplyv na túto veličinu.

Závislosť výšky stromov od hrúbky

Aj závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ sa na každej TVP vypočítala len pre *Quercus pubescens*. Na vyrovnanie tejto závislosti sa použila Michajlovova funkcia v tvare:

$$\text{výška} = 1,3 + a * e^{(b/\text{hrúbka})}$$

Z výsledkov vyplynulo, že na založených plochách (TVP 1 a TVP 2) ide o tesnejšie závislosti s podielom vysvetlenej variability 82,1% a 94,2%, v porovnaní s TVP3 a TVP4 s podielom vysvetlenej variability 65,3% a 80,5%. Z priebehov výškových kriviek vidieť, že na TVP 1 pri hrúbke 30 cm dosahuje vyrovnaná výška stromov hodnoty 7 m, na TVP2 približne 11 m, na TVP3 5,5 m a na TVP4 hodnoty okolo 6 m. Uvedené závislosti sú podľa jednotlivých plôch uvedené na obrázku 3.



Obr. 3: Závislosť výšky stromov od hrúbky $d_{1,3}$ *Quercus pubescens* na založených TVP
Fig. 3: Relationship among tree height and stem diameter (DBH) of *Quercus pubescens* (Willd.) on PRP

DISKUSIA A ZÁVER

Všetky plochy boli založené na strmých, vypuklých kamenitých svahoch s južne orientovanými expozíciami, na ktorých sú pôdy zrnitostne ľahké, presýchavé, minerálne chudobné, čo podmieňuje aj zloženie vyskytujúcich sa fytoocenóz.

Dominantnou drevinou na všetkých založených plochách bol dub plstnatý (*Quercus pubescens*), ktorý je najtypickejšou drevinou spoločenstiev lesostepného charakteru podľa viacerých autorov (PAGAN 1996, MAGIC 2000, BENČAT 2005, LUKÁČIK 2006 a iní). Je to výrazne slnná drevina, ktorá dobre rastie v riedkych, presvetlených porastoch, ktoré sú vo väčšine prípadov viazané na pôdy vznikajúce na karbonátových horninách dobre zásobených bázami (horčík, vápnik), ktoré najmä počas vegetačného obdobia trpia nedostatkom vlahy (POŽGAJ 1985).

Zastúpenie ďalších drevín typických pre lesostepné spoločenstvá sa rôznilo podľa jednotlivých plôch. Najtypickejšie drevinové zloženie sme zaznamenali na TVP 1, kde bolo evidovaných celkovo šesť druhov drevín stromovitého vzrastu a štyri kríkovité druhy drevín. Pri porovnávaní štruktúrálnej diverzity rôznych spoločenstiev drevín možno konštatovať, že výsledky našich meraní nielen doplnili doterajšie poznatky o rastových schopnostiach drevín na rôznych stanovištiach (GUBKA 1997, SANIGA *et al.* 2009, BUGALA, PITNER 2010), ale priniesli aj mnohé originálne informácie.

Ako už bolo uvedené, *Quercus pubescens* bol jedinou drevinou, ktorá sa vyskytovala na všetkých štyroch TVP, preto sme ju hodnotili podrobnejšie. Z vykonaných analýz vyplynulo, že kým priemerné hodnoty hrúbok sa medzi jednotlivými plochami výraznejšie nemenili a pohybovali sa v rozpätí 10,9 cm až 13,9 cm. Rozdiely priemerných hodnôt hrúbok ako aj výšok nasadenia korún boli medzi jednotlivými plochami štatisticky nevýznamné. Štatistická významnosť rozdielov medzi jednotlivými plochami sa potvrdila len pri priemerných výškach duba plstnatého, keď na vápencovom podloží (TVP3 a TVP4) dosahovala približne rovnaké hodnoty 4,4 m. Na andezitovom podloží na (TVP1 a TVP2) dosiahla hodnoty 3,9 m, resp. 5,9 m.

Závislosti výšky jedincov *Quercus pubescens* od ich hrúbky boli tesné až veľmi tesné, keď sa na jednotlivých plochách pohybovali v rozpätí 65,3 % – 94,2 %. Pri podobnom hodnotení *Quercus cerris* (ĎURIŠ, LUKÁČIK 2010) sa tesnosť závislosti uvedených veličín pohybovala v rozpätí (66,7 % – 43,5 %). Získané výsledky týkajúce sa zloženia fytocenóz v danej oblasti, vzťahov hrúbky, výšky stromov a výšky nasadenia korún drevín charakteristických pre dané stanovišťa s osobitým zreteľom na *Quercus pubescens* sú prvými informáciami v tomto smere a budú vhodným podkladom pri následných prácach podobného charakteru.

POĎAKOVANIE

Táto štúdia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- BENČAĽ, T., 2005: Dendrológia. Vysokoškolská učebnica, Technická univerzita vo Zvolene, 205 s.
- BUGALA, M., PITTNER, J., 2010: Analýza štruktúrnej diverzity porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) na území VŠLP TU vo Zvolene. In: *Acta Facultatis Forestalis* 52 (1), Zvolen, s. 43–54.
- DAROLA, J., 1984: Projekt na vyhlásenie chráneného územia Čebovská lesostep. Banská Bystrica, Krajské stredisko štátnej pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody, 12 s.
- DAVID, S., et al. 2007: Xerotermné biotopy Slovenska. Edícia Biosféra. Séria vedeckej literatúry, Vol. A3, Bratislava, 78 s.
- ĎURIŠ, M., LUKÁČIK, I., 2010: Lesostepné spoločenstvá vo vybranej oblasti Krupinskej planiny. *Acta facultatis forestalis*, 52, Suppl.1, Zvolen, s. 71–87.
- FUTÁK, J., 1966: Flóra Slovenska. Slovenská Akadémia vied. Bratislava, 602 s.
- GUBKA, K., 1997: Vplyv expozície na štruktúru ochranných lesov na lokalite Podurch (OLZ Smolenice). *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XXXIX, s. 107–118.
- KOLEKTÍV 1980: Lesný hospodársky plán. LHC Vestenice. Všeobecná časť
- KOLEKTÍV 2001: Lesný hospodársky plán. LHC Plášťovce. Všeobecná časť
- KOLIBÁČOVÁ, S., MADĚRA, P., ÚRADNÍČEK, L., 1999: Dřeviny lesostepí a teplomilných doubrav ČR. In: Živa. č. 5. *Academia*. Praha, s. 204–207.

- LUKÁČIK, I., 2006: Dub plstnatý (*Quercus pubescens* Willd.) v Malých Karpatoch. In Stabilizace funkcií lesa v biotopech narušených antropogenní činností. Opočno: VÚLHM VS. s. 39–47.
- MAGIC, D., 2000: Premennivosť dubov a niektoré ich nové taxóny na Slovensku. In: Lipták, I., Lukáčik, I. Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie: Arboréta – premenlivosť a introdukcia drevín. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 27–37.
- PAGAN, J., 1999: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita vo Zvolene, 378 s.
- POŽGAJ, J., 1985: K voprosu izučeniya duba pušistogo (*Quercus pubescens* Willd.) v Slovakii, *Folia dendrologica* 12, s. 43–66.
- SANIGA, M., BALANDA, M., JALOVÍAR, P., 2009: Výskum štruktúry, produkcie, nekromasy, rizológie a regeneračných procesov prírodných lesov Slovenska. In: *Acta facultatis forestalis Zvolen* 51 (3): s.77–88.
- STANOVÁ, V., VALACHOVIČ, M., 2002: Katalóg biotopov Slovenska. Bratislava. Inštitút aplikovanej ekológie pre Štátnu ochranu prírody SR, 225 s.

VÝŠKOVÝ RAST SMREKOVO-JEĎLEOVO-BUKOVÝCH PORASTOV

HEIGHT GROWTH OF SPRUCE, FIR AND BEECH STANDS

RUDOLF PETRÁŠ, IGOR ŠTEFANČÍK, JULIAN MECKO

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav,
T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen

ABSTRACT

The height growth of spruce, fir and beech growing in natural mixtures was investigated on the basis of regression models of height curves. Models were derived from repeated measurements of trees on 8 permanent research plots located in main growing areas in Slovakia. They indicate the dependence of height on the diameter and age of trees by means of a continuous mathematical function. Variability in their height growth can be explained by the variability of diameter and age within the range of 86 - 96%. Standard deviation of residual values ranged from 1.3 to 2.8 m. In mixed stands, the height growth dynamics differ among the tree species. Beech in comparison to spruce and fir showed markedly higher height growth only in young stands with a small diameter. At larger diameters, its height was only 75–90% in comparison with fir. Spruce showed mostly higher heights in comparison to fir within all scale of diameters. The differences decrease from 10% to 30% for the thinnest trees to as little as 1–3% for the thickest individuals. The height position of fir improves in older ages with higher mean diameter.

Key words: mixed stands, spruce-fir-beech, height growth models

ABSTRAKT

Skúmal sa výškový rast smreka, jedle a buka rastúcich v prirodzených zmesiach na podklade regresných modelov výškových kriviek. Modely sa odvodili z opakovaných meraní stromov na 8 trvalých výskumných plochách situovaných v hlavných rastových oblastiach Slovenska. Vyjadrujú spojitou matematickou funkciou výšku stromov v závislosti od ich hrúbky a veku. Variabilita výšok sa môže na 86–96 % vysvetliť variabilitou ich hrúbok a veku. Smerodajné odchýlky rezíduí sú v rozsahu 1,3–2,8 m. Proporcie vo výškovom raste drevín sa v zmiešaných porastoch menia. Buky majú oproti smreku a jedli výrazne vyššie výšky len v mladších porastoch a pri najmenších hrúbkach. Pri väčších hrúbkach dosahujú bukové stromy len 75–90 % z výšok jedle. Smrek majú väčšinou v celom hrúbkovom rozsahu väčšie výšky ako jedle. Tento rozdiel sa znižuje od 10–30 % pri najtenších stromoch až po 1–3 % pri najhrubších. Jedľa posilňuje svoje výškové postavenie vo vyššom veku a väčších hrúbkach stromov.

Kľúčové slová: zmiešané porasty, smrek- jedľa- buk, modely výškového rastu

Úvod

Výškový rast je najcharakteristickejšia biologická vlastnosť stromov. Je všeobecne známe, že závisí nielen od dreviny a veku porastov, ale aj od stanovišťa a na ktorom rastú. Jednoduchou a osvedčenou formou vyjadrenia výšok stromov v poraste sú výškové krivky podľa vzťahu:

$$h = f(d) \tag{1}$$

kde: výška stromu h je funkciou jeho hrúbky d .

Výškové krivky menia s vekom porastu svoj tvar a najmä polohu. Krivky starších porastov sú nad krivkami mladších, sú strmšie, predlžujú svoj interval k vyšším a skracujú k menším hrúbkam. Posun polohy výškových kriviek je nerovnomerný. Znižuje sa s vyšším vekom a pri menších hrúbkach. HALAJ (1955) nahradil vek porastov rastovým štádiom a ich výškové krivky preto nazval štádiové. Odvodil grafické modely výškových kriviek rovnorodých porastov hospodársky významných drevín na Slovensku s cieľom ich praktickej aplikácie pri výpočte porastových zásob. Neskôr ich spracoval do spojitého matematického modelu ŠMELKO et al. (1987). Výšku stromu h vyjadril spojitou funkciou v závislosti od jeho hrúbky d , strednej hrúbky d_v , a strednej výšky h_v porastu podľa vzťahu:

$$h = f(d, d_v, h_v) \quad (2)$$

Problematika štádiových výškových kriviek a ich formulácie či už vo forme štandardizovaných grafických kriviek, alebo matematických modelov je známa najmä v Európe. Po prvých začiatkoch podľa WIEDEMANN (1936) a LANGA (1938) vznikali najmä v povojnovom období ďalšie, ktoré neskôr podrobne zhodnotil najmä ŠMELKO (1981) a ŠMELKO et al. (1987, 1992). Neskôr sa k tejto problematike vrátil aj NAGEL (1991), keď testoval výškový rast červeného duba na dvoch výškových modeloch vypracovaných KENNELOM (1972) a SLOBODOM et al. (1993), pričom zistil medzi nimi len veľmi malé rozdiely. SLOBODA et al. (1993) navrhol a overil model výškových kriviek pre rovnoveké porasty na báze jednoduchej MICHAILOFFOVEJ (1943) funkcie. Tento model neskôr využili aj KAHN, ĎURSKÝ (1999) a PETRÁŠ, MECKO (2005).

Výška stromov a porastov je základnou veličinou na hodnotenie ich rastu a produkcie. Osobitne to platí v zmiešaných sm-jd-bk porastoch, kde sa spolu vyskytujú dreveniny dvoch rozdielnych rastových typov, a to smreka a jedle na jednej strane, resp. buka na druhej strane. Vzhľadom k uvedenému je cieľom tejto práce zhodnotenie (porovnanie) výškového rastu smreka, jedle a buka v ich prirodzených porastových zmesiach situovaných v hlavných rastových oblastiach Slovenska.

MATERIÁL A METODIKA

Použil sa empirický materiál z opakovaných meraní trvalých výskumných plôch (TVP), ktoré sa zakladali v 60. a 70. rokoch minulého storočia v hlavných rastových oblastiach Slovenska za účelom výskumu rastu a produkcie, resp. pestovno-produkčných otázok zmiešaných porastov (Tab. 1).

Jednu skupinu tvoria prebierkové TVP na štyroch lokalitách (ŠTEFANČÍK 1977). V oblasti Donovál sú 3 lokality: Stará Píla, Motyčky a Korytnica a jedna lokalita je na Spiši: LS Hrable. V druhej skupine sú tiež 4 TVP, ktoré sa zakladali pre výskum produkcie a konštrukcie rastových tabuliek (HALAJ et al. 1987). Všetky sú v Slovenskom Rudohorí. TVP č. 114 a 119 sú na jeho západnom okraji (LS Hriňová) a TVP č. 44 a 93 na Spiši (LS Hrable).

Tabuľka 1: Základné údaje o použitých trvalých výskumných plochách (TVP)

Table 1: Basic data of investigated permanent research plots (PRP)

Lokalita ¹	Založená ² (v roku)	SLT ³	Nadmorská výška ⁴ (m)	Pôda ⁵ Hornina ⁶	Drevina ⁷	Vek ⁸ (roky)
Stará Píla	1973	FA <i>n.st.</i>	720	okr. hnedá ¹⁰	sm	17
					js	17
					bk	15
Motyčky	1971	FAc <i>n.st.</i>	810-870	hnedá ⁹ rendzina	sm	46
					jd	41
					bk	48
Korytnica	1967	FAc <i>n.st.</i>	930-970	karbonátová ¹¹ hnedá	sm	58
					jd	50
					bk	50
Hrable	1968	AF <i>n.st.</i>	820-840	humózna ¹² hnedá	sm	80
					jd	82
					bk	74
TVP 114	1969	AF <i>n.st.</i>	770	hum. hnedá ¹³	sm, jd, bk	103
TVP 119	1969	AF <i>n.st.</i>	760	hum. hnedá ¹³	sm, jd, bk	95
TVP 44	1967	AF <i>n.st.</i>	760	fýlit ¹⁴	jd, bk	77
TVP 93	1968	AF <i>n.st.</i>	830	humózna, hnedá ¹³	sm, jd, bk	80

¹Locality, ²Established (year), ³Forest type group, ⁴Altitude, ⁵Soil, ⁶Rock, ⁷Tree species, ⁸Age (years), ⁹Rendzic Leptosol, ¹⁰Dystric Cambisol, ¹¹Rendzic Leptosol, ¹²Cambisol, ¹³Cambisol, ¹⁴phyllite
Vysvetlivky – Explanatory notes: sm – smrek (spruce), jd – jedľa (fir), bk – buk (beech)

Všetky TVP sa opakovane merali. Prebierkové v pravidelných 5 ročných intervaloch, ostatné v 5–10-ročných. Z prebierkových TVP sa použila len séria kontrolných plôch na ktorých sa nevykonávali žiadne zásahy. Na ostatných TVP sa vykonávali prebierkové zásahy miernej intenzity. Pri každom opakovanom meraní sa vyrovnali výšky stromov h v závislosti od ich hrúbky d (MICHAİLOFF 1943):

$$h(d) = 1,3 + b_1 \cdot e^{\left(\frac{-b_2}{d}\right)} \quad (3)$$

Na všetkých TVP sa preskúmali jej parametre b_1 a b_2 v závislosti od veku porastov. Na ich vyrovnanie sa vybrala ako najvhodnejšia mocninová funkcia v tvare:

$$b_1(t) = p_1 \cdot t^{p_2} \quad (4)$$

$$b_2(t) = p_3 \cdot t^{p_4} \quad (5)$$

Po ich dosadení do rovnice (3) vznikol spojitý matematický model výškovej krivky (6), kde výška stromu h je funkciou jeho hrúbky d a veku t .

$$h(d, t) = 1,3 + p_1 \cdot t^{p_2} \cdot e^{\left(\frac{-p_3 \cdot t^{p_4}}{d}\right)} \quad (6)$$

Podľa tohto tvaru sa pre každú TVP a drevinu odvodil samostatný regresný model. Použil sa k tomu štatistický balík QC.Expert (KUPKA 2003). Zhodnotila sa správnosť a presnosť odvodených modelov. Podľa parametrov modelu a modelových výšok sa zhodnotili proporcie výškového rastu drevín na jednotlivých TVP, ale aj medzi nimi.

VÝSLEDKY

Výšky stromov podľa modelu (6) vykazujú pomerne tesnú závislosť od ich hrúbok a veku (tab. 2). Najtesnejšie sú pri jedli s indexmi korelácie v rozsahu 0,94–0,98. Za jedľou nasleduje smrek s hodnotami 0,93–0,98 a buk s hodnotami 0,94–0,95. Podľa koeficientov determinácie môžeme konštatovať, že variabilita výšok stromov v zmiešaných porastoch sa môže vysvetliť variabilitou ich hrúbok a veku približne na 86–96 % pri smreku a jedli a na 88–91 % pri buku. Smerodajné odchýlky rezíduí sú v najmenšom rozsahu (1,5–2,5 m) pri jedli, za ňou nasleduje buk s rozsahom 1,6–2,8 m a smrek 1,3–2,6 m.

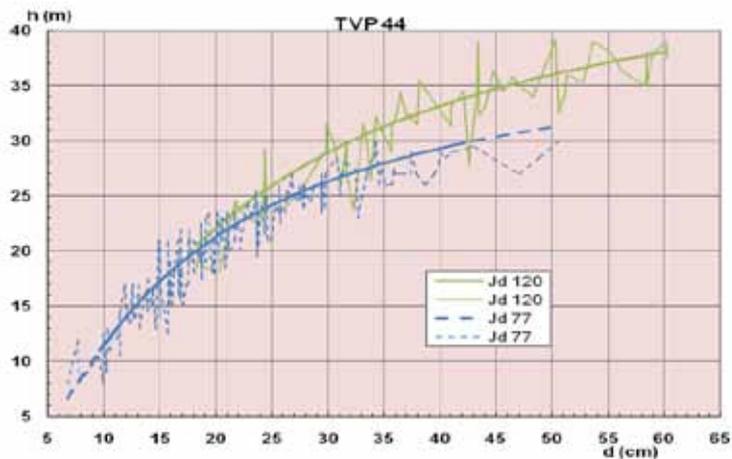
Správnosť vyrovnania sa posudzovala grafickým porovnávaním empirických a modelových výšok stromov v závislosti od ich hrúbok a veku. Na obr. 1 je príklad takéhoto porovnania pre TVP č. 44. Porovnávajú sa tu len výšky jedle z prvého merania vo veku 77 rokov a z posledného merania vo veku 120 rokov. Z obr. 1 je zrejmé, že model veľmi dobre vyrovnáva výšky stromov v ich celom hrúbkovom a vekovom rozsahu. Z priebehu modelových kriviek (obr. 2) možno očakávať dobré extrapoláčne schopnosti modelu nielen vo vzťahu k hrúbkam, ale aj k veku stromov.

Tabuľka 2: Základné štatistické charakteristiky regresného vyrovnania

Table 2: Basic statistical characteristics of regression fitting

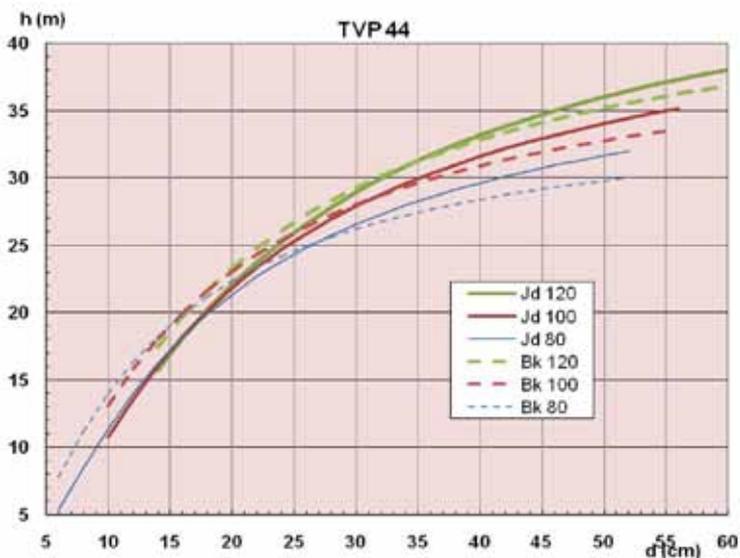
Plocha ¹	Drevina ²	Počet ³ meraní	Index ⁴ korelácie	Koeff. ⁵ deter.	Smer. ⁶ odch.rez.	Parameter ⁷			
						p1	p2	p3	p4
Stará Píla	jedľa ⁸	183	0,97	0,94	1,5	0,7539	0,9357	1,3886	0,5084
	smrek ⁹	225	0,98	0,96	1,3	2,5331	0,6107	7,2613	0,0122
	buk ¹⁰	629	0,94	0,88	1,6	0,2587	1,1544	0,1562	0,9362
Motyčky	jedľa ⁸	343	0,96	0,91	1,7	4,1249	0,5159	1,2122	0,5779
	smrek ⁹	175	0,94	0,88	2,1	6,6720	0,4017	0,7290	0,6930
	buk ¹⁰	369	0,94	0,89	1,6	0,5142	0,9378	0,0066	1,5990
Korytnica	jedľa ⁸	154	0,97	0,94	2,2	4,1773	0,5341	2,3369	0,4582
	smrek ⁹	186	0,97	0,95	2,1	6,8572	0,4121	6,0566	0,2170
	buk ¹⁰	858	0,95	0,91	2,0	0,4557	0,9986	0,0119	1,5140
Hrable	jedľa ⁸	151	0,98	0,96	2,0	17,9202	0,2071	10,3409	0,1219
	buk ¹⁰	815	0,95	0,90	2,2	3,0157	0,5782	0,2606	0,8348
TVP 44	jedľa ⁸	540	0,95	0,91	1,9	4,5837	0,4943	1,3350	0,5326
	buk ¹⁰	153	0,95	0,90	2,1	2,1277	0,6383	0,2179	0,8752
TVP 93	jedľa ⁸	524	0,96	0,93	2,1	2,4556	0,6282	0,5606	0,7664
	smrek ⁹	88	0,96	0,92	2,2	21,4066	0,1510	28,6253	-0,1242
	buk ¹⁰	808	0,94	0,89	2,1	0,5055	0,9273	0,0215	1,3720
TVP 114	jedľa ⁸	412	0,94	0,88	2,5	10,8372	0,3214	89,8665	-0,3500
	smrek ⁹	93	0,87	0,75	2,6	17,6958	0,2212	8709,23	-1,3257
	buk ¹⁰	594	0,94	0,88	2,8	2,2250	0,6397	0,4291	0,7630
TVP 119	jedľa ⁸	102	0,97	0,94	1,7	7,2413	0,4018	18,8436	-0,0152
	buk ¹⁰	423	0,93	0,86	2,4	2,7276	0,6293	0,6491	0,7056

¹Plot, ²Tree species, ³Number of measurement, ⁴Correlation index, ⁵Coefficient of determination, ⁶Standart deviation of residues, ⁷Parameter, ⁸Fir, ⁹Spruce, ¹⁰Beech



Obr. 1: Priebeh empirických a modelových výšok jedle vo veku 77 a 120 rokov v závislosti od hrúbky na TVP č. 44

Fig. 1: The course of empirical and model height for fir at the age of 77 and 120 years depending on diameter on PVP No.44



Obr. 2: Modelové výšky jedle a buka v závislosti od hrúbky stromov vo veku 80, 100 a 120 rokov na TVP č. 44

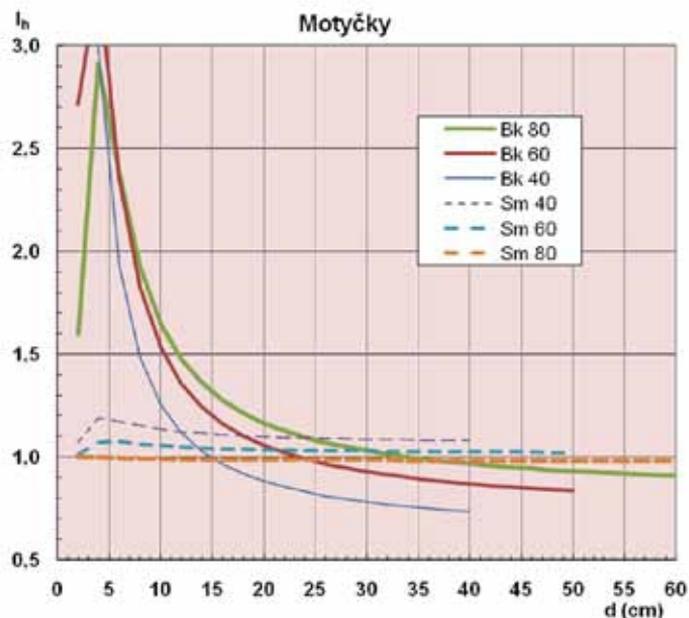
Fig. 2: Model height of fir and beech depending on tree diameter at the age of 80, 100 and 120 years on PRP No.44

Z modelov výškových kriviek sa na každej TVP zhodnotili proporcie vo výškovom raste medzi drevinami. Odvodili sa indexy výšok I_h ako podiely výšok smreka alebo buka h k výškam jedle h_{jd} podľa vzorca:

$$I_h = \frac{h}{h_{jd}} \quad (7)$$

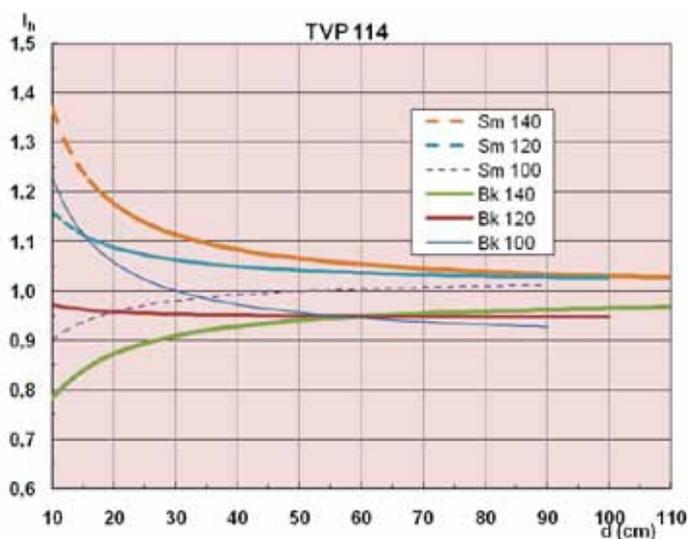
V mladších porastoch a pri menších hrúbkach (TVP Motyčky, obr. 3) majú buky približne 1,5–3,0-krát väčšie výšky ako jedle. Približne v strede hrúbkového rozsahu sú už ich výšky rovnaké a pri väčších hrúbkach dosahujú bukové stromy len 75–90 % z výšok jedle. Smreký majú do 60–70 rokov a v celom hrúbkovom rozsahu približne o 10–15 % väčšie výšky ako jedle. Vo veku 80 rokov sa pomer mení v prospech jedle. Tieto výsledky zároveň plne korešpondujú s výškovými presunmi stromov (drevín) podľa hodnotenia stromových tried, ktorú sledovali (ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2003) v rámci zmien porastovej výstavby za obdobie 30 rokov na TVP Motyčky. Pri porovnaní 30 ročného vývoja na kontrolnej (nezasahovanej) ploche sa zistilo, že smrek a borovica sa presadili v úrovni porastu, kým buk a jedľa sa vyskytovali viac v podúrovni ako v úrovni porastu. Podobný vývoj sme zistili aj na našich ostatných TVP v zmiešaných sm-jd-bk porastoch (ŠTEFANČÍK, ŠTEFANČÍK 2001, 2002), resp. ŠTEFANČÍK (2006).

Podobné pomery sú aj na TVP č. 114 (obr. 4), ktorá je o 60 rokov staršia ako TVP Motyčky. Smrek má vyššie výšky oproti jedli približne o 10–30 % pri najmenších hrúbkach. S vyššími hrúbkami sa ich rozdiel znižuje len na 1–3 %. Pri bukoch je opačný pomer. Buky nad 100 rokov majú približne o 5 % menšie výšky ako jedle. Po zhodnotení výškových indexov I na všetkých ostatných TVP môžeme konštatovať, že jedľa väčšinou zaostáva vo výškovom raste za smrekom a viac pri menších ako pri väčších hrúbkach stromov. V porovnaní k buku je to väčšinou opačne. Jedľa predstihuje svojimi výškami bukové stromy okrem najtenších stromov v mladších porastoch.



Obr. 3: Vývoj výškových indexov bukových a smrekových stromov na TVP Motyčky v závislosti od hrúbky vo veku 40, 60 a 80 rokov

Fig. 3: Development of height indices of beech and spruce on PRP Motyčky in dependence on diameter at the age of 40, 60 and 80 years



Obr. 4: Vývoj výškových indexov bukových a smrekových stromov na TVP č. 114 v závislosti od hrúbky vo veku 100, 120 a 140 rokov

Fig. 4: Development of height indices of beech and spruce on PRP No.114 in dependence on diameter at the age of 100, 120 and 140 years

ZÁVER

Z empirického materiálu opakovaných meraní 8 TVP založených v zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastoch sa odvodili regresné modely (6) výšky stromov v závislosti od ich hrúbky a veku. Základom týchto modelov je funkcia (3). Podľa odvodených modelov sa môže konštatovať, že variabilita výšok stromov v zmiešaných porastoch sa dá na 86–96 % vysvetliť variabilitou ich hrúbok a veku. Smerodajné odchýlky rezíduí skutočných od modelových výšok sú rozsahu 1,3–2,8 m. Odvodené modely veľmi dobre charakterizujú výšky stromov nielen v závislosti od ich hrúbok, ale aj od veku. Zapojením veku do modelu výšok môžeme potom hovoriť nielen o štádiových, ale aj o rastových výškových krivkách. V porovnaní s vývojovými (rastovými) výškovými krivkami, ktoré udávajú vývoj len stredných výšok a aj to len v závislosti od veku porastu, majú naše vekové výškové krivky prednosť v tom, že udávajú výšky jednotlivých stromov spojite s ich vekom a hrúbkou.

Proporcie vo výškovom raste drevín sa v zmiešaných porastoch menia. Buky majú oproti smreku a jedli výrazne vyššie výšky len v mladších porastoch a pri najmenších hrúbkach. Pri väčších hrúbkach dosahujú bukové stromy len 75–90 % z výšok jedle. Smreký majú väčšinou v celom hrúbkovom rozsahu väčšie výšky ako jedle. Tento rozdiel sa znižuje od 10–30 % pri najtenších stromoch až po 1–3 % pri najhrubších. Jedľa posilňuje svoje výškové postavenie vo vyššom veku a pri väčších hrúbkach stromov.

POZNÁMKA

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0255-10.

LITERATÚRA

- HALAJ, J., 1955: Tabuľky jednotných hmotových kriviek pre určovanie hmoty porastov. Bratislava, Štátne pôdohospodárske nakladateľstvo: 220.
- HALAJ, J., GRÉK, J., PÁNEK, F., PETRÁŠ, R., ŘEHÁK, J., 1987: Rastové tabuľky hlavných drevín ČSSR. Bratislava, Príroda: 361.
- KAHN, M., ĎURSKÝ, J., 1999: Höhenzuwachsfunctionen für Einzelbaummodelle auf der Grundlage quasirealer Baumhöhenzuwächse. Centralblatt für das gesamte forstwesen, 116 (1/2): 105–118.
- KENNEL, R., 1972: Buchendurchforstungsversuche in Bayern von 1870 bis 1970. Forstl. Forschungsanstalt, Forschungsberichte Nr. 7, München: 264.
- KUPKA, K., 2003: QC.Expert 3.1, užívateľský manuál. TryloByte, Ltd. Pardubice: 266.
- LANG, A., 1938: Bestandes-Einheitshöhenkurven der Württ. Forsteinrichtungsanstalt. AFJZ 114: 168–176.
- MICHAILOFF, I., 1943: Zahlenmässiges Verfahren für die Ausführung der Bestandeshöhenkurven. Forstwissenschaftliches Centralblatt und Tharandter Forstliches Jahrbuch 6: 273–279.

- NAGEL, J., 1991: Einheitshöhenkurvenmodell für Roteiche. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 162 (1): 16–18.
- PETRÁŠ, R., MECKO, J., 2005: Ein Einheitshöhenmodell für Pappelklone. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 176 (4): 57–60.
- SLOBODA, Š., GAFFREY, D., MATSUMURA, N., 1993: Regionale und lokale Systeme von Höhenkurven für gleichaltrige Waldbestände. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung 164 (12): 225–228.
- ŠMELKO, Š., 1981: Spojitý systém jednotných výškových kriviek rovnovekých smrekových porastov SSR. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 23: 165–179.
- ŠMELKO, Š., PÁNEK, F., ZANVIT, B., 1987: Matematická formulácia systému jednotných výškových kriviek rovnovekých porastov. Acta Facultatis forestalis Zvolen 29: 151–172.
- ŠMELKO, Š., WENK, G., ANTANAITIS, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, Príroda: 342.
- ŠTEFANČÍK, I., 2006: Changes in tree species composition, stand structure, qualitative and quantitative production of mixed spruce, fir and beech stand on Stará Píla research plot. J. FOR.SCI., 52 (2): 74–91.
- ŠTEFANČÍK, L., 1977: Prečistky a prebierky v zmiešaných smrekovo-jedľovo-bukových porastoch. (Lesnícke štúdie č.40). Bratislava, Príroda: 98.
- ŠTEFANČÍK, I., ŠTEFANČÍK, L., 2001: Assessment of tending effect on stand structure and stability in mixed stands of spruce, fir and beech on research plot Hrable. J.FOR.SCI., 47 (1): 1–14.
- ŠTEFANČÍK, I., ŠTEFANČÍK, L., 2002: Assessment of long-term tending in mixed stands of spruce, fir and beech on research plot Korytnica. J.FOR.SCI., 48 (3): 100–114.
- ŠTEFANČÍK, I., ŠTEFANČÍK, L., 2003: Effect of long-term tending on qualitative and quantitative production in mixed stands of spruce, fir and beech on Motyčky research plot. J.FOR.SCI., 49 (3): 108–124.
- WIEDEMANN, E., 1936: Über die Vereinfachung der Höhenermittlung bei Vorratsaufnahmen. Mitt. aus Forstwirtschaft. und Forstwissenschaft. 7: 387–412.

Vliv probírky na přírůst biomasy a efektivitu využití sluneční radiace v mladé horské smrčtině

EFFECT OF THINNING ON BIOMASS INCREMENT AND RADIATION USE EFFICIENCY
IN YOUNG MOUNTAIN NORWAY SPRUCE MONOCULTURE

RADEK POKORNÝ^{A, B, *}, JAN KREJZA^A

^a Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova Univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

^b Oddělení toků látek a energie, Sekce ekosystémových analýz,
Centrum výzkumu globální změny, AV ČR, v.v.i., Bělhidla 4a, 603 00 Brno,
Czech Republic *E-mail: radek.pokorny@mendelu.cz

ABSTRACT

Presented paper is focused on an assessment of the effects of the stand density and leaf area development on the radiation use efficiency in the mountain Norway spruce stand. The young even-aged (17-year-old in 1998) plantation of Norway spruce was firstly divided into two experimental plots differing in their stand density in 1995. First plots FD was modified to density 2650 trees ha⁻¹, and FS 2100 trees ha⁻¹. During the late spring of 2001 next high thinning with intensity of 15 % in reduction of stocking density was performed in plots FS. PAR regime of investigated stands was permanently measured since 1992. The total aboveground biomass (TB_A) and the TB_A increment were obtained on the basis of stand inventory. The dynamic of LAI development showed tendency to be saturated, i.e. the LAI value close to 12 seems to be maximal for the local conditions of investigated mountain cultivated Norway spruce stand in the Beskydy Mts. Remarkable stimuli (up to 17 %) of LAI formation was started in 2002, i.e. as an immediate response to realized thinning. Thus, the positive effect of thinning on LAI increase was confirmed. The data set of absorbed PAR (PAR_A) and produced TB_A in the period 1998–2003 was processed by the linear regression of the Monteith's model, which provided values of the coefficient of solar energy conversion efficiency into formed biomass (RUE). However, the RUE decrease was observed in relation to the increasing amount of PAR_A, the increased LAI clearly showed a lower ability of the dense canopy foliage to transform solar energy into the forming biomass. LAI value close 9 (m² m⁻²) appeared to be optimal for reaching of maximal RUE values as resulting from the presented relation between PAR_A and LAI

Key words: Norway spruce, PAR interception, LAI, biomass production, solar energy conversion

ABSTRAKT

Príspevek sa zabyvá stanovením vlivu rôznej hustoty porostu v dôsledku probírkového zásahu na vývoj listovej plochy, produkciu nadzemnej biomasy a efektivitu využitia slunečnej radiácie v produkcii nadzemnej biomasy mladé horské smrčtiny. Tá bola založená v r. 1981, v r. 1995 bola rozdelená podúrovňovým probírkovým zásahom na dve plochy s výraznejší rozdielnou hustotou, a to FD s 2 650 ks.ha⁻¹ a FS s 2 100 ks.ha⁻¹. Ďalší úrovňová probírka v rídšii ploše FS s 15 % redukcií hustoty bola provedená v r. 2001. Radiační režim byl sledován od r. 1992. Celková nadzemní biomasa (TB_A) a její přírůst byl stanoven z inventarizačních

dat pomocí stanovištně specifických alometrických rovnic. Listová plocha sledovaných porostních ploch měla tendenci saturovat při indexu listové plochy (LAI) ca 12 m²m⁻². K nejvýraznějšímu nárůstu LAI (o 17 %) došlo v r. 2002, bezprostředně po probírce. Ze vzájemné relace mezi množstvím absorbované fotosynteticky aktivní radiace (FARa) a množstvím vyprodukované TB_A v letech 1998–2003 bylo pomocí Monteithova lineárního modelu vypočtena efektivita využití sluneční radiace (RUE). Pokles hodnot RUE se vzrůstající FARa a současně narůstajícím LAI v ploše FD poukázal na nižší schopnost hustšího porostu transformovat sluneční energii do vyprodukované biomasy. Výsledkem prezentovaného vztahu mezi FARa s hodnotami LAI je optimální LAI ca 9 m².m⁻² pro maximalizaci RUE.

Klíčová slova: absorpce FAR, biomasa, LAI, *Picea abies*, produkce

Úvod

Produkce biomasy porostu je závislá na asimilační aktivitě a alokaci asimilátů v jednotlivých stromech. Tyto procesy jsou silně ovlivňovány půdními a klimatickými podmínkami stanoviště. Zvláště významná v ekofyziologických procesech spjatých s produkcí biomasy je dostupnost fotosynteticky aktivní radiace (FAR) a její absorpce asimilačním aparátem. Jak uvádí LINDER (1985) množství absorbované FAR v průběhu růstové sezóny stanovuje maximální potenciál produkce porostu. Skutečná produkce porostu je limitována nejen množstvím absorbované FAR, ale také efektivitou konverze této energie do vytvořené biomasy, což závisí především na struktuře porostu, dostupnosti vody a živin.

Pro kvantifikaci absorpce FAR a konverze této energie do vytvořené biomasy je používán termín – efektivita využití radiace (RUE; např. GOYNE a kol. 1993). Stanovení RUE se jeví jako vhodný přístup pro sledování množství a přírůstu biomasy pro jeho relativně snadnou stanovitelnost. Stačí měřit radiační režim porostu vhodnými čidly pro stanovení dopadající, odražené a porostem procházející FAR a přesně stanovit přírůst biomasy z inventarizačních dat. Následně lze jednoduchou lineární regresí odvodit právě RUE (resp. e ; směrnice přímky, $\Delta TB_A = e \cdot FAR_a$ (vztah 1.)), kde ΔTB_A je přírůst nadzemní biomasy, e je koeficient konverze sluneční energie do vyprodukované biomasy [$g \cdot MJ^{-1}$] a FAR_a je množství absorbované FAR). Tento vztah poprvé uvedl MONTEITH (1977) ve své analýze konverze slunečního záření do vytvořené nadzemní biomasy (suché hmotnosti) pro relativně krátké období (den – růstová sezóna). Tento teoretický vztah potvrdila empiricky řada prací (CANNELL a kol. 1987; MONTEITH 1994; MADAKADZE a kol. 1998). Zmíněný vztah byl také využit pro kvantifikaci akumulace uhlíku terestrickými ekosystémy na regionální i globální úrovni metodami DPZ pro jednoduchost jeho aplikace (MALSTROM a kol. 1997). Výše zmíněná relace silně závisí na dvou řídicích faktorech: i) schopnosti dané porostní struktury zachytit dostatečné množství FAR (FAR_i) a ii) efektivitě konverze asimilátů do biomasy. FAR_i integruje množství dopadající FAR v čase. Takže celkové množství absorbované FAR (FAR_a) danou porostní strukturou závisí na: i) množství dopadající FAR, ii) velikosti „záchytné“ listové plochy (kvantifikováno indexem listové plochy, LAI), iii) efektivitě LAI v absorpci FAR_i , a iv) uvažovaném období (nejčastěji růstová sezóna). Každý z těchto parametrů se může měnit nezávisle z různých příčin, avšak zvýšené množství dopadající FAR jedno-

duše navyšuje potenciál absorpce FAR (OKER-BLOM a kol. 1989). Světelná křivka fotosyntézy listu/porostu hyperbolického tvaru je proporcionální FARa (HAXELTINE a PRENTICE 1996).

Prostorová struktura korunové vrstvy porostu hraje klíčovou úlohu v záchytu a efektivitě využití FAR v procesu fotosyntézy velikostí a efektivitou LAI. Inklinanční úhel listoví, hustota listové plochy a její prostorová distribuce jsou v rámci architektury korunového tělesa stromu a korunové vrstvě porostu nejdůležitějšími parametry určujícími množství PARa (FORD a kol. 1990; FORD 1992). Doba absorpce FAR efektivní listovou plochou ovlivňuje konečnou produkci biomasy. Touto „dobou absorpce“ rozumíme růstovou sezónu, která je stanovena na základě sekvence několika dnů (zpravidla 5) převyšujících určitou hraniční průměrnou denní teplotu (liši se pro různé druhy dřevin; pro smrk zpravidla 5 °C; MURRAY a kol. 1989). Doba absorpce FAR a velikost listové plochy i její dynamiku v průběhu růstové sezóny popisuje parametr LADU, který integruje funkci vývoje LAI v průběhu růstové sezóny (POKORNÝ a kol. 2008). Tento parametr lze případně zjednodušit vynásobením délky růstové sezóny hodnotou sezónního maxima LAI.

Přírůst biomasy odpovídající FARa je závislý na kvalitě listoví, konverzi asimilátu do biomasy a její alokaci v rostlině. Všechny vnější faktory ovlivňující strukturu porostu, architekturu jednotlivých korun stromů a fotosyntetickou aktivitu mají tudíž potenciální vliv na efektivitu listové plochy a efektivitu konverze sluneční energie v měřítku jedinec – porost.

Předkládaný příspěvek se zabývá vlivem různé hustoty porostu, jako důsledek probírkového zásahu, na vztah mezi množstvím listové plochy a vyprodukovanou nadzemní biomasou a vztah mezi množstvím absorbované FAR a vyprodukovanou biomasou vyjadřující efektivitu listové plochy a efektivitu využití FAR mladou horskou smrčínou.

MATERIÁL A METODY

Všechna měření byla prováděna v mladé horské monokultuře smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karts.) na lokalitě Bílý Kříž (Experimentální ekologické pracoviště CzechGlobe) v Moravsko-Slezských Beskydách (49° 30' N, 18° 32' E, 908 m n. m.). Klimaticky se jedná o chladnou (průměrná roční teplota 4,9 °C) a vlhkou (roční úhrn srážek 1300 mm) oblast. Půdním typem je humusoželezitý podzol na godulském pískovci s obsahem jílu 15-38 %. Podrobnější popis stanoviště uvádí KRATOCHVÍLOVÁ a kol. (1989). Průměrná teplota vzduchu a úhrn srážek ve vybraných růstových sezónách 1998–2003 se pohybovaly mezi 11,9–16,0 °C a 566–900 mm.

Zkoumaná smrková monokultura o celkové výměře 6,5 ha byla založena umělou řadovou výsadbou, jako porost druhé generace na původní pastvině, čtyřletými sazenicemi smrku ve sponu 2 × 1 m v r. 1981. V r. 1995 byly v této monokultuře vybrány dvě plochy o velikosti 0,25 ha, kdy podúrovňovým až úrovnovým probírkovým zásahem byla vylišena plocha řídká – FS od husté – FD. V FD byla hustota porostu 2 650 ks.ha⁻¹, LAI = 9,7; v FS dosahovala hustota porostu 2 100 ks.ha⁻¹,

LAI = 7,2. Na jaře r. 2001 byla provedena úrovnňová probírka s redukcí hustoty porostu na 1 800 ks.ha⁻¹. Při redukcí 300 ks.ha⁻¹ tak intenzita zásahu dosahovala 15 % v redukcí hustoty porostu avšak téměř 23 % v redukcí LAI (o 1,5 m².m⁻²).

Radiační režim byl měřen od r. 1992 pomocí FAR senzorů LI-190S (LI-COR, Lincoln, USA), které byly umístěny nad porostem na vrcholu meteorologického stožáru pro dopadající FAR (FARi) a senzorů vlastní výroby sestávajících z fotodiód BPW-21 (Siemens; citlivost ve vlnových délkách 400–700 nm). Čidla byla cosinově korigována s maximem citlivosti v 550 nm. BPW senzory tvořící řadový set tzv. ceptometrů tj. 10 tyčí s délkou 2,5 m a rozestupem čidel 10 cm byly umístěny ca 0,5 m nad povrchem půdy po vrstevnici s orientací východ – západ napříč řadovou výsadbou pro dlouhodobé měření procházející FAR korunovou vrstvou (FARt). Jedna tyč byla umístěna v protipoloze na meteostožáru nad každou plochou pro měření odražené FAR korunovou vrstvou (FARr). Množství absorbované FAR (FARa) bylo vypočteno jako rozdíl dopadající FAR a FAR odražené i procházející korunovou vrstvou (FARa = FARi – FARr – FARt).

Měření intenzity FAR byla prováděna v intervalu 30 s, avšak do datalogeru DL-3000 (Delta-T, Anglie) byly ukládány 10-minutové průměry. Čidla BPW byla kalibrována vždy jednou ročně. Veškerá měření FAR včetně dalších meteorologických měření ve vertikálním profilu korunové vrstvy (globální radiace, teplota a vlhkost vzduchu, rychlost proudění vzduchu, koncentrace CO₂ v ovzduší apod.) probíhala na obou plochách FD a FS souběžně.

Index listové plochy (LAI) byl měřen na každé z ploch nepřímou metodou pomocí přístroje LAI-2000 PCA (Li-Cor, USA) v síti 49 měřičských stanovišť s rozestupem 1 m x 1 m, a to v ca 14-denním intervalu v průběhu všech růstových sezón (podrobněji POKORNÝ A MAREK 2000, POKORNÝ a kol. 2008).

Celková nadzemní biomasa (TBa) a její přírůst (Δ TBa) byly odvozeny z inventarizačních dat na konci každé růstové sezóny s využitím sady stanovištně specifických alometrických vztahů (POKORNÝ A TOMÁŠKOVÁ 2007). Při inventarizaci porostu byl měřen obvod kmene ve výšce 1,3 m nad zemí kovovým metrem (s přesností 0,1 cm), pro přesné stanovení výčetní tloušťky (DBH) a výška stromů (H) byla měřena výškoměrem Forestor Vertex (I. Haglöf, Sweden, s přesností 0,1 m). Přírůst biomasy byl stanoven jako rozdíl mezi hodnotami biomasy porostu stanovené pro danou a předchozí růstovou sezónu. Ačkoliv dendrometrické parametry stromů (DBH, H, délka a šířka koruny, objem koruny atd.) stejně jako biomasa jednotlivých orgánů korelují s indexem kompetice (POKORNÝ 2002), allometrické rovnice mezi DBH a TBa se pro jednotlivé plochy vzájemně neliší ($\square=0.05$). Efektivita konverze sluneční radiace do vytvořené biomasy (RUE = e) byla kalkulována ze vztahu (1).

VÝSLEDKY

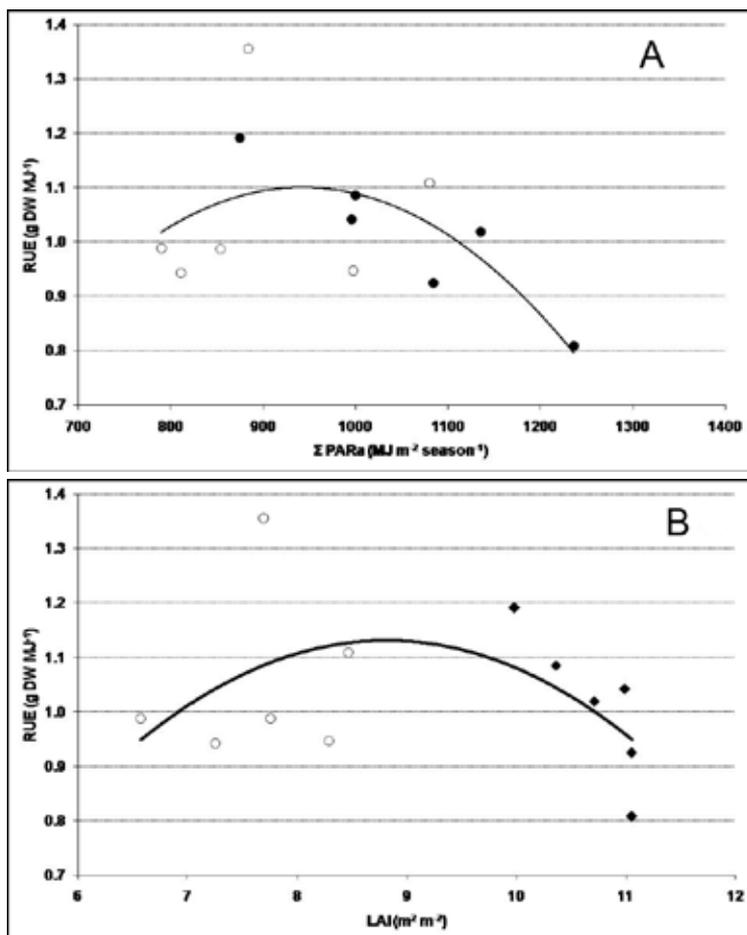
Z hlediska kvantifikace množství dopadající FAR se obě porostní plochy nelišily a na obě dopadlo za šest vybraných růstových sezón (1998–2003) celkem 7 302 MJ m⁻² sluneční energie ve vlnové oblasti 400–700 nm. V množstvích absorbované FAR byl již mezi plochami nalezen rozdíl, v FD bylo absorbováno celkem 6 326 MJ m⁻² a v FS 5 417 MJ m⁻². FD porost tak absorboval 86 % a FS 74 %. Povrch

korunové vrstvy odráží jak v ploše FS tak FD obdobně ca 2–3 % dopadající FAR. Zbylé množství procházející FAR bez záchytu korunovou vrstvou dosahující půdního povrchu je větší v FS (24 %) než v FD (11 %). Množství zachycené FAR bylo závislé na fázi vývoje porostu, resp. vývoji LAI. V průběhu zkoumaných sezón narostlo pozvolna sezónní maximum LAI v ploše FD o 11 % (ca z 10 na 11), zatímco v ploše FS o 17 % v období 1998–2000, poté došlo k redukci bezprostředně po probírkovém zásahu (o 23 %) a v r. 2003 již plocha FS dosahovala stejných hodnot sezónního maxima LAI jako před probírkovým zásahem.

Produkce nadzemní biomasy na obou plochách do r. 2000 odpovídala množství FARA a vývoji LAI. Postupný vývoj LAI odpovídal přírůstu biomasy v probírkové ploše FS, zatímco v FD přírůst biomasy v r. 2001 poklesl a nadále stagnoval (kolem hodnoty 1 kg.m⁻²). Vysoká hodnota LAI v FD, která způsobovala větší absorpci FAR, tak nepředurčovala vysokou produkci nadzemní biomasy. Nejvyšší roční produkci TBA vykazoval porost FS v letech 2002 a 2003 (1,2 kg.m⁻²).

Vývoj LAI odpovídal množství FARA. Při proložení dat přímkovou závislostí procházející nulou a porovnání hodnot směrnic mezi plochami FS a FD (117,9 vs 98,8) bylo zřejmé, že v FS obdobná listová plocha jako v FD absorbuje větší množství FAR. Jinak řečeno, stejné množství FAR je absorbováno menší listovou plochou v FS v porovnání s FD. Efektivita absorpce FAR na jednotku listové plochy byla vyšší pro hodnoty LAI mezi 6–9 v FS než pro hodnoty 9–12 v FD. Toto potvrzuje proložení dat obou ploch logaritmickou funkcí ($r^2 = 0,58$) mezi hodnotami LAI a FARA, kdy stoupající tendence FARA začíná saturovat (první derivace funkce křivky) v intervalu hodnot LAI 8–10 kolem LAI = 9 m².m⁻².

Hodnota RUE dané růstové sezóny je výsledným odrazem schopnosti dané porostní struktury, dané prostorové distribuce listové plochy transformovat sluneční energii do biomasy. K ohodnocení důležitosti těchto parametrů je možné dospět ze vzájemné relace mezi RUE a FARA či LAI (sezónní maximum; Obr. 1). Z hlediska RUE se tak jeví hodnota LAI kolem 9 m² m⁻² jako optimální. Nárůst LAI, který neodpovídá nárůstu biomasy ačkoli dochází k poměrně velké absorpci FAR, není spjat s nárůstem RUE v ploše FD. Pozitivní vliv probírkového zásahu v ploše FS je naopak s nárůstem RUE spjat úzce. Z porovnání let 2001 a 2002 vyplývá trend a kulminace RUE v růstové sezóně po roce od realizace zásahu. Pokud bychom použili Monteithův lineární model, pak se koeficient konverze energie slunečního záření do vytvořené biomasy (e) v letech před probírkovým zásahem (1998–2000) a v ploše FD i poté bude pohybovat ca mezi 0,96–0,98 g.MJ⁻¹. Na ploše FS po probírkovém zásahu RUE stoupla na 1,36 g.MJ⁻¹ (2002) a 1,16 g.MJ⁻¹ (2003). V FD RUE po r. 2001 klesala až na 0,80 g.MJ⁻¹ (2003).



Obr. 1: Vztah mezi sezónními hodnotami efektivitu využití sluneční radiace (RUE) a (A) sezónní sumou absorbované fotosynteticky aktivní radiace (PARa), a (B) sezónním maximum indexu listové plochy (LAI) v hustém (FD) a řídkém (FS) porostu smrku ztepilého

Fig. 1: Relationship between seasonal values of radiation use efficiency (RUE) and (A) seasonal amount of absorbed photosynthetically active radiation (PARa), and (B) seasonal maximum of leaf area index (LAI) values in dense (FD- full diamonds) and sparse (FS – open circles) Norway spruce stands.

DISKUSE

Celkové množství FAR absorbované korunovou vrstvou není závislé pouze na množství dopadající FAR, ale také na měnících se faktorech jako délka růstové sezóny (určováno teplotou vzduchu), dobou trvání slunečního svitu (závisí na zeměpisné šířce, orografii), počtu jasných a zamračených dnů atd. Také struktura porostu, reprezentovaná počtem stromů v porostu, strukturou korun a množstvím aktivní listové plochy jsou velmi důležité faktory (STENBERG a kol. 1994). Parametry struktury porostu jsou tedy klíčové pro konečnou interakci porostu s FARi.

Z toho plyne, že nižší podíl FARA a FARr na FARi v řídkém porostu (FS) je výsledkem menší listové plochy a většího množství FART, které dopadá na povrch půdy porostu bez zachytu korunovou vrstvou.

Stanovení LAI porostu je v podstatě výsledek počtu stromů na sledovaném stanovišti; sponu vysázených jedinců a probírkových zásahů. Na sledovaných plochách byl spon v době výsadby 2m x 1m, což je běžná lesnická praxe v obhospodařovaných smrkových monokulturách. V roce 1995 byla provedena první schematická probírka, aby se rozlišila plocha s nižší hustotou o velikosti 0,25 ha. Dynamika vývoje LAI tak byla spjata s hustotou porostu. Během sledovaného období let 1998–2003 vykazovala plocha FD vyšší hodnoty LAI ve srovnání s FS (POKORNÝ a kol. 2008). Od 1998 do 2000 hodnoty LAI narůstaly úměrně na obou plochách. Po probírce na jaře 2001 začalo výrazně redukované LAI v FS (o 23 %) rychle narůstat a hodnoty LAI tak v FS a FD byly již v r. 2003 rozdílné obdobně jako v předchozích letech. Příčinou není jen rychlý nárůst listové plochy v FS, ale také počínající saturace velikosti LAI v FD. Rozdíl mezi sezónními maximy hodnot LAI byl v FD ca 3 %. Dynamika vývoje LAI tak v hustší smrkové ploše začala dosahovat maximální hodnoty LAI, kolem níž se následně s menšími výkyvy LAI porostu pohybuje (převážně díky limitaci dusíkem) více méně až do stádia rozpadu (WANG 1988). Hodnota LAI blízká se hodnotě 11–12 m².m⁻² se zdá být maximální (vyváženou) pro lokální podmínky daného horského porostu smrku ztepilého v oblasti Beskyd. V řídké ploše (FS) sezónní maximum LAI narůstalo o 7 % až 17 %. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán v r. 2002, tj. následující růstovou sezónu po probírkovém zásahu. Byl tak potvrzen pozitivní vliv probírky na růst LAI a stimulaci tvorby biomasy jako obecný jev (HARRINGTON a REUKEMA 1983; WANG 1988). Interakce mezi FARA a fyziologickou aktivitou listoví mají za následek konečnou tvorbu nové biomasy. Anatomické a chemické charakteristiky listoví stejně jako jeho fyziologická aktivita jsou přizpůsobeny světelnému režimu (NIINEMETS 1997). Na základě těchto přizpůsobení mohou být rozlišeny slunné a stinné typy listoví/jehlic s různými kvalitativními charakteristikami. Vyšší náklady (respirační ztráty) na udržování pletiv korunové vrstvy v FD měly vliv na nižší přírůst biomasy. Roční přírůst biomasy činil v průměru 5 %, kdy hodnoty LAI v FD byly menší než 10 m².m⁻². Po překročení této hodnoty, klesl roční přírůst biomasy na 3–4 %.

Dosažení určité kritické (saturační) hodnoty LAI zaznamenal vztah mezi LAI a FARA (Obr. 1). Účinnost absorpce slunečního záření na jednotku listové plochy roste jen v určitém optimálním rozmezí hodnot LAI (LINDER 1985; ČERMÁK 1998; MADAKADZE et al. 1998). Nárůst absorpce FAR na jednotku LAI byl v řídké variantě porostu (LAI 7–8,5) oproti husté větší až 19 %. Následný přírůst listoví tak neměl za následek velké zvýšení absorpce slunečního záření, ale přírůst listoví „vyšší kvality“. Využití sluneční radiace je v principu ovlivněno (dle LINDER 1985 a STENBERG a kol. 1994): (i) množstvím slunečního záření absorbovaném korunovou vrstvou porostu a (ii) listovou plochou, která je schopná sluneční záření zachytit. Vztah mezi RUE a FARA a/nebo LAI (Obr. 1) poukazuje na důležitost a konečný vliv listové plochy na produkci biomasy. Vyšší množství listoví na ploše FD sice zachycuje větší množství FAR, nicméně s nižší efektivností jak ukazuje RUE. Vzájemné stínění v husté koruně má za následek pokles RUE, neboť se zde

vyskytuje převážně stinný typ listoví, který má vysoké udržovací nároky pletiv a nižší asimilační výkonnost. Realizovaná úroňová probírka tak vyvolala tvorbu nového fyziologicky aktivního listoví (HELMS 1964; HARRINGTON a REUKEMA 1983; WANG 1988; MAREK a kol. 1997). Pozitivní vliv probírky provedené v roce 2001 se odrazil v nárůstu LAI i RUE. Dosažení či překročení kritické hodnoty LAI v FD mělo naopak za následek pokles RUE (JARVIS a kol. 1976; JARVIS a LEVERENZ 1983), protože značné množství absorbovaného FAR se nepodílí přímo na transformaci sluneční energie do tvorby nové biomasy. Zvýšené množství listoví se nepodílí na efektivním využití asimilátů, zvyšuje se temnotní respirace a transpirace jako funkce zvýšeného objemu stinného listoví (STENBERG a kol. 1994). Dosažená hodnota LAI hustší plochy FD se proto pravděpodobně blíží své hranici. Struktura FD, tj. hustá korunová vrstva, proto není výhodná. Zatímco byl na ploše FD sledován stálý roční pokles RUE, nově formované listoví slunného typu výrazně zvýšilo roční RUE na ploše FS. Byl tak potvrzen okamžitý pozitivní vliv probírky na účinnost asimilace a transformaci sluneční energie do nadzemní biomasy. Dopad této klasické lesnické praxe na přírůst biomasy je nesporný.

Pokud je analyzována lineární závislost mezi absorbovaným FAR a produkcí sušiny, zůstává základní otázkou, zda a v jakých podmínkách je tato závislost přijatelná. Silná lineární závislost s počátkem v nule mezi zachyceným FAR a produkcí nadzemní biomasy byla nalezena mnoha autory (zvláště pro borovici: DALLATEA a JOKELLA (1991) pro *Pinus radiata* a *Pinus elliottii* a *Pinus taeda*). I práce LINDERA (1985) popisuje silnou lineární závislost mezi ročním přírůstem nadzemní biomasy a zachyceným FAR pro různé druhy dřevin. Bohužel, jeho regresní křivky protínají osu y v záporných hodnotách při $x = 0$, což je v rozporu s obecným předpokladem, že přírůst biomasy je nulový při nulové absorpci FAR. Linderovy hodnoty e se pohybovaly v rozmezí 0,27 až 1,60 g.MJ⁻¹. Variabilita nalezena mezi jednotlivými druhy dřevin se pohybuje nejčastěji v rozmezí: 0,36–1,70 g.MJ⁻¹ (LINDER 1985; DALLATEA a JOKELLA 1991; McMURTRIE a kol. 1994; MADAKADZE a kol. 1998). Hodnoty e získané pro sledovaný smrkový porost jsou v rozmezí publikovaných. Rozdíly hodnot e získaných pro hustou a řídkou plochu po probírce činil 18 %. Před probírkou byla transformace slunečního záření vyšší v FD. Rozdíly mezi absorbovaným FAR a LAI činila 18 % a 30 % v FD a FS. Přírůst biomasy byl vyšší na ploše, kde byla provedena probírka, a rozdíl na konci období sledovaných let byl 20 %. Je tedy evidentní, že dosažení určité hranice množství listoví neznamená větší transformaci sluneční energie do tvorby biomasy.

Bez ohledu na dřívější výsledky, nelineární závislost mezi sezónním množstvím FARA a produkcí sušiny za příznivých přírodních podmínek (STENBERG a kol. 1994; TSUBO a WALKER 2002) výrazně redukuje případnou možnost jejich využití pro odhad růstu z hodnot zachyceného záření. Nelinearita vztahu je způsobena pravděpodobně skutečností, že je v kalkulaci použit pouze přírůst nadzemní biomasy a přírůst kořenů je zanedbán. Další příčiny nelinearity se mohou vyskytnout díky nepřesnosti stanovení FARA. Využití horizontálně umístěných čidel plně neodpovídá skutečné situaci procesu absorpce FAR korunovou vrstvou. Jisté zlepšení je možné očekávat při použití sítě malých čidel umístěných kolmo na osu letorostu. Nicméně hlavní vliv probírky na probíraný vztah je připisován struktuře porostu,

především množství, kvalitě a distribuci listoví. Vliv probírky a existence hraniční hodnoty LAI na konečnou hodnotu RUE jsou důležitým výsledkem.

ZÁVĚR

Vliv hustoty porostu resp. probírkového zásahu na absorpci FAR, velikost listové plochy, přírůst nadzemní biomasy a efektivitu využití radiace v tvorbě biomasy byl studován v mladé horské smrčíně v období šesti růstových sezón. Ačkoli bylo celkové množství absorbované FAR vyšší v husté ploše (FD, LAI 9–12, 2 650 ks.ha⁻¹), efektivita absorpce FAR na jednotku listové plochy byla vyšší u řídkší plochy (FS, 2100–1800 ks.ha⁻¹) s hodnotami LAI mezi 6–9. V letech 1998–2000 vzrůstaly hodnoty LAI proporcionalně v obou plochách, po probírkovém zásahu došlo v FS k výraznému poklesu LAI (o 23 %) v důsledku úrovněvé probírky, avšak již dva roky poté byl rozdíl v LAI mezi plochami opět ve stejné proporcii. Úrovněvý zásah stimuloval v následujícím roce (tj. 2002) přírůst LAI o 17 %. To vedlo k pozitivnímu vlivu na transformaci sluneční energie do biomasy jako důsledek nejen kvantity, ale i kvality asimilačního aparátu. Nově vytvořený slunný typ asimilačního aparátu výrazně zvýšil hodnotu RUE, zatímco v FD docházelo ke stálému poklesu těchto hodnot. Rozdíl v hodnotách RUE po probírkovém zásahu dosahoval mezi plochami FS a FD 18 %. Pokles hodnot RUE se vzrůstající FARA s narůstajícím LAI v ploše FD poukázal na nižší schopnost hustšího porostu transformovat sluneční energii do vyprodukované biomasy. Výsledkem prezentovaného snižujícího se FARA s hodnotami LAI ca nad 9 m² m⁻² ukazují tuto hodnotu jako optimální pro RUE. Úrovněvá probírka střední intenzity (15% redukce hustoty a 23% redukce LAI) vede ke zvýšení intenzity procesu transformace energie slunečního záření do nadzemní biomasy a rychlému znovu nahrazení LAI.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum probíhá za podpory Operačního programu CZ 1.05 Výzkum a vývoj pro inovace prioritní osa 1 Evropská centra excelence, projekt *CzechGlobe – Centrum pro studium dopadu globální změny klimatu* (CZ.1.05/1.1.00/02.0073) a projektu CzeCOS (LM 2010007).

LITERATURA

- CANNELL, MGR., MILNE R, SCHEPPARD IJ, UNSWORTH MH 1987: Radiation interception and productivity of willow. *J Appl Ecol* 24: 261–278.
- ČERMÁK, J., 1998: Leaf distribution in large trees and stands of the floodplain forest in southern Moravia. *Tree Physiol* 18:727–737.
- DALLATEA, F., JOKELLA, E.J., 1991: Needlefall, canopy light interception, and productivity of young intensively managed slash and loblolly pine stand. *Forest Sci* 37: 1298–1313.
- FORD, E.D., AVERY, A., FORD, R., 1990: Simulation of branch growth in the *Pinaceae*: interactions of morphology, phenology, foliage productivity, and the requirement for structural support, on the export of carbon. *J Tudor Biol* 146: 15–36.

- FORD, E.D., 1992: The control of tree structure and productivity through the interaction of morphological development and physiological processes. *Int J Plant Sci* 153: Part 2, S147–S162.
- GOYNE, P.J., MILROY, S.P., LILLEY, J.M., HARE, J.M., 1993: Radiation interception radiation use efficiency and growth of barley cultivars. *Aust J Agric Res* 44: 1351–1366.
- HARRINGTON, C.A., REUKEMA, D.L., 1983: Initial shock and long-term stand development following thinning in a Douglas-fir plantation. *For Sci* 29: 33–44.
- HAXELTINE, A., PRENTICE, I.C., 1996: A general model for light-use efficiency of primary production. *Funct Ecol* 10: 551–561.
- HELMS, J.A., 1964: Apparent photosynthesis of Douglas-fir in relation to silvicultural treatment. *For Sci* 10: 432–442.
- JARVIS, P.G., JAMES, G.B., LANDSBERG, J.J., 1976: Coniferous forest. In: Monteith, J.L. (ed.) *Vegetation and the Atmosphere*. Academic Press, London - New York - San Francisco, pp.171–240.
- JARVIS, P.G., LEVERENZ, J.W., 1983: Productivity of temperate, deciduous and evergreen forests. In: Lange OL, Nobel PS, Osmond CB, Ziegler H. (eds.), *Physiological Plant Ecology IV New Series*. Vol 12D. Springer, Berlin – Heidelberg – New York, pp. 223–280.
- KRATOCHVÍLOVÁ, I., JANOUŠ, D., MAREK, M., BARTÁK, M., ŘÍHA, L., 1989: Production activity mountain cultivated Norway spruce stands under the impact of air pollution. I. General description of problems. *Ekológia (CSFR)* 4: 407–419.
- LINDER, S., 1985: Potential and actual production in Australian forest stands. In: Landsberg JJ, Parson W. (eds.) *Research for Forest Management*. CSIRO, Melbourne, pp. 11–35.
- MADAKADZE, I.C., STEWART, K., PETERSON, P.R., COULMAN, B.E., SAMSON, R., SMITH, D.L., 1998: Light interception, use-efficiency and energy yield of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) grown in a short season area. *Biomass & Bioenergy* 15: 475–482.
- MALSTROM, C.M., THOMPSON, M.V., JUDAY, G.P., LOS S.O., RANDERSON, J.T., FIELD, C.B., 1997: Interannual variation in global-scale net primary production: testing model estimates. *Global Biogeo Cycle* 11: 367–392.
- MAREK, M.V., MARKOVÁ, I., KALINA, J., JANOUŠ, D., 1997: Effect of thinning on parameters of photosynthesis characteristics of Norway spruce canopy. I. Light penetration and photosynthesis. *Lesnictví - Forestry* 43: 141–153.
- McMURTRIE, R.E., GHOLZ, H.L., LINDER, S., GOWER, S.T., 1994: Climatic factors controlling productivity of pines stand a model-based analysis. In: Gholz HL, Linder S, McMurtrie RE (eds.) *Environmental Constraints on the Structure and Productivity of Pine Forest Ecosystems: A Comparative Analysis*. *Ecol Bull* 43: 173–188.
- MONTETH, J.L., 1977: Climate and efficiency of crop production in Britain. *Phil Trans R Soc London B* 281: 227–294.
- MONTETH, J.L., 1994: Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. *Agr For Meteorol* 68: 213–220.
- MURRAY MB., CANNELL MGR., SMITH R.I., 1989: Date of budburst of 15 tree species in Britain following climatic warming. *J. Appl. Ecol.* 26: 693–700.

- NIINEMETS, U., 1997: Acclimation to low irradiance in *Picea abies*: influences of past and present light climate on foliage structure and function. *Tree Physiol.* 17, 723–732.
- POKORNÝ, R., 2002: Leaf area index in forest stands. PhD Thesis. Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University of Agriculture and Forestry University in Brno (in Czech with the English abstract).
- POKORNÝ, R., MAREK, M.V., 2000: Test of accuracy of LAI estimation by LAI-2000 under artificially changed leaf to wood area proportions. *Biologia Plant* 43: 517–544.
- POKORNÝ, R., TOMÁŠKOVÁ, I., 2007: Allometric relationships for surface area and dry mass of Norway spruce aboveground organs. *Journal of Forest Science* 53 (12): 548–554.
- POKORNÝ, R., TOMÁŠKOVÁ, I., HAVRÁNKOVÁ, K. 2008: Temporal variation and efficiency of LAI in young mountain Norway spruce stand. *European Journal of Forest Research* 127 (5): 359–367.
- OKER-BLOM, P., PUKKALA, T., KUULUVAINEN, T., 1989: Relationship between radiation interception and photosynthesis in forest canopies: effect of stand structure and latitude. *Ecol Modelling* 49: 73–97.
- STENBERG, P., KUULUVAINEN, T., KELLOMAKI, S., GRACE, J.C., JOKELLA, E.J., GHOLZ, H.L. 1994: Crown structure, light interception and productivity of pine trees and stands. In: Gholz HL, Linder S, McMurtie RE (eds.) *Environmental Constraints on the Structure and Productivity of Pine Forest Ecosystems: A Comparative Analysis*. *Ecol Bull* 43: 20–34.
- TSUBO, M., WALKER, S., 2002: A model of radiation interception and use by a maize-bean intercrop canopy. *Agr For Meteorol* 110: 203–215.
- WANG, Y.P., 1988: Crown structure, radiation, absorption, photosynthesis and transpiration. Dissertation. University of Edinburgh.

VÝVOJ KVANTITATÍVNEJ PRODUKČIE PORASTU DUBA ZIMNÉHO
(*QUERCUS PETRAEA* [MATTUSCH.] LIEBL.) S ROZDIELNYM REŽIMOM VÝCHOVY

DEVELOPMENT OF QUANTITATIVE PRODUCTION OF OAK (*QUERCUS PETRAEA*
[MATTUSCH.] LIEBL.) STAND UNDER DIFFERENT THINNING REGIME

IGOR ŠTEFANČÍK

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, Masarykova 22,
960 92 Zvolen

ABSTRACT

In the paper, selected quantitative parameters of 57-year old oak pole stage stand were analysed on research plots with different thinning regime at establishment of itself. Six thinning treatments were performed with interval 8, 14 and/or 5 years. We applied the method of target (crop) trees in three partial plots and method of promising trees in one plot with different intensity of releasing trees of selective quality (promising and target trees). Both method results have been compared with the control (untreated plots). Preliminary outcomes suggested that from quantitative point of view the best results were achieved in plots, where target trees were released by removing one and/or two trees at stand age of 19 years. These results confirmed known fact, that tending of young oak stands should be realised by middle thinning intensity.

Keywords: oak, (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.), thinning, quantitative production

ABSTRAKT

V príspevku sa analyzujú vybrané kvantitatívne znaky 57-ročnej žrdoviny duba zimného vychovávanej od založenia výskumných plôch rozdielnymi spôsobmi. Doteraz sa vykonalo 6 prebierkových zásahov s intervalom 8, 14, resp. 5 rokov. Na troch plochách sa aplikovala metóda cieľových stromov a na jednej ploche metóda nádejných stromov s rozdielnou intenzitou uvoľňovania stromov výberovej kvality (nádejné a cieľové stromy). Obidve metódy sa porovnali s výsledkami z kontrolných (nezasahovaných) plôch. Predbežné výsledky naznačujú, že z hľadiska kvantitatívnej produkcie sa najlepšie ukazujú plochy, kde cieľové stromy boli uvoľnené jedným alebo dvoma jedincami na začiatku výchovy, t.j. vo veku 19 rokov. Uvedené výsledky potvrdili známu skutočnosť, že výchovné zásahy v mladých dubových porastoch by mali byť miernej intenzity.

Kľúčové slová: dub, (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.), prebierky, kvantitatívna produkcia

Úvod

Dub je druhou najrozšírenejšou listnatou drevinou na Slovensku s podielom 13,3 % z výmery lesov (ZELENÁ SPRÁVA 2010). Aj keď v dubových porastoch (zmiešaných i nezmiešaných) sa vždy dôraz kládol na kvantitatívnu produkciu (napr. KRAHL-URBAN 1959; VENET 1967; BAKSA 1970; KORPEL 1981) hlavným cieľom je najmä zabezpečenie vysoko kvalitnej produkcie (napr. KORPEL 1964; SCHÜTZ 1993; GUBKA, SKLENÁR 2006; CHROUST 2007; SLODIČÁK et al. 2009; ŠTEFANČÍK 2012), ktorú možno dosiahnuť jedine vhodnou výchovou predovšetkým v najmladších rastových fázach (VYSKOT 1958; KORPEL 1981; CHROUST 1997).

V minulosti sa uskutočnilo viacero experimentov zameraných na porovnanie rôznych spôsobov výchovy dubových porastov (CHROUST 1958, 1997; KORPEL 1964, 1981; BAKSA 1970), na ktoré nadviazali aj novšie výskumy (SLODIČÁK et al. 2009; ŠTEFANČÍK 2012). Prakticky vo všetkých prípadoch sa potvrdilo, že najlepšie výsledky sa dosiahli pri aplikácii úrovňových prebierok s pozitívnym výberom, pri ktorom sa vhodnou intenzitou uvoľňovali koruny určitého počtu nádejných (cieľových) stromov, ktoré sa najčastejšie vyberali a označili v rastovej fáze mladín až žrdkovieň podľa určitých kritérií (KORPEL 1984; ŠTEFANČÍK 1991). Pri výchove sa postupovalo zväčša celoplošne, ale známe sú aj pokusy s neceloplošnou výchovou (KORPEL 1974, ŠTEFANČÍK 2011). Z hľadiska metód sa najlepšie výsledky dosiahli metódou cieľových (nádejných) stromov (BAKSA 1970; ŠTEFANČÍK 1991; ŠTEFANČÍK 2012).

Cieľom tohto príspevku je porovnať zmeny vybraných porastových (kvantitatívnych) znakov v dubovom poraste za obdobie 38 rokov, pri rôznom spôsobe výchovy.

MATERIÁL A METODIKA

Objektom výskumu bola dubová žrdovina (*Quercus petraea* [Mattusch.] Liebl.) série trvalých výskumných plôch (TVP) Veľká Stráž II, ktorá sa nachádza v katastri mesta Zvolen. Predmetný porast vznikol prirodzenou obnovou materského dubového porastu s primiešaným hrabom, veľkoplošným clonným rubom. TVP boli založené v roku 1972 vo veku porastu 19 rokov, pričom do založenia plôch sa vykonala iba jedna prečistka zameraná na odstránenie ostatných (pionierskych drevín), resp. borovice obyčajnej, ale do častí porastu s dubom sa zasiahlo ojedinele (BAKSA 1975).

TVP sa nachádzajú vo Zvolenskej kotline v nadmorskej výške 360 m, 2.lesný vegetačný stupeň, Z expozícia, svah so sklonom menej ako 10 %, skupina lesných typov (SLT) *Fageto-Quercetum*, lesný typ (LT) 2309 – ostricová buková dúbrava s chľpaňou (*Carex pilosa*, *Luzula nemorosa*), hospodársky súbor lesných typov (HSLT) 208 – sprašové bukové dúbravy, hospodársky súbor (HS) 25 – živná buková dúbrava, ekologický rad B, geologický podklad andezit, pôda kambizem modálna nasýtená, priemerná ročná teplota 7,5 °C, priemerný ročný úhrn zrážok 700 mm. Sériu TVP tvorí 6 čiastkových plôch: P 1, P 2, P 3 – kde sa aplikovala metóda cieľových stromov s rôznou intenzitou uvoľňovania korún cieľových stromov (120–173 ks.ha⁻¹), resp. plocha N – kde sa realizovala metóda nádejných stromov (1 161 ks.ha⁻¹ na začiatku výskumu vo veku 19 rokov). Výmera týchto plôch je 0,15 ha. Ostatné dve plochy sú kontrolné (bez zásahov) s výmerou 0,075 ha, kde sa pri založení plôch označilo na 1 ha 1 074 ks nádejných stromov (0_N), resp. 160 ks cieľových stromov (0_C).

Pri založení TVP sa stanovil nasledujúci výskumný program:

P 1 – uvoľnenie cieľových stromov podľa pestovnej potreby (odstránenie jedného, výnimočne dvoch úrovňových stromov);

P 2 – uvoľnenie cieľových stromov odstránením dvoch jedincov z úrovne porastu;

P 3 – uvoľnenie cieľových stromov odstránením troch jedincov z úrovne porastu;

N – metóda nádejných stromov;

0_N – kontrolná plocha s vyznačením nádejných stromov;

0_C – kontrolná plocha s vyznačením cieľových stromov.

Prvé meranie spolu so zásahom sa uskutočnilo na jar v roku 1973 (BAKSA 1975). Po uplynutí 8-ročného intervalu, t.z. na jar v roku 1981 sa vykonalo druhé biometrické meranie, pestovná klasifikácia a zásah podľa rovnakej metodiky (REMIŠ 1982). Odvtedy sa na sledovanej TVP nevykonali žiadne merania ani zásahy. Až v roku 1994 boli plochy rekonštruované a všetky výskumné práce na nej až do súčasnosti sa vedú podľa metodiky ŠTEFANČÍKA (1984). Tretie biometrické meranie sa vykonalo v roku 1995 a odvtedy sa biometrické merania a vykonanie zásahov zjednotilo na pravidelnom 5-ročnom intervale, takže do súčasnosti sa vykonalo aj 4., 5. a 6. meranie (v rokoch 2000, 2005 a 2010).

Od tretieho biometrického merania (od roku 1995) sa výskumný program modifikoval v tom zmysle, že ukazovateľom uvoľnenia korún cieľových a nádejných stromov nebol počet odstránených konkurentov, ale rôzna voľnosť, resp. stupeň voľnosti ich korún. Biometrické merania a pestovná klasifikácia spolu so zásahom sa vykonávajú podľa štandardných postupov, v rámci ktorých sa merajú a hodnotia hrúbka d , výška stromov, relatívne výškové postavenie, kvalita kmeňa a koruny, veľkosť^{1,3} koruny. Hrúbky $d_{1,3}$ všetkých očíslovaných stromov sa merajú s presnosťou 1 mm vo dvoch navzájom kolmých smeroch. Výšky stromov s presnosťou 0,5 m a šírky korún s presnosťou 0,1 m sa merajú na prierezových pásoch (tranzektoch), ktoré sú stabilizované po vrstevnici v šírke 10 m cez stred každej čiastkovej TVP. Výšky stromov sa merajú aj pri všetkých stromoch výberovej kvality (nádejné a cieľové stromy). Objem sa počíta metódou objemových tabuliek.

Všetky evidované stromy v poraste sa hodnotili aj podľa pestovnej klasifikácie, ktorá zahŕňa postavenie stromov so zreteľom na spoločenstvo podľa 5 vzrastových tried a kvalitatívne hodnotenie kmeňa (podľa 3.stupňov) a koruny (podľa 4.stupňov); ďalej podľa hospodárskej klasifikácie, v rámci ktorej sa odhadujú perspektívne sortimenty kmeňa podľa 4 kvalitatívnych tried.

Podkladový materiál bol spracovaný bežnými biometrickými a štatistickými metódami v zmysle štandardných metodík. Pre zistenie štatistickej významnosti rozdielov sme použili jednofaktorovú analýzu variancie ANOVA.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vývoj porastových parametrov na TVP Veľká Stráž II je v tab.1, z ktorej vyplýva, že najväčší úbytok počtu stromov (N) bol na ploche P 3 (85,4 %) v porovnaní s počiatočným stavom a najmenší na kontrolných plochách. Čo sa týka kruhovej základne (G), okrem kontrolných plôch sme najväčší nárast (319 %) zaznamenali na ploche P 1, resp. najnižší na ploche P 3 (214 %). Rovnaké výsledky sme zistili aj pri objeme hrubiny (V_{7b}), keď na P 1 bol nárast 700 %, kým na ploche P 3 iba (472 %).

Tabuľka 1: Vývoj porastových parametrov na TVP Veľká Stráž II
Table 1: Development of mensuration parameters in PRP Veľká Stráž II

Plocha ¹	Vek ² (roky) ³	Počet stromov ⁴ (ks.ha ⁻¹)	Kruhovú základňu ⁵ (m ² .ha ⁻¹)	Objem hrubiny ⁶ (m ³ .ha ⁻¹)	Stredná ⁷	
					hrúbka ⁸ d _{1,3} (cm) (d _g)	výška ⁹ (m) (h _g)
P 1	19*	10521	9,70	38,60	3,4	6,2
	42	3426	23,83	146,95	9,6	13,9
	57	2079	30,95	270,04	14,4 ^a	17,7 ^N
P 2	19*	10150	12,19	50,60	3,9	6,6
	42	3199	24,96	161,71	10,0	13,7
	57	1760	31,29	289,00	15,5 ^{ab}	18,2 ^N
P 3	19*	10873	12,79	51,06	3,9	6,5
	42	3046	20,77	128,78	9,6	13,4
	57	1586	27,43	240,81	15,4 ^{ab}	17,7 ^N
N	19*	9085	12,50	52,19	4,2	6,7
	42	3313	21,80	135,79	9,9	13,5
	57	2027	29,81	258,52	15,6 ^{ab}	17,9 ^N
0 _c + 0 _N	19*	9220	12,83	48,89	4,2	6,7
0 _c	42	4360	30,64	191,92	9,7	13,8
	57	2267	37,48	335,91	15,1 ^{ab}	18,4 ^N
0 _N	42	3600	31,33	213,13	10,6	14,5
	57	2106	39,08	357,44	16,4 ^b	18,9 ^N

¹Plot, ²Age, ³Years, ⁴Number of trees per hectare, ⁵Basal area, ⁶Volume of the timber to the top of 7 cm, ⁷Mean, ⁸Diameter, ⁹Height

Poznámka¹: * – údaje prevzaté zo záverečnej správy (BAKSA 1975)

Note¹: * – data of this measurement were taken from the final report by BAKSA (1975)

Poznámka²: Hodnoty s rozdielnymi písmenami sú štatisticky významné na hladine $\alpha = 0,05$

Note²: The values with the different letter are significant on the level of $\alpha = 0.05$

^N – Hodnoty sú štatisticky nevýznamné na hladine $\alpha = 0,05$

^N – The values are not significant on the level of $\alpha = 0.05$

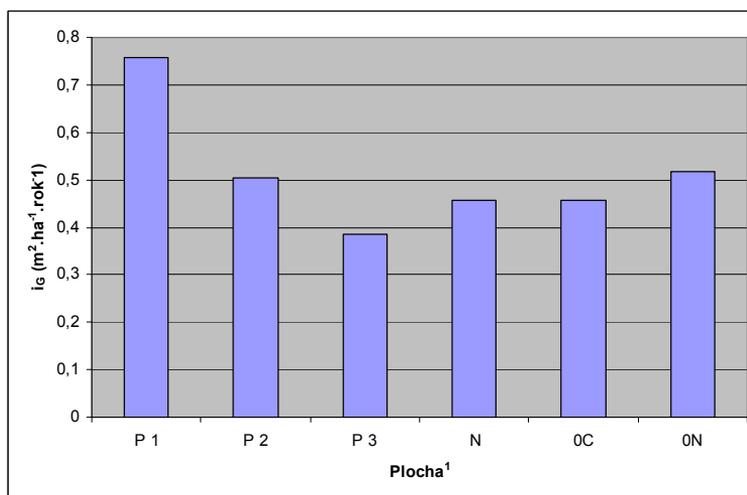
Hoci nemáme k dispozícii údaje o prirodzenom úbytku jedincov (autoredukcia) v období medzi vekom porastu 19 až 42 rokov, nazdávame sa, že vývoj, resp. rozdiely v sledovaných kvantitatívnych parametroch (N, G, V) medzi plochami sú dôsledkom ich rozdielneho spôsobu výchovy (sily prebierok^{7b}) počas prvých dvoch zásahov, ale v žiadnom prípade nie sú výsledkom rozdielnej hrúbkovej a výškovej štruktúry. Potvrďuje to aj skutočnosť, že hodnoty strednej hrúbky (d_g) boli na všetkých plochách podobné, resp. rozdiely medzi nimi boli štatisticky nevýznamné (pre $\alpha = 0,05$). Podobné výsledky v porovnateľných prírodných podmienkach zistil aj KORPEL (1974), ktorý sledoval účinky podúrovňovej a akostnej úrovňovej prebierky (podľa Schädolina) na základe biometrických a produkčných zmien v porastoch duba zimného. Tento autor zistil vo veku 41 rokov (po 3. zásahu) počet stromov 3 840 ks.ha⁻¹ a objem hrubiny 192 m³.ha⁻¹ na ploche s úrovňovou prebierkou, čo sú iba málo odlišné údaje od nami zistených hodnôt na TVP Veľká Stráž

II. Sila zásahu sa pohybovala pri úrovňovej prebierke od 9 % do 18 % (zo zásoby) v závislosti od počtu budúcich cieľových stromov.

Sila zásahu prebierkami na našich plochách TVP Veľká Stráž II sa vo veku 42 rokov (neuvádzame to v tabuľkách) pohybovala od 12,5 % do 19,7 % (ŠTEFANČÍK 1998, 2012).

CHROUST (2007) v 58 ročnom poraste duba letného na kontrolnej ploche zistil 1 537 jedincov na 1 ha, s ich kruhovou základňou $36,70 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ a objemom hrubiny $367 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, ktoré sú o niečo nižšie (čo sa týka N a G) v porovnaní s našimi údajmi na TVP Veľká Stráž II, plocha 0_N (N 2 106 ks. $\cdot\text{ha}^{-1}$, G $39,08 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, V_{7b} $357,44 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Podobné hodnoty s CHROUSTOVÝMI (2007) sme zistili aj pri priemernom ročnom periodickom prírastku na kruhovej základni (i_G) a zásobe (i_V), ktoré činili na ploche s úrovňovou prebierkou pri metóde cieľových stromov $0,76 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, resp. $8,80 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Na TVP Veľká Stráž II, plocha P 1 to bolo $0,759 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a $6,091 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. DONG et al. (1997) uvádzajú vo veku 59 rokov na ploche vychovávanej metódou cieľových stromov 1228 jedincov na hektár so strednou výškou (h_g) 16,8 m, strednou hrúbkou (d_g) 14,2 cm, G $19,4 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ a V_{7b} $183,0 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Pokiaľ ide o priemerný ročný periodický prírastok na kruhovej základni (Obr.1), najvyššie hodnoty sme vo veku 57 rokov zistili na ploche P 1 ($0,759 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), kde celková intenzita prebierok za celé sledované obdobie 38 rokov činila 33,6 %.



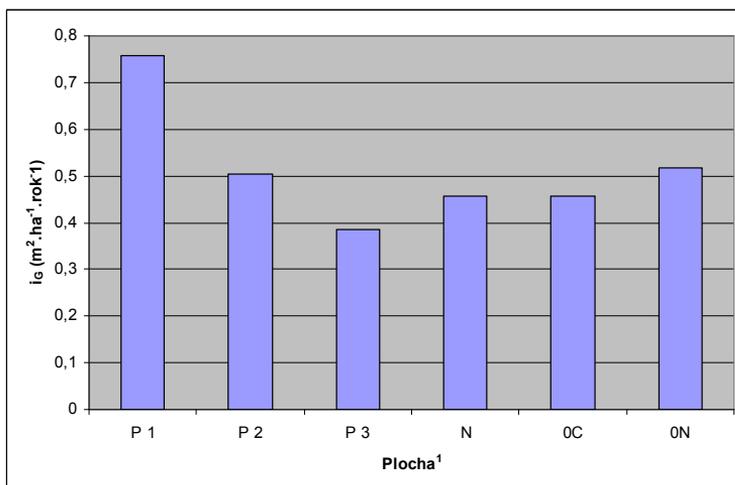
Obr. 1: Hodnoty priemerného ročného periodického prírastku na kruhovej základni (i_G)

Fig. 1: Values of the mean annual periodical basal area increment (i_G)

¹Plot

Naopak, najnižšie hodnoty boli na ploche P 3 ($0,385 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), hoci celková intenzita prebierok (31,9 %) sa iba málo odlišovala od plochy P 1. Obidve tieto porovnávané plochy majú tiež podobné hodnoty strednej hrúbky (d_g), pričom ich rozdiel (1 cm v prospech P 3) je štatisticky nevýznamný (pre $\alpha = 0,05$), čo naznačuje, že uvedený rozdiel v hodnotách i_G je skôr dôsledkom rozdielneho spôsobu výchovy.

Čo sa týka priemerného ročného periodického objemového prírastku (Obr. 2), najnižšie hodnoty sme zistili opäť na ploche P 3 ($4,993 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), pričom je zaujímavé, že napriek najnižšej prebierkovej intenzite počas posledných 15 rokov a tiež celkového sledovaného obdobia 38 rokov sa najvyššie hodnoty i_v , keď porovnáva- me iba zasahované plochy zistili na ploche P 2 ($6,274 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$).



Obr. 2: Hodnoty priemerného ročného periodického objemového prírastku (i_v)

Fig. 2: Values of the mean annual periodical volume increment (i_v)

¹Plot

V tab. 2 je uvedený prehľad o úbytku v dôsledku prebierok, abiotických činiteľov (vietor, sneh) ako aj vplyvom prirodzeného úbytku (samopried'ovaním) za obdobie posledných 15 rokov (údaje medzi 19. a 27. rokom nie sú k dispozícii), ktoré sme vyjadrili uvedenými produkčnými parametrami (N, G, V_{7b}), ktoré sme vyjadrili ako podiel z celkovej produkcie (CP). Podľa G sa najvyšší úbytok zaznamenal na ploche P 1 (21,2 % z CP) a najnižší na ploche P 2, čo je v súlade s celkovou prebierkovou intenzitou na týchto plochách za 38 ročné obdobie. Pri porovnaní iba zasahovaných plôch, najvyšší úbytok samopried'ovaním bol na ploche P 2 (10,7 %) a najnižší na ploche P 1 (7,4 %), čo znova korešponduje s ich celkovou prebierkovou intenzitou. Rovnakú tendenciu sme zistili aj pri vyjadrení celkového úbytku a celkovej produkcie (Tab. 3).

Tabuľka 2: Analýza celkového úbytku za sledované obdobie na TVP Veľká Stráž II
Table 2: The analysis of total decrease of trees for investigated period on PRP Veľká Stráž II

Plocha ¹ (roky)	Vek ²	Prebierka a iný úbytok žijúcich stromov ⁴						Odmŕtené stromy (samopriehľadovanie) ⁵					
		Počet stromov ⁶		Kruhovú základňu ⁷		Objem hrubiny ⁸		Počet stromov ⁶		Kruhovú základňu ⁷		Objem hrubiny ⁸	
		ks.ha ⁻¹	% Z Cp ⁹	m ² .ha ⁻¹	% Z Cp ⁹	m ³ .ha ⁻¹	% Z Cp ⁹	ks.ha ⁻¹	% Z Cp ⁹	m ² .ha ⁻¹	% Z Cp ⁹	m ³ .ha ⁻¹	% Z Cp ⁹
P 1	42-57	980	25,1	8,486	20,5	56,053	17,2	1 093	28,0	3,214	7,8	6,619	2,0
		74	22,7	0,733	35,2	6,068	51,6	-	-	-	-	-	-
		1054	24,9	9,219	21,2	62,121	18,3	1 093	25,9	3,214	7,4	6,619	2,0
P 2	42-57	739	20,3	5,486	13,6	33,839	10,2	1 287	35,3	4,454	11,0	14,046	4,2
		73	34,3	0,586	39,8	4,187	53,1	-	-	-	-	-	-
		812	21,0	6,072	14,5	38,026	11,2	1 287	33,4	4,454	10,7	14,046	4,1
P 3	42-57	827	23,0	6,760	18,2	43,900	15,0	1 346	37,5	3,906	10,5	10,340	3,6
		27	14,0	0,213	18,4	1,720	36,0	-	-	-	-	-	-
		854	22,5	6,973	18,2	45,620	15,4	1 346	35,6	3,906	10,2	10,340	3,5
N	42-57	846	25,4	7,220	19,4	47,773	15,7	1 080	32,4	3,027	8,2	8,047	2,7
		173	21,8	0,273	8,5	0,067	0,6	-	-	-	-	-	-
		1 019	24,7	7,493	18,6	47,840	15,2	1 080	26,2	3,027	7,5	8,047	2,6
0C	42-57	-	-	-	-	-	-	2 080	50,5	7,321	16,7	26,133	7,3
		-	-	-	-	-	-	13	5,4	0,013	1,4	-	-
		-	-	-	-	-	-	2 093	48,0	7,334	16,4	26,133	7,2
0N	42-57	-	-	-	-	-	-	1 494	46,3	6,440	14,9	27,013	7,3
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	1 494	41,5	6,440	14,1	27,013	7,0

¹Plot, ²Age range (years), ³Thinning and other decrease of living trees, ^{3D}Dead trees (self-thinning), ⁴Number of trees per hectare, ⁵Basal area, ⁶Volume of the timber to the top of 7 cm, ⁹Percentage of total production, ¹⁰Oak, ¹¹Other tree species, ¹²Total

ZÁVER

Na základe výsledkov hodnotenia kvantitatívnej produkcie v 57 ročnom poraste duba zimného po 6 biometrických meraniach (zásahoch) za obdobie 38 rokov možno konštatovať, že:

- Pri porovnaní iba zasahovaných (vychovávaných) plôch boli najvyššie hodnoty sledovaných kvantitatívnych parametrov (stredná hrúbka a výška, kruhová základňa, objem hrubiny a priemerného ročného objemového prírastku na ploche P 2, kde sa pri prvých dvoch zásahoch odstránili v prospech cieľových stromov dva najkonkurenčnejšie jedince.
- Najnižšie hodnoty uvedených kvantitatívnych parametrov sme (okrem strednej hrúbky) zistili na ploche P 3, kde sa pri prvých dvoch zásahoch odstránili až 3 najkonkurenčnejšie jedince.
- Na plochách vychovávaných metódou cieľových stromov sa najlepšie výsledky z pohľadu kvantitatívnej produkcie dosiahli na plochách P 2 a P 1, kde boli cieľové stromy pri prvých zásahoch uvoľňované miernejšou silou (10–15 % podľa G) a naopak najhoršie výsledky sa dosiahli v prípade silnejších iníciačných zásahov.

LITERATÚRA

- BAKSA, L., 1970: Produkčný cieľ v dubinách. Bratislava, Príroda: 148.
- BAKSA, L., 1975: Výchova dubových porastov. (Záverečná správa). Zvolen, VÚLH: 112.
- DONG, P.H., MUTH M., ROEDER A., 1997: Traubeneichen – Durchforstungsversuch in den Forstämtern Elmstein-Nord und Fischbach. Forst und Holz, 52: 34–38.
- GUBKA, K., SKLENÁR, P., 2006: Porovnanie niektorých znakov štruktúry porastov duba červeného (*Quercus rubra* L.) a duba zimného (*Quercus petraea* (Matusch) Liebl.). Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 48: 183–196.
- CHROUST, L., 1958: Vliv výchovných zásahů na dubovou tyčkovinu. Sborník ČSA-ZV Lesnictví, 4: 165–184.
- CHROUST, L., 1997: Ekologie výchovy lesních porostů. Opočno, VS VÚLHM: 277.
- CHROUST, L., 2007: Quality selection in young oak stands. Journal of Forest Science, 53: 210–221.
- KORPEL, Š., 1964: Zmeny v kvalitatívnom stave dubovej žrdoviny vplyvom prebierkových zásahov. Zborník vedeckých prác. Zvolen, Lesnícka fakulta VŠLD, zväzok 1: 99–130.
- KORPEL, Š., 1974: Prebierky v dubových porastoch a možnosti ich racionalizácie. Lesnícky Časopis, 20: 185–204.
- KORPEL, Š., 1981: Výchova zmiešaných dubových porastov a jej vplyv na štruktúru a produkciu. Vedecké práce VÚLH vo Zvolene. Bratislava, Príroda, zväzok 31: 65–109.
- KORPEL, Š., 1984: Racionalizácia výchovy dubových húštin neceloplošnou čístkou vo vlhkých bukových dúbavách. Acta Facultatis Forestalis, 26: 79–97.
- KRAHL-URBAN, J., 1959: Die Eichen. Hamburg - Berlin, Verlag Paul Parey: 288.
- REMIŠ, J., 1982: Včasnosť ako racionalizačný aspekt určenia cieľových stromov v dubinách. Zprávy lesníckeho výzkumu, 27: 20–23.

- SCHÜTZ, J. P., 1993: High-quality oak silviculture in Switzerland – concepts of education and production in the marginal range of European Oak. *Ann. Sci. For.*, 50: 553–562.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., DUŠEK, D., 2009: Thinning of oak stands – results of 12-year study in oak thicket. In: ŠTEFANČÍK, I., KAMENSKÝ, M. (Eds.): Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Zvolen, NLC: 184–189.
- ŠTEFANČÍK, I., 1998: Effects of thinning on quantitative characteristics in young oak (*Quercus petraea* (Mattusch.) Liebl.) stand. *Folia oecologica*, 24: 65–73.
- ŠTEFANČÍK, I., 2011: Výsledky výskumu neceloplošnej výchovy dubového porastu z prirodzenej obnovy. *Zprávy lesnického výzkumu*, 56 (4): 255–264.
- ŠTEFANČÍK, I., 2012: Growth characteristics of oak (*Quercus petraea* [Mattusch.] Liebl.) stand under different thinning regimes. *J. FOR.SCI.*, 58 (2): 67–78.
- ŠTEFANČÍK, L., 1984: Úrovňová voľná prebierka – metóda biologickej intenzifikácie a racionalizácie selektívnej výchovy bukových porastov. *Vedecké práce VÚLH vo Zvolene. Bratislava, Príroda*, zväzok 34: 69–112.
- ŠTEFANČÍK, L., 1991: Výsledky výskumu neceloplošnej výchovy mladých dubových porastov. In: *Vedecké práce VÚLH vo Zvolene*, 40: 169–191.
- VENET, J., 1967: Sylviculture des forets de chene de tranchage. *Rev. Forest. Franc.*, 19: 585–597.
- VYSKOT, M., 1958: Pěstění dubu. Praha, SZN: 284.
- ZELENÁ SPRÁVA 2010: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2009. Bratislava, Zvolen: MPaRV SR, NLC: 102.

SEKCIA 3

OBNOVA

ČASOVÁ NÁROČNOST MECHANIZOVANÉ VÝSADBY
LISTNATÝCH ODROSTKŮ NA PÍŠČITÝCH STANOVIŠTÍCH NIŽŠÍCH POLOH

TIME CONSUMPTION OF MECHANIZED PLANTING OF BROAD-LEAVED SAPLINGS ON
SANDY SOILS IN LOWER ALTITUDES

MARTIN BALÁŠ¹⁾, IVAN KUNEŠ, ¹⁾, JARMILA NÁROVCOVÁ, ²⁾, MARIE TRLICOVÁ¹⁾

¹⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská,
Katedra pěstování lesů, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol, Česká republika

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady,
Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika

ABSTRACT

Construction of manually carried engine earth augers, which can be relatively easily used for safe, fast and cheap planting of forest trees, was enabled by technological progress of the last years. The advantage of this engine earth auger is that quite large and deep holes, suitable even for planting of advanced planting stock (saplings), can be drilled. This method naturally has its limitation; it can be only used at light (sandy) soils without excessive presence of stones, roots and grass turf. For example sandy soils of natural pine stands can be considered as suitable stands for using of this earth auger. Despite a popularity of earth auger drilling among forest workmen in some regions, the mechanized planting (by mattock) is now widely used to this time. For that reason there are no data concerning the time consumption of the mechanized planting (or work standards). The main goal of this paper is to bring the results about the time consumption of the mechanized planting with using of engine earth auger. On the basis of the results it can be considered that total time required for complete planting of one sapling is ca. 69 s (related to one workman). The work costs with the device depreciation of one sapling are approx. 4 Kč (0,16 EUR) (without the price of tree seedling).

Keywords: mechanized planting, engine earth auger, saplings, pine-forests, stand diversification

ABSTRAKT

Technologický pokrok teprve v poslední době umožnil zkonstruovat ručně nesený motorový vrták, se kterým lze relativně snadno, bezpečně, rychle a levně hloubit jamky pro výsadbu lesních dřevin. Výhodou je, že vrtákem lze zhotovit poměrně velké a hluboké jamky vhodné pro výsadbu vyspělého sadebního materiálu (odrostků). Tato metoda má samozřejmě i svoje omezení – použití je možné (a vhodné) jen na půdách lehčích bez nadměrného výskytu kamenů, kořenů a travního drnu. Vhodnými stanovišti jsou např. písčité půdy přirozených borů. I přes lokální oblibu motorových jamkovačů u lesních dělníků zůstává mechanizovaná výsadba jen nepatrně rozšířena. Z toho důvodu také neexistují údaje o její časové náročnosti, resp. pracovní normy. Zjištění časové náročnosti mechanizované výsadby motorovým vrtákem je hlavním cílem příspěvku. Z výsledků vyplývá, že průměrný čas potřebný pro kompletní mechanizovanou výsadbu jednoho odrostku činí v přepočtu na jednoho pracovníka cca 69 s. Mzdové a materiálové náklady (odpisy stroje) na výsadbu jednoho odrostku se tedy pohybují kolem 4 Kč (0,16 EUR) (částka nezahrnuje cenu vlastní sazenice).

Klíčová slova: mechanizovaná výsadba, motorový vrták, odrostky, bory, porostní diverzifikace

ÚVOD A CÍL

K obnově lesa se obvykle využívá sadební materiál lesních dřevin (semenáčky a sazenice) s výškou do 70 cm. Existují však situace, kdy je výhodné uplatnit také rostliny větších rozměrů, tj. poloodrostky a odrostky. Jedna z dalších situací, kdy je možné uplatnit vyspělý sadební materiál, je obohacování druhové skladby porostů na stanovištích přirozených borových porostů. Vzhledem k většinou příznivým terénním a půdním podmínkám na těchto stanovištích se nabízí možnost vytvoření sadební jamky nikoliv klasicky vykopáním sekeromotykou, ale pomocí ručně neseného motorového jamkovače. Mechanizovaná výsadba je zatím v provozu rozšířena jen okrajově a neexistují proto rozsáhlejší zkušenosti a také poznatky o časové náročnosti (pracovní normy).

Cílem příspěvku je:

- prezentovat zkušenosti s mechanizovanou výsadbou prostokořenných listnatých odrostků lesních dřevin prováděnou pomocí ručně neseného motorového půdního jamkovače;
- uvést orientační výsledky pilotní studie zjišťující časovou náročnost této metody výsadby;
- porovnat tyto údaje s dříve publikovanými časy pro ruční výsadbu listnatých odrostků.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Odrostky a poloodrostky

Vyspělý sadební materiál byl dosud využíván spíše pro výsadby v zahradách, parcích, alejích a dalších ozelenovacích pracích. Ačkoliv zmínky o pěstování odrostků a o jejich použití při zalesňování v literatuře existují (např. PEŘINA 1969; LOKVENC 1978; MAUER 1999), v lesnickém provozu se dosud používají pouze výjimečně. Nově se s odrostky a poloodrostky listnatých dřevin pracuje v horských polohách (Jizerské hory) při vnášení listnatých dřevin do jehličnatých porostů za účelem jejich ekologické stabilizace a obohacení druhové skladby (KUNEŠ, BALÁŠ, BURDA 2010). V tomto případě se jedná se o tzv. „odrostky nové generace“ produkované původní českou technologií (BURDA 2001, 2009; BURDA, NÁROVCOVÁ 2009). V souladu s normou ČSN 48 2115 se jedná o prostokořenné výpěstky o výšce nadzemní části 51–120 cm, resp. 121–250 cm, s intenzivně upravovaným kořenovým systémem, který je koncentrován pod rostlinu. Kořenové systémy poloodrostků a odrostků nové generace jsou přes malé rozměry velmi bohaté a vykazují značný objem nejen kosterních kořenů, ale i kořenů jemných, důležitých za výživu a příjem vody.

Odrostky se vysazují do tzv. prosadbových a podsadbových center, která jsou tvořena centrální kompaktní výsadbou (chráněnou pomocí oplocenky) a lemem s individuálně chráněnými výsadbami. Tato centra pak tvoří východisko pro vnášení chybějících a žádoucích druhů dřevin (KUNEŠ et al. 2011), analogicky jako východiska obnovy standardně uplatňovaná v ekologicky exponovaných lokalitách (VLK 1998). Použití odrostků v horských polohách se zatím ukázalo výhodné např.

v mrazových kotlinách nebo při prosadbách do zabuřeněle jehličnaté mlaziny (BALÁŠ, KUNEŠ 2010, BALÁŠ et al. 2011).

Využití odrostků (a potažmo i prosadbových a podsadbových center) se nabízí např. také při obohacování druhové skladby na cílovém hospodářském souboru č. 13 – přirozená borová stanoviště. Zde sice přirozeně výrazně dominuje borovice lesní, ale jistý podíl zejména melioračních a zpevňujících dřevin (MZD) je žádoucí uplatnit i zde. Vyhláška č. 83/1996 Sb., stanoví na cílovém hospodářském souboru 13 minimální podíl MZD při obnově porostu 5 až 15 %, přičemž lze uplatnit BK, DB, JR, JD, DBC, BR, HB, LP.

Modelově se mohou odrostky listnatých dřevin na borových stanovištích uplatnit v případě, kdy vlivem sněhových polomů dojde k prolámání borových porostů středního věku a vytvoření malých porostních mezer (o velikosti cca do 0,5 ha). Znovuzalesnění takových malých holin vzniklých nahodilou těžbou borovicí je obtížné vzhledem k její mimořádné náročnosti na světelný požitek. Obohacení druhové skladby na stanovištích přirozených borů žádoucí z hlediska biodiverzity, ekologické diverzifikace a stabilizace porostu (SOUČEK 2010) a také z estetického hlediska.

Mechanizovaná výsadba

Vzhledem k většinou příznivým terénním a půdním podmínkám na borových stanovištích je snaha o zefektivnění výsadby za současného omezení ergonomicky nevhodné manuální práce se sekeromotykou. Zároveň je třeba udržet kvalitu zalesňovacích prací, zejména se jedná o zamezení vzniku deformací kořenů při výsadbě. Štěrbinová metoda u vyspělých sazenic nepřipadá v úvahu, ale kompaktní, pod rostlinu koncentrovaný, kořenový systém použitých odrostků umožňuje jejich výsadbu také do jamek hloubených pomocí motorového vrtáku (půdňho jamkovače). Myšlenka mechanizované výsadby lesních dřevin již byla v odborném lesnickém tisku v minulosti zmiňována (DUŠEK 1984), narážela však zejména na technické překážky dané nedokonalostí tehdejší mechanizace. Výsadba pomocí ručního nářadí (sekeromotyka nebo sazeč), tak dosud v našich podmínkách zůstává zcela dominantním způsobem výsadby. Tento způsob výsadby je však velmi pracný a fyzicky náročný. Jisté řešení může představovat použití mechanizace. Rozšíření mechanizačních prostředků v obnově lesa je zatím velmi malé, jen občas se využívají rýhové zalesňovací stroje, a to na lehkých půdách bez překážek, případně při zalesňování zemědělských půd (VACEK, SIMON et al. 2009). Ruční mechanizaci (konkrétně motorový vrták) zatím používají pouze jednotliví pracovníci, ovšem s relativně dobrými zkušenostmi a výsledky (např. p. Meisel, lesní dělník, Řečice, Okres Jindřichův Hradec, ústní sdělení).

Oproti klasickému kopání jamky ručně sekeromotykou je mechanizované vrtání jamek méně pracné a rychlejší. Navíc potřebné rozměry jamky jsou dány průměrem vrtáku a jsou tedy vždy dodrženy. Dosažitelná hloubka jamky pak se samozřejmě od vlastností půdy (překážky v podobě kamenů apod.). Obsluhu jamkovače pochopitelně nelze, zejména při použití vrtáku o větším průměru (více než 20 cm), označit jako lehkou práci. Jamkovač je nutné mezi jednotlivými jamkami

přenášet, na obsluhu působí vibrace, hluk a zplodiny ze spalovacího motoru. Podle dosavadních zkušeností ovšem použití jamkovače znamená zejména zrychlení práce a při správném používání i snížení vynaložené námahy. Obsluha sice pracuje v mírně skloněné pozici a musí vynakládat poměrně velkou sílu, ovšem v porovnání s klasickým kopáním jamky sekeromotykou, kdy pracovník pracuje ve značně nepohodlném a neergonomickém předklonu, lze práci s jamkovačem označit za méně náročnou a pohodlnější.

Půdní jamkovače

Půdní jamkovače se podle konstrukce dělí na několik typů: jamkovač nesený za traktorem ruční jamkovač nesený na konstrukci s předním kolečkem a jamkovač „volný“ (nenesený).

V této studii byl použit jamkovač volný, bez jakékoliv nosné konstrukce, sestavený pouze z pohonné jednotky a vrtáku. V pracovní poloze je jamkovač přidržován obsluhou a do jamky je tlačén vlastní tíhou a tlačéním obsluhou. Zásadní je, že obsluhující pracovník musí na madlo jamkovače působit v opačném směru oproti točení vrtáku silou, která odpovídá třecí síle působící na vrták v půdě. To vyžaduje vyvinutí poměrně značné síly pracovníkem. Pokud vrták proniká lehkou půdou a nedojde k zaklesnutí vrtáku o překážku (kořeny, kameny), nepřesahuje však tato reakční síla hodnoty, které by již běžně zdatný pracovník nemohl po delší dobu vyvíjet. Pokud dojde k zaklesnutí vrtáku o překážku, nastává zpětný ráz. Z tohoto důvodu bývají vyspělejší typy jamkovačů vybaveny zařízením (brzdou, pojistkou). Jistý problém při vrtání jamek se může projevit při výskytu buřeně (tráva, ostružiny), kořenů, zbytků klesu či kamenů. Během vrtání se zbytky buřeně namotávají na vrták, ze kterého je třeba zbytky buřeně pracně odstraňovat. Při vrtání jamek v těžších jílovitých půdách je obava z nadměrného ohlazování a utužování stěn jamek, což může bránit kořenům v prorůstání z prostoru jamky do okolí a způsobovat deformace kořenového systému.

Za výhodu lze považovat zpravidla dostatečné množství řádně rozmělněné zeminy z vývrtní jamky k následnému zasypaní kořenů sazenice (u klasické výsadby sekeromotykou zemina často chybí) a stálé rozměry jamky. Vzhledem ke zpravidla dostatečné hloubce jamky (opět v porovnání s běžnou praxí při klasicky kopaných jamkách) lze velmi snadno předcházet deformacím kořenů při výsadbě. Stačí před zasypáváním vsunout sazenici hlouběji do jamky a během první fáze zasypávání sazenici povytáhnout na konečnou výšku. Tím dojde k usměrnění kořenů tak, že jejich konce směřují dolů.

Přes značný potenciál je dosavadní uplatnění mechanizované výsadby v lesním hospodářství minimální. Technologie není ověřena rozsáhlejšími provozními či výzkumnými zkouškami, chybějí zkušenosti, nákladové kalkulace a pracovní normy. Tento příspěvek je jedním z prvních náhledů komplexněji pojednávající o problematice mechanizované výsadby pomocí půdních jamkovačů v Česku.

MATERIÁL A METODIKA

Během testovacích výsadb odrostků na borových stanovištích pomocí ručně neseného motorového půdního jamkovače byly pořízeny snímky spotřeby pracovního

času při výsadbě. Výsadby byly provedeny v porostech v okolí Týniště nad Orlicí, PLO 17 – Polabí. Tyto porosty se blíží svými stanovištními poměry vlastnostem přirozených borových stanovišť. Přehled základních stanovištních charakteristik pokusných výsadeb je uveden v tabulce 1. Typologické údaje jsou převzaty z mapového serveru ÚHÚL (www.uhul.cz.).

Tabulka 1: Základní stanovištní údaje o pokusných výsadbách

Table 1: Basic stand data of the experimental plantations

č. ¹	název lokality ²	souřadnice GPS [WGS 84] ³	nadmořská výška [m] ⁴	lesní typ ⁵	hospodářský soubor ⁶
I.	U Nádraží	N50° 9,84' E16° 4,35'	255	2P1	27 – oglejená chudá stanoviště nižších a středních poloh
II.	Pod Křivinou	N50° 10,15' E16° 6,92'	280	2I6	23 – kyselá stanoviště nižších poloh
III.	Rašovice	N50° 9,28' E16° 6,70'	270	1M0	13 – přirozená borová stanoviště

¹No.; ²locality name; ³GPS coordinates; ⁴altitude; ⁵forest site type; ⁶management system

Lokalita I. se nachází na holoseči v mýtním porostu s dominancí borovice s příměsí smrku, břízy, buku a dubu letního. Půda je lehká, písčitá s mírným oglejením. Lokalita II. je umístěna na malé holoseči ve věkově rozrůzněném porostu borovice, se skupinovou příměsí smrku, buku a dubu letního. Půda je lehká, písčitá, bez ovlivnění vodou. Lokalita III. se nachází na rekultivované výsypce v prostoru pískového lomu. Jedná se o převrstvenou antropozem s nevyvinutým humusovým horizontem. V hloubce cca 15–30 cm se místy vyskytuje velmi zhutněná vrstva ze šterkopísku. Na okolních výsypkách se nacházejí mlaziny až tyčoviny borovice lesní s příměsí břízy a osiky. Všechny plochy se nacházejí na rovině.

Při výsadbách byl použit vyspělý sadební materiál, a to poloodrostky a odrostky lípy srdčité (*Tilia cordata*) a dubu zimního (*Quercus petraea*), sázené do vrtaných jamek o průměru 20 cm, a dále sazenice lípy o výšce do 50 cm (vrták 10 cm). Těsně před výsadbou byly u většiny (polo)odrostků ručně zkráceny příliš dlouhé kořeny tak, aby nedocházelo k následným deformacím po výsadbě.

Při vrtání jamek byl použit jamkovač značky STIHL BT 121. Důležitým a v podstatě nepostradatelným konstrukčním prvkem je brzda QuickStop® (STIHL 2006). Tato pojistka při zaseknutí vrtáku o překážku rozpojí spojku, čímž je zaručeno okamžité zastavení vrtáku. Brzda se spouští při zpětném rázu dotekem (nárazem) páky brzdy na stehno obsluhy. Dále je brzda aktivována při překročení povoleného točivého momentu při vrtání v příliš tuhé půdě. Bez tohoto prvku by vrtání bylo velmi náročné a nebezpečné, při zaseknutí vrtáku by hrozilo zranění obsluhy. Hmotnost prázdného jamkovače (bez paliva) a bez nasazeného vrtáku je 9,4 kg. Jamkovač je sice koncipován jako jednomužný, ale v obtížnějších podmínkách a při použití většího vrtáku je vhodné, aby jej obsluhovaly dvě osoby.

Při výsadbě byl použit jednak klasický a jednak upravený vrták. Tato úprava spočívá v navaření železného trnu (zubu) na boční řeznou hranu vrtáku za účelem mechanického narušení stěny vyvrtané jamky, která by zejména v těžších půdách

zůstala ohlazená a zhutněná, což by mohlo zhoršovat prorůstání kořenů z prostoru záspy v jamce do okolní půdy a způsobovat tak deformace kořenového systému.

Měření pracovního času proběhlo srovnatelným způsobem, který je uveden v práci BALÁŠ et al. (2011). Proces výsadby byl pro účely měření pracovního času rozdělen na etapy: (1) úprava kořenů zastřížením; (2) roznesení sadebního materiálu; (3) vyvrtání jamky, (4) samotná výsadba (rozložení kořenů v jamce, zasypání zeminou a zhutnění).

Nezbytně nutný čas potřebný k provedení příslušné dílčí etapy výsadby je označen jako tzv. „aktivní čas“. Tento údaj je měřen od okamžiku zahájení dané činnosti do ukončení této činnosti, nezahrnuje žádné technické prostoje a přestávky. „Reálný“ čas je součtem aktivního času a technických prostojů. Do těchto prostojů je zařazeno především přecházení mezi jednotlivými jamkami, krátkodobý odpočinek, vyhledání vhodného místa pro jamku nebo drobná úprava zařízení (dotažení šroubů). Vždy byl měřen najednou celý soubor vyvrtaných jamek (např. jeden řádek). Při vrtání jamek malým vrtákem (10 cm) byly dosahované časy velmi krátké a vyčleňování „aktivního“ času z pracovního procesu by bylo proto obtížné a nepřesné. V tomto případě byl měřen pouze „reálný“ čas, tedy od zahájení vrtání jedné jamky po zahájení vrtání další jamky (včetně přechodu a případného prostoje).

Bylo provedeno celkem 658 měření času vrtání jamek a 113 měření času výsadby. U 76 ks odrostků byl změřen čas úpravy jejich kořenů a roznáška celkem 112 kusů na průměrnou vzdálenost 50 m. Obsluhu půdního jamkovače prováděli zkušební pracovníci (muži) z VÚLHM, VS Opočno, vlastní výsadbu a další činnosti pak pracovníci VÚLHM a ČZU (autoři tohoto článku a další). Pro hodnocení statistických rozdílů byl použit Mann-Whitneyův test a software Statistica 9.1.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Průměrná doba potřebná k úpravě (ostříhání) kořenů jedné sazenice činí cca 11 s. Průměrný čas potřebný k roznášce jedné sazenice ze založiště k jamkám (průměrná vzdálenost cca 50 m, rovina), vypočtený jako průměr podílů počtu sazenic v právě roznášeném balíku a času potřebného k roznesení daného balíku, činí cca 6 s. Průměrná hloubka jamky (zhotovená vrtákem o průměru 20 cm) byla 22 cm (měřeno ode dna jamky po úroveň povrchu půdy), resp. 31 cm (ode dna jamky k vrcholu „valu“ z vyvrtané zeminy).

Vrták o průměru 20 cm

Průměrný čas potřebný k vyvrtání jedné jamky vrtákem o průměru 20 cm („aktivní“ čas) byl 9 s. Pokud vrtání probíhá bez problémů a vrták nenarazí na výraznější překážku, netrvalo samotné vrtání jamky déle než 10 s (84 % případů). V obtížnějších podmínkách (při zaseknutí vrtáku o kořen či kamen) může čas potřebný k vyvrtání jedné jamky činit až několik desítek sekund, dokonce i více než minutu. Pouze u 6 % jamek však trvalo vyvrtání déle než 20 s.

Průměrný čas potřebný k přechodu k další jamce (měřeno od ukončení vrtání jedné jamky po zahájení vrtání následující jamky) byl 8 s. V 85 % případů nepřesáhl 10 s. Na druhou stranu se i v tomto případě vyskytovaly hodnoty v řádech desítek

sekund. Čas delší než 20 s byl však zaznamenan pouze u 4 % případů. Souhrnný čas pro vyvrtání jedné jamky (vč. přechodů) byl v 83 % případů kratší než 20 s (průměrně 17 s).

Samotná výsadba sazenic do jamek vytvořených 20cm vrtákem trvala průměrně cca 30 s; přechod mezi jednotlivými jamkami cca 5 s. Hodnoty jsou oproti vrtání velmi vyrovnané.

Vrták o průměru 10 cm

Použití menšího vrtáku (pro výsadbu poloodrostků) práci výrazně zrychlilo, a to jak samotné vrtání, tak čas přechodů. Měřen byl pouze souhrnný, „reálný“ čas (dohromady čas vrtání + přechody a další krátké prostoje).

„Reálný“ čas zhotovení jedné jamky (vrtání + přechod) vrtákem o průměru 10 cm byl 6,3 s, tedy cca 1/3 času oproti vrtáku o průměru 20 cm. V 91 % případů celkový čas vyvrtání jedné jamky (vrtání + přechod) nepřekročil 10 s, dokonce 19 % jamek bylo (včetně přechodu k další) zhotoveno v čase kratším než 5 s. U žádné jamky netrvalo vyvrtání déle než 20 s. Je to dáno nižší náchylností malého vrtáku k zachytávání i překážky v půdě. Kratší doba zřejmě souvisí výrazně menší vynaloženou námahou, což se odrazí v potřebě kratšího odpočinku mezi jednotlivými jamkami a v celkově vyšší intenzitě práce. Nebyla zaznamenána statisticky průkazná odlišnost času vrtání upraveným a neupraveným vrtákem. (V případě 20cm vrtáku tento aspekt vzhledem k nehomogenním terénním podmínkám nebyl vyhodnocován.)

Samotná výsadba do jamek vytvořených vrtákem o průměru 10 cm trvala 14 s, což je zhruba poloviční čas oproti výsadbě do velkých jamek (statisticky průkazná odlišnost). Je to způsobeno menším objemem půdy, který je třeba do jamky dopravit a zhutnit. Čas přechodu byl podobný jako u velkých jamek (kolem 5 s), průkazně se neliší. Zjištěné časové údaje jsou prezentovány v tabulce 2 a vybrané hodnoty jsou znázorněny na obrázku 1.

Tabulka 2: Mechanizovaná výsadba sazenic – přehled údajů o časové náročnosti

Tabulka 2: Mechanized planting of the tree seedlings with engine earth auger – the time requirements overview

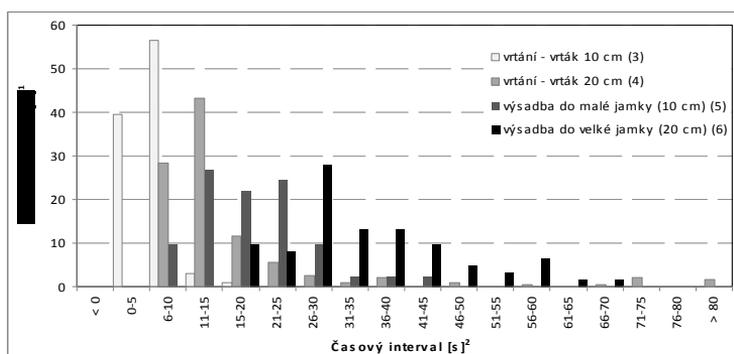
Vrtání ¹	Lokalita I ²			Lokalita II			Lokalita I a II dohromady ³		
	Aktivní čas [s] ⁵	Přechod [s] ⁶	Reálný čas [s] ⁷	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Reálný čas [s]	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Reálný čas [s]
počet měření ⁸	89	85	85	114	112	112	203	197	197
průměr ⁹	11,5	9,3	20,9	7,2	6,7	13,9	9,1	7,8	17,0
min./max. ¹¹	4/65	3/55	8/84	3/78	2/63	6/81	3/78	2/63	6/84
sm. odchylka ¹²	13,14	8,90	17,27	8,01	6,87	10,64	10,75	7,90	14,28
medián ¹³	7	7	14	5	5	11	6	6	13
Vrtání	Lokalita I		Lokalita II	Lokalita III neupravený vrták ¹⁵		Lokalita III upravený vrták ¹⁶	Lokalita III celkem		celkem
Vrták 10 cm ¹⁴	Reálný čas [s]								
počet měření	104	143		102		106	208		455
průměr	6,5	4,8		7,4		7,2	7,3		6,3
min./max.	3/18	2/12		2/19		3/13	2/19		2/19
sm. odchylka	1,98	1,27		2,75		1,87	2,34		2,27
medián	6	5		7		7	7		6

Tabulka 2: Pokračovanie

Tabulka 2: Continued

Výsadba ¹⁷	Lokalita I – velká jamka ¹⁸			Lokalita I, II, III – malá jamka ¹⁹		
	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Reálný čas [s]	Aktivní čas [s]	Přechod [s]	Reálný čas [s]
počet měření	64	61	61	49	40	41
průměr	29,8	5,1	35,0	14,3	4,8	19,0
min./max.	14/60	2/20	17/70	4/35	2/9	6/44
sm. odchylka	11,12	3,19	12,39	6,83	1,95	7,73
medián	27	4	32	13	5	18

¹drilling of a planting hole; ²locality I; ³localities I and II together; ⁴20 cm auger bit; ⁵active time; ⁶transit time between a drilling of two holes; ⁷mean active time; ⁸number of measurements; ⁹mean value; ¹⁰minimum value; ¹¹maximum value; ¹²standard deviation; ¹³median; ¹⁴10 cm auger bit; ¹⁵locality III – unmodified auger bit; ¹⁶locality III – modified auger bit; ¹⁷outplanting; ¹⁸locality I – big planting hole (made by 20 cm auger bit); ¹⁹localities I, II, III – small planting hole (made by 10 cm auger bit)



Obr. 1: Rozdělení četností časů vyvrtání jedné jamky vrtákem o průměru 10 cm a 20 cm a časů výsadby jednoho stromku. Občasný výskyt vysokých hodnot je způsoben zpravidla nutností vyprostit vrták zaseknutý o překážku v půdě (kořeny, kameny)

Fig. 1: Frequency distribution of required times to drilling of one planting hole with a using of auger bit with diameters 20 cm and 10 cm respectively and the distribution of required times to plant of one tree. The occasionally occurred long time periods are registered e.g. when the auger bit get stick in the soil due the obstacles (roots, stones) and must be extracted

¹relative distribution; ²time interval; ³drilling by 10 cm auger bit; ⁴drilling by 20 cm auger bit; ⁵planting into small planting hole; ⁶planting into big planting hole

Finanční zhodnocení a doplňkové údaje

Celková časová náročnost výsadby odrostků s použitím vrtáku o průměru 20 cm je 69 s. (11 s stříhání kořenů, 6 s roznesení sazenic, 17 s vrtání jamky, 35 s samotná výsadba). Pro výpočet finanční náročnosti je třeba provést přepočítání na jednoho pracovníka, tzn. násobit čas vrtání koeficientem 2 (jamkovač zpravidla obsluhovály 2 osoby, případně druhá osoba upravovala povrch terénu). Kompletní výsadba jednoho odrostku v přepočtu na jednoho pracovníka trvá 86 s (1:26 min). Tzn. cca 42 stromků za 1 hodinu a 336 odrostků za 1 směnu. Při uvažovaných mzdových nákladech 150 Kč/hod (vč. odvodů) to dopovídá 3,57 Kč ve mzdových nákladech na

jeden stromek. Náklady na palivo, opravy a amortizaci stroje lze odhadnout na cca 0,50 Kč na jednu jamku. Dohromady cca 4 Kč (0,16 EUR). V porovnání s pracovní normou (NOUZOVÁ 1995), která pro ruční zhotovení jamky velikosti 25 x 25 cm (pro sazenice) ve středně náročném terénu počítá s cca 35 ks sazenic za 1 hodinu, vychází výkonnost mechanizované výsadby (ovšem odrostků) zhruba 120 % této normy.

Kompletní výsadba jedné sazenice do malé jamky (10 cm) zabere 31 s (stříhání kořenů se neprovádělo, 6 s roznesení sazenic, 6 s vrtání jamky, 19 s samotná výsadba; vrták v tomto případě obsluhovala vždy jedna osoba). Tzn. 116 stromků za 1 hodinu a 929 poloodrostků za 1 směnu. To odpovídá 1,29 Kč ve mzdových nákladech na jeden stromek. Náklady na palivo, opravy a amortizaci stroje lze odhadnout na cca 0,30 Kč na jednu jamku. Dohromady cca 1,60 Kč (0,06 EUR). Uvedené finanční zhodnocení je třeba brát jako modelové a orientační. Reálné náklady vždy budou vždy závislé především na terénních podmínkách a dalších okolnostech, které lze jen obtížně kvantifikovat.

ZÁVĚR

Podle dosavadních zkušeností lze usuzovat, že mechanizované hloubení jamek pro výsadbu lesních dřevin pomocí půdního jamkovače je při správném používání perspektivní technologie schopná významně doplnit (a částečně nahradit) klasickou výsadbu pomocí sekeromotyky, případně sázecího rýče. Technologie by mohla najít uplatnění zejména při výsadbě vyspělého sadebního materiálu (odrostků), kdy je při ruční výsadbě nutné kopat velkou jamku. Kompletní výsadba jednoho odrostku do jamky zhotovené 20cm vrtákem v přepočtu na jednoho pracovníka zabere 86 s (1:26 min). Při uvažované hodinové sazbě (vč. odvodů) 150 Kč/h činí mzdové náklady na výsadbu jednoho odrostku cca 4 Kč (0,16 EUR). V případě poloodrostků sazených do jamky zhotovené 10cm vrtákem trvá výsadba 31 s a náklady činí cca 1,60 Kč (0,06 EUR).

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu NAZV QJ 1220331. Autoři děkují všem, kteří se podíleli na činnostech předcházejících vzniku tohoto příspěvku.

LITERATURA

- BALÁŠ, M., KUNEŠ, I., KOŇASOVÁ, T., MILLEROVÁ, K., 2011: Vitalita výsadeb odrostků v podmínkách Jizerských hor. In: Kacálek, D. et al. (eds.), *Proceedings of Central European Silviculture. Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí*. Opocno, 28.–29. 6. 2011, VÚLHM, VS Opocno, 276 s., ISBN 978-80-7417-039-3, s. 55–69.
- BALÁŠ, M., KUNEŠ, I., 2010: Zkušenosti s výsadbou odrostků listnatých dřevin v horských polohách. *Lesnická práce* 89(11): 716–718, ISSN 0322-9254.
- BURDA, P., 2001: Nové konstrukční řešení stroje pro pěstování velkého sadebního materiálu a práci na nelesních půdách. In: *COYOUS*. Praha, 25. 3. 2001, LF ČZU v Praze, ISBN 80-213-0777-3, s. 14–18.

- BURDA, P., 2009: Ověření pěstebních postupů a využití školkařských technologií při pěstování sadebního materiálu lesních dřevin a posouzení kvality vyprodukovaného materiálu. *Disertační práce*. KPL FLD ČZU v Praze, 90 s.
- BURDA, P., NÁROVCOVÁ, J., 2009: Ověřování technologie pěstování poloodrostků a odrostků v lesních školkách. *Zprávy lesnického výzkumu* 54(2): 92–98, ISSN 0322-9688.
- DUŠEK, V., 1984: Pěstování prostokořenných poloodrostků. *Lesnický průvodce* 1/1984, VÚLHM Jíloviště-Strnady, 27 s.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., MILLEROVÁ, K., BALCAR, V., 2011: Vnášení listnaté příměsi a jedle do jehličnatých porostů Jizerských hor. Certifikovaná metodika. *Lesnický průvodce* 9/2011, VÚLHM, Strnady, 49 s., ISBN 978-80-7417-048-5, ISSN 0862-7657.
- KUNEŠ, I., BALÁŠ, M., BURDA, P., 2010: Vnášení listnatých odrostků do horských jehličnatých porostů. *Lesnická práce* 89(10): 656–658, ISSN 0322-9254.
- LOKVENC, T., 1978: Problematika zalesňování velkými sazenicemi. *Lesnická práce* 57(4): 153–157.
- MAUER, O., 1999: Pěstování poloodrostků listnatých dřevin. *Lesnická práce* 78(2): 66–69.
- NOUZOVÁ, J., 1995: Výkonové normy v lesním hospodářství. Publikace pro potřeby výuky. Integrovaná střední škola lesnická, Vimperk, 139 s.
- PEŘINA, V., 1969: Příspěvek k používání listnatých odrostků. *Lesnická práce*, 48(4): 171–176.
- SOUČEK, J., 2010: Možnosti úpravy druhové skladby borových porostů. In: Novák et al. (eds.), *Sněhová kalamita v borovém hospodářství 2010*. Albrechtice nad Orlicí, 5. 3. 2010. VÚLHM VS Opočno, 46 s., ISBN 978-80-7417-028-7, s. 30–32.
- STIHL, 2006: STIHL BT 121 – Instruction Manual. Andreas Stihl AG & Co, KG, 65 s.
- VACEK, S., SIMON, J. et al., 2009: Zakládání a stabilizace lesních porostů založených na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. *Lesnická práce*, Kostelec nad Černými lesy, 784 s., ISBN 978-80-87154-27-4.
- VLK, Z., 1998: Zalesňování kalamitních holin na Smědavské hoře. *Lesnická práce* 77(9): 336–338.

VPLYV PH NA KLÍČENIE A VÝVOJ VÝSEVOV SMREKA OBYČAJNÉHO (*PICEA ABIES* (L.) KARST.)

EFFECTS OF PH CONCENTRATIONS ON GERMINATION AND DEVELOPMENT
OF NORWAY SPRUCE (*PICEA ABIES* (L.) KARST.) SEED

DAMIR DRVODELIĆ, STJEPAN MIKAC, MILAN ORŠANIĆ, IGOR ANIĆ

¹Faculty of Forestry, Department of Forest Ecology and Silviculture,
University of Zagreb, Svetošimunska 25, 10002 Zagreb, Croatia

ABSTRACT

This paper presents the results of germination and development of spruce seeds in different pH solutions under laboratory conditions. Ten different pH concentrations were used with 4 repetitions each. Concentration values ranged from pH 1.7 to 6.7. Sulphuric acid (H₂SO₄) and deionized water were used to prepare the solutions. Seed germination and development were tested according to the ISTA Rules. Germination was tested in an illuminated incubator (Snijders model ECD01E, Tilburg, Netherlands).

The results provided some fundamental information on seed germination in different pH solutions for spruce and fir species. In addition, very useful information was obtained that will facilitate understanding of natural regeneration, particularly in changing environmental conditions (acid rain, soil acidity, etc.). The threshold pH value for normal seed germination was 2.6. Soil pH values in Croatia range between 2.7 and 8.10, with only 0.38% of soils having pH values lower than 3. Generally, natural pH concentrations of soils are favourable for spruce seed germination.

Key words: seed germination, pH – solution, seedling characteristics, Norway spruce Karst., decayed seeds

ABSTRACT

Práca prezentuje výsledky klíčenia a vývoja výsevov smreka pri rozdielnych hodnotách pH v laboratórnych podmienkach. Sledovaných bolo 10 rôznych koncentrácií pH v troch opakovaníach. Hodnoty pH sa pohybovali v rozpätí od 1,7 do 6,7. Roztoky boli vytvorené použitím kyseliny sírovej (H₂SO₄) a deionizovanej vody. Klíčenie bolo testované podľa pravidiel ISTA v osvetlenom inkubátore (Snijders model ECD01E, Tilburg, Holandsko).

Výsledky poskytujú niektoré základné informácie o klíčení smreka a jedle pri rozdielnych úrovniach pH. Okrem toho obsahujú informáciu, ktorá uľahčí pochopenie prirodzenej obnovy čiastočne aj v zmenených ekologických podmienkach (kyslé dažde a zakyslenie pôd). Hraničná hodnota pH pre normálny priebeh klíčenia bola 2,6. Reakcia pôd v Chorvátsku sa pohybuje v rozpätí medzi 2,7 a 8,1, pričom len 0,38% pôd má reakciu s nižšou hodnotou ako 3. Všeobecne sú pôdy z hľadiska ich kyslosti vhodné pre klíčenie semien smreka

Kľúčové slová: klíčenie, pôdna reakcia, parametre semenáčikov, smrek obyčajný,

INTRODUCTION

Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) is a species whose distribution range extends over more than 200 million ha, and is therefore most widespread tree species on Earth (ORŠANIĆ, 2001). According to VAJDA (1933), spruce occurs naturally in relief-conditioned depressions of high mountains of Gorski Kotar, Velebit and the rest of Lika. Its favoured sites are frost spots, where spruce does not face any serious competition from other tree species. MATIĆ (2011) writes that Norway spruce is an important pioneer and transitional tree species which forms even-aged and multi-aged stands of high silvicultural form. Spruce participates in the composition mix with 52%, while silver fir, common beech and other autochthonous soft broad-leaves account for the remaining percentage. At the level of Croatia, the growing stock of spruce amounts to 5.57 m³/ha of the total forested area. In terms of participation by diameter classes, the largest part of wood volume belongs to the highest diameter and age classes, which indicates its over-maturity and physiological weakening. According to ČAVLOVIĆ *et al.* (2008), the total growing stock of spruce in the Republic of Croatia is 13 200 000 m³, accounting for 2.4 % of the total wood volume.

Young and Young (1992) write that the seed of common spruce, unlike that of other species, has been thoroughly investigated and that it manifests high variability with regard to latitude and elevation. Seeds from northern latitudes and higher elevations have smaller mass than those from southern latitudes and lower elevations. The seed is minuscule, elongated, sharpened at the base with one well developed wing which is 2-4 times longer than the seed itself. The seed husk of a mature seed is brown or black and the cotyledons vary in number between 4 and 15. Ružić *et al.* (1998) examined the effect of a weak low-frequency magnetic field on spruce seed germination under low pH conditions. Their research showed that a weak, sinusoidal magnetic field (50 Hz, 26 and 105 µT, stimulation 12 h/day), which is computer controlled and generated by the Helmholtz coil, slightly shortened the length of the seedlings and postponed germination at low pH values. The application of auxin, ethylene, kinetin, GA₁ and GA₃ affects or even decreases the germinating vigour of Norway spruce and Scots pine seeds (SANDBERG, 1988).

Acid rains and other acid precipitation form when polluted air mixes with rain, snow and fog. Distinctly acid rain leads to an increase in toxic matter in the atmosphere and the soil. The share of free lead, zinc, copper, chromium and aluminium increases. These toxic metals in the air, soil and water delay plant growth and reduce the population of nitrogen-fixing bacteria in the soil. Acid rains inhibit the absorption of biogenic elements from the soil. Sulphates and hydrogen sulphates in acid rain may lead to calcium and magnesium leaching from the soil. Lower pH values in the soil may reduce the population of microorganisms responsible for organic matter decomposition, thus impeding the restoration of nutrients to the soil. Acid rain that falls on the plants has a destructive effect on the leaves. The waxy protective coating is corroded and the path is opened for acids to enter the plant. Acids in the plants shift the water, inhibit the absorption of carbon dioxide and reduce or even halt the process of photosynthesis. The damaged leaves are highly susceptible to frost, which increases the danger of tree death during winter.

According to SCHMIDT (2000), the properties of growth media (pH, salt content and drainage) become exceptionally important during seedling growth and development. The same author states that seeds or seedlings are particularly vulnerable to physiological stress, mechanical damage and infections during the stage of germination and initial growth and development. SCHMIDT's thesis (2000) was corroborated by our findings, in which the seeds generally decayed at low pH levels, and all the seedlings were irregular (for one or more reasons).

ABRAHAMSEN *et al.* (1976) stated that the application of acid rain on podzolic soil in the quantity of $50 \mu\text{mol}^{-1}$ (pH 3) during two vegetation periods increased humus acidity and decreased base saturation.

In the past three decades, atmospheric pollution has caused severe problems in the nature and in numerous biological processes (MIQUEL ANGLÈS MARÍN, 2004). Ho (1992) confirmed a negative effect of increased acidity on the growth of roots and the above-ground part of the seedlings.

Research by the author mentioned above confirmed that factors which control total soil chemism depend primarily on soil type and only then on acid rain. There is very little information in literature on the effect of pH or naturally occurring metal cation quantities on seed germination. Nitrates from the soil are well known stimulators of seed germination.

This research has the following goals:

- Determine threshold pH values for normal seed germination of Norway spruce under laboratory conditions.
- Determine the quality of seeds and seedlings at different pH values.
- Analyse the condition of natural pH levels in Croatian soils with regard to critical values for germination.

MATERIALS AND METHODS

Fresh seeds of Norway spruce were used in this research. A total of 1,000 seeds were weighted in accordance with the ISTA rules (2006). Ten different pH solutions ranging between 1.5 and 6.0 pH (an increase every 0.5) were used to treat the seeds. The solutions were prepared on the basis of sulphuric acid (H_2SO_4) and deionized water. (Deionized water was used as the control, whose pH was measured before the germination test). There were four repetitions with 100 seeds per every treatment. Laboratory seed germination and the initial seedling development in different pH solutions were tested in Czech germination incubators and on filter paper. Czech incubators were placed in a closed Snijders incubator (model ECD01E, Tilburg, the Netherlands) with artificial illumination and temperatures programmed at 20–30 °C. According to a standard procedure (ISTA, International Rules for Seed Testing, Chapter 5: The Germination Test, 2006), laboratory germination of Norway spruce seed was tested on a filter paper medium and at changeable temperatures from 20 to 30 °C. The seedlings were first counted on day seven (germination energy) and last on day 21, which is the length of the testing procedure. The seedlings were classified every week according to the ISTA Rules (ISTA Handbook on Seedling Evaluation). According to the ISTA Handbook on

Seedling Evaluation, species of the genus *Picea* L. belong to category B (trees and shrubs), section 22 (germinant type H and germinant group B-3-1-1-1). A digital camera was used to record all the irregularly grown seedlings and monitor the course of germination. Decayed seeds were taken out of the incubator and recorded during each counting session. At the end of the germination test, the vitality of non-germinated seeds was evaluated using the tetrazolium method. The ISTA Rules (Working Sheets on Tetrazolium Testing 2003, Volume II Tree & Shrub Species) were followed.

RESULTS

Changed pH values of the solutions

The solutions prepared for the analysis of spruce seed germination ranged from extremely acid to weakly acid (Figure 1). An interesting feature was the occurrence of a low initial pH value in weakly acidic solutions and the control (deionized water), which increased towards more neutral values after two days (Figure 1). The reasons may be attributed to the occurrence of swelling and increased seed respiration, resulting in increased CO₂ concentrations. Since the test was done in closed incubators with no aeration, it is possible that CO₂ was dissolved in the solutions, which caused oscillations, especially in the solutions with lower pH values.

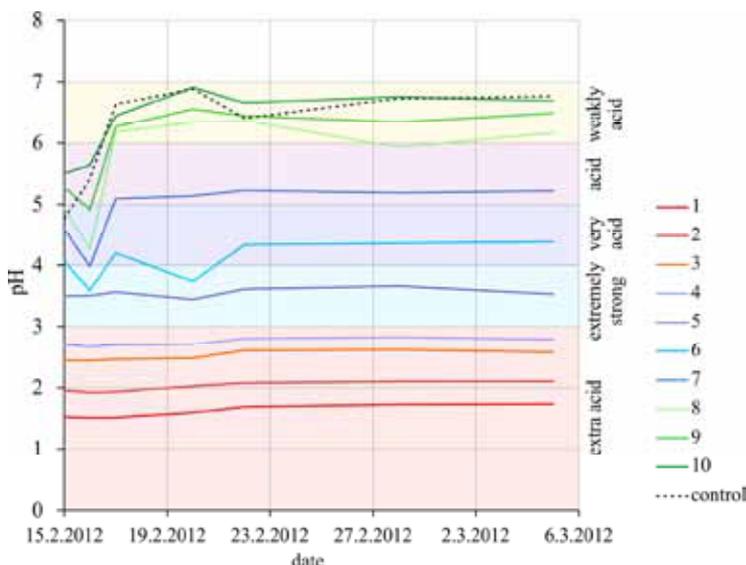


Figure 1: Measured pH values of the solutions during research

GERMINATION ENERGY, pH QUANTITATIVE GERMINATION ANALYSIS

There were significant differences in average pH values among all the repetitions, except repetition 10 and the control. The established pH values ranged from 1.72 to 6.71. Overall germination after 21 days of testing showed significant dependence on pH values of the solutions. Thus, the repetition with a low average solution

value manifested distinctly low germination percentage and very high percentage of dead and irregularly germinated seeds.

After 21 days, not one seed germinated (samples 1 and 2) in the repetitions with pH values up to 2.10. There were 44% of bad seeds on average. In general, pH values lower than 2.6 have an adverse effect on seed germination (repetitions 1, 2 and 3). They have distinctly low germination energy, a small number of normal seedlings and a large proportion of damaged or dead seeds. The largest number of normally germinated seeds was found at pH values between 3 and 6.7, 70 % on average, with only 20% of bad seeds, of which 9% were decayed.

Table 1: Average values of measured variables according to different pH values of the solutions (df = 4)

Sample	pH	Normal seedlings (%)	Non-germinated seeds (%)	Decayed seeds (%)	Bad seedlings (%)	Germination energy (%)
1	1,72	0,00	8,75	30,25	39,00	0
2	2,10	0,00	24,50	24,25	48,75	0
3	2,60	37,50	33,75	13,25	47,00	11,5
4	2,81	55,50	19,25	10,25	29,50	20
5	3,60	68,50	14,25	7,75	22,00	11,5
6	4,36	69,00	10,00	9,00	19,00	23
7	5,21	75,50	9,75	6,75	16,50	21,5
8	6,16	70,75	10,00	7,50	17,50	28
9	6,43	68,75	10,75	11,50	22,25	25,75
10	6,71	71,75	9,25	9,25	18,50	32,5
Control	6,64	69,75	12,25	9,50	21,75	16,75

The results of one-way variance analysis (One way ANOVA) indicate a statistically significant difference in the germination energy between repetitions 1 and 2, which have the lowest pH values (1.6 and 2.0) in relation to the rest (Table 2). A significant difference in the average values was also recorded for the percentage of normally germinated seeds between repetitions 4 to the control and the most acid solutions (sample 1, 2, 3).

Table 2: Results of Post-hoc test between repetitions with regard to pH values of the solutions

Samples	Normal seedlings	Non-germinated seeds	Decayed seeds	Ph	Germination energy	Bad seedlings
1	3-Cont	2,3	1,3,4,5,6,7,8,9,10, Cont	all different	4,6,7,8,9,10, Cont	
2	3-Cont	6,7,8,10	5,7,8		4,6,7,8,9,10, Cont	6,7,8,10
3	1	1,4,5,6,7,8,9,10, Cont	1		10	6,7,8,11
4	1,2,3	3			1,2	
5	1,2,3	3	2		10	
6	1,2,3	3			1,2	2,3
7	1,2,3,4	3	2		1,2	2,3
8	1,2,3	3	2		1,2	2,3
9	1,2,3	3			1,2	
10	1,2,3,4	3		No. Diff.	1,2,3,5	2,3
Cont	1,2,3	3			1,2	

The highest amount of non-germinated seeds, reaching 48%, was recorded in repetitions 2 and 3 (pH 2.10–2.60). In the most acid solution (repetition 1), the percentage of non-germinated seeds was low, but the number of damaged (decayed) seeds was 39%, which indicates physiological degradation of seed husk and tissue.

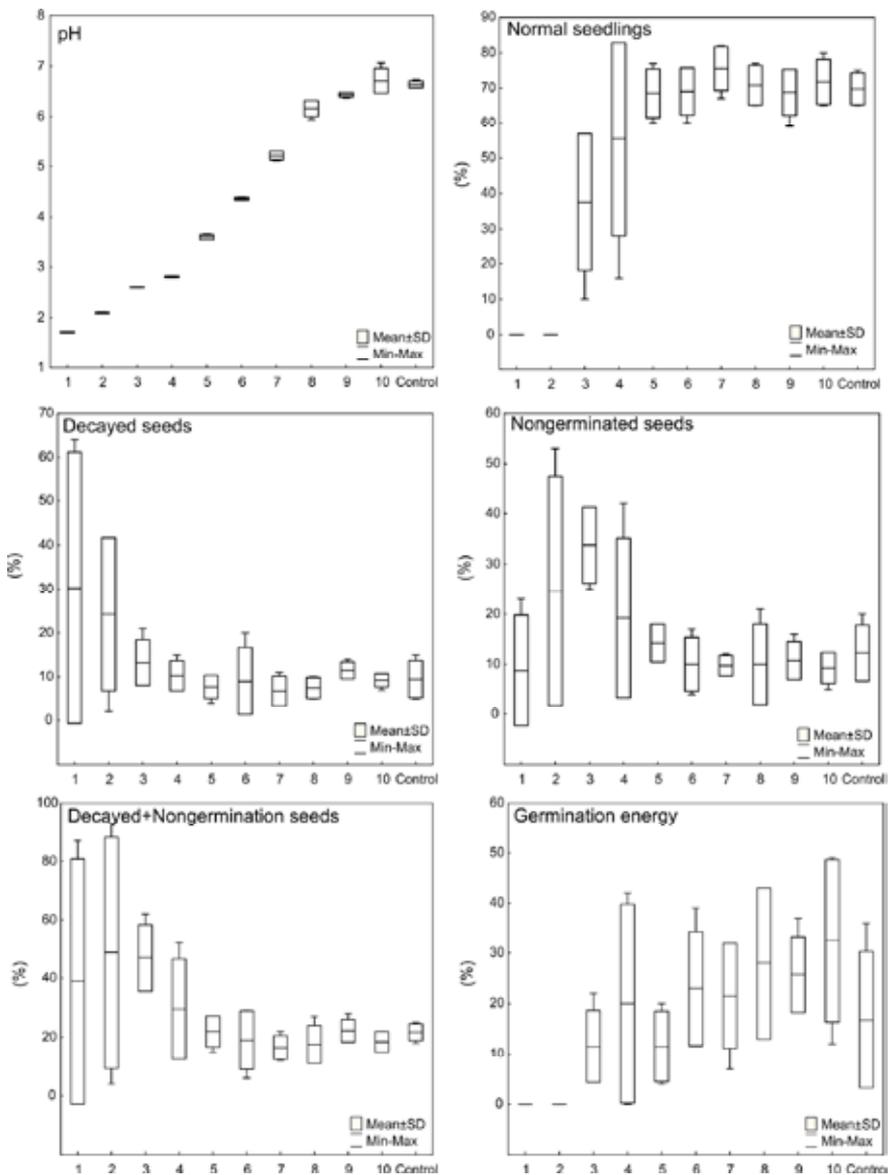


Figure 2: Box-Whisker plot according to the studied variables

Figure 3 shows the mean values and the range of the tested seed characteristics. Repetitions 3 and 4 manifested the highest range of normally germinated seeds, whereas repetitions from 5 up to the control had equal values.

The correlation between normally developed seedlings and pH values is given in Figure 3. According to this research, the threshold value for spruce germination with regard to the laboratory value of pH solution amounts to slightly less than pH 3. The average amount of normally germinated seeds at pH values higher than 3 is about 70%.

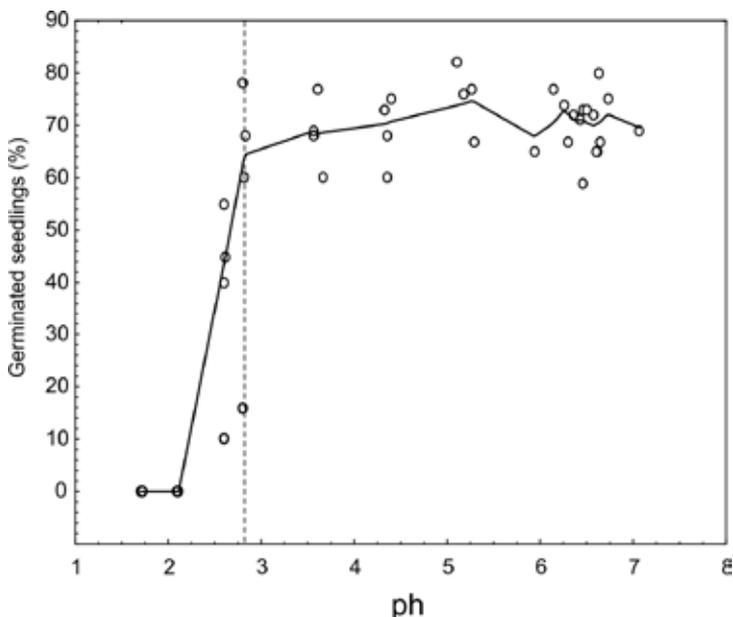


Figure 3: Correlation between germinated seeds and pH values. The broken line indicates the threshold pH value at which the number of germinated seeds is averaged with the control

Soil pH values in Croatia extend from 2.70 to 8.10. Lower pH values are mostly distributed in north-western Croatia, on Mt Bilogora, in the Pokuplje basin and in the Pannonian uplands. Higher values (more neutral soils) are generally distributed in the Dalmatian hinterland, the islands and in north-eastern Baranja. Of a total of 2,222 soil profiles in which soil values were measured, only 0.38% exhibited pH values lower than 3. The average pH value is 5.71 ± 1.26 , and the maximally measured one is 8.1. It should be stressed that these values are significantly affected by the anthropogenic factor, which includes forest management, forest and forest soil degradation and agriculture.

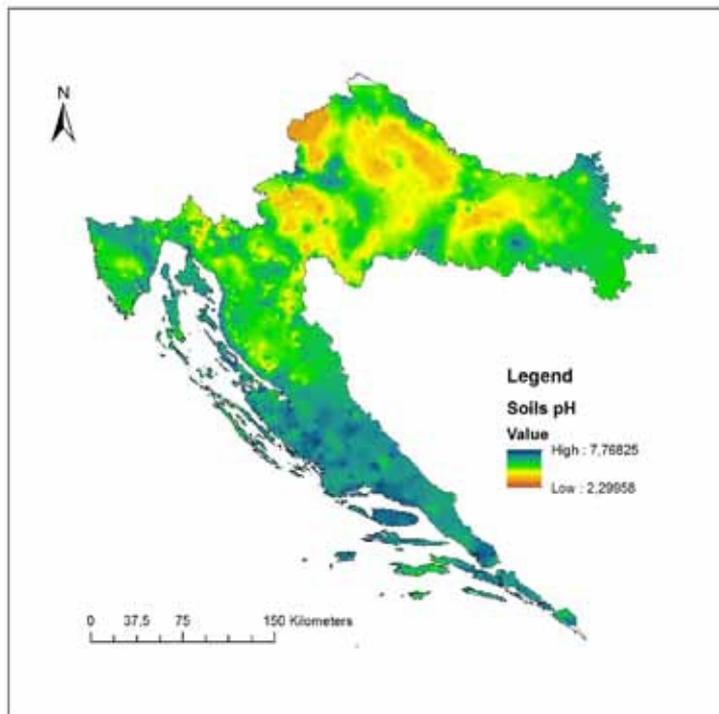


Figure 4: Spatial distribution of soil pH values in Croatia

DISCUSSION

In his research of laboratory germination of spruce seed from the Velebit mountain range, ORŠANIĆ (2001) achieved average germination of 27% (min. 13%, max. 48%) from a sample of six experimental plots. He also states that natural germination is definitely lower than laboratory germination due to numerous adverse ecological factors occurring in the area of natural spruce distribution. ORŠANIĆ (2008) mentions the poor yield and quality of Norway spruce seeds in the investigated period. The author emphasises the correlation between population elevation and seed germination and concludes that seed germination is lower at higher elevations. According to REGENT (1980), the average germination of spruce seed is about 70%. According to FREHNER and FÜRST (1992), germination ranges between 85–95%, whereas DIRR and HEUSER (1987) report the germination capacity of 80%.

LEYTON (1952) investigated the effect of pH and nitrogen forms (NH_4 i NO_3) on the growth of Sitka spruce (*Picea sitchensis* Carr.) seedlings in a nutrient solution at a pH range of 3 to 7. In both nitrogen forms, the results showed an optimal growth of the aboveground and underground part of the seedlings at a pH between 4 and 5. Above and below this pH threshold, a progressive decrease was recorded in the production of dry matter, accompanied by an increase in the irregular growth of the root system. Nitrogen forms had a small effect on the overall growth at a certain pH, but the nitrogen form appears to stimulate root development better than the

ammonia form. For this reason, the ratio between the root and the aboveground part changes.

ABOUGUENDIA a REDMANN (1979) studied the effect of buffer solution (pH 2.2, 3.0, and 9.0) on seed germination and the initial seedling growth of the species *Pinus contorta* in the laboratory. Seed germination of *Pinus contorta* at low pH values was higher than in the control (distilled water, pH 6.5), seed germination of the species *Picea glauca* and *Pinus banksiana* at low pH values was equal to germination in distilled water, while germination of the species *Picea mariana* was significantly lower. It can be concluded that the results of this research into Norway spruce seed coincide with the research of the above mentioned authors only in the case of the seeds of *Picea mariana*, which evidently react to low pH of the solution similarly to the reaction of the seeds of *Picea abies*. In extremely alkaline conditions (pH 9.0), seed germination of the species *Pinus contorta*, *Picea glauca*, *Pinus banksiana* and *Picea mariana* was lower than seed germination in distilled water. Seedling growth of these tree species was statistically significantly lower at high and low pH values in relation to the control.

Seedlings of *Pinus contorta*, unlike the other mentioned species, grow best at a pH of 9.0, while seedlings of *Pinus banksiana* grow best at a pH of 3.0. In order to improve our research into seeds of Norway spruce, we should test germination and the initial seedling growth in a pH solution higher than 6.0.

SCHERBATSKOY et al. (1987) did not record any decrease in seed germination of the species *Picea rubens* Sarg., *Abies balsamea* L., *Betula alleghaniensis* BRITT a *Betula papyrifera* Marsch at low pH values and in the presence of phytotoxic metal ions. Seeds of *Abies balsamea* L. and *Betula alleghaniensis* manifest significantly better germination at pH 3 compared to pH 4 or 5. These investigations confirmed that acid soils and soils contaminated with heavy metal ions in coniferous forest ecosystems growing at high elevations do not influence the germination of the studied tree species.

RAYNAL et al. (1982) tested seed germination of the species *Acer saccharum*, *Acer rubrum*, *Betula lutea*, *Tsuga canadensis* and *Pinus strobus* in differently acid substrates. Seed germination of *Acer rubrum* was inhibited at pH 4.0 and 3.0, and that of *Betula lutea* at pH 3.0. Control seed was tested at pH 5.6. For the seeds of the species *Acer saccharum* and *Tsuga Canadensis*, germination was not inhibited at low pH values. The lower the substrate pH, the higher the seed germination rate of the species *Pinus strobus*. Maximal germination was achieved at the pH values between 2.4 and 3.0. This research showed a broad range of susceptibility of certain tree species in terms of seed germination at low pH values.

Research of this kind is of great practical importance in the selection of tree species for phytoremediation of quarries, marginal soils and other soils with extreme pH values. Similar research is conducted in other fields of natural sciences (agronomy), where impacts of pH water solutions on germination of different sorts are examined. GRLJUŠIĆ et al. (2007) investigated soya germination and found that pH values of water solution, with the exception of germination energy, significantly affected the investigated properties. On average, germination was the highest at a pH of

5, and the lowest at a pH of 8. The root and the hypocotyl of the seedlings were significantly longer at pH 5 and 6. Demirezen Yilmaz and Aksoy (2007) found that pH 6.0 (98%) was optimal for seed germination of the species *Rumex scutatus* L. (*Polygonaceae*). Seed germination is inhibited at pH values lower than 6.0 (particularly at pH 4.0).

HOU a WANG (2000) investigated the effect of simulated acid rain adjusted to pH values of 2.0, 3.5, 5.0 and 6.0, and to the control (distilled water) on seed germination of five hardwood species (*Cinnamomum camphora* L., *Ligustrum lucidum*, *Castanopsis fissa* Rehd. et Wils., *Melia azedarach* L. and *Koelreuteria bipinnata* Franch.). Seed germination was remarkably inhibited by pH 2.0 treatment for three species. Significant foliar damage, decline in chlorophyll contents and retardation of growth for the seedlings of all the species were observed at pH 2.0. Seedling growth was stimulated at pH levels between 3.5 and 5.0. The authors found the critical threshold level for inhibition of seed germination and seedling growth. According to PUCHALSKI a PRUSINKIEWICZ (1990) and SCHMIDT-VOGT (1991), optimal conditions for seed germination of Norway spruce are in the substrates with good water-air ratios, pH values around 5.5 and temperatures between 15 and 25 °C. These authors emphasise that light does not affect seed germination of Norway spruce, but is highly important at a certain stage of plant growth. In Norway, Abrahamsen (1976) found that pH values below 4.0 decrease seed germination of Norway spruce. Our research of Norway spruce seeds confirmed the threshold pH level of 2.5, below which no regular seedlings were recorded (pursuant to the ISTA Rules). We can improve research with seeds of Norway spruce by measuring the morphological parameters and physiological condition of the seedlings in different pH solutions. HRABRI (2002) records seed fullness of Norway spruce from 78.8 to 95.5%. According to the anatomical analysis, the content of non-vital seeds ranged between 1.2 and 6.7%, and according to the biochemical analysis it ranged between 1.9 and 11.2%. Seeds with several embryos were found in seven samples. Such seeds amounted to a maximum of 3.5%. This author recorded germination energy between 0.8 and 14.5%, or total germination between 43.3 and 67.5%. There were 8% of irregular seedlings found in 7 samples. Such seeds germinated with the green parts of the epicotyl. This research showed that seed germination energy in deionized water reached 16.75%, and the total participation of irregular seedlings was 12.25%. In both cases, this is slightly more than the values cited by HRABRI (2002).

CONCLUSIONS

Related to research on the effects of different pH concentrations on seed germination of Norway spruce in laboratory conditions, we may conclude the following: The threshold pH value of the solution at which seed germination was recorded was 2.6. On average, high seed germination was recorded at pH values higher than 3. The highest germination energy was recorded in weakly acid repetitions, and the highest number of damaged and deformed seeds was found in extremely acid solutions.

Natural pH concentrations in the soils of Croatia are above the threshold germination value of 2.6, and only a small part of the soils (0.38%) have pH values lower than 3, which indicates favourable natural pH concentrations in the soils of Croatia. The conducted research also indicates changes in the pH values of deionized solution, which is as a rule used in close type incubators. This is related to the process of CO₂ dissolution that occurs with seed respiration. Future research should be directed towards explaining the phenomenon of close type incubators.

REFERENCES

- ABRAHAMSEN, G., HORNTVEDT, R. TVEITE, B., 1976: Impacts of acid precipitation on coniferous forest ecosystems. In: Dochinger, L. S.; Seliga, T. A., eds. Proceedings of the first international symposium on acid precipitation and the forest ecosystem; Gen. Tech. Rep. NE-23. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 991–1009.
- ABRAHAMSEN, G., 1976: Acid precipitation – effect on forest ecosystems. *Ecological Bulletins* 21: 79–86.
- ABOUGUENDIA, Z. M., REDMANN, R. E., 1979: Germination and Early Seedling Growth of Four Conifers on Acidic and Alkaline Substrates. *Forest Science* 25 (2) 358–360.
- ČAVLOVIĆ, J., T. DUBRAVAC, V. ROTH, S. DEKANIĆ, K. TESLAK, 2008: Succession processes and development of the stand structure of a 161-year-old Norway spruce plantation under regime without silvicultural treatment. *Periodicum biologorum*. 110 (2): 187–193.
- DIRR, M. A., C. W. JR HEUSER, 1987: Reference Manual of Woody Plant Propagation (*From Seed to Tissue Culture*), Athens, 239 p.
- DEMIREZEN, Y., A. AKSOY, 2007: Physiological effects of different environmental conditions on the seed germination of *Rumex Scutatus* L. (*Polygonaceae*)
- FREHNER, E., E. FÜRST, 1992: Von Samen bis zur pflanze Ein Erfahrungsbericht aus dem Forstgarten, No 333, Birmensdorf, 47 p.
- GR LJUŠIĆ, S., G. BUKVIĆ, M. VRATARIĆ, M. ANTUNOVIĆ, A. SUDARIĆ, I. PREPELAC, 2007: Utjecaj pH vodene otopine na klijavost sjemena soje. *Agriculture: Scientific and Professional Review* 13 (2): 1–6.
- HENDRICKS, S. H., R. B. TAYLORSON, 1972: Promotion of seed dormancy by nitrates and cyanides. *Nature* 237: 169–170.
- HRABÍ, L., 2002: Quality and germination of the Norway spruce seeds *Picea Abies* (L.) Karsten. *Biologica* 39-40: 7–1.
- HO, M., 1992: Red Spruce Germination and Growth in Soil-mediated Regeneration Microcosms under Acid Precipitation. Duke University, Durham, NC (United States), 238 p.
- HOU BAC FAN, YI HONG WANG, 2000: Effects of simulated acid rain on germination, foliar damage, chlorophyll contents and seedling growth of five hardwood species growing in China. *Forest Ecology and Management* 126: 321–329.
- ISTA (International Seed Testing Association) 2006 International Rules for Seed Testing, Edition 2006/1, Chapter 5: The Germination Test, Bassersdorf, Switzerland.

- ISTA (International Seed Testing Association) 1996 International Rules for Seed Testing: rules 1996. Seed Science and Technology 24: 1–335.
- ISTA Working Sheets on Tetrazolium Testing 2003, Volume II Tree & Shrub Species, The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA Handbook on Seedling Evaluation 3rd Edition, 2003, The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland.
- Leyton, L., 1952: The effect of pH and form of nitrogen on the growth of Sitka spruce seedlings. Forestry 25 (1): 32–40.
- MATIĆ, S., 2011: Utjecaj stanišnih promjena i načina gospodarenja na sušenje obične smreke (*Picea abies* Karst.) u Hrvatskoj. Croatian Journal of Forest Engineering. 32 (1):7–17.
- MIQUEL ANGLÈS MARÍN, 2004: Effect of nitrate on the germination of a soil seed bank in a Norway spruce forest in relation to liming and clear-felling. Thesis for Master of Science in Biology, Department of Ecology and Environmental Research, Swedish University of Agricultural Sciences, 26 p
- ORŠANIĆ, M., 2001: Strukturne osobine i dinamika šumskih sastojina obične smreke (*Picea abies* (L.) Karst) na sjevernom Velebitu. Disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 150 p.
- ORŠANIĆ, M., D. DRVODELIĆ, I. ANIĆ, S. MIKAC, D. BARČIĆ, 2008: Natural regeneration of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands on northern Velebit. // *Periodicum biologorum*. 110 (2): 173–179 (članak, znanstveni).
- PUCHALSKI T., Z. PRUSKIEWICZ, 1990: Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. (Ecological principals of forest habitat study). PWRiL, Warszawa, 619 pp.
- RAYNAL, D. J., J. R. ROMAN, W. M. EICHENLAUB, 1982: Response of tree seedlings to acid precipitation - I. Effect of substrate acidity on seed germination. Environmental and Experimental Botany 22 (3): 377–383.
- REGENT, B., 1980: Šumsko sjemenarstvo, Jugoslovenski poljoprivredni šumarski centar-služba šumske proizvodnje, Beograd, 201 p.
- ROBERTS, E. H., S. K. BENJAMIN, 1979: The interaction of light, nitrate and alternating temperature on the germination of *Chenopodium album*, *Capsella bursa-pastoris* and *Poa annua* before and after chilling. Seed Science and Technology 7: 379–392.
- RUŽIĆ, R., JERMAN, I., N. GOGALA, 1998: Effects of weak low-frequency magnetic fields on spruce seed germination under acid conditions. Canadian Journal of Forest Research 28 (4): 609–616.
- SANDBERG, G., 1988: Effects of growth regulators on germination of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* seeds. Sandinavian Journal of Forest Research 3 (1-4): 83–95.
- SCHMIDT, L., 2000: Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Danida Forest Seed Centre, p 1–22.
- SCHERBATSKOY, T., R. M. KLEIN, G. J. BADGER, 1987: Germination responses of forest tree seed to acidity and metal ions. Environmental and Experimental Botany 27 (2): 157–164.

- SCHMIDT-VOGT, H., 1991: Die Fichte II/3. Hamburg-Berlin, Parey. 804 pp.
- VAJDA, Z., 1933: Studija o prirodnom rasprostranjenju i rastu smreke u sastojinama Gorskog Kotara. Šumarski list 57: 217-253, 289-329.
- YOUNG, J. A., C. G. YOUNG, 1992: Seeds of Woody Plants in North America, Portland, 407 p.

PRIRODZENÁ OBNOVA TISA OBYČAJNÉHO (*TAXUS BACCATA* L.) V LESOCH S PROTIERÓZNO-PRODUKČNÝM ZAMERANÍM

REGENERATION OF YEW (*TAXUS BACCATA* L.) IN THE FORESTS
WITH ANTIEROSIVE-PRODUCTION FUNCTION

JOZEF JANKOV¹, KAROL GUBKA²

¹Mestské lesy s.r.o., ČSA 26, 974 01 Banská Bystrica,
e-mail: jozefjankov@gmail.com, ²Lesnícka fakulta TU Zvolen, Masarykova 24,
e-mail: kgubka@vsld.tuzvo.sk

ABSTRACT

*This paper analyzes the regeneration possibilities of yew (*Taxus baccata* L.) in the forests with antierosive-production function. The two permanent research plots (one was fenced and the other one not) were studied for this regeneration of yew. Negative deer effect, which does not allow yew regeneration to reach the age of 4 and more at the unfenced permanent research plot, was clearly proved by monitoring this area for three years. The paper also deals with the possibilities of yew regeneration protection and its perspectives as the effective part of forests with production – anti erosion focus.*

Key words: *Taxus baccata, antierosive-production function of the forest, natural regeneration*

ABSTRAKT

*Práca analyzuje možnosti prirodzenej obnovy tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v lesoch s protieróznou-produkčným zameraním. Prirodzená obnova tisa bola sledovaná na dvoch trvalých výskumných plochách, z ktorých jedna bola oplotená a jedna neoplotená. Monitorovaním prirodzenej obnovy za obdobie troch rokov bol jednoznačne dokázaný negatívny vplyv jelenej zveri, ktorá na neoplotenej trvalej výskumnej ploche neumožní tisovému zmladeniu dosiahnuť vek 4 a viac rokov. Práca sa taktiež zaoberá možnosťami ochrany tisového zmladenia a jeho perspektívami ako účinnej zložky lesov s produkčnoprotieróznym zameraním.*

Kľúčové slová: *Taxus baccata, protierózna funkcia lesa, prirodzená obnova*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Tis obyčajný (*Taxus baccata* L.) je vzácna pôvodná ihličnatá drevina našich lesov. Za centrum európskeho výskytu tisov sa považuje oblasť Stredného Slovenska (BLATTNÝ, ŠŤASTNÝ 1959), v ktorej medzi najvýznamnejšie lokality patrí Harmamecká tisová oblasť, Gaderská dolina, Malé Plavno a Pavelcovo (BARTÁK 1929; SVOBODA 1947; HOFMAN 1953; KORPEL, PAULE 1975; KORPEL 1995).

Z odbornej literatúry a archívnych dokladov sa dozvedáme, že ešte v 19. storočí mal tis v európskych krajinách určitý, aj keď malý, hospodársky význam. Jeho zastúpenie však kleslo natoľko, že dnes sa radí medzi dreviny, ktorým hrozí vymretie a je takmer vo všetkých krajinách predmetom zámernej ochrany (SVOBODA 1953; KORPEL 1995). Tis bol pôvodne viac zastúpený aj v našich lesoch, ľudská činnosť ho však postupne vytlačila na prevažne strmé, skalné lokality, ktoré nie sú intenzívne obhospodarované (BURKOVSKÝ 1977). Najzávažnejším škodlivým činiteľom na

tisoch sa v posledných desaťročiach stala jelenia zver, ktorá ho poškodzuje obhryzom, lúpaním a odhryzom semenáčikov (BURKOVSKÝ 1977; BOHUŠ 1980; ŠTEFANČÍK 1986; FÍNDŮ, ŠTEFANČÍK 1988; KORPEL 1995; JANKOV 2008; JANKOV, NIČ 2009).

Tis obyčajný je súčasťou zmiešaných porastov v nadmorských výškach približne od 600 do 1000 m n. m. Hlavnú korunovú úroveň tvorí predovšetkým buk lesný s primiešanými javormi, brestami, jaseňom štíhlym, lipami, mukyňou, jedľou bielou a smrekom obyčajným (PAGAN 1999). Najväčšie percentuálne zastúpenie a najkvalitnejšie jedince tisa sa nachádzajú v skupine lesných typov *Fagetum dealpinum*, ale najväčší plošný výskyt je viazaný na skupinu lesných typov *Fagetum pauper* (GROSS 1960).

Porasty so zastúpením tisa obyčajného na strmých svahoch a extrémnych stanovištiach sú prevažne zaradené do kategórie ochranných lesov a plnia najmä pôdoochrannú funkciu. Tis obyčajný sa však v okolí Banskej Bystrice v hojnom počte vyskytuje aj v lesoch hospodárskych, kde sa významným spôsobom uplatňuje ako účinná zložka pri plnení protieróznej funkcie v lesoch s protierózno-produkčným zameraním. Na ústupe tisa obyčajného v týchto porastoch mal v minulosti dominantný vplyv holorubný spôsob hospodárenia. Tis obyčajný veľmi citlivo reaguje na zmenu osvetlenia a pri celkovom náhlom osvetlení chradne a hynie (PAGAN 1999). Následným zalesňovaním nepôvodnými drevinami vznikali kultúry, v ktorých nepriaznivé pôdne pomery znemožnili jeho zmladzovanie (SVOBODA 1947). V súčasnosti bol holorubný hospodársky spôsob v porastoch s výskytom tisa s protierózno-produkčným zameraním takmer na 100 % nahradený hospodárskym spôsobom podrastovým. Uplatňovaním clonných rubov môže dôjsť k zlepšeniu svetelných pomerov, ktoré sa prejavuje u tisa obyčajného pozitívne na zväčšení objemu korún a ich povrchového plášťa, čo sa odráža v zlepšení rastových schopností a fruktifikácii (KORPEL 1995). Problém však nastáva pri poslednej fáze obnovného rubu (dorube), kedy často dochádza k svetelnému šoku ako pri holoruboch, najmä ak sa obnovný rub vykonáva v dvoch fázach. Ako najvhodnejšie sú preto ťažbové zásahy jednotlivým, resp. hlúčikovým výberom.

Individuálna ochrana dospelých jedincov tisa obyčajného proti poškodzovaniu zverou na území Veľkej Fatry bola v minulosti riešená najmä obalovaním kmeňov kovovým pletivom, ktoré bolo neskôr nahradzované pletivom polytetovým. Ochrana kmeňov sa javí ako nevyhnutná, pretože viac ako 95 % kmeňov je poškodených jeleňou zverou lúpaním. Nevyriešená je otázka ochrany prirodzeného zmladenia, ktoré je jeleňou zverou spásané takmer na 100 % (JANKOV 2008, 2009; JANKOV, NIČ 2009).

Cieľom predkladanej práce bola analýza možnosti prirodzenej obnovy tisa obyčajného v poraste s protierózno-produkčným zameraním v prirodzených podmienkach a porovnanie so situáciou pri zamedzenom prístupe pre jeleniu zver za sledované obdobie troch rokov.

MATERIÁL A METODIKA

Prírodná obnova tisa obyčajného bola sledovaná na území Mestských lesov s. r. o. Banská Bystrica, lesnom celku Banská Bystrica – Uľanka, v dielci č. 1150a.

Uvedený dielec sa nachádza v objekte Pro Silva Šípovo, ktorý bol v roku 2008 založený na ploche 119 ha za účelom zachovania a zlepšenia stavu tisa obyčajného na uvedenej lokalite. Geologický podklad tvoria vápence. Priemerné ročné zrážky sa pre oblasť udávajú vo výške 840 mm, priemerná ročná teplota 8,0 °C.

Typologicky je dielec č. 1150a zaradený do skupiny lesných typov *Fagetum dealpinum*. Nachádza sa v rozpätí nadmorských výšok 570–735 m n. m. Expozícia porastu je juhovýchodná, priemerný sklon 35 %. Podľa popisu v lesnom hospodárskom pláne je celková výmera porastu 15,41 ha. Priemerná zásoba na 1 ha je 285 m³.

Porast je dvojetážový:

1. etáž: výmera: 10,79 ha, zakmenenie 0,60, vek 105 rokov. Zastúpenie drevín: buk lesný 63 %, javor horský 22 %, smrek obyčajný 10 %, jaseň štíhly 4 %, borovica lesná 1 %, jedľa biela 1 %, ojedinelé dreviny: brest horský, javor mliečny a tis obyčajný.
2. etáž: výmera 4,62 ha, vek 10 rokov, zakmenenie 0,30. Zastúpenie drevín 2. etáže: buk lesný 55 %, javor horský 35 %, jaseň štíhly 10 %, ojedinelé dreviny: jedľa biela a smrek obyčajný.

Po začatí obnovy vplyvom priaznivých svetelných pomerov dochádzalo v uvedenom dieleci od roku 2001 k dobrej fruktifikácii tisa a následnej prirodzenej obnove. Pri sledovaní tisového zmladenia však neboli zaevidované žiadne semenáčky s bočnými konáríkmi, ktoré tis vytvára až vo 4. alebo 5. roku (KORPEL 1985 *ex* PAGAN 1999). Pravdepodobnou príčinou uvedeného javu bolo spásanie tisového zmladenia jeleňou zverou. Ako ďalšie možné príčiny boli otvorené otázky menej vhodnej južnej až juhovýchodnej expozície, nedostatku vlahy, poškodenia mrazom a pod. Pre potvrdenie alebo vyvrátenie hypotézy o spásaní jeleňou zverou boli preto v podhrebeňovej časti porastu v roku 2008 vytýčené dve trvalé výskumné plochy (TVP) s rozmermi 18 × 20 m. V prvej TVP sa nachádzali 3 jedince tisa s hrúbkou 42 cm, 27 cm a 22 cm vo výške 1,3 metra. Celá TVP bola oplotená drôteným pletivom s výškou 2 m. TVP II bola založená v blízkosti TVP I., situovaná v rovnakej nadmorskej výške, rovnakej expozícii a bola vybratá tak, aby sa zastúpenie drevín, zakmenenie, zápoj a situácia prirodzenej obnovy čo najviac zhodovali s TVP I. Nachádzali sa v nej taktiež tri jedince tisa s hrúbkou 39 cm, 31 cm a 24 cm vo výške 1,3 m. Na rozdiel od TVP I, trvalá výskumná plocha II nebola oplotená, v teréne bola zastabilizovaná len drevenými kolíkmi a označením hraničných stromov TVP vodorovnými pruhmi bielou farbou. Týmto spôsobom bolo umožnené sledovať vplyv jelenej zveri na zmladenie tisa na neoplotenej TVP II a porovnávať so situáciou na TVP I, v ktorej bol pre jeleniu zver prístup zamedzený.

Na obidvoch TVP bola v októbri 2008 vykonaná evidencia prirodzenej obnovy. Sčítavanie jedincov sa vykonávalo celoplošne, pre jednoduchšiu orientáciu boli TVP rozdelené na tri tranzekty po spádnici so šírkou 6 metrov. Evidované boli všetky dreviny do hrúbky 2 cm vo výške 1,3 m. Pre evidenciu bola použitá modifikovaná klasifikačná schéma podľa KORPELA (1989):

Pre všetky dreviny:

1. jedince do výšky 20 cm,

2. jedince s výškou 21–50 cm,
3. jedince s výškou 51–80 cm,
4. jedince s výškou 81–130 cm,
5. jedince s výškou 131 cm do hrúbky 2,0 cm v $d_{1,3}$.

Pre drevinu tis obyčajný bol vo výškovej triede do 20 cm zisťovaný aj vek nasledovne:

- jedince 1-ročné,
- jedince 2-ročné,
- jedince 3-ročné
- jedince 4 a viacročné s vytvorenými bočnými konárkami.

Evidencia prirodzenej obnovy bola opakovane zisťovaná po troch rokoch v októbri 2011 na obidvoch TVP.

Výsledky boli prepočítané na 1 ha a porovnané medzi jednotlivými TVP, ako aj za sledované obdobie.

VÝSLEDKY

Prvá evidencia prirodzenej obnovy bola vykonaná v októbri 2008 následne po oplotení TVP I. Výsledky evidencie pre drevinu tis sú samostatne spracované v tabuľke 1, pre ostatné drevinu v tabuľkách 2 a 3.

Z uvedených tabuliek vyplýva, že po prepočte na hektár bol na TVP I celkový počet jedincov tenších ako 2 cm spolu s tisom približne 118 000 ks.ha⁻¹, na TVP II 131 000 ks.ha⁻¹. Tis sa na obidvoch TVP veľmi dobre prirodzene zmladzoval, jeho početnosť však s pribúdajúcim vekom klesala a vo vekovej triede 4 a viac rokov sa už nenachádzal ani jeden jedinec, taktiež sa ani v jednej TVP nenachádzali jedince nad 20 cm. Na oplotenej TVP I bolo o 13,78 % menej jedincov tisa ako na TVP II. Z ostatných drevín v prirodzenej obnove dominoval buk lesný, ďalej javor horský a jaseň štíhly.

Evidencia prirodzenej obnovy bola opakovane uskutočnená po troch rokoch v októbri 2011 na obidvoch založených TVP. Za uvedené obdobie nebola na trvalých výskumných plochách ani v ich blízkosti vykonávaná pestovná alebo ťažbová činnosť, taktiež nebola na tomto území zaznamenaná žiadna podstatná disturbanca. Na TVP I nebolo zaznamenané žiadne vážnejšie poškodenie oplôtku, ktoré by mohlo zapríčiniť nežiaduce vniknutie jelenej zveri. Na TVP II neboli vykonané žiadne opatrenia na ochranu tisového zmladenia proti spásaniu jeleňou zverou.

Výsledky evidencie prirodzenej obnovy v roku 2011 sú prehľadne zhrnuté v tabuľkách 4, 5 a 6.

Na obidvoch TVP bol zaznamenaný nárast počtu jedincov na úroveň približne 160 000 ks.ha⁻¹. Na TVP I bol zaznamenaný pokles jedincov tisa o 8 % a na TVP II pokles jedincov tisa až o 25 %. Pokles jedincov tisa bol do určitej miery zapríčinený konkurenčnými vzťahmi medzi jednotlivými drevinami, omnoho dôležitejšia je však veková štruktúra tisového zmladenia. Na neoplotenej TVP II sa po troch rokoch opäť vo vekovej triede 4 a viac rokov nenachádzal ani jeden jedinec

tisa, pričom na oplotenej TVP I bolo vo vekovej triede 4 a viac rokov 52 jedincov tisa, čo predstavuje 1 444 ks.ha⁻¹. Boli zistené aj dva jedince tisa s výškou nad 20 cm (56 ks.ha⁻¹). Sledovaním prirodzenej obnovy za obdobie troch rokov bol tak potvrdený negatívny vplyv jelenej zveri na tisové zmladenie, ktoré je spásané na sledovanej lokalite do veku 4 rokov na 100 %. Negatívne pôsobenie jelenej zveri je možné sledovať aj pri drevinách jaseň a javor, ktoré sú na neplotenej TVP II výrazným spôsobom poškodené odhryzom (pri evidencii prirodzenej obnovy bolo na TVP II v roku 2011 zaznamenaných až 74 % poškodených jedincov javora horského a až 68 % poškodených jedincov jaseňa štíhleho, poškodené jedince však boli ešte životaschopné).

Tabuľka 1: Stav prirodzenej obnovy tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) na TVP I a TVP II v roku 2008

Table 1: The yew (*Taxus baccata* L.) regeneration situation on PRP I and PRP II in 2008

výška ¹	vek ²	TVP ³ I		TVP II		rozdiel ⁴	
		n (ks)	N (ks.ha ⁻¹)	n (ks)	N (ks.ha ⁻¹)	N (ks.ha ⁻¹)	%
do 20 cm	1-ročné	266	7 389	310	8 611	-1 222	-16,54
	2 - ročné	235	6 528	259	7 194	-667	-10,21
	3-ročné	152	4 222	174	4 833	-611	-14,47
	4 a viac rokov	0	0	0	0	0	0
nad 20 cm	–	0	0	0	0	0	0
SPOLU ⁵		653	18 139	743	20 639	-2 500	-13,78

¹height, ²age, ³permanent research plot, ⁴difference, ⁵together

Tabuľka 2: Stav prirodzenej obnovy ostatných drevín na TVP I v roku 2008

Table 2: The other trees regeneration situation on PRP I in 2008

drevina ¹	výška ² (cm)										CELKOM ³	
	do 20		21–50		51–80		81–130		nad 130			
	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹
<i>Fagus sylvatica</i>	1 220	33 889	706	19 611	294	8 167	192	5 333	31	861	2 443	67 861
<i>Fraxinus excelsior</i>	269	7 472	153	4 250	23	639	4	111	4	111	453	12 583
<i>Acer pseudoplatanus</i>	341	9 472	232	6 444	82	2 278	15	417	4	111	674	18 722
<i>Corylus avellana</i>	16	444	4	111	2	56	1	28	0	0	23	639
<i>Cornus sanguinea</i>	6	167	4	111	3	83	1	28	0	0	14	389
SPOLU ⁴	1 852	51 444	1 099	30 528	404	11 222	213	5 917	39	1 083	3 607	100 194

¹tree species, ²height, ³total, ⁴together

Tabuľka 3: Stav prirodzenej obnovy ostatných drevín na TVP II v roku 2008

Table 3: The other trees regeneration situation on PRP II in 2008

drevina ¹	výška ² (cm)										CELKOM ³	
	do 20		21–50		51–80		81–130		nad 130			
	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹
<i>Fagus sylvatica</i>	1 420	39 444	882	24 500	350	9 722	224	6 222	42	1 167	2 918	81 056
<i>Fraxinus excelsior</i>	250	6 944	140	3 889	31	861	8	222	5	139	434	12 056
<i>Acer pseudoplatanus</i>	268	7 444	210	5 833	74	2 056	11	306	3	83	566	15 722
<i>Corylus avellana</i>	18	500	6	167	3	83	3	83	0	0	30	833
<i>Cornus sanguinea</i>	12	333	5	139	4	111	2	56	0	0	23	639
SPOLU ⁴	1 968	54 667	1 243	34 528	462	12 833	248	6 889	50	1 389	3 971	110 306

¹tree species, ²height, ³total, ⁴together

Tabuľka 4: Stav prirodzenej obnovy tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) na TVP I a TVP II v roku 2011

Table 4: The yew (*Taxus baccata* L.) regeneration situation on PRP I and PRP II in 2011

výška ¹	vek ²	TVP ³ I		TVP II		rozdiel ⁴	
		n (ks)	N (ks.ha ⁻¹)	n (ks)	N (ks.ha ⁻¹)	N (ks.ha ⁻¹)	%
do 20 cm	1-ročné	136	3 778	186	5 167	-1 389	-36,76
	2-ročné	248	6 889	236	6 556	333	4,84
	3-ročné	163	4 528	132	3 667	861	19,02
	4 a viac rokov	52	1 444	0	0	1 444	-
nad 20 cm	-	2	56	0	0	56	-
SPOLU ⁵		601	16 694	554	15 389	1 306	7,82

¹height, ²age, ³permanent research plot, ⁴difference, ⁵together

Tabuľka 5: Stav prirodzenej obnovy ostatných drevín na TVP I v roku 2011

Table 5: The other trees regeneration situation on PRP I in 2011

drevina ¹	výška ² (cm)										CELKOM ³	
	do 20		21–50		51–80		81–130		nad 130			
	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹
<i>Fagus sylvatica</i>	1 650	45 833	860	23 889	352	9 778	324	9 000	81	2 250	3 267	90 750
<i>Fraxinus excelsior</i>	352	9 778	263	7 306	98	2 722	15	417	9	250	737	20 472
<i>Acer pseudoplatanus</i>	505	14 028	325	9 028	115	3 194	26	722	4	111	975	27 083
<i>Corylus avellana</i>	37	1 028	8	222	6	167	2	56	2	56	55	1 528
<i>Cornus sanguinea</i>	13	361	12	333	7	194	3	83	2	56	37	1 028
SPOLU ⁴	2 557	71 028	1 468	40 778	578	16 056	370	10 278	98	2 722	5 071	140 861

¹tree species, ²height, ³total, ⁴together

Rozborom stavu prirodzenej obnovy na TVP I a TVP II za sledované obdobie bolo dokázané, že tis obyčajný každoročne veľmi dobre fruktifikuje a následne sa prirodzene zmladzuje. Na plochách dochádza aj k prirodzenej obnove ďalších drevín, z ktorých dominantné postavenie má buk lesný, ďalej jaseň štíhly a javor horský. Na neoplotenej TVP II dochádza k poškodzovaniu prirodzeného zmladenia javora horského a jaseňa štíhleho. Semenáčiky tisa obyčajného prežívajú do veku 3 rokov, v tomto veku sa však stávajú viditeľnejšie pre jeleniu zver a sú spásané do takej miery, že neprežije ani jeden jedinec, ktorý by dokázal vytvoriť bočné konáriky. Ochranou zmladenia tisa obyčajného oplotením po dobu troch rokov dokázalo vytvoriť bočné konáriky v prepočte 1 500 jedincov na jeden hektár.

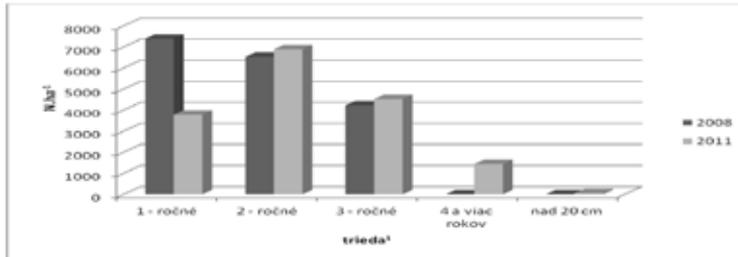
Tabuľka 6: Stav prirodzenej obnovy ostatných drevín na TVP II v roku 2011

Table 6: The other trees regeneration situation on PRP II in 2011

drevina ¹	výška ² (cm)										CELKOM ³	
	do 20		21–50		51–80		81– 30		nad 130			
	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹	n	N.ha ⁻¹
<i>Fagus sylvatica</i>	1 740	48 333	940	26 111	401	11 139	354	9 833	94	2 611	3 529	98 028
<i>Fraxinus excelsior</i>	405	11 250	301	8 361	102	2 833	17	472	12	333	837	23 250
<i>Acer pseudoplatanus</i>	480	13 333	220	6 111	85	2 361	14	389	4	111	803	22 306
<i>Corylus avellana</i>	43	1 194	11	306	9	250	4	111	4	111	71	1 972
<i>Cornus sanguinea</i>	18	500	14	389	12	333	2	56	0	0	46	1 278
SPOLU ⁴	2 686	74 611	1 486	41 278	609	16 917	391	10 861	114	3 167	5 286	146 833

¹tree species, ²height, ³total, ⁴together

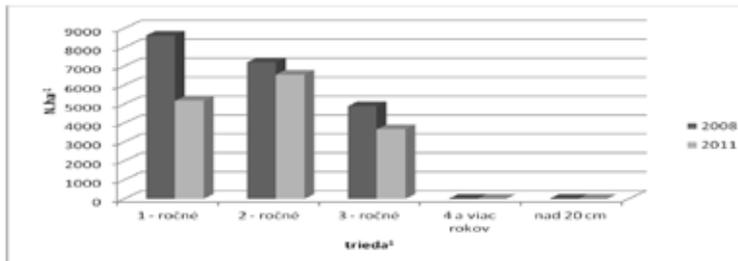
Porovnanie počtu jedincov tisa obyčajného v roku 2008 a 2011 na TVP I a TVP II je graficky znázornené na obr. 1 a obr. 2. Obrázok 3 graficky znázorňuje rozdiel v počte jedincov tisa na TVP I a TVP II v roku 2011.



Obr. 1: Počet jedincov tisa obyčajného na TVP I v roku 2008 a 2011

Fig. 1: The number of yew on PRP I in 2008 and 2011

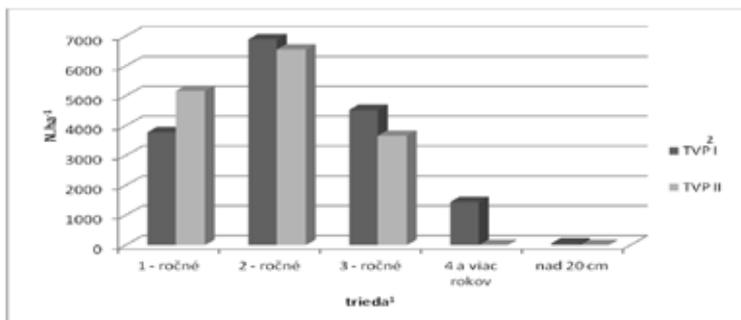
¹class



Obr. 2: Počet jedincov tisa obyčajného na TVP II v roku 2008 a 2011

Fig. 2: The number of yew on PRP II in 2008 and 2011

¹class



Obr. 3: Porovnanie počtu jedincov tisa obyčajného na TVP I a TVP II v roku 2011

Fig. 3: Comparison of the number of yew on PRP I and PRP II in 2011 (trieda – class, TVP – permanent research plot)

¹class, ²permanent research plot

ZÁVERY A DISKUSIA

Na území Mestských lesov s. r. o. Banská Bystrica sú za účelom ochrany tisa obyčajného vyhlásené tri prírodné rezervácie: Hlboký jarok, Harmanecká tisina a Pavelcovo. Mimo prírodných rezervácií je tis v hojnom počte zastúpený najmä v lesoch kategórie ochranných, kde sa na ich početnosti neprejavila hospodárska činnosť človeka. Objekt Pro Silva Šípovo je zaujímavý z dôvodu výskytu tisa obyčajného v lesoch hospodárskych, ktorým je na základe funkčnej typizácie priradený protieróznou-produkčný typ. V uvedenom objekte sú všetky pestovné a ťažbové opatrenia usmerňované tak, aby viedli k zachovaniu a zlepšeniu stavu tisa na lokalite.

Hlavný problém v súčasnosti pre tis obyčajný v záujmovom území predstavujú škody spôsobené jeleňou zverou. Poškodenie kmeňov dospelých jedincov je možné eliminovať individuálnym obaľovaním kmeňov polynetovým pletivom. Problematiká je ochrana prirodzeného zmladenia tisa, ktoré je na lokalite spásané do veku štyroch rokov na 100 %. Východiskom môžu byť oplôtky menších rozmerov, ktoré by viedli k zachovaniu určitého počtu jedincov tisa obyčajného a ich dlhodobej ochrane pred jeleňou zverou. Ochrana tisového zmladenia oplocovaním však naráža na problém financovania (náklady na oploenie TVP I v roku 2008 predstavovali sumu cca 600 EUR), oplocovanie je taktiež nereálne na strmších, skalnatých lokalitách. Pri umelej obnove je prežitie ihličnatých drevín na sledovanom území závislé na individuálnej chemickej ochrane proti zveri. Na základe faktov uvedených v tejto práci pokladáme za vhodné otvoriť otázku tohto spôsobu ochrany aj pri tisovom zmladení.

V súvislosti s ochranou tisa obyčajného je nevyriešená aj otázka normovaných kmeňových stavov jelenej zveri, ktorá je predmetom sporov medzi lesníkmi, poľovníkmi a ochranou prírody. Je taktiež absencia vedeckej práce na tému vhodného prikrmovania jelenej zveri na územiach s výskytom tisa.

Význam lesných ekosystémov s výskytom tisa obyčajného na sledovanom území je spájaný s pôdoochrannou protieróznou funkciou, na ktorú úzko nadväzuje funkcia lesa vodohospodárska, nakoľko je celá oblasť významným zdrojom pitnej vody pre široké okolie. Aj z tohto dôvodu záchrana tisa nie je len záujmom ochrany prírody, ale aj prestížnou lesníckou záležitosťou.

LITERATÚRA

- BARTÁK, J., 1929: Z minulosti štátneho lesného hospodárstva v okolí Banskej Bystrice a Starých Hôr. Banská Bystrica, 207 s.
- BLATTNÝ, T., ŠTASTNÝ, T., 1959: Prírodné rozšírenie lesných drevín na Slovensku. SVPL, Bratislava, 402 s.
- BOHUŠ, J., 1980: Vplyv hospodárskych zásahov na výskyt tisu vo Veľkej Fatre. *Les* 36(9):392–394.
- BURKOVSKÝ, J., 1977: Zachová sa tis v oblasti Harmanca? *Pamiatky a príroda* 7(3):39–40.

- FINDO, S., ŠTEFANČÍK, M., 1988: Účasť jelenej zveri na poškodzovaní a ubúdání tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) v Harmaneckej doline. *Folia Venatoria* 18:17–40.
- GROSS, L., 1960: Tis v Harmanecké oblasti. *Lesnícke práce* 3:99–101.
- HOFMAN, J., 1953: Tisy v Gaděrské dolině. *Práce výzk. úst. lesn. v ČSR* 3:185–203.
- JANKOV, J., 2008: Dynamika fytoocenóz s výskytom tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) na území Mestských lesov s.r.o. Banská Bystrica. (Diplomová práca). Zvolen, 70 s.
- JANKOV, J., 2009: Vzácne jedince tisu na území Mestských lesov, s. r. o. Banská Bystrica. *Chránené územia Slovenska* 78:22–23.
- JANKOV, J., NIČ, J., 2009: Dynamika fytoocenóz s výskytom tisa obyčajného (*Taxus baccata* L.) vo Veľkej Fatre. In: Barta, M., Konôpková, J., (eds.): *Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany SAV 2009*. Vieska nad Žitavou: Arborétum Mlyňany SAV. 106–110 s.
- KORPEL, Š. 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda, Vydavateľstvo SAV. 332 s.
- KORPEL, Š., PAULE, L., 1975: Chránené územie Malé Plavno. *Československá ochrana prírody* 16:153–173.
- KORPEL, Š., 1995: Význam tisu v lesných ekosystémoch Slovenska a možnosti zlepšenia jeho stavu. SAŽP – Banská Bystrica. 68 s.
- PAGAN, J., 1999: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita vo Zvolene. 378 s.
- SVOBODA, P., 1953: Lesní dřeviny a jejich porosty – část I. SZN, Praha. 411 s.
- SVOBODA, P., 1947: Největší náleziště tisů ve střední Evropě. *Ochrana přírody* 2(5–6):65–70.
- ŠTEFANČÍK, M., 1986: Vplyv jelenej zveri na zdravotný stav tisu obyčajného. *Chránené územia Slovenska* 6:71–74.
- Lesný hospodársky plán pre LC Mestské lesy s. r. o. Banská Bystrica na roky 2009–2018. Zvolen, Euroforest s.r.o.

UMĚLÁ OBNOVA JEDLE BĚLOKORÉ A BUKU LESNÍHO VE SMRKOVÝCH MONOKULTURÁCH NÁRODNÍHO PARKU ČESKÉ ŠVÝCARSKO

OPTIMALIZATION OF THE SILVICULTURE TREATMENTS ARTIFICIAL REGENERATION
OF SILVER FIR AND BEECH IN SPRUCE FORESTS OF THE NATIONAL PARK
ČESKÉ ŠVÝCARSKO

BARBORA KUČERAVÁ¹, LUMÍR DOBROVOLNÝ²

¹Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská,
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchbátka

²Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta,
Zemědělská 3, 613 00 Brno

ABSTRACT

This paper describes the progress and preliminary results of a project aimed at optimizing the management of silver fir and beech in allochthonous spruce stands of the National Park Czech Switzerland. The project aims to determine the relationship between environment of growth parameters and state of regeneration and define the optimum regeneration methods. The ten selected permanent research areas is four years studied the influence of light conditions and the game on established and growth of silver fir. As a limiting factor here was browsing. Results for game-proof fence also confirmed the ability of shade-tolerant fir seedlings showed the trend level of height growth at the maximum the relative values of direct site factor 45% and relative diffuse radiation to 55%.

Key words: *European beech, silver fir, artificial regeneration, spruce forest, National park České Švýcarsko*

ABSTRACT

Príspevok popisuje prúbeh a predbežné výsledky projektu zaměřené na optimalizaci managementu jedle bělokoré a buku lesního v nepůvodních převážně smrkových porostech Národního parku České Švýcarsko. Cílem projektu je určit vztah mezi parametry růstového prostředí a stavem obnovy a definovat optimální obnovní postupy. Na deseti vybraných výzkumných plochách je po dobu čtyř let zkoumán vliv světelných podmínek a zvěře na uchycení a růst výsadby jedle. Jako limitující faktor se zde stal okus zvěří. Výsledky na oplocených plochách také potvrdily stín snášející schopnost jedle, kdy sazenice vykazovaly vyrovnaný trend výškového růstu při maximálních hodnotách relativní přímé radiace do 45 % a relativní difúzní radiace do 55 %.

Klíčová slova: *jedle bělokorá, buk lesní, umělá obnova, smrkové porosty, Národní park České Švýcarsko*

Úvod

Národní park České Švýcarsko (NPČŠ) řeší problém významně pozměněné druhové skladby porostů stejně jako většina lesů České republiky (DOBROVOLNÝ, 2009, SOUČEK, TESAŘ, 2008) ale i Evropy (ZERBE, 2002, DIACI, 2002, MOSANDL, KLEINERT, 1998, KUITERS, SLIM, 2002). Cílem managementu lesních ekosystémů NPČŠ jsou nepůvodní smrkové porosty, které nahradili původní bukové, jedlové

popř. dubové porosty (KUNEŠ ET AL. 2005, ABRAHAM 2006). V praxi to znamená odstranění nepůvodních porostů, uvolnění cílových fruktifikujících dřevin a podpora jejich přirozené obnovy. V případě nedostatku přirozené obnovy, podpora umělou obnovou (KOLEKTIV, 2007B, KOLEKTIV, 2007A).

Zastoupení jedle je v NP i celé ČR sporadické (v NPČŠ 0.01 z původních 20 %). Buk se vyskytuje v parku častěji, přesto pouhých 6 % z původních 40 % lze využít pro přirozenou obnovu velice omezeně. Proto je nutné použít obnovu umělou (ŠINDELÁŘ, FRÝDL, 2004, KUPKA, 2004, KOLEKTIV, 2007A). Přitom je třeba respektovat ekologické nároky obou dřevin (MUSIL, 2003). Společnou a nejdůležitějších vlastností těchto dřevin je schopnost snášet dlouhodobý zástin (KANTOR, 2001, STANCIU, O'HARA, 2006 A, STANCIU, O'HARA, 2006 C).

XIOBI, 1996 a NICORTA ET AL., 1999 upozorňují na klíčový vliv světelných podmínek při úpravě porostu, jejichž změna může významně ovlivnit mikrostanovištní podmínky lesa jako např. půdní vlhkost, pohyb vzduchu nebo teplotu a tím i druhovou skladbu lesa. Proto je vhodné dle mnoha autorů (STANCIU, O'HARA, 2006B, MUSCOLO ET AL., 2010, KANTOR, 2001, MUSIL, 2003, PODRÁZSKÝ, REMEŠ, 2004) obnovovat jedli i buk postupně málo intenzivními těžebními zásahy tak, aby nebyly stromky vystaveny negativnímu vlivu holosečného hospodářství. Naopak slabé prosvětlení mateřského porostu je při obnově nutné z důvodu náchylnosti dřevin k pozdním mrazům (SVOBODA, 1953, KOBLÍŽEK ex: SLAVÍK, HEJNÝ, 1990). Na velkých otevřených plochách je přizpůsobivost obnovy buku i jedle limitována, proto může dojít k jejich potlačení adaptabilnější dřevinou např. smrkem (STANCIU, O'HARA, 2006C). Proto je také doporučováno obnovovat tyto dřeviny podrostním způsobem (REMEŠ, PODRÁZSKÝ, 2004, MUSIL, 2003, KANTOR, 2001).

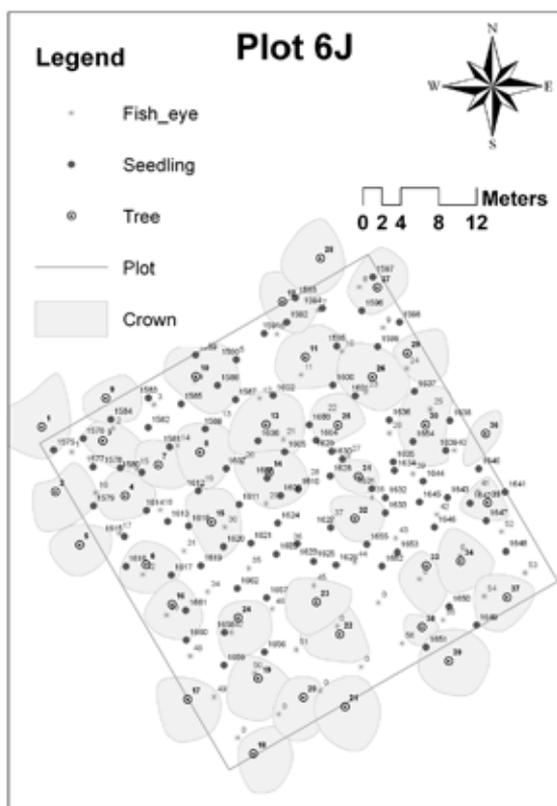
Významným limitujícím faktorem obnovy buku a jedle ve smrkových porostech je okus zvěří, proti kterému je nutné se dlouhodobě chránit (KNOTT, I. *et al.*, 2004, ZATLOUKAL, 2001). Zároveň musíme brát v úvahu tzv. šok z přesazení, kdy si jednotlivé sazenice zvykají na nové podmínky prostředí lesa oproti lesním školcům, což může způsobit v prvních letech po přesazení pomalejší růst (KUPKA, 2004). Vhodné je, když už se sazenice připravují na podmínky lesního prostředí ve školce, např. snižování množství světelného záření cloněním (VINŠ, 1961).

Cílem tohoto článku je seznámení s průběhem a metodikou práce. Vzhledem k tomu, že zpracování dat ještě nebylo dokončeno, prezentují autoři předběžné výsledky, které jsou zaměřeny převážně na obnovu umělé obnovy jedle ve smrkových monokulturách. Výsledky obnovy buku lesního jsou nedostačující. K dispozici jsou sice data z roku 2010 a 2011, ale měřené přírůsty vytvořené v roce 2010 jsou natolik ovlivněné zvěří (KUČERAVÁ, 2011), že jejich srovnání s daty z roku 2011 není vhodné. Data roku 2011 proto budou použita až k vyhodnocení s přírůsty následujícího roku 2012.

MATERIÁL A METODIKA

Národní park České Švýcarsko se nachází v severní části České republiky v nadmořské výšce mezi 120 a 619 m n. m (KOLEKTIV, 2007A). Průměrné srážky zde činí 600 až 800 mm za rok a průměrná teplota se pohybuje mezi 7 až 8 °C. Vyskytují

se zde převážně kyselé půdy tvořené na pískovcích s převažujícím půdním typem kambizem. Převažující část parku se nachází ve středních polohách v bukovém a jedlo-bukovém lesním vegetačním stupni, na kterém rostou z velké části uměle vytvořené smrkové porosty (KOLEKTIV, 2007C). Potencionální druhová skladba odpovídá typu *Fageta quercino-abietina* a *Fageta abietino-piceosa* (PLÍVA, 1987). V provozních výsadbách jedle a buku ve smrkových monokulturách Národního parku České Švýcarsko ve fázi obnovy bylo v roce 2010 založeno 12 trvalých výzkumných ploch (TVP) pro jedli o velikosti od 800 do 1600 m² a 9 pro buk o velikosti od 200 do 1600 m². Porosty byly vybrány tak, aby co nejobjektivněji reprezentovaly všechny používané obnovní postupy jedle a buku ve smrkových monokulturách v typických podmínkách NP, tzn. kyselá stanoviště středních poloh. Důležité bylo, aby se na TVP vyskytovalo minimálně 40 sazenic vhodných pro hodnocení. Výsadba se uskutečnila mezi roky 2007 a 2009 jamkovou sadbou v nepravidelném sponu. Při měření přírůstu bylo dbáno, aby byl jako první hodnocený přírůst až v období jeden rok po zalesnění, z důvodu menšího ovlivnění výsledků „šokem z přesazení“. U sazenic jedle byly proto změřeny všechny výškové přírůsty od roku 2011 až do období rok po zalesnění (tzn. u sazenic sázených v roce 2007, byl jako první měřený přírůst roce 2008, atd.). U buku byl změřen výškový přírůst za roky 2010 a 2011.



Obr. 1: Mapa plochy 6J
Fig. 1: Map of plot 6J

Tloušťkový přírůst byl u obou dřevin zjištěn pro rok 2011. Zároveň byl evidován zdravotní stav sazenic.

V letech 2010 a 2011 byl zmapován stav ploch technologií Field-Map (KUČERAVÁ, 2011). Sebraná data byla následně zpracována v programu ArcGIS a výstupem jsou mapy znázorňující horní a spodní etáž TVP (viz obrázek č. 1).

Pro určení světelných podmínek metodou Fish-eye (CANHAM ET AL., 1990, NICORTA ET AL., 1999, DOBROVOLNÝ, 2010) byl použit fotoaparát Canon EOS 1100D s objektivem Sigma 4.5mm / F2.8 EX DC circular Fisheye HSM Canon. Bylo vytvořeno 1460 fotografií pod 3 různými clonami na bodové síti 5 × 5 m. Z každého místa byla

vybrána fotografie s optimální světlostí (celkem 487), která pak byla v programu Sidelook převedena přes modré spektrum barvy do černobílé podoby. Následovala analýza hemisférických obrázků v programu WinScanopy Reg 2008 s těmito výstupy: Gap fraction, Openness, Direct site factor, Indirect site factor a Total site faktor (viz tabulka č. 2). Kolem každého bodu sítě 5 × 5 m byl v programu Arc Gis 9.3 vytvořen buffer o poloměru 2,5 m s informací z analýzy hemisférické fotografie centrálního bodu. Tato informace pak byla přiřazena každé sazenici jedle nacházející se v ploše bufferu.

Data jsou nyní v rozpracovaném stavu, proto jsou zde prezentovány pouze výsledky výškových a tloušťkových přírůstů sazenic jedle na 10 nejrepresentativnějších výzkumných plochách (tab. 1). Jejich hodnoty byly statisticky vyhodnoceny pomocí Spearmanova korelačního koeficientu a Wilcoxonova neparametrického testu s využitím statistického softwaru R a Statistika. Přičemž naměřená data buku budou zpracována až s hodnotami přírůstů následujícího roku 2012 z důvodu již výše popisovaného důvodu okusu zvěře v roce 2010.

Tabulka 1: Popis jednotlivých trvalých výzkumných ploch (TVP)

Table 1: Description of individual permanent research plots (PRP)

TVP ¹	1J	2J	3J	4J	5J	6J	10J	11J	12J	13J
Způsob obnovy ²	seč clonná ³	seč clonná	seč clonná	násek ⁴	násek	seč clonná	seč clonná	násek	násek	seč holá ⁵
Oplocení ⁶	ne ⁷	ano ⁸	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Stupeň zápoje (%) ⁹	70	65	70	50	30	55	60	30	5	0

¹PRP, ²Reproduction method, ³Shelterwood cutting, ⁴Cutting face, ⁵Clear cutting, ⁶Fence, ⁷No, ⁸Yes, ⁹Canopy density

Na výzkumných plochách nadále probíhá měření vlhkosti půdy a teploty vzduchu a půdy čidly TMS 1 od firmy TOMST (VLČEK, 2010). Jejich výsledné hodnoty budou použity pro určení vlivu mikrostanovištních podmínek na uchycení a přírůst obnovené jedle a buku. Výsledné závěry budou sloužit opět k optimalizaci obnovy jedle ve smrkových monokulturách NPCŠ.

VÝSLEDKY

Charakteristiky výzkumných ploch

Výškové přírůsty jedle v letech 2008 – 2011 dosáhly následujících středních (minimálních a maximálních) hodnot (table 2): 6 cm (min 1 – max 32 cm), 9 cm (min 0 – max 25 cm), 11 cm (min 1 – max 30 cm) a 13 cm (min 1 – max 43 cm). Z čehož vyplývá, že výškový přírůst jedle v letech následujících po výsadbě na většině ploch mírně vzrůstal, mimo 1J a 13J, kde spíše klesá (viz tab. 2). Výškový přírůst se na jednotlivých plochách různě významně liší. Nejvýrazněji se logicky liší plocha 1J, která byla bez oplocení vystavena negativnímu vlivu zvěře. V důsledku bylo na ploše 1J ovlivněno okusem 39 % sazenic. Hodnotit všechny plochy společně je možné až od roku 2010 z důvodu nestejně doby výsadby. Zde lze vylíčit hlavně trend ploch 6J a 12J, který poukazuje na nejvyšší hodnotu mediánu výškového přírůstu a plochu 13J s nejnižším mediánem. Střední tloušťkový přírůst v roce 2011 činil 3 mm (min 0 – max 17 mm), trendy jsou obdobné jako u výškového přírůstu.

Tabulka 2: Atributy hodnot mediánů a směrodatných odchylek TVP
Table 2: Attributes of medians and standard deviations of value PRP

TVP ¹	1J	2J	3J	4J	5J	6J	10J	11J	12J	13J	Σ2J–13J
i _h 2008 [cm]		7,0 ² (3,5) ³	4,0 (2,0)	4,0 (2,5)	4,0 (4,5)		6,0 (3,0)	5,0 (2,5)			5,0 (3,5)
i _h 2009 [cm]	4,0 (2,5)	8,5 (3,5)	8,5 (3,0)	8,0 (3,0)	8,0 (3,0)	10,0 (6,0)	10,0 (4,0)	9,0 (4,5)			9,0 (4,5)
i _h 2010 [cm]	3,0 (2,0)	10,0 (4,5)	11,0 (4,5)	10,0 (4,0)	10,0 (3,5)	15,0 (6,5)	9,0 (5,0)	12,0 (6,5)	16,0 (5,0)	9,0 (4,0)	11,0 (6,0)
i _h 2011 [cm]	4,0 (3,5)	11,0 (6,0)	12,0 (5,5)	13,5 (6,0)	12,0 (8,0)	17,5 (8,0)	10,0 (8,0)	10,0 (10,0)	7,5 (8,5)	6,0 (3,5)	12,0 (8,0)
i _{ak} 2011 [cm]	1,0 (1,0)	2,0 (1,0)	2,0 (1,0)	3,0 (1,5)	3,0 (1,0)	4,0 (3,0)	2,0 (2,0)	2,0 (1,5)	5,0 (2,5)	6,0 (2,5)	3,0 (2,0)
Openness [%]	24,0	15,6	15,7	22,5	21,6	23,7	29,3	28,4	35,9	49,7	23,6
DSF [%]	30,6	25,2	24,6	16,5	21,5	29,7	36,3	51,7	52,7	73,8	29,1
ISF [%]	35,1	23,4	27,2	27,4	38,3	33,5	45,2	48,6	56,2	72,6	36,2

i_h –height inkrement/výškový přírůst, i_{ak} – increment of diameter at root collar/tloušťkový přírůst, ¹PRP, ² median/medián, ³ standard deviation (in brackets)/směrodatná odchylka (v závorkách)

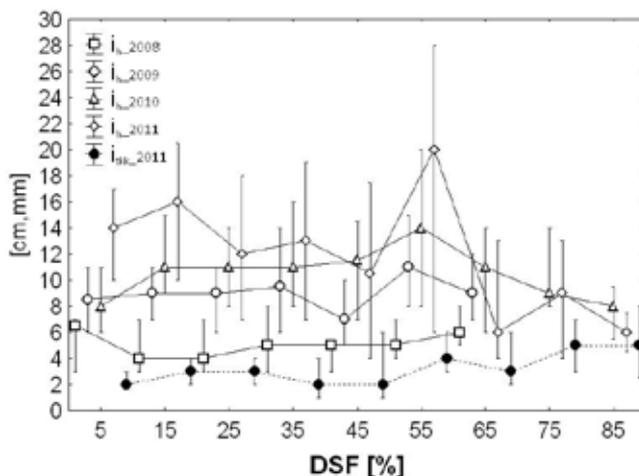
Světelné podmínky

Při zjišťování rozdílů světelných poměrů byla vyloučena plocha 1J, kde je pro růst jedle limitujícím faktorem zvěř. Charakteristika „Openness“, jejíž medián odpovídá 23,6 % (min 14,2 – max 52,3 %), se u většiny ploch signifikantně liší (table 2), Nejnižších hodnot bylo dosaženo na ploše 2J a 3J, nejvyšších na ploše 13J. Také charakteristiky „Direct site factor“ – 29,1 % (min 8,1 – max 85,1 %) a „Indirect site factor“ – 36,2 % (min 20,8 - max 77,4 %) se u většiny ploch signifikantně liší, průměrné hodnoty DSF jsou nejnižší na ploše 4J a IFS na ploše 2J.

Nejvyšší DSF i ISF bylo změřeno na ploše 13J, respektive 12J a 11J. Vliv DSF i ISF na výškový i tloušťkový přírůst sazenic na jednotlivých plochách nebyl z velké části prokázán. Signifikantní korelace mezi světelnými poměry a růstovými charakteristikami sazenic jedle jsou ve většině případů spíše slabé. Výškový a tloušťkový přírůst jedle je tak ovlivněn světelnými poměry jen do určité míry. Lepší pochopení zkoumaného vztahu přináší kategorické vyjádření faktoru. Lze jej rozdělit na vliv přímé a difúzní složky (obr. 2 a 3).

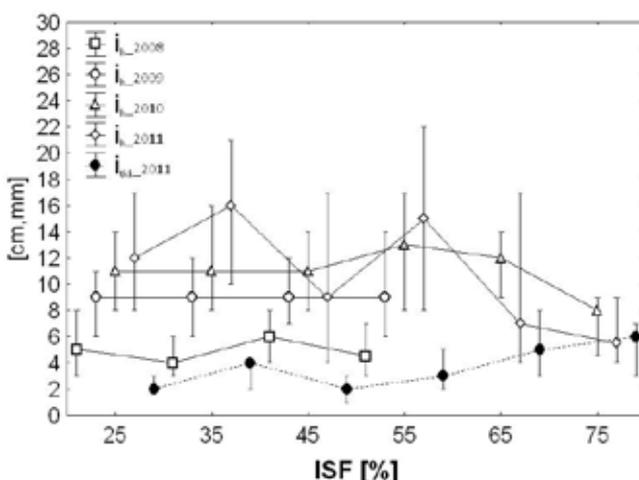
U přímé složky byly zjištěny rozdíly v přírůstu jedle v rozmezí DSF 5–85 %. Přírůsty i_h 2008 a i_h 2009 se významně neliší a v roce 2010 pouze hodnota 55 od 85 % (obr. 2). V následujících letech však dochází k podstatným rozdílům, které se u výškového přírůstu v roce 2011 výrazně zvyšují. Nejvíce se v tomto roce liší hodnoty výškového přírůstu 15 a 55 % od kategorií 65, 75 a 85 %. U tloušťkového přírůstu je největší rozdíl mezi hodnotami kategorií 5 % a 55, 75 a 85 %.

Pro difúzní složku světelného záření byly nalezeny rozdíly přírůstů jedle v kategoriích 25–75 % ISF (obr. 3). Oproti DSF dochází u ISF k podstatnému rozdílu již u i_h 2008, kde se významně liší hodnoty 35 a 45 % ISF. Výškový přírůst z roku 2009 se opět neliší a v roce 2010 se signifikantně liší pouze hodnota 75 od 35 a 55 %. Nejvíce se opět liší výškový přírůst z roku 2011, kde jsou významné rozdíly mezi hodnotami 25, 35, 55 oproti 75 % a 35 od 45 a 65 %. Ovšem k největším rozdílům dochází u hodnot tloušťkového přírůstu, kde se nejvíce liší hodnota 25 od 35, 55, 65 a 75 % ISF.



Obr. 2: Závislost výškového a tloušťkového přírůstu sazenic jedle na množství přímé složky světla (DSF)

Fig. 2: Dependence of height and diameter increment of fir seedlings on amount of direct site light (DSF)



Obr. 3: Závislost výškového a tloušťkového přírůstu sazenic jedle na množství difúzní složky světla (ISF)

Fig. 3: Dependence of height and diameter increment of fir seedlings on amount of indirect site light (ISF)

Zvýše uvedeného je zřejmé, že vliv světla na výškový přírůst se projeví během několika následujících let. Při tom se u obou složek světla shodně negativně projeví vyšší hodnoty intenzity nad 55 %, konkrétně pro DSF nad 55 % a pro ISF nad 45 %. Naopak je tomu u tloušťkového přírůstu, kde se se zvyšujícím ozářením přírůst zvyšuje. Těchto podmínek je prakticky dosaženo na všech plochách kromě 12J a 13J.

DISKUZE

Pro rozmezí hodnot relativní radiace 5–55 % a otevřenosti zápoje do 30 % nebyla na PRP založených během roku 2007 až 2009 zjištěna významná růstová reakce jedle. Výškový přírůst této dřeviny se v daném rozmezí světelného spektra pohyboval okolo 10 cm. Podstatnější rozdíly jsme zaznamenali teprve v roce 2011, proto předpokládáme, že rozdíly v přírůstu jedle na jednotlivých plochách, resp. v různých světelných podmínkách se projeví až za delší časové období (STANICIOIU, O'HARA, 2006B, SVOBODA 1953).

Naše výsledky, které doporučují maximální otevřenost zápoje 30 % při maximálních hodnotách DSF 45 % a ISF 55 % pro uchycení a počáteční růst sazenic, potvrzují mnohokrát uvedený fakt, že jedle snese při obnově velký zástín (STANICIOIU, O'HARA, 2006A, STANICIOIU, O'HARA, 2006C). Tato vlastnost potlačuje i potenciální hrozbu smrkového zmlazení a buřeně (STANICIOIU, O'HARA, 2006B).

Obnova realizovaná při hodnotách nízké hodnotě Openness cca 16 % (viz plochy 2J a 3J) je schopná v podmínkách NPČŠ růst již od třetího roku po sadbě více jak 10 cm za rok. Tento fakt potvrzuje ZATLOUKAL (2001), který uvádí, že jedle je schopna odrůstat i 10 až 15 cm v téměř plném zápoji porostu. Přičemž při růstu jedle v zástínu se vytváří nejlepší poměr velikosti mezi korunou a kořenovým systémem.

Silné těžební zásahy do porostu nevyhovují ani jejím ekologickým nárokům, protože dochází k většímu narušení mikroklimatu (XIOBI, 1996, NICORTA ET AL., 1999). Dlouho žijící jehlice jedle nejsou schopné se rychle přizpůsobit novým podmínkám prostředí (SVOBODA 1953). Jako vhodný způsob obnovy je proto doporučován podrostní způsob obnovy, který lze nahradit za určitých podmínek násečným způsobem obnovy. Toto tvrzení podporuje ve své práci např. KANTOR, 2001, který doporučuje obnovovat jedli podrostním způsobem obnovy nebo násekem o rozměrech 40 × 20 m. Násek je dokonce dle autora při zachování ekologických požadavků z provozního hlediska vhodnější. Na Slovenku se ukázal jako nejvhodnější obnovní postup maloplošné clonné seče s delší obnovní dobou 20 až 30 let (SANIGA, 2001). Pro porovnání např. MUSCOLO *et al.*, 2010 doporučují pro přirozenou obnovu jedle ještě menší gapy o velikosti 185 m².

Významným mnohde limitujícím faktorem a samostatným výzkumným tématem je vliv zvěře, který způsobuje značnou mortalitu jedlových výsadb i zmlazení (např. ZATLOUKAL, 2001, ŠINDELÁŘ, FRÝDL, 2004). Pokud nejsou jednotlivé obnovované plochy oploceny, dochází ke stagnaci růstu obnovy, který trvá nahradit minimálně dvě vegetační sezony (HASLER *et al.* 2008), i k úplnému ohrožení obnovy (SVOBODA, 1953). Tyto závěry potvrzují měření z plochy 1J, jehož výsledky se od ostatních ploch významně liší. V místech kde se již obnovuje taktéž zvěří oblíbený buk bez oplocení, dochází nadále k poškození nechráněné jedle. Tuto zkušenost z Národního parku České Švýcarsko potvrzuje ZATLOUKAL (2001) v NP Šumava.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo seznámení s průběhem a metodikou práce a zároveň představení předběžných výsledků, které jsou zaměřeny na obnovu umělé obnovy jedle

ve smrkových monokulturách, vzhledem k tomu, že zpracování dat buku bude nadále pokračovat až na podzim roku 2012.

Na 10 vybraných TVP byl určen jako hlavní limitující faktor umělé obnovy jedle tlak zvěře. V případě neoplocené výzkumné plochy 1J došlo k významnému ovlivnění výškového přírůstu, který pak nebylo možné zahrnout do celkového hodnocení vlivu světelných podmínek na přírůst jedle.

Reakce výškového přírůstu jedle na různou intenzitu přímého i difúzního záření se projeví až za několik let po výsadbě, přičemž vyšší hodnoty obou složek jak 55 % mají na přírůst jedle negativní vliv. Tloušťkový přírůst jedle s vyšší intenzitou radiace naopak roste.

Přeměna smrkových monokultur na původní bukové a jedlové porosty je významným úkolem současných i budoucích generací lesníků. Návrat těchto dřevin je velmi důležitým pěstebním úkonem nejen pro zachování jejich genofondu ale i zvyšování biodiverzity lesa vůbec. Výzkum prováděný v letech 2010 a 2011 na území Národního parku České Švýcarsko by měl v závěru přispět k optimalizaci pěstebních postupů pro zajištění obnovy jedle bělokoré a buku lesního v nepůvodních smrkových monokulturách tohoto parku, což znamená posouzení uchycení, růstu a vitality umělé obnovy.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl na základě řešení výzkumných projektů IGA 2010 č. 201043120050, IGA 2011 č. 4312013123129 a NAZV č. QI102A085.

LITERATURA

- ABRAHAM, V., 2006: Přirozená vegetace a její změny v důsledku kolonizace a lesnického hospodaření v Českém Švýcarsku. Diplomová práce, Praha: Univerzita Karlova v Praze. 69.
- CANHAM, C. D., *et al.*, 1990: Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research*. 20(5):620–631.
- DIACI, J., 2002: Regeneration dynamics in a Norway spruce plantation on a silver fir-beech forest site in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management* 161(1–3): 27–38.
- DOBROVOLNÝ, L., 2009: Spontánní šíření buku ve smrkové monokultuře – příklad ze saské části Krušnohoří. In: ŠTEFANČÍK, I., KAMENSKÝ, M., (2009): *Pestovanie lesa jako nástroj cielávedomého využívania potenciálu lesov*. 125–134 s.
- DOBROVOLNÝ, L., 2010: Pronikání buku (*Fagus sylvatica* L.) do smrkové monokultury z jednotlivě z jednotlivě vtroušených mateřských porostů – iniciální fáze. Dizertační práce, Brno: Mendelova univerzita v Brně. 243 s.
- HASLER, H., *ET AL.*, 2008: Light-dependent growth responses of young *Abies alba* to simulated ungulate browsing. *Functional Ecology* 22(1):48–57.
- KANTOR, P., 2001: Obnova jedle bělokoré. In: Kotrla, K., Kyslík, P., (2001): *Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré: Sborník referátů z celostátního semináře*. 5–13 s.

- KNOTT, I. ET AL., 2004: Dynamika přežívání semenáčků jedle a buku v prvním roce života pod mateřským porostem. In: Neuhöferová, P., (2004): *Přirozená a umělá obnova - přednosti, nevýhody a omezení: Sborník referátů*. 17–23 s.
- KOLEKTIV, 2007A: Plán péče pro Národní park České Švýcarsko
- KOLEKTIV, 2007B: Rozbory NPČŠ. Správa Národního parku České Švýcarsko. 30 s.
- KOLEKTIV, 2007C: Lesní hospodářský plán Národního parku České Švýcarsko
- KUČERAVÁ, B., 2011: Obnova buku lesního a jedle bělokoré v převážně smrkových porostech na území Národního parku České Švýcarsko. In: KACÁLEK, D., et al. (2011): *Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí*. 21–34 s.
- KUITERS, A. T., SLIM, P. A., 2002: Regeneration of mixed deciduous forest in a Dutch forest-heathland, following a reduction of ungulate densities. *Biological Conservation*. 105(1):65–74.
- KUNEŠ, P., et al., (2005): Rekonstrukce přirozené vegetace pískovcových skal NP České švýcarsko a přilehlého pískovcového území formou pylových analýz. Závěrečná zpráva projektu, Praha: Karlova univerzita v Praze. 20 s.
- KUPKA, I., 2004: Přirozená a umělá obnova, jejich přednosti, omezení a nevýhody. In: NEUHÖFEROVÁ, P., (2004): *Přirozená a umělá obnova – přednosti, nevýhody a omezení: Sborník referátů*. 5–10 s.
- MOSANDL, R., KLEINERT, A., 1998: Development of oaks (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) emerged from bird-dispersed seeds under old-growth pine (*Pinus silvestris* L.) stands. *Forest Ecology and Management* 106(1):35–44.
- MUSCOLO, A., et al., 2010: Gap size effects on above- and below-ground processes in a silver fir stand. *European Journal of Forest Research* 129(3):355–365.
- MUSIL, I., 2003: Jehličnaté dřeviny, Praha: Česká zemědělská univerzita. 177 s.
- NICOTRA, A. B., et al., 1999: Spatial heterogeneity of light and woody seedling regeneration in tropical wet forests. *Ecology* 80(6):1908–1926.
- PLÍVA, K., 1987: Typologický klasifikační systém ÚHUL, Brandýs nad Labem: ÚHUL. 52 s.
- REMEŠ, J., PODRÁZSKÝ, V., 2004: Vliv clonného postavení a meliorace půdy na růst kultur buku. In: NEUHÖFEROVÁ, P., (2004): *Přirozená a umělá obnova - přednosti, nevýhody a omezení: Sborník referátů*. 89–92 s.
- SANIGA, M., 2001: Stav a význam jedle bílejší (*Abies alba* Mill.) v lesoch Slovenska. In: KOTRILA, K., KYSLÍK, P., (2001): *Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré: Sborník referátů z celostátního semináře*. 33–36 s.
- SLÁVÍK, B., HEJNÝ, S., 1990: Květena České republiky, Praha: Academia. 544 s.
- SOUČEK, J., TESAŘ, V., 2008: Metodika přestavby smrkových monokultur na stanovištích přirozených smíšených porostů. Opočno: VÚHLM. 37 s.
- STANICIOIU, P. T., O'HARA, K. L., 2006: Morphological plasticity of regeneration subject to different levels of canopy cover in mixed-species, multiaged forests of the Romanian Carpathians. *Trees – Structure and Function* 20(2): 196–209.
- STANICIOIU, P. T., O'HARA, K. L., 2006 B: Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Research* 125(2):151–162

- STANICIOIU, P. T., O'HARA, K. L., 2006 C: Leaf area and growth efficiency of regeneration in mixed species, multiaged forests of the Romanian Carpathians. *Forest Ecology and Management* 222(1–3):55–66
- SVOBODA, P., 1953: Lesní dřeviny a jejich porosty, část I., Praha: SZN. 411 s.
- ŠINDELÁŘ, J., FRÝDL, J., 2004: Některé výsledky výzkumu jedle bělokoré, závěry pro lesnickou praxi, Jíloviště-Strnady: VÚLHM. 6 s.
- VINŠ, B. (1961): Jedle: závěrečná zpráva. Zbraslav-Strnady: VÚHLM
- VLČEK, V. (2010): Kalibrace vlhkostního čidla TST1 pro minerální a organické půdy. Bakalářská práce. Praha: ČVUT. 55s.
- XIOOBI, D., 1996: Influence of light conditions in canopy gaps on forest regeneration: a new gap light index and its application in a boreal forest in east-central Sweden. *Forest Ecology and Management* 84(1–3):187–197
- ZATLOUKAL, V., 2001: Možnosti pěstování jedle s ohledem na její ekologické nároky a přirozené rozšíření. In: KOTRLA, K., KYSLÍK, P., (2001): *Pěstování a umělá obnova jedle bělokoré: Sborník referátů z celostátního semináře*. 18–27 s.
- ZERBE, S., 2002: Restoration of natural broad – leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management* 167(1–3):27–42.

PLODNOST DUBU LETNÍHO (*QUERCUS ROBUR L.*) V ČR

ACORN PRODUCTION OF PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR L.*) IN CZECH REP.

ANTONÍN MARTINÍK¹⁾, LUMÍR DOBROVOLNÝ¹⁾, EVA PALÁTOVÁ E¹⁾, JIŘÍ SOUČEK²⁾

¹⁾Ústav zakládání a pěstování lesa, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendelu Brno,
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika

²⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, V.V.I., Strnady,
Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, ČR

ABSTRACT

The paper analyzed acorn production of pedunculate oak at different regions of floodplain forest and stand situations (stage of canopy openness) in the Czech Rep in the year 2011. Nowadays the impact of growth tree area on acorn production, and masting was study at LZ Židlochovice during 2008–2011. In this time we monitored two important masting years (50 acorns.m⁻² and more). The lowest number of acorns we observed by oaks growing in the closed canopy. On the other hand the higher stage of canopy openness caused significantly heigher acorns production. 50 acorns.m⁻² and more we observed by oaks with release area (A_{rls}) > 300 m² (average distance to the nearest neighbor 10 m) and crown area (A_c), resp. social area (A_{soc}) > 70 m².

Key words: floodplain forest, pedunculate oak, masting, acorn production, growing space

ABSTRAKT

Príspevek analyzuje plodnosť dubu letného v roke 2011 v rôznych lužných oblastiach ČR a porostných situáciách. Súčasne je riešen vliv rústového priestoru stromů v porostu na periodicitu plodnosti a veľkosť úrod v letech 2008–2011 na LZ Židlochovice. Za sledované obdobie byly zaznamenané dva semenné roky s početností žaludů převyšující 50 ks/m². Nejmenší plodnost byla vždy zaznamenaná u dubů v plně zapojených porostech, rozvolněný zápoj vede k výrazně vyšší fruktifikaci. Produkci žaludů vyšší než 50 ks/m² lze v semenném roce očekávat od stromů uvolněných na ploše (A_{rls}) větší jak 300 m² (vzdálenost k nejbližšímu jedinci 10 m), resp. při velikosti korunové projekce (A_c) a sociální (A_{soc}) plochy nad 70 m².

Klíčová slova: lužní lesy, dub letní, periodicitu plodnosti, produkce žaludu, rústový priestor

ÚVOD, PROBLÉM A CÍL PRÁCE

K vodou ovlivněným lužním stanovištím lze v České republice řadit asi 67 000 ha lesních porostů, z čehož „typické luhy“ (stanoviště 1L, 2L a 2U) představují asi 33 000 ha (MACKŮ 2003 in MADĚRA 2007). Největší komplexy lužních lesů se v ČR nachází na dolním toku řeky Moravy a Dyje (celkem asi 15 840 ha), ve středním Pomoraví (10 400 ha) a dále v povodí řeky Labe (6 300 ha) a Odry (asi 600 ha) (KLIMO et al. 2008).

Specifické stanovištní podmínky činí z lužních lesů produkčně, ale i mimoprodukčně vysoce cenné lesní ekosystémy. Ze současného hospodářského hlediska je hlavní dřevinou lužních lesů dub letní (*Quercus robur* L.), resp. dubové porosty (POLENO, VACEK 2009). Přesto zde nalezneme minimálně stejně produktivní porosty nepůvodních dřevin topolu a ořešáku (HRIB 2007). Čisté porosty dubu letního jsou podle VRŠKY *et al.* (2008) velmi vzdálené představě původních lesů v luhu.

S ohledem na ekologické podmínky a ekonomické požadavky lesního hospodářství lze nadále považovat dub za nosnou dřevinu lužního lesa. U dubu letního na těchto stanovištích dominuje umělá obnova. Potřeba snižovat náklady při obnově lesa vede k úvahám o širším uplatnění přirozené obnovy a koncepcce přírodě blízkého pěstování lesů vůbec.

Základním předpokladem přirozené generativní obnovy jakékoliv dřeviny je dostatečné množství semen (VINCENT 1965). Nedostatečná fruktifikace dubu letního spolu se silným poškozením semen (hlodavci, ptáci, hmyz, plísně, průběh počasí) jsou uváděny jako hlavní příčiny nízkého uplatnění přirozené obnovy dubu v luhu (VYSKOT 1958; PALÁTOVÁ, RYCHNOVSKÁ 2010; PALÁTOVÁ *et al.* 2011). Množství semen dostačující pro přirozenou obnovu dubu letního je uváděno kolem 20 ks/m², přitom úrody s hustotou převyšující 50 ks/m² jsou považovány za zcela výjimečné (RÖHRIG, BARTSCH 2006).

Výskyt bohaté úrody (semenných let), resp. periodicitu plodnosti závisí na celé řadě faktorů a je předmětem několika hypotéz (KELLY 1994). Na plodnost mají rozhodující vliv stanovištní a porostní poměry, velikost a pozice koruny i průběh počasí (KLIMO *et al.* 2008).

V podmínkách ČR byla periodicitu plodnosti dubu letního uváděna v rozpětí 3-8 let (VYSKOT 1958). Zatímco pro dub zimní byly v minulých desetiletích zaznamenány bohaté a pravidelné úrody, plodnost dubu letního byla vzácná. Za poslední období byly lokálně nebo celorepublikově zaznamenány významnější úrody v letech 1999, 2004, 2006(7), 2009 a 2011 – tedy na spodní hranici uvedeného intervalu (PALÁTOVÁ, RYCHNOVSKÁ 2010; PAŘÍZEK 2007).

V obecné rovině platí, že pravidelnější a bohatší úrody lze očekávat v oblastech růstového optima konkrétní dřeviny. V podmínkách Chorvatska např. uvádí KLIMO (2008) periodicitu plodnosti dubu v rozmezí 3–5 let. Za posledních 11 let (perioda 2000–2010) zjistili GRADEČKI-POŠTENJAK *et al.* (2011) periodicitu plodnosti dubu letního v rozpětí pouze 2–3 roky.

Za základní a v podstatě jediné provozně uchopitelné pěstební opatření ke zvyšování plodnosti dubu patří vytváření korun s odpovídající pozicí a velikostí (VINCENT 1965; MATIČ *et al.* 1999). Uvolnění zápoje je běžně doporučovaným zásahem při třífázové obnově dubových porostů (MATIČ *et al.* 1999). Samotné rozvolnění korunového zápoje, především v pozdním věku, však zvýšenou fruktifikaci nezajistí. Důležité jsou, kromě včasnosti zásahů, také odpovídající porostní struktura a včasná porostní výchova (DEY 1995; MATIČ *et al.* 1999). Z dalších opatření ke zvyšování produkce žaludů je doporučováno vyhledávání a podpora „bohatě a pravidelně plodících jedinců“ dubu v porostu (DEY 1995; HEALY 1999).

Cílem našeho sledování bylo zhodnotit plodnost dubu letního v lužních oblastech České republiky ve vazbě na různé porostní situace a na jedné lokalitě detailně posoudit vztah mezi dendrometrickými vlastnostmi porostů, resp. vzorníkových stromů dubu letního a jejich plodností.

METODY

Plodnost dubu letního v různých porostních situacích na LZ Židlochovice (pokus I) Šetření probíhala v komplexu tzv. „Knížecího lesa“ (49°0′N, 16°37′E) s dominantním zastoupením dubu letního (LČR, s.p., LZ Židlochovice). Území spadá do povodí řeky Svratky, průměrná teplota vzduchu dosahuje asi 9 °C a roční srážky oscilují kolem 550 mm.

Fruktifikace byla sledována ve třech porostech v růstové fázi kmenoviny v obnově, které měly různou prostorovou strukturou, resp. různý růstový prostor stromů (dubů). V každém porostu, resp. porostní situaci byla vytyčena výzkumná plocha a na ní bylo vytipováno vždy pět vzorníkových stromů. Sledování bylo rozšířeno o tři solitérní stromy (výstavky). Celkově byly vylišeny následující 4 varianty porostních situací (tab. 1): 1. **C** (jednoetážový plně zapojený dubový porost jako nejběžnější porostní typ v dané oblasti), 2. **S** (bohatěji strukturovaný porost se dvěma zřetelnými etážemi - horní etáž mírně rozvolněná, porost vzniklý dlouhodobým specifickým pěstebním postupem), 3. **L** (jednoetážový porost jako ve variantě C, ve kterém v roce 2005 došlo k silnému rozvolnění s cílem uvolnit koruny kvalitních stromů pro podporu fruktifikace), 4. **R** (stromy dlouhodobě rostoucí jako výstavky s neomezeným růstovým prostorem). Porosty se nacházely na stejném stanovišti (dle lesnické typologie 1L) a vzdálenost mezi nimi nepřesáhla 800 m.

V rámci každé výzkumné plochy byla v r. 2011 u všech stromů horní etáže zaměřena pozice a byly změřeny základní dendrometrické parametry (tab. 1). Ve variantě R byly zjištěny pouze dendrometrické parametry konkrétních vzorníkových stromů. Z naměřených dat byly pomocí výpočtů a prostorových analýz v prostředí GIS odvozeny dendrometrické parametry a kompetiční ukazatele (tab. 1), kde centrálním stromem byl vzorníkový strom dubu a kompetitory byly ostatní stromy bezprostředně ovlivňující vývoj koruny centrálního stromu (neplatí pro vzorníky ve variantě R s neomezeným růstovým prostorem). Plocha uvolnění (A_{ns}) stromu byla vypočtena z průměrné vzdálenosti centrální strom – kompetitor, plocha sociální byla počítána algoritmem dle ČERMÁKA (2006).

Sledování plodnosti vzorníkových stromů dubu probíhalo v období 2008–2011. V roce 2008 nebyla zaznamenána žádná úroda, proto bylo od podrobného sledování upuštěno. Ke sledování úrody byly v letech 2009 a 2011 využity semenoměry. V roce 2010, kdy se dostavila slabá úroda, byly využity plošky o velikosti 0,5 × 0,5 m vyznačené pod vzorníkovými stromy. Pod solitérami (var. R) nemohly být plošky využity vzhledem k velmi intenzivnímu zabuření. Pro každý z pěti sledovaných stromů v každé porostní situaci i pro každý ze tří solitérních stromů bylo použito pět semenoměrů, které byly umístěny lineárně v náhodném směru od paty kmene po okraj koruny. Umístění plošek bylo stejné jako v případě semenoměrů, jejich počet

však byl o jednu nižší (4 pro vzorník). Zjištěné počty žaludů byly přepočteny na 1 m² a vyjadřují množství semen na 1 m² korunové projekce stromu, resp. varianty.

Vztahy dendrometrických parametrů a plodnosti vzorníků pro r. 2009 a 2011 byly testovány pomocí neparametrického K-W testu, Spearmanovou korelací a jednoduchou regresí.

Tabulka 1: Charakteristika výzkumných ploch (porostních situací) a parametry vzorníků dubů – pokus 1

Table 1: Attribute of the research plots (stand situation) and experimental oaks – experiment 1

Varianty Variant	Výzkumné plochy Research plots									Experimentální jedinci Experimental oaks				
	dbh [cm]	h [m]	h _{cb} [m]	A _c [m ²]	d _n [m]	V, ha ⁻¹ [m ³]	G, ha ⁻¹ [m ³]	sd	C _c [%]	Počet vzorníku Number of tree	dbh [cm]	A _c [m ²]	A _{soc} [m ²]	A _{rh} [m ²]
C	52,4	34,35	22,6	50,2	5,48	674,45	47,90	1,05	111	5	50,9 ± 2,7	48,1 ± 12,8	33,9 ± 7,9	170,8 ± 39,5
S	46,2	28,8	17,8	54,1	6,14	349,26	29,35	0,68	100	5	50,1 ± 4,8	70,8 ± 22,2	90,5 ± 25,6	308,3 ± 77,9
L	53,2	29,9	16,3	74,9	7,98	299,09	23,82	0,48	76	5	61,0 ± 7,3	101,2 ± 24,0	146,5 ± 18,1	501,4 ± 105,8
R	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3	68,7 ± 3,3	128,6 ± 20,0	–	–

C – plně zapojený porost, S – slabě rozvolněná horní etáže, L – silně rozvolněný porost, R – solitery, dbh – výčetní tloušťka, h – výška stromu, h_{cb} – výška nasazení koruny, A_c – korunová projekce, V – celková porostní zásoba, G – celková výčetní základna, sd – zakmenění, C_c – stupeň clonění zápoje, d_n – průměrná vzdálenost k nejbližšímu sousedovi, A_{rh} – plocha uvolnění, A_{soc} – sociální plocha
C – closed canopy, S – small openness, L – large openness, R – remnants, dbh – diameter, h – tree height, h_{cb} – height of the crown base, A_c – crown area, V – total volume, G – total basal area, sd – stock density, C_c – canopy closure, d_n – average distance to the nearest neighbour, A_{rh} – releasing area, A_{soc} – social area

Plodnost dubu letního v lužních oblastech ČR (pokus II)

Ve 4 významných lužních oblastech ČR byly v r. 2011 vytipovány experimentální porosty k dlouhodobému sledování plodnosti. Jednalo se o tyto oblasti: Východní Čechy (Polabí), Litovel (horní a střední Morava), Soutok (dolní Morava), Židlochovice (povodí Svratky). Experimentální porosty byly vybrány tak, aby zde bylo možné vylíšit alespoň dvě z následujících porostních situací: (R) – solitery, (E) – okrajové stromy, (C) stromy v plném porostním zápoji, (L) – stromy z rozvolněného zápoje (tabulka 5). Ve všech případech se jednalo o porosty ve stádiu kmenoviny s dominancí dubu letního. Pro každou vybranou porostní situaci byly náhodně vytipovány vzorníkové stromy pod jejichž koruny byly umístěny semenoměry (viz pokus 1). Pod každý vzorník byly umístěny tři semenoměry tak, aby první byl u kmene, druhý pod středem průmětu koruny a třetí na jejím okraji. Zjištěné počty žaludů za r. 2011 byly přepočteny na 1 m² korunové projekce stromu, resp. varianty. Vzhledem k malému počtu vzorníků nejsou výsledky statisticky průkazné a jsou popisovány pouze trendy.

VÝSLEDKY

Při hodnocení plodnosti dubu na LZ Židlochovice byly v letech 2008–2011 zaznamenány dvě bohaté úrody (2009 a 2011) a jedna slabá úroda (2010). V prvním roce šetření duby neplodily.

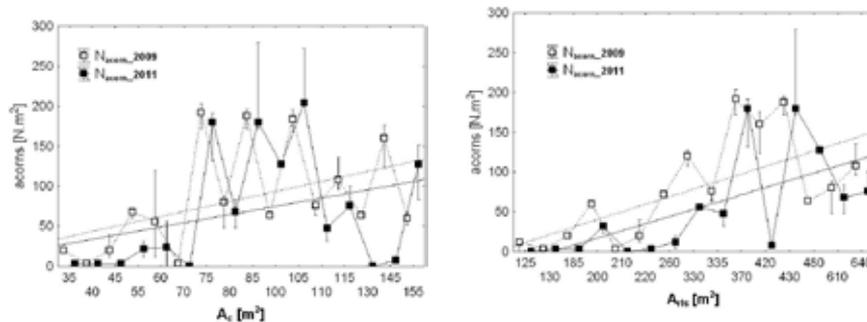
Největší průměrná početnost žaludů bez ohledu na porostní situaci byla za čtyřleté období sledování (2008–2011) zjištěna pro vzorníky v r. 2009. Průměrně bylo zjištěno 82 ks žaludů/m² korunové plochy vzorníku. Druhým nejbohatším rokem byl r. 2011 s průměrnou početností 66 ks žaludů/m². Průměrná hodnota úrody v roce 2010, kdy byla početnost zjišťována pomocí plošek, dosáhla 26 ks žaludů/m². Hodnoty početnosti žaludů se značně odlišovaly v závislosti na porostních situacích (tab. 3). Ve všech letech sledování byla nejnižší úroda zaznamenána u vzorníků varianty C, naopak největší množství žaludů bylo zjištěno v letech 2009 a 2010 pod vzorníky varianty L (S) a v roce 2011 pod solitérami (var. R). Pro semenné roky 2009 a 2011 bylo provedeno srovnání plodnosti všech vzorníkových stromů bez ohledu na variantu. Středně silné až silné pozitivní korelační vztahy byly zjištěny především mezi celkovou úrodou semen a velikostí růstového prostoru – plocha sociální a plocha uvolnění, popř. velikostí korunových projekcí. Výčetní tloušťka stromů se neukázala jako vhodná vysvětlující proměnná (tab. 4). Bohatou úrodou (více jak 50 ks žaludů/m²) přináší stromy uvolněné na ploše větší jak 300 m² (obr. 1 b), resp. při velikosti korunové projekce (obr. 1 a) a sociální (teritoriální) plochy nad 70 m².

Tabulka 3: Počet žaludů – ks/m² (medián, min-max a průměr) pro vzorníkové stromy jednotlivých variant v letech 2008–2011

Table 3: Number of acorns – pcs/m² (median, min-max, average) of experimental oaks in different variants during 2008–2011

Varianty Variant	Množství žaludů: medián (min-max) Acorn production: median (min-max)				Průměr Average
	2008	2009	2010	2011	
C	0	10 (3–26)	5 (2–13)	2 (0–3)	5
S	0	77 (61–185)	17 (3–211)	42 (13–226)	57
L	0	117 (62–191)	20 (9–28)	74 (6–164)	56
R	0	66 (61–181)	–	120 (2–250)	57
Průměr Average	0	82	26	66	44

C – plně zapojený porost, S – slabě rozvolnění horní etáže, L – silně rozvolněný porost,
R – solitery
C – closed conopy, S – small openness, L – large openness, R – remnants



Obr. 1 a, b: Množství žaludů dle růstových (A_c – korunová projekce) a kompetičních parametrů (A_{rls} – plocha uvolnění) stromů v semenných letech 2009 a 2011
Fig. 1 a, b: Number of acorns according to the growing (A_c – crown area) and competitive, (A_{rls} – releasing area) attributes of trees (mast years 2009 and 2011)

Tabulka 4: Korelační (Spearman) a regresní parametry
Table 4: Correlation (Spearman) and regression parameters

		dbh	A_c	A_{soc}	A_{rls}
N_{acorn} 2009	a	-40,77	25,68	3,33	4,83
	b	2,17	0,68	0,82	0,22
	r_{sprm}	0,23	0,48	0,74	0,70
	R^2	0,09	0,14	0,42	0,31
N_{acorn} 2011	a	-24,81	11,82	-9,43	-20,63
	b	1,62	0,66	0,71	0,23
	r_{sprm}	0,16	0,39	0,71	0,73
	R^2	0,03	0,08	0,25	0,26

dbh – výčetní tloušťka; A_c – korunová projekce; A_{soc} – sociální plocha; A_{rls} – plocha uvolnění
 dbh – diameter; A_c – crown area; A_{soc} – social area; A_{rls} – releasing area

Popsaný zřetelný trend nárůstu počtu žaludů vzorníkových stromů dle míry uvolnění je patrný také z výsledků pokusu II (tab. 5). V případech, kde byla vylišena varianta solitéry (R - oblast Litovel a Soutok) byla početnost žaludů v této variantě vždy nejvyšší a v případech varianty plně zapojeného porostu (C - oblast Východní Čechy a Litovel) byla početnost žaludů nejnižší. Plodnost okrajových stromů (E) a vzorníků z rozvolněného porostu (var. L) byla vyšší než plodnost v plně zapojeném porostu (C -Východní Čechy, Litovel) a nižší než u solitér (R – Soutok, Litovel). Porovnání okrajových stromů a vzorníků z rozvolněného porostu v případě oblasti Východní Čechy dopadlo lépe pro okrajové stromy, v oblasti „Židlochovice“ tomu bylo obráceně.

Tabulka 5: Počet žaludů – ks/m² (medián, min-max) pro vzorníky jednotlivých variant v zájmových lužních oblastech – rok 2011

Table 5: Number of acorns – pcs/m² (median, min-max) of experimental oaks in the different variants and regions

Oblast Region	Množství žaludů: medián (min-max) Acorn production: median (min-max)			
	C	E	L	R
Východní Čechy	3 (0–12)	80 (32–147)	15 (7–38)	n
Litovel	4 (3–11)	53 (45–136)	n	191 (147–276)
Soutok	n	n	5 (0–8)	77 (21–136)
Židlochovice	n	81 (68–209)	119 (105–215)	n

C – plný zápoj, E – porostní okraj, L – rozvolněný zápoj, R – solitery
C – closed canopy, E – stand border, L – broken canopy, R – remnants

DISKUSE

Periodicita plodnosti pro dub letní byla v ČR uváděna v rozpětí 3–8 let (VYSKOT 1958). Ještě před více než cca 10 lety však byl výskyt semenného roku u dubu letního jevem zcela vzácným (KOTRILA 2000; VAŇKOVÁ 1999). Za posledních asi deset let bylo zaznamenáno hned několik úrod žaludů, a to ať lokálně nebo celorepublikově (VAŇKOVÁ 2004; PAŘÍZEK 2007; PALÁTOVÁ, RYCHNOVSKÁ 2010). Zkrácení intervalu mezi semennými roky dubu letního bylo přitom zaznamenáno v posledních letech také v Chorvatsku (GRADEČKI-POŠTENJAK et al. 2011).

Během našeho čtyřletého sledování plodnosti dubu letního jsme zaznamenali dva bohaté semenné roky, jeden rok se slabou úrodou a jeden rok zcela bez úrody. Kromě intervalu mezi semennými roky byla pozoruhodná také početnost žaludů v roce 2009 a 2011 s více než 50 ks/m², která dosahuje hodnot pro dub zcela výjimečných (RÖHRIG, BARTSCH 2006). Zjištěnou početnost žaludů v roce 2010 nad 20 ks/m² lze přitom z hlediska potenciální přirozené obnovy hodnotit rovněž jako významnou (PALÁTOVÁ et al. 2011). Zkrácení intervalu mezi semennými roky a vysoká intenzita fruktifikace byla v poslední době zaznamenána v Evropě také např. u buku (CEJCHAN 2011). Příčina tohoto jevu je dávana do souvislosti s globálními změnami klimatu, resp. globálním oteplováním (KOENIG, KNOPS 2005).

Naše šetření dále v obou pokusech ukázalo výrazné odlišnosti v plodnosti dubu v závislosti na konkrétní porostní situaci. Nejnižší početnost žaludů byla zjištěna vždy u stromů z plně zapojených porostů, zatímco jakákoliv forma rozvolnění zápoje porostu, resp. uvolnění vzorníku znamenala zvýšenou fruktifikaci. Ve shodě s KORPEEEM (1991) tak lze konstatovat, že stromy nadúrovňové, výstavky a okrajové stromy fruktifikují častěji a bohatěji než stromy nižších stromových tříd a uvnitř zapojeného porostu. Nejmarkantněji je tento jev patrný v případě pokusu II v ob-

lasti Litovel, kde se početnost žaludů u stromů z plně zapojeného porostu pohybovala od 3–11 ks/m², zatímco u solitér to bylo 147–276 ks/m². Snížením zápoje, resp. redukcí počtu stromů sice dochází i ke snížení počtu plodících stromů, a tedy i k celkově nižší produkci žaludů (DAY 1995), nicméně v porovnání s plně zapojeným porostem lze i přesto v rozvolněném porostu očekávat výrazně vyšší produkci. Např. celkovou úrodu v plně zapojeném porostu (C) prvního pokusu v r. 2011 lze odhadovat na 20 000 ks/ha zatímco v porostu L s 76 % zápojem lze odhadovat produkci min. kolem 56 000 ks/ha.

Problém optimalizace porostního zápoje a jeho uvolnění s cílem zvýšení produkce žaludů pro dub červený je předmětem zájmu především ve Spojených státech (DEY 1995). Základním pravidlem je kromě pozvolného uvolnění porostu také systematické vyhledávání trvale plodících jedinců v porostu (DEY 1995; HEALY 1999). Rovněž v případě dubu letního je základním přístupem ke zvyšování produkce semen rozvolnění zápoje porostu, které bývá součástí obnovních sečí (MATIČ *et al.* 1999). Důraz je však kladen také na vhodnou porostní strukturu utvářenou již od mládí porostu (MATIČ *et al.* 1999; KLIMO *et al.* 2008). Negativně je obecně hodnoceno jednorázové prosvětlení ve starých do té doby plně zapojených porostech (VINCENT 1965).

V rámci pokusů jsme neanalyzovali bezprostřední reakci vzorníků na uvolnění (uvolnění ve všech porostních situacích bylo starší než 3 roky), ale okamžitý stav, tedy vliv velikosti růstového prostoru na produkci žaludů. Z výsledků je zřejmé, že bohatou a pravidelnou plodnost lze očekávat především u stromů uvolněných na ploše (A_{rls}) větší jak 300 m², resp. při velikosti korunové projekce (A_c) a sociální plochy (A_{soc}) nad 70 m². Také v tomto souboru stromů však nalézt jedince plodící nepravidelně a slabě. Tento jev zatím nedokážeme vysvětlit. Z praktického hlediska by řešením problému by mohla být empirická identifikace a podpora trvale plodících jedinců (DEY 1995; HEALY 1999).

Ze vzájemného srovnání plodnosti dubu letního v jednotlivých lužních oblastech ČR lze zatím jen těžko vyvozovat závěry vzhledem ke krátké době sledování, výběru porostů a heterogenitě plodnosti jednotlivých vzorníků. Nicméně zcela zřejmá je nízká až nulová početnost žaludů pro vzorníky z plně zapojeného porostu (0–12), dále velká heterogenita v případě rozvolněných porostů i solitér. Největší shoda v počtu žaludu byla zaznamenána v případě okrajových stromů. Vzhledem k malému počtu vzorníků sice nemohou být tyto výsledky statistický průkazné, naznačují však zřetelný trend.

ZÁVĚR

Výsledky šetření zaměřených na plodnost dubu letního v odlišných porostních situacích v různých lužních oblastech České republiky lze shrnout následovně:

- za čtyřleté období sledování (2008–2011) byly v rámci jednoho lesního komplexu zaznamenány dva bohaté semenné roky (2009 a 2011), kdy průměrná početnost žaludů převyšovala 50 ks žaludů/m²,
- byly zjištěny výrazné odlišnosti v plodnosti dubu letního dle jednotlivých porostních situací – míry rozvolnění, a to jak v rámci dlouhodobého sledování v jedné oblasti, tak v rámci jednorázového šetření po celé ČR,

- plodnost stromů z plně zapojených porostů byla vždy výrazně nižší než plodnost stromů z ostatních porostních situací (solitéra, okrajový strom, rozvolněný zápoj),
- předpokladem bohaté plodnosti v semenném roce (více než 50 žaludů/m²) je uvolnění mateřského stromu na ploše (A_{rls}) větší jak 300 m², resp. dosažení velikosti jeho korunové projekce (A_c) a sociální plochy (A_{soc}) nad 70 m²,
- i po splnění tohoto předpokladu lze nalézt jedince plodící slabě a nepravidelně.

První výsledky tohoto druhu u nás a popsané trendy plodnosti dubu letního ukazují, že lesní hospodář může podstatnou měrou ovlivnit fruktifikaci dubu a také to, že má smysl zabývat se podrobně exogenními i endogenními podmínkami plodnosti dřevin.

LITERATURA

- CEJCHAN, S., 2011: 2011 – Ein Mastjahr. Lesnická práce 90 (12): 48.
- ČERMÁK, J., ULRICH, R., STANĚK, Z., KOLLER, J., AUBRECHT, L. 2006: Electrical measurement of tree root absorbing surfaces by the earth impedance method: 2. Verification based on allometric relationships and root severing experiments. *Tree Physiology* 26: 1113–1121.
- DEY, D. C., 1995: Acorn production in red oak. For. Res. Paper No.127. Ontario Forest Research Institute, Sault Ste. Marie, Canada, 22 s.
- GRADEČKI-POŠTENJAK, M., NOVAK-AGBABA, S., LICHT, R., POSARIĆ, D., 2011: Dynamika plodnošenja i kvaliteta uroda sjemena hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) u narušenim ekološkim uvjetima (Dynamics of acorn production and quality of english oak acorn (*Quercus robur* L.) in disrupted ecological conditions). *Šumarski list* 135 (13): 169–181.
- HEALY, W. M., LEWIS, A. M., BOOSE, E. F., 1999: Variation of red oak acorn production. *For. Ecol. Manage* 116: 1–11.
- HRIB, M., 2007: Regeneration of Noble Broadleaves on Alluvial Sites of the Židlochovice Forest Enterprise. *In* : Hobza, P.,(eds.): Forest Management systems and regeneration of floodplain forest sites – sborník referátů. Mendel university of Agriculture and Forestry Brno. s. 169–181.
- KELLY, D., 1994: The evolutionary ecology of mast seeding. *Trends in Ecology a Evolution* 9 (12): 465–470.
- KLIMO, E., HAGER, H., MATIČ, S., ANIČ, I., KULHAVÝ, J., 2008: Floodplain Forests of Temperate Zone of Europe, Lesnická práce. 623 s.
- KOENIG, W. D., KNOPS, J.M.H., 2005: The Mystery of Masting in Trees, The Scientific Research Society. s. 340–347.
- KORPEL, Š., PEŇÁZ, J., SANIGA, M., TESAŘ, V., 1991: Pestovanie lesa, Príroda Bratislava. 465 s.
- KOTRLA, P., 2000: Semenná úroda 1999 – 2000. Lesu zdar, zvláštní vydání *Genetika* 6: 11.
- MADĚRA, P., 2007: Problems of Floodplain Forest Classification. *In* : Hobza, P., (eds.): Forest Management systems and regeneration of floodplain forest sites – sborník referátů. Mendel university of Agriculture and Forestry Brno. s. 183–194.

- MATIĆ, S., ORŠANIĆ, M., BARIČEVIĆ, D., 1999: Natural regeneration of pedunculate oak in floodplain forests of Croatia. *Ekologia* 18: 111–119.
- PALÁTOVÁ, E., RYCHNOVSKÁ, A. 2010: Analýza faktorů ovlivňujících úspěšnost přirozeného nasemenění dubu letního na lužních stanovištích. *In*: Knott, R., Peňáz, J., Vaněk, P., (eds.) *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně. s. 101–107.
- PALÁTOVÁ, E., MAUER, O., HOUŠKOVÁ, K., 2011: Přirozená obnova dubu letního (*Quercus robur* L.) na lužních stanovištích – certifikovaná metodika, Mendelova univerzita Brno. 23 s.
- PAŘÍZEK, M., 2007: Possibilities to assure resources and reproduction material for the regeneration of floodplain forests in the Czech Republic. *In* : Hobza, P.,(eds.): *Forest Management systems and regeneration of floodplain forest sites – sborník referátů*. Mendel university of Agriculture and Forestry Brno. s. 221–234.
- POLENO, Z., VACEK, S., 2007: Pěstování lesů II - Teoretická východiska pěstování lesů, *Lesnická práce-Kostelec nad Černými lesy*. 463 s.
- RÖHRIG, E., BARTSCH, N., 2006: *Waldbau auf ökologischer Grundlage*. 7., vollst. aktual. Aufl, Stuttgart. 479 s.
- VANĀKOVÁ, K., 2004: Přirozená obnova dubu v lužním lese - disertační práce, MZLU v Brně. MZLU v Brně. 164 s.
- VINCENT, G., 1965: *Lesní semenářství*, SZN Praha. 329 s.
- VRŠKA, T., ADAM, D., HORT, L., ODEHNALOVÁ, P., HORAL, D., KRÁL, K., 2006: Dynamika vývoje pralesovitých rezervací v České republice; *Developmental dynamics of virgin forest reserves in the Czech republic II/ Lužní lesy – Cahnov – Soutok, Ranšpurk, Jiřina; Floodplain forests – Cahnov-Soutok, Ranšpurk, Jiřina*, Academia – Praha. 214 s.
- VYSKOT, M., 1958: *Pěstění dubu*, Praha, ČAZV. 284 s.

PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl za podpory VZ MSM 6215648902 „Vliv cenotického postavení mateřského stromu na úspěšnost přirozené obnovy dubu letního“ v rámci bakalářských prací jsou do řešení problematiky zapojeni studenti J. Otáhal a J. Sitta.

VLIV VELIKOSTI A KRYTÍ HOLINY NA ÚSPĚŠNOST VÝSADBY DOUGLASKY TISOLISTÉ (*PSEUDOTSUGA MENZIESII* /MIRB./ FRANCO)

EFFECTS OF THE CLEARING SIZE AND THE SHELTER ON THE SUCCESSFULNESS OF PLANTING OF DOUGLAS FIR

DAVID SYCHRA, OLDŘICH MAUER

Ústav zakládání a pěstění lesů, Lesnická a dřevařská fakulta,
Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno

ABSTRACT

The aim of the paper was to assess the clearing size and its shelter by a surrounding stand on losses of plantings of Douglas fir after outplanting, their growth after planting and total quality conditions. The plants were set out on four clearings with different size and shelter. The clear-felled areas were divided to parts according to shelter and losses were determined on particular parts. At the planted seedlings, following aspects were evaluated: total height, increments, root collar diameter, the number of multiple stems, stem undulation, crown form, colour of needles and frost damage. The smallest losses and the best growth were found on small sheltered clearings. On large unsheltered clearings, large losses were found as well as slower growth and the bad vitality of plants.

Key words: Douglas fir, forest regeneration, clearing size

ABSTRAKT

Cílem práce je posoudit jaký vliv má velikosti holiny a její krytí okolním porostem na ztráty sazenic douglasky tisolisté po výsadbě, jejich růst po výsadbě a jejich celkový kvalitativní stav. Byly analyzovány tři roky staré provozní výsadby douglasky tisolisté. Rostliny byly vysázeny na čtyři holiny, které mají odlišné velikosti a jsou rozdílně kryté. Holiny byly rozděleny na části podle krytí a na jednotlivých částech byly zjištěny ztráty. U vysázených rostlin na plochách byly hodnoceny tyto aspekty – celková výška, přírůsty, tloušťka kořenového krčku, počet výčetných kmenů, zvlnění kmene, tvar koruny, barva jehlic a poškození mrazem. Nejmenší ztráty a nejlepší růst douglasek byl zjištěn na malých krytých holinách. Na velkých nekrytých holinách byly zjištěny velké ztráty, pomalejší růst a špatná vitalita rostlin.

Klíčová slova: douglaska tisolistá, obnova lesa, velikost holiny

Úvod

Douglaska tisolistá je lesnicky nejvýznamnější introdukovaná dřevina v ČR. První zmínka o výsadbě douglasky tisolisté na území ČR spadá do roku 1842, kdy byla vysazena tříletá sazenice douglasky do Chudenického arboreta. Po prvních výsadbách douglasek v arboretech a parcích se začíná od roku 1876 vysazovat také do lesních porostů – nejvíce v jižních Čechách (VANČURA 2010). V současné době se její zastoupení v českých lesích pohybuje kolem 0,2% porostní půdy a převládají první tři věkové stupně.

V lesním hospodářství ČR vyniká douglaska především svými růstovými vlastnosti, když v objemové produkci předčí naše domácí dřeviny. DOLEJSKÝ (2000) uvádí, že

douglaska na stejném stanovišti ve 100 letech předstihuje v produkci smrk o více než 30% a borovici lesní a buk lesní o téměř 100%. Mimořádná je i odolnost douglasky vůči bořivým větrům (s výjimkou oglejených půdy), v tomto směru se dá srovnávat s listnáči. Mezi další přednosti ve srovnání se smrkem lze zařadit odolnost vůči suchu, tvorbu příznivějších forem humusu a odolnost vůči hnilobám. Při vhodném způsobu pěstování lze snadno docílit přirozené obnovy. V našich podmínkách není douglaska ohrožována abiotickými a biotickými činiteli ve větším rozsahu. ŠIKA (1977) konstatuje, že v podmínkách ČR může douglaska ohrožovat jen fyziologické sucho. Takto postižené douglasky na pohled reznou, ale pokud zůstane alespoň částečně rostlina zelená, většinou přežívá a dobře regeneruje. V mládí jsou douglasky ohrožené pozdním mrazem a při obnově vznikají zvýšené ztráty způsobené problémy citlivostí sadebního materiálu, obzvláště citlivá je douglaska na zaschnutí kořenového systému.

Díky svým pozitivním vlastnostem a s ohledem na možné klimatické změny spojené s případným ústupem autochtonních dřevin nebo rozšířením jejich kalamitních škůdců by se měla věnovat větší pozornost zvyšování douglasky tisolisté v druhové skladbě lesních porostů. ŠINDELÁŘ (2003) uvádí, že zavádění douglasky tisolisté na živná a kyselá stanoviště v 2 až 5 lesním vegetačním stupni by mělo být v takové míře, aby se v dlouhodobé perspektivě docílilo zastoupení této dřeviny na 2–4 % porostní půdy. Douglaska by se proto měla každoročně vysazovat, případně přirozeně obnovovat, na ploše 400 až 800 ha, čemuž by bylo třeba 1,2–2,4 milionů kusů sazenic.

V souvislosti se zvýšeným zájmem o douglasku a její větší uplatňování v lesích se dostávají do popředí problémy s její umělou výsadbou, zvláště s vysokým procentem ztrát, které se v provozních výsadbách v důsledku citlivosti sadebního materiálu douglasky tisolisté pohybuje od 10 - 100%. Na ztráty po výsadbě má vliv mnoho faktorů. Mezi hlavní faktory patří kvalita sadebního materiálu, způsob a kvalita výsadby, počasí v době výsadby a také velikost holiny a její krytí.

Cílem práce bylo posoudit jaký vliv má velikosti holiny a její krytí okolním porostem na ztráty sazenic douglasky tisolisté po výsadbě, jejich růst po výsadbě a jejich celkový kvalitativní stav. Práce by měla odpovědět na otázku, jestli jsou pro výsadbu douglasky tisolisté vhodné menší kryté holiny, nebo dobře odrůstá i na větších otevřených holinách

METODY A POUŽITÝ MATERIÁL

K zjištění cíle práce bylo nutné zabezpečit, aby se podmínky výsadby sadebního materiálu douglasky tisolisté co nejméně lišily, případně nelišily vůbec. To znamená, aby sadební materiál měl stejné vlastnosti - věk, výška, provenience, morfologická a fyziologická kvalita. Dále, aby výsadba byla uskutečněna ve stejnou dobu, na stejném lesním typu a obnovované holiny nebyly od sebe velmi vzdáleny.

Šetření proběhlo na podzim roku 2011 v okolí města Tábora, konkrétně v blízkosti obce Chotoviny, v přírodní lesní oblasti 10 Středočeská pahorkatina. Analyzované výsadby založila lesnická praxe jako běžnou provozní výsadbu a s její spoluprací byly k šetření vybrány. Zkoumané výsadby byly od sebe vzdáleny

maximálně 1 km, všechny byly oploceny, nacházely ve čtvrtém lesním vegetačním stupni, SLT 4K. Výsadba proběhla v roce 2009, v druhé polovině března. Jako sadební materiál byly použity čtyřleté sazenice, v jednom případě v porostu 4B0 pouze sazenice tříleté. Provenience douglasky tisolisté byla ve všech případech 46035 Lake City.

Každá zkoumaná plocha byla rozdělena na části s odlišnými podmínkami krytí. Na každé části bylo měřeno a hodnoceno minimálně 100 rostlin, pokud jich na části tolik rostlo. U všech rostlin byly zjišťovány tyto údaje:

- výška nadzemní části v roce 2011,
- přírůst rostliny v roce 2010,
- přírůst rostliny v roce 2009,
- výška nadzemní části vysazované rostliny v roce 2009,
- počet dvojáků a trojáků a výška jejich nasazení,
- zvlnění kmene – přímý, do tří tloušťek kmene a více jak tři tloušťky kmene,
- tvar koruny – trojúhelníkovitá, elipsovitá, kulovitá, jednostranná,
- barva jehlic – zelená, nažloutlá a žlutá,
- poškození pozdním mrazem v roce 2011.

Analýzou rozptylu byl testován přírůst za tři roky u čtyřletých sazenic podle krytí holiny.

Pro hodnocení krytí plochy byla navržena stupnice, která hodnotí plochy podle krytí od čísla 1 – nejvíce krytá plocha do čísla 4 – nejméně krytá plocha.

- 1 – Holina, jejíž šířka nepřesahuje výšku okolního dospělého porostu a je ze všech stran kryta okolním dospělým porostem.
- 2 – Holina přesahuje svou šířkou výšku okolního dospělého porostu, zkoumaná část je z jedné strany kryta před sluncem úplně dospělým porostem a z jiné strany alespoň částečně.
- 3 – Holina přesahuje svou šířkou výšku okolního dospělého porostu, zkoumaná část je kryta před sluncem jen jednou stranou dospělým porostem.
- 4 – Holina přesahuje svou šířkou výšku okolního dospělého porostu, zkoumaná část je téměř nekryta nebo vůbec nekrytá před sluncem okolním porostem.



Popis porostů

Porost 3A8 (obr. 1)

Holina má tvar obdélníku, rozměry 27 m × 62 m, výměra 0,17 ha. Ze všech stran je kryta dospělým porostem. Část 3 je z hodnocení vyřazena kvůli odlišným půdním podmínkám.

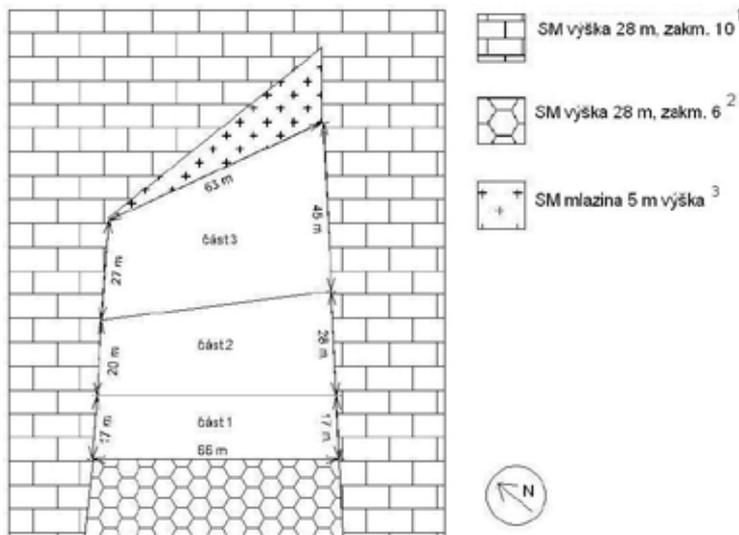
Obr. 1: Douglaska tisolistá – porost 3A8 – krytí holiny

Fig. 1: Douglas fir – stand 3A8 – sheltered clearing

¹Black alder, height 24 m, stocking 9, ²Norway spruce, height 28 m, stocking 10

Porost 3A10 (obr. 2)

Holina má tvar připomínající obdélník. Šířka holiny je 66 m a délka přibližně 77 m, výměra 0,50 ha. Holina je sice vložena do dospělého mýtního porostu, ale díky své velikosti a svým rozměrům není dostatečně krytá.



Obr. 2: Douglaska tisolistá – porost 3A10 – krytí holiny

Fig. 2: Douglas fir – stand 3A10 – sheltered clearing

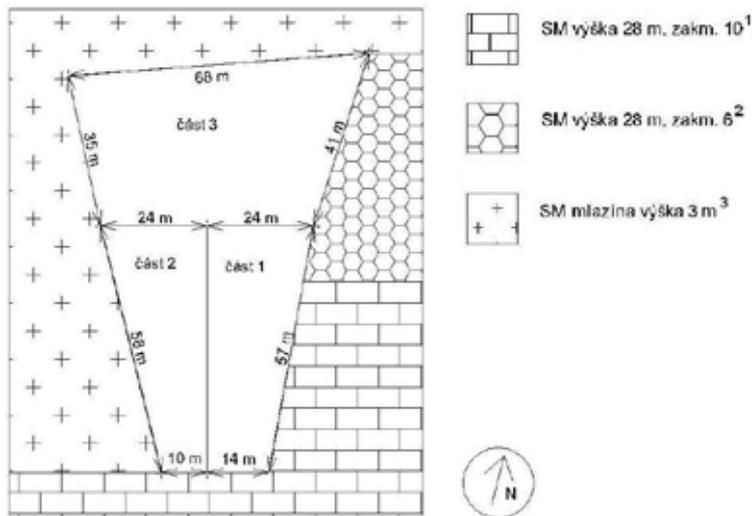
¹Norway spruce, height 28 m, stocking 10, ²Norway spruce, height 28 m, stocking 6, ³Norway spruce, thicket, height 5 m.

Porost 3B0 (obr. 3)

Holina má tvar protáhlého lichoběžníku od severu k jihu. Šířka holiny je přibližně 45 m, délka 90 m, výměra 0,41 ha. Holina je od jihu a východu kryta dospělým stouletým porostem, ze zbývajících stran sousedí se smrkovou mlazinou vysokou cca 3 m. Z celé plochy je nejvíce kryta dospělým porostem část 1, část druhá je kryta méně a třetí částí už mýtní porost neposkytuje téměř žádné krytí.

Porost 3D10 (obr. 4)

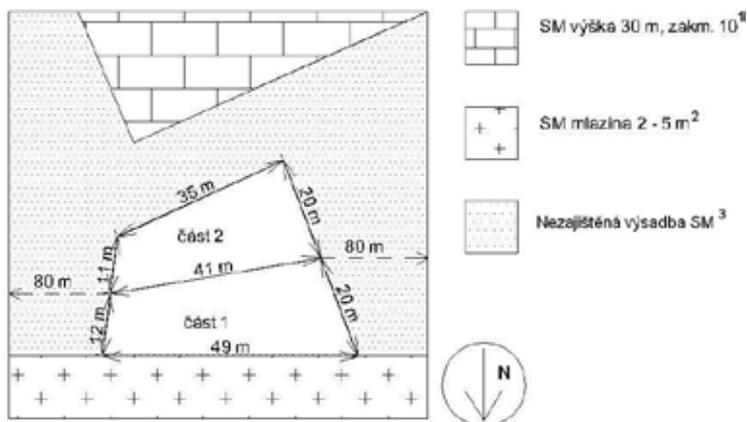
Lichoběžníkovitá plocha se šířkou 30 m, délkou 41 m a výměrou 0,13 ha. Celá holina je prakticky bez krytí. Ze severu sousedí plocha se smrkovou mlazinou vysokou cca 5 m, jinak je obklopena výsadbou smrku. Oproti ostatním plochám byli vysazeny tříleté sazenice.



Obr. 3: Douglaska tisolistá – porost 3B0 – krytí holiny

Fig. 3: Douglas fir – stand 3B0 – sheltered clearing

¹Norway spruce, height 28 m, stocking 10, ²Norway spruce, height 28 m, stocking 6, ³Norway spruce, thicket, height 3 m



Obr. 4: Douglaska tisolistá – porost 3D10 – krytí holiny

Fig. 4: Douglas fir – stand 3D10 – sheltered clearing

¹Norway spruce, height 30m, stocking 10, ²Norway spruce, thicket, height 3 m, ³young plantation of Norway spruce

Tabulka 1: Douglaska tisolistá – charakteristiky růstu podle krytí holiny
Table 1: Douglas fir – growth characteristics according to the sheltered clearing

Porost ¹	3A8&E1	3A8&E2	3A10&E1	3A10&E2	3A10&E3	3B0&E1	3B0&E2	3B0&E3	3D10&E1	3D10&E2
Krytí holiny ²	1	1	2	3	3	2	3	4	4	4
Zhráty [%] ³	19,0	15,8	40,0	75,4	72,5	43,1	47,3	83,3	68,0	73,0
Výška nadzemní části v roce 2011 [cm] ⁴	163,8	165,0	165,1	135,1	122,2	130,9	126,2	128,2	77,3	86,0
Výška nadzemní části v roce 2009 [cm] ⁵	54,7	56,1	54,7	57,8	55,8	55,8	55,9	55,5	31,4	32,8
Přírůst v roce [cm] ⁶	2009	10,1	9,6	8,6	9,0	9,8	9,2	9,1	6,1	6,8
	2010	39,0	40,5	35,6	26,0	24,7	23,2	23,0	13,3	13,7
	2011	58,0	58,3	65,2	42,8	32,6	42,2	38,2	41,6	32,7
Tloušťka kořenového krčku [mm] ⁷	24,2	24,7	27,6	26,4	24,8	24,7	23,4	24,0	17,0	16,8
Rostliny s výčetným kmenem [%] ⁸	17,1	23,1	30,0	20,6	25,3	17,1	24,5	13,5	27,4	31,4
Zvlnění kmene [v % rostlin] ⁹	Přímý ¹⁰	52,1	64,5	50,0	59,8	46,7	58,2	70,2	35,6	29,4
	Do 3 d ¹¹	40,0	21,0	40,5	34,8	34,6	35,5	31,6	25,0	41,2
	Nad 3 d ¹²	7,9	14,5	9,5	5,4	29,6	17,8	10,2	4,8	29,4
	Trojúhelníkovitá ¹⁴	51,4	55,1	63,1	50,0	67,3	28,4	31,6	20,2	5,5
Tvar koruny [v % rostlin] ¹³	Elipsovité ¹⁵	35,7	21,0	13,1	20,7	44,4	32,7	54,8	38,4	39,2
	Kulovité ¹⁶	7,1	12,3	3,6	4,3	16,0	21,4	10,6	23,3	23,5
	Jednostranná ¹⁷	5,7	11,6	20,2	25,0	10,5	11,2	14,3	14,4	29,4
	Žlutá ¹⁹	0,0	1,4	0,6	3,3	1,2	0,6	3,1	11,5	8,2
Barva jehlic [v % rostlin] ¹⁸	Nazloutlá ²⁰	4,3	13,0	19,0	25,0	14,8	9,5	43,9	32,7	43,1
	Zelená ²¹	95,7	85,6	80,4	71,7	84,0	89,9	53,0	58,9	45,1
Délka jehlic [mm] ²²	25,4	28,8	29,3	25,9	23,7	26,4	23,8	24,5	22,1	24,1
Poskození mrazem [v % rostlin] ²³	7,2	14,5	50,6	44,6	20,4	8,3	12,2	12,5	37,0	58,8

¹Stand, ²Sheltered clearing, ³Losses, ⁴Shoot length in 2011, ⁵Shoot length in 2009, ⁶Increment in year, ⁷Root collar diameter, ⁸Plants with multiple trunks, ⁹undulating trunk (in % of plants), ¹⁰Straight, ¹¹up to 3 dbh, ¹²over 3 dbh, ¹³Crown form (m % of plants), ¹⁴triangular, ¹⁵elliptical, ¹⁶spheric, ¹⁷one-sided, ¹⁸needle colour (in % of plants), ¹⁹Yellow, ²⁰Yellowish, ²¹Green, ²²Length of needles, ²³Frost damage in % of plants

VÝSLEDKY A JEJICH ZHODNOCENÍ (TABULKA 1)

- Z naměřených výsledků vyplývá, že krytí holiny má velký vliv na ztráty douglaskových sazenic při výsadbě. Čím je holina menší a je více kryta, tím jsou naměřené ztráty menší. Nejmenší ztráty (do 20 %) byly zjištěny na holině s šířkou 27 m – porost 3A8. Na plochách s krytím 2 – konkrétně porosty 3A10 část 1 a 3B0 část 1 – jsou zjištěné ztráty přibližně 40%. Na velkých nekrytých holinách byly zjištěny ztráty přesahující 70 %. Tyto zjištěné údaje se shodují s tvrzením Hoffmana (1964) a Jirkovského (1962), kteří nedoporučují vysazovat douglasku na velké holiny a plochy plně vystavené slunci a větru.
- Byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi přírůstem čtyřletých sazenic (do hodnocení byly vzaty přírůsty za rok 2009 až 2011) a různými podmínkami krytí holiny, viz tabulka č. 2. Největší přírůst 108,6 cm dosahují rostliny v porostu 3A8, kde je hodnota krytí 1, přírůst rostlin se statisticky odlišuje od ostatních. Průměrný přírůst 92,6 cm na holinách s hodnotou krytí 2 se statisticky odlišuje od ostatních ploch. Nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl v přírůstu mezi holinami s hodnotou krytím 3 a 4, na těchto plochách přirůstají douglasky nejpomaleji, od holin s hodnotou krytí 1 a 2 se přírůst statisticky odlišuje.

Tabulka 2: Douglaska tisolistá – průměrný přírůst a statisticky významné rozdíly v přírůstu podle krytí holiny

Table 2: Douglas fir – average increment and statistically significant differences according to the sheltered clearing

Scheffého test; Proměnná přírůst Homogenní skupiny, alfa = ,05 Chyba: meziskup. PČ (reziduální rozptyl) = 926,12, sv (počet stupňů volnosti reziduálního počtu čtverců) = 1067,0				
Krytí holiny ¹	Přírůst [cm] – Průměr ²	Homogenní skupiny ³		
		1	2	3
3	70,0	****		
4	72,8	****		
2	92,6		****	
1	108,6			****

¹sheltered clearing, ²increment [cm] – average, ³homogenous groups

- Nebyla zjištěna závislost mezi krytím holiny a tloušťkou kořenového krčku. Tloušťka kořenového krčku se u stejně starých sazenic příliš neliší. U čtyřletých vysazovaných sazenic se tloušťka kořenového krčku pohybuje od 23,4 mm do 27,6 mm. U tříletých sazenic je tloušťka kořenového krčku 16,8 mm a 17,0 mm.
- Závislost mezi krytím holiny a počtem vícečetných kmenů v porostu nebyla zjištěna. Při šetření byl v porostech zjištěn poměrně velký počet rostlin s vícečetným kmenem. V některých porostech měla téměř každá třetí rostlina vícečetný kmen.
- Tvar koruny a zvlnění kmene nemá souvislost s velikostí holiny a jejím krytím. Nejčastěji měly stromky přímý kmen. U tvaru koruny převládali jedinci s korunnou trojúhelníkovitou nebo elipsovitou.

- Charakteristika jehlic (jejich délka a barva) stromků dává informace o jeho vitalitě. Delší jehlice a větší procento zelených jehlic bylo zaznamenáno v porostech, respektive v jejich částech, které byly více kryty okolním porostem. V porostech s hodnotou krytí 4 mělo více než 30 % rostlin žluté jehličí.
- Poškození mrazem bylo na zkoumaných plochách velmi rozdílné a nelze tvrdit, že lépe kryté holiny jsou poškozené mrazem méně než holiny nekryté. Poškození rostlin mrazem bylo jen mírné, nejčastěji bylo na rostlině poškozeno jen několik větví.

ZÁVĚRY

Po třech letech od výsadby byly vyhodnoceny čtyři holiny s rozdílnou velikostí a krytím, které byly zalesněny douglaskou tisolistou. Hodnoceny byly ztráty, růst a zdravotní stav. Výsledky ukazují, že úspěšnost výsadby douglasky tisolisté je výrazně ovlivněna velikostí holiny a jejím krytím okolním porostem. Z šetření lze vyvodit tyto závěry:

- Pro douglasku tisolistou jsou nejvhodnější malé kryté holiny se šířkou do 30 m. Plochy jsou chráněny před přílišným osluněním a působením větru. Na této ploše byly zjištěny nejmenší ztráty (15,8 % a 19,0 %) po třech letech od výsadby. Rostliny byly vitální a vykazovaly velmi dobrý růst. Průměrný přírůst třetí rok po výsadbě byl 58,1 cm.
- Na holinách širších než 30 m jsou podmínky vhodné jen v blízkosti porostních stěn krytých proti nadměrnému působení slunce a větru. Rostliny na těchto krytých částech holin jsou vitální a v průměru dobře odrůstají. Průměrný přírůst třetí rok po výsadbě byl 53,7 cm. Zjištěné ztráty se zde však pohybují kolem 40 %.
- Velké holiny, kde okolní porost nechrání rostliny proti působení slunce a větru, mají nevhodné podmínky pro výsadbu douglasky. Tyto podmínky přežije jen velmi málo rostlin. Ztráty na holině dosahují až 80 %. Přeživší rostliny sice odrůstají, průměrný přírůst třetí rok po výsadbě byl 35,7 cm, ale část rostlin má sníženou vitalitu, která se projevuje nažloutlou či dokonce žlutou barvou jehličí.
- Nebyla zjištěna závislost mezi krytím holiny a poškozením rostlin mrazem, zvlněním kmene, tvarem korun a počtem výčetných kmenů.

Príspevek vznikl za finanční podpory NAZV QI 112A172 a projektu IGA 13/2010.

CONCLUSIONS

After three years from the planting, four clearings of different size and shelter reforested by Douglas fir were evaluated. Losses, growth and health conditions were evaluated. Results show that the successfulness of Douglas fir planting is markedly affected by the clearing size and its shelter by a neighbouring stand. Following conclusions can be derived from the study:

- For Douglas fir, small sheltered clearings the width of which does not exceed 30 m are most suitable. The areas are sheltered from excessive insolation and effects of wind. On the area, the smallest losses were found (15.8 and 19.0%)

after three years from outplanting. The plants were vital showing very good growth. An average increment three years after planting was 58.1 cm.

- On clearings wider than 30 m, growth conditions are suitable only close to stand walls sheltered from excessive effects of sun and wind. Plants on these sheltered clearings are vital and grow well. A mean increment three years after planting was 53.7 cm. However, determined losses reached about 40%.
- Large clearings where a surrounding stand does not protect plants from the effect of sun and wind show unsuitable conditions for Douglas fir planting. Only very few plants can survive these conditions. Losses on these clearings reach as many as 80%. Although surviving plants grow up and a mean increment three years after planting was 35.7 cm, part of the plants is of lower vitality, which is demonstrated by yellowish or even yellow colour of needles.
- No dependence was found between the clearing shelter and frost damage to plants, stem undulation, crown form and the number of multiple stems.

LITERATURA

- DOLEJSKÝ, V., 2000: Najde douglasky větší uplatnění v našich lesích?. *Lesnická práce* 79 (11): 492–494 s.
- HOFFMAN, J., 1964: Pěstování douglasky, Statní zemědělské nakladatelství Praha. 251s.
- JIRKOVSKÝ, V., 1962: Zakládání douglaskových porostů. *Lesnická práce* 41 (10): 457–462 s.
- VANČURA, K., 2010: Douglaska – introdukce. Základní informace a zajímavosti aneb co přinesli Skotové lesnímu hospodářství. In: Vlček, V., (eds): *125 let lesnických škol píseckých a douglasky na školním poli Hůrky*. 56 s.
- ŠIKA, A., 1977: Pěstování douglasky v ČSR. *Lesnická práce* 66 (10): 428–435 s.
- ŠINDELÁŘ, J., 2003: Aktuální problémy a možnosti pěstování douglasky tisolisté. *Lesnická práce* 81 (5): 14–16 s.

**OBNOVA KALAMITNÝCH HOLÍN V RÁMCI DEMONŠTRAČNÉHO OBJEKTU
REKONŠTRUKCIE SMREČÍN NA KYSUCIACH**

AFFORESTATION OF CALAMITY CLEARINGS IN DEMONSTRATION OBJEKT
OF SPRUCE STANDS RECONSTRUCTION ON KYSUCE REGION

LADISLAV KULLA, ANNA TUČEKOVÁ

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen,
T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen,
E-mail: tucekova@nlcsk.org, kulla@nlcsk.org

ABSTRACT

*The paper deals with afforestation of extent calamity clearings in demonstration object of spruce stands reconstruction on Kysuce region. Demonstration object Husárik (DO Husárik) is detoily introduced with focus on evaluatioin of the first experiment results dealing with testing of influence of soil additives on survival, vitality and growing of the juvenile stadia of artificially established beech, fir and spruce cultures. Growing parameters of plantations with application of additives after first vegetation period acknowledged possitive influence of the soil additives containing hydrogels component (BactoFil B, Agrohydrogel, Ectovit). Higes proportion of the seedling establishment had fir afforestations with application of the mycorhiza inoculum (97.7%). Spruce cultures were significantly defective by *Hyllobius abietis* L. (cca 21%), beech in consequence of water absence and shock of transplantation had 17% of dry terminals. Lowest percent of terminals drying we dommented for fir (5.6%).*

Keywords: *spruce stands decline, demonstration object Husárik, artifitial afforestation, soil additives*

ABSTRAKT

*Príspevok sa zaoberá problematikou obnovy rozsiahlych kalamitných holín v rámci demonštračného objektu rekonštrukcie smrečín (DORS) na Kysuciach. Predstavený je demonštračný objekt rekonštrukcií smrečín Husárik (DO Husárik), s osobitným dôrazom na hodnotenie prvých výsledkov v experimente testovania účinkov viacerých pôdnych aditív na uجات, vitalitu a odrastanie juvenilných štádií umelo založených kultúr buka, jedle a smreka. Na rastových parametroch výsadiieb s aplikáciou aditív sa po 1. vegetačnom období potvrdil pozitívny vplyv aplikácie prípravkov obsahujúcich hydrogelové zložky (BactoFil B, Agrohydrogel a Ectovit). Najvyššie percento uجات mali výsadby jedle s aplikáciou mykorizného inokula (97,7%). Smrekové výsadby boli významne poškodené *Hyllobiom* (cca 21 %), bukové výsadby pri nedostatku vlhы a v dôsledku šoku po výsadbe mali cca 17 % suchých terminálnych vrcholov. Najnižšie percento poškodenia zasušením terminálov sme zaznamenali na jedľových výsadbách (5,6 %).*

КП'áčové slová: *odumieranie smrečín, demonštračný objekt Husárik, umelá obnova, pôdne aditíva*

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Smrek je s podielom 25,5 % (databáza o lesoch, NLC Zvolen, 2010) po buku druhou najzastúpenejšou drevinou v lesoch Slovenska. Jeho podiel sa však postupne znižuje,

a to najmä v dôsledku rozsiahlych kalamít, spôsobených rôznymi škodlivými činiteľmi. Len za posledných 5 rokov klesol podiel smreka o 0,8 %, čo predstavuje úbytok porastovej plochy tejto dreviny o približne 16 000 ha.

Väčšinu dnešných smrekových porastov tvoria nepôvodné smrečiny v stredných a nižších polohách, sústredené najmä v oblasti Beskýd na severe Slovenska a v oblasti Spiša východne od Tatier. Len 5,7% sa považuje za pôvodné smrekové lesy (VLADOVIČ 2003). Predovšetkým nepôvodné smrečiny sú v posledných desaťročiach sústavne postihované kalamitami, spôsobujúcimi rozsiahle ekologické aj ekonomické škody. Predpovede zmeny klímy avizujú vzostup početnosti extrémnych meteorologických javov, čo predpokladá ďalší nárast ohrozenia smrečín veternými víchricami. Očakávané anomálie počasia, predovšetkým teplotné extrémny a prúsušky pravdepodobne ďalej vystupňujú ohrozenie budúcich smrekových porastov, či už priame cez fyziológiu stromov alebo nepriame, zvýšenou agresivitou patogénov, napríklad podpňoviek (*Armillaria sp.*).

Prvou vážnou epizódou rozpadu smrečín bolo v minulosti premnoženie lykožrúta smrekového v dôsledku série horúcich a suchých rokov. V rámci náhodných ťažieb smreka na Slovensku pripadalo už v rokoch 1948–1954 viac ako 80 % na lykožrúta. Čoskoro sa hromadné odumieranie smreka objavilo severovýchodne od Vysokých Tatier v Levočských vrchoch, odkiaľ sa postupne rozšírilo na celý Spiš. Za hlavné príčiny sa označovali nízky odolnostný potenciál, najmä v dôsledku nepriaznivého druhového zloženia, oslabenie porastov vysokými teplotami a relatívne nízkymi zrážkami v jarných a letných mesiacoch, veľký výskyt podpňovky, tracheomykóz (rod *Ceratocystis*), podkôrneho hmyzu, zaťaženie imisiami, ale aj vírusové ochorenia. V 70-tych a 80-tych rokoch poškodenie smrekových lesov značne stúplo a okrem východu zasiahlo aj sever Slovenska. K prudkému nárastu odumierania smrečín dochádza po roku 2002, a to najmä na severnom Slovensku v oblasti Beskýd.

Rozsiahla potreba rekonštrukcií v súvislosti s odumieraním smrečín na Slovensku vyvolala potrebu výskumného riešenia tejto problematiky. Výskumný projekt „Rekonštrukcie nepôvodných lesných spoločenstiev ohrozených zmenou prírodných podmienok (najmä klímy) na ekologicky stabilnejšie ekosystémy“ sa pod gesciou Ministerstva pôdohospodárstva SR riešil na NLC Zvolen v období 2005–2008 (ŠEBEŇ a kol. 2009).

Výskum preukázal, že príčinou novej vlny odumierania smreka, ktorá sa začala v roku 2002, nie je deficit živín, vlahy, ani imisný stres ale stúpajúca agresivita patogénov a hmyzích škodcov (podpňovka, podkôrny hmyz) v dôsledku prebiehajúcej klimatickej zmeny a s ňou súvisiacich klimatických trendov a meteorologických anomálií. Správnym načasovaním a rozvrhnutím rekonštrukcií poškodených a ohrozených porastov je možné významne prispieť k zníženiu celkových ekologických a ekonomických škôd. Zlepšenie ujatosti a odrastania následných umelo založených porastov je možné dosiahnuť pestovaním sadbového materiálu „na mieru“ pre extrémne podmienky kalamitných holín (napr. zvyšovaním mrazuvzdornosti a p.), používaním krytokorenných (obaľovaných sadenic), alebo používaním vhodných pôdnych aditív.

Cieľom príspevku je prierezovo predstaviť založený demonštračný objekt rekonštrukcie smrečín (DORS) na Kysuciach a zhodnotiť prvé výsledky umelej obnovy v rámci založeného demonštračného objektu a v ich kontexte naznačiť prvé možnosti využitia použitých pôdnych aditív v umelej obnove týchto kalamitných holín.

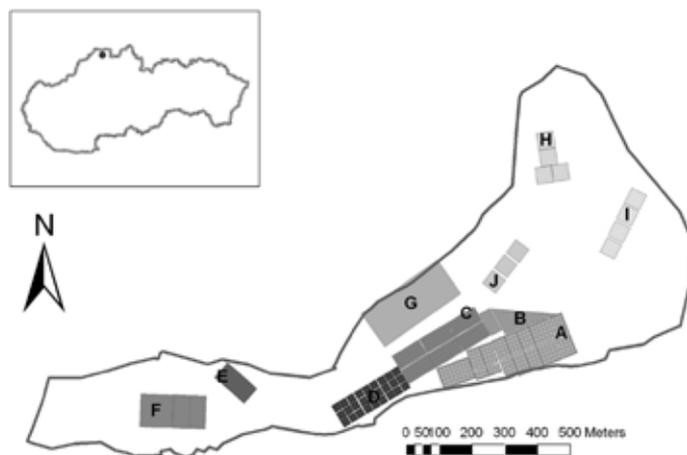
METODIKA

Demonštračný objekt Husárik (DO Husárik) sa začal budovať v roku 2009 na pozemkoch spravovaných štátnym podnikom Lesy SR, š.p., OZ Čadca. Má výmeru 80 ha, a účelom jeho zriadenia je praktická ukážka, overenie a nadväzujúci systematický výskum rôznych alternatív obnovy a výchovy lesa na kalamitných holiach pri rekonštrukciách odumierajúcich smrečín. Lokalizácia DO Husárik a rozmiestnenie jednotlivých experimentov (A až J) sa nachádza na obr. 1 (ŠEBEŇ a kol. 20011).

Zoznam experimentov:

- A – provenienčné pokusy drevín smrek, jedľa, smrekovec, buk, dub, duglaska,
- B – pokusné výsadby vegetatívne množeného smreka a šľachtenej jedle,
- C – porovnanie alternatív umelej obnovy (sejba, voľnokorenné a krytokorenné sadenice),
- D – test 5 pôdnych aditív v umelej obnove sadbou,
- E – test ochranných opatrení proti zveri a burine pri umelej obnove,
- F – pokusné výsadby rýchlorastúcich drevín (šľachtenej osiky a brezy),
- G – experiment s neceloplošnými podsadbami,
- H – pokusné a demonštračné výchovné plochy v nárastoch,
- I – pokusné a demonštračné výchovné plochy v mladinách,
- J – pokusné a demonštračné výchovné plochy v žrdkovinách.

Experimenty umelej obnovy sú usporiadané formou znáhodnených blokov s opakovaním, čo umožňuje priebežné sledovanie a štatistické vyhodnocovanie rozdielov medzi overovanými variantmi.



Obr. 1: Mapa DO Husárik s rozmiestnením jednotlivých experimentov
Fig. 1: Map of the Husarik DO with localisation experiments

Cieľom experimentu D, na ktorý v príspevku upriamujeme pozornosť je ukázať pri klasickej jamkovej výsadbe správnu voľbu drevín s aplikáciou aditív - prídavných látok ako vhodných podporných prípravkov v pôdnom koreňovom priestore, ovplyvňujúcich rast nadzemnej časti, rozvoj koreňových systémov a priaznivý, vitálny, celkový adaptačný proces.

Umelá výsadba troch hlavných drevín (smrek, jedľa, buk) je ošetrená 5-timi aditívami:

- A-hydroabsorbent – Agrohydrogel (A),
- B-mikrobiologický pôdny kondicionér – Bactofil B (B),
- C-vývojové hnojivo – Forestal (C),
- D-prírodný produkt – Drevný popol (D),
- E-mykorízny preparát – Ectovit (E).

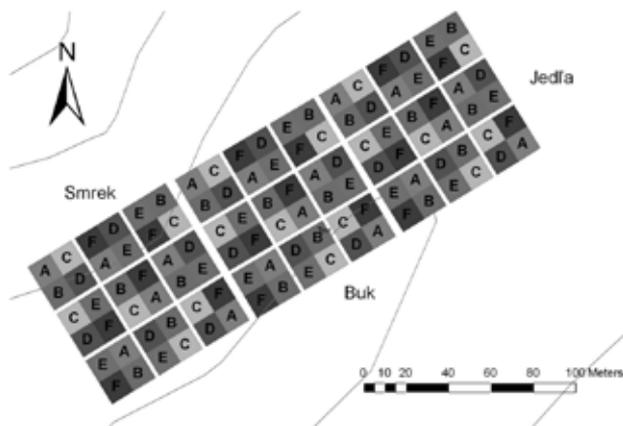
K týmto variantom je priradený neošetrený variant F – kontrola.

Pri výbere sadbového materiálu sa dodržali genetické, morfológické aj fyziologické hľadiská kvality sadeníc a pri transporte, manipulácii a samotnej výsadbe technologická disciplína. Pred výsadbou sa na holine realizovali odbery vzoriek pôd na analýzu živinových pomerov.

Výsadba sa uskutočnila v jarnom termíne (r. 2011), klasicou jamkovou sadbou s pridaním jednotlivých aditív priamo pri výsadbe do jamky. Plochy sú založené v znáhodnených blokoch, s opakovaniami (metóda latinských štvorcov). Jednotlivé dreviny sú vysadené pravidelne (štvorce) v sponoch:

- smrek (2+1) – (2 × 2 m) – 36 ks/variant
- jedľa (2+2) – (1,5 × 1,5 m) – 64 ks/variant
- buk (2+0) – (1,2 × 1,2 m) – 100 ks/variant.

Rozmery jedného variantu sú 12 × 12 m (rovnaké pre všetky dreviny). Plocha výsadiel smreka, buka a jedle s variantmi použitia aditív v 6 kombináciách je na výmere 1,56 ha (7200 ks sadeníc). Detailné umiestnenie výsadiel smreka, jedle a buka s aditívami je na obr. 2.



Obr. 2: Dizajn experimentu D: porovnanie rôznych pôdnych aditív pri umelej obnove
Fig. 2: D experiment dizajn: comparisson of the different soil additives in artificial fforestation

Aj keď sa výsadby nachádzajú v oplôtku bola pred zimným obdobím na ploche vykonaná ich individuálna ochrana proti zveri náterom terminálneho výhonka chemickým repelentom Cervacol. V priebehu vegetačného obdobia bolo podľa potreby vykonané 1–2-krát vyžínanie.

Po jarnej výsadbe (máj – po založení pokusu), bola meraná hrúbka koreňového krčka (v mm) a výška (v cm) stonky výsadiieb pre zistenie hodnôt týchto základných biometrických charakteristík v čase výsadby. Po ukončení rastu v prvom vegetačnom období (október) boli na ujatých jedincoch (150 ks/variant) merané hrúbka krčka, výška stonky a výškový prírastok. Boli zaznamenané straty (chýbajúce, suché jedince) a poškodenie sadeníc (suché terminálne výhonky, zver, hlodavce). Spracovala sa fotodokumentácia a odobrali sa asimilačné orgány pre listové analýzy (v súčasnosti sa analyzujú). Rastové charakteristiky boli pre každú drevinu analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt úrovni sledovaných faktorov sa použil Tukeyov test ($\alpha = 0,05$). Vyhodnotil sa stav prežívania (ujatosť) a poškodenie sadeníc, ktoré sa vyjadriло ako percento počtu živých (resp. poškodených) jedincov z počtu vysadených.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Preukazuje sa, že pri voľbe každého aplikovaného pôdneho aditíva, najmä hnojiva je nutné vychádzať zo stavu živín v pôde (TUČEKOVÁ 2008). Pôdy v oblasti rozpadajúcich sa kysuckých smrekových monokultúr dlhodobo preukazujú nevyváženosť hlavných živín (Mg, P, Ca) a z dôvodu nízkej pH hodnoty ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 3,8–4,2) aj absenciu dôležitých pôdnych mikroorganizmov (napr. baktérií) (TUČEKOVÁ 2009, TUČEKOVÁ A KOL. 2009, TUČEKOVÁ, LONGAUEROVÁ 2008). Nedostatočne zásobené výsadby majú zvýšenú transpiráciu a tým aj spotrebu vody. Po výsadbe všetkých troch drevín sa preukazuje na ujatosti pozitívny efekt prípravkov s obsahom hydroabsorbentov (hydrogelov). Najnižšie priemerné percento ujatosti dosiahol buk (86,6 %). Nízke percentá ujatia mali prevažne varianty ošetrené aditívami bez prídavku hydrogelu – drewný popol (okrem smreka) a Forestal – tab. 1). Najvyššie percento ujatia mali výsadby jedle s aplikáciou mykorrhízneho inokula (97,7 %). Smrekové výsadby boli významne poškodené *Hylobiom ab.* (cca 21 %), bukové výsadby pri nedostatku vlhky mali okrem vyšších strát aj cca 17 % suchých terminálnych vrcholov. Vysvetlením tejto skutočnosti by mohol byť výrazne menej rozvinutý koreňový systém dvojročných sadeníc buka (kolový koreň bez jemných vlásočnicových koreňov), na ktorom sa po ošetrení zachytilo výrazne menej hydrogelových častíc obsiahnutých v aditívach. Naproti tomu najnižšie percento poškodenia zasúšením terminálov sme zaznamenali na jedľových výsadbách (5,6 %), ktorých koreňový systém bol veľmi priaznivo prekorenený vlásočnicovými koreňmi. Poškodenie zverou počas vegetačného obdobia sme nezaznamenali, pretože výsadby v experimente D boli chránené pletivovým oplôtkom.

Tabuľka 1: Ujatosť a poškodenie výsadiel s aplikáciou aditív po 1. vegetačnom období
Table 1: Seedling establishment and damage of plantations with additives application after 1. vegetation period

Aditívum ¹	Smrek obyčajný (<i>Picea abies</i> L.)		Buk lesný (<i>Fagus sylvatica</i> L.)		Jedľa biela (<i>Abies alba</i> Mill.)	
	Ujatosť ²	Poškodené – <i>Hylobius ab.</i> ³	Ujatosť ²	Poškodené – suchý terminál ⁴	Ujatosť ²	Poškodené – suchý terminál ⁴
	Experiment D					
Agrohydrogel ⁵	88,0	19,0	90,8	15,2	93,5	6,4
BactoFil B ⁶	83,2	27,0	85,0	10,4	93,5	12,0
Forestal ⁷	93,6	6,0	86,7	24,0	89,6	2,4
Drevný popol ⁸	84,0	8,0	84,2	14,4	93,5	3,2
Ectovit ⁹	84,0	45,0	87,8	11,2	97,9	0,8
Kontrola ¹⁰	90,4	20,0	85,0	24,8	91,9	8,8
Priemer ¹¹	87,2	20,8	86,6	16,7	93,3	5,6

¹Aditíve, ²Survival, ³Damaged – *Hylobius a.*, ⁴Damaged – dry terminal, ⁵Agrohydrogel, ⁶Bactofil B, ⁷Forestal, ⁸Wood ash, ⁹Ectovit, ¹⁰Control, ¹¹Average

Na výsadbách s aplikáciou aditív sa po 1. vegetačnom období na parametroch nadzemnej časti sadeníc v jednotlivých variantoch potvrdil najmä vplyv aplikácie prípravkov obsahujúcich hydrogelové zložky (BactoFil B, Agrohydrogel a Ectovit). Potvrdzujú to aj štatisticky významné rozdiely ($\alpha = 0,05$) medzi priemernými hodnotami výšky, hrúbky v koreňovom krčku aj výškových a hrúbkových prírastkov výsadiel (tab. 2). Dlhodobo overované spomínané prípravky ako BactoFil B, Agrohydrogel a Ectovit s obsahom hydrogelových zložiek, pri nedostatku a nerovnomernosti vlhky v minulosti opakovane potvrdili priaznivejší rozvoj vlásočnicového typu koreňov a následne aj vyššie percento prežívania výsadiel (TUČEKOVÁ A KOL. 2008). Najvyššie hodnoty výškových prírastkov dosahujú smrekové, bukové aj jedľové výsadby ošetrené mykorrhízny inokulom (Ectovit) a najnižšie s aplikáciou drevného popola.

Už po prvom roku sa preukazuje pozitívny efekt mykorrhízneho inokula najmä na výškovom prírastku všetkých troch drevín. Vysvetlením, by mohla byť taktiež skutočnosť, že ošetrovaný koreňový systém smrekových a jedľových sadeníc bol pri výsadbe bohato prekorenený a po aplikácii sa na ich vlásočniciach zachytilo väčšie množstvo mykorrhízneho inokula.

Viaceri autori uvádzajú pozitívny vplyv inokulácie semenáčikov smreka po aplikovaní mykorrhízny hubami v sterilných kultúrach alebo v nádobových a poľných pokusoch (CUDLÍN A KOL 1983, SZABLA 2005, KOVALSKI 2007, REPÁČ 2009 a i.). Hustota mykorrhíz je ovplyvnená predovšetkým dlhodobo existujúcimi lokálnymi podmienkami, zatiaľ čo percentuálny podiel mykorrhíz citlivo reaguje na okamžité zmeny, ako je napr. vlhový stres, zhoršenie imisnej situácie atď. (FELLNER, PEŠKOVÁ 1995, PEŠKOVÁ 2006). V priebehu vegetačnej periódy sme pozorovali výkyvy v zrážkach, pričom vlhový stres po výsadbe počas prvých 2 mesiacov bol aj príčinou vyšších strát a zasušených terminálov najmä buka. Na otvorenej nezaburinenej holine sa preukázal najväčší šok na výsadbách buka. Časť nižšieho burinného krytu vyžatého na výšku sadeníc zasa pozitívne vplývala na prežívanie, vitalitu a zdravotný stav najmä jedle.

Tabuľka 2: Priemerné rastové parametre nadzemnej časti (so štatistickou významnosťou) výsadiet s aplikáciou rôznych aditív po 1. vegetačnom období

Table 2: Average growing parameters of above-ground part of plantations (with statistical signification) with application of different soil additives after first vegetation period

Prípravok ¹	Hrúbka koreň. krčka ² (mm)		Výška stonky ³ (cm)		Výškový prírastok ⁴ (cm)	Hrúbkový prírastok ⁵ (mm)
	V čase výsadby ⁶	Po I. vegetačnom období ⁷	V čase výsadby ⁶	Po I. vegetačnom období ⁷	Po I. vegetačnom období ⁷	Po I. vegetačnom období ⁷
Smrek obyčajný (<i>Picea abies</i> L.)						
Agrohydrogel ⁸	6,22 ^a	6,86 ^b	42,92 ^a	46,61 ^a	3,69 ^b	0,64 ^c
BactoFil B ⁹	5,82 ^a	6,81 ^b	38,84 ^b	42,88 ^b	4,04 ^b	0,99 ^b
Forestal ¹⁰	5,64 ^b	8,00 ^a	38,59 ^b	43,55 ^b	4,96 ^a	2,36 ^a
Drevný popol ¹¹	6,25 ^a	7,30 ^b	40,11 ^b	42,66 ^b	2,55 ^c	1,05 ^b
Ectovit ¹²	5,85 ^a	7,05 ^b	38,67 ^b	44,35 ^a	5,68 ^a	1,20 ^b
Kontrola ¹³	5,92 ^a	7,03 ^b	36,94 ^b	42,23 ^b	5,29 ^a	1,11 ^b
Buk lesný (<i>Fagus sylvatica</i> L.)						
Agrohydrogel ⁸	5,47 ^a	6,96 ^a	30,63 ^a	31,40 ^a	0,77 ^{bc}	1,49 ^a
BactoFil B ⁹	5,59 ^a	6,44 ^a	29,45 ^{ab}	30,41 ^a	0,96 ^b	0,85 ^b
Forestal ¹⁰	4,64 ^b	5,67 ^b	25,51 ^b	26,45 ^b	0,94 ^b	1,03 ^a
Drevný popol ¹¹	4,06 ^b	5,17 ^{bc}	27,45 ^b	28,17 ^b	0,72 ^c	1,11 ^a
Ectovit ¹²	5,88 ^a	6,56 ^a	26,01 ^b	28,33 ^b	2,32 ^a	0,68 ^b
Kontrola ¹³	3,94 ^{bc}	5,52 ^b	25,53 ^b	26,78 ^b	1,25 ^{ab}	1,58 ^a
Jedľa biela (<i>Abies alba</i> Mill.)						
Agrohydrogel ⁸	7,76 ^a	7,84 ^a	30,29 ^a	31,21 ^a	0,92 ^c	0,08 ^c
BactoFil B ⁹	7,83 ^a	8,37 ^a	29,50 ^a	32,15 ^a	2,65 ^{ab}	0,54 ^b
Forestal ¹⁰	7,01 ^b	7,07 ^a	29,87 ^a	31,61 ^a	1,74 ^b	0,06 ^c
Drevný popol ¹¹	7,13 ^a	8,45 ^a	29,32 ^a	31,11 ^a	1,79 ^b	1,32 ^a
Ectovit ¹²	7,96 ^a	8,01 ^a	26,01 ^b	29,67 ^a	3,66 ^a	0,05 ^c
Kontrola ¹³	7,65 ^a	9,02 ^a	28,57 ^a	30,93 ^a	2,36 ^{ab}	1,37 ^a

rovnaké písmená znamenajú štatisticky nevýznamné rozdiely na $p < 0,05$ ¹⁴

¹Treatment, ²Root collar diameter, ³Stem height, ⁴Height increment, 5, ⁶At the time of planting, ⁷After the first growing season,

⁸Agrohydrogel, ⁹Bactofil B, ¹⁰Forestal, ¹¹Wood ash, ¹²Ectovit, ¹³Control,

¹⁴values signed with the same letter are not significantly different ($p = 0.05$)

Po 1. roku sa nepreukázal významnejší pozitívny efekt pridaných pôdnych mikroorganizmov obsiahnutých v pôdnom kondicionéri BactoFil B. Mikroorganizmy pôdnych baktérií viažuce dusík, ktoré žijú voľne v pôde s prítomnosťou *Azospirillum brasilense* (lepšie znáša teploty nad 30 °C) v BactoFil-e sú schopné zasobovať koreňový systém dusíkom aj cez horúce suchšie letné mesiace. Pôdny mikrobiologický kondicionér viac zložkového charakteru, v prevažnej miere zložený z baktérií, fixuje atmosférický dusík a stimuluje mineralizačné procesy v pôde, čím sa zabezpečuje prísun živín pre rastliny. Pri problémoch s vlhkosťou sú však tieto procesy brzdené a ich účinok sa preukazuje nevýznamne. Nepriaznivý rok na vlhkosť potvrdil aj na slabom efekte BactoFil-u na všetkých troch drevinách.

Drevný popol ako alternatívne pôdne aditívum a jeho využiteľnosť doposiaľ nebola na Slovensku osobitne skúmaná a prakticky overovaná. Ide pritom o perspektívny materiál, a to z hľadiska ekonomického – keďže ide o bočný produkt, t.j. odpad pri procese spaľovania drevnej biomasy, kedy je vysoký predpoklad jeho dobrej dostupnosti a cenovej konkurencieschopnosti v porovnaní s inými aditívami, ale aj ekologického – aplikácia drevného popola do lesného ekosystému čo predstavuje návrat minerálnych živín vyvezených z ekosystému v biomase dreva a kôry stromov. Jeho efekt sa však na výsadbách pri deficite zrážok zatiaľ nepreukazuje. Aplikácia drevného popola, ktorá bola realizovaná po výsadbe na povrch pôdy okolo krčka sadenice (priemer – 35 cm), preukázala že jeho premývanie do koreňových pôdnych vrstiev bolo pri nedostatku zrážok minimálne alebo skoro žiadne.

Zhoršovanie produkčných vlastností pôd pod smrekovými monokultúrami je exaktne doložené. Smrekový opad má tendenciu hromadiť sa, čo spomaľuje návrat živín do pôdy. Na holinách po ťažbe nahromadený humus rýchlo mineralizuje a časť v opade viazaných živín je rýchlo nenávratne vyplavovaná z pôdneho profilu. SVERDRUP a STJERNQUIST (2002, ex JAKUŠ et al. 2006) preto navrhujú intenzívne vápnenie, hnojenie minerálnymi hnojivami a drevným popolom ako opatrenie na zabezpečenie trvalého výnosu pri pestovaní smrekových monokultúr v podmienkach Švédska. V našich podmienkach začíname s podobným výskumom najmä v lokalitách po rozpade smrekových monokultúr (oblasť Kysúc).

ZÁVER

Na výskumno-demonštračnom objekte – Husárik na Kysuciach budeme môcť názorne demonštrovať, čo pre obnovu kalamitných plôch jednotlivé postupy a riešenia znamenajú.

Výstupom z experimentu D bude overená technológia používania progresívnych postupov umelej obnovy troch hlavných drevín (s využitím aditív pri výsadbe) na veľkoplošných holinách po rozpade monokultúry smreka.

Pri aplikácii rôznych hnojivých aditív na kalamitných holinách sa nám preukazujú prvé priaznivé účinky doplnenia minerálnych živín, zlepšenie fyzikálnych vlastností pôd (po pridaní mikroorganizmov a hydrogelov, mykoríznych inokúl), čo následne priaznivo ovplyvní nielen zdravotný stav ale aj rastové parametre kultúr.

Po 1. roku priemerná ujatosť všetkých sadeníc v experimente D bez ohľadu na druh dreviny je vyššia ako 86 %. Výsadby boli počas vegetačného obdobia najviac poškodené hmyzom *Hylobius abietis* (smrek – 20,8 %) a nedostatkom vlhky spojeným so šokom po výsadbe (buk – 16,7 %). Zaschnutý terminálny výhonok sa vo väčšom rozsahu vyskytol práve u výsadiieb buka. Tak ako na ujatosť aj na rastové parametre pozitívne vplývali aditíva s obsahom hydrogelov. Hodnotenie rastových ukazovateľov je vzhľadom na krátke obdobie po výsadbe a aplikácii aditív málo preukazné. Výškový prírastok snád' najlepšie vyjadruje adaptáciu a rastovú reakciu sadeníc na prostredie a pridávané aditíva v prvom vegetačnom období. Tento bol najvýraznejší u smreka.

Popri hodnotení prežívania, poškodenia a rastovej odozvy sadeníc budú v ďalšom období vykonané chemické rozbory pôdy a asimilačných orgánov po aplikácii aditív a hodnotený celkový adaptačný proces, fyziologická kvalita a zdravotný stav výsadiieb.

Technológie obnovy vyvíjané a demonštrované na DO Husárik budú naďalej sledované a priebežne porovnávané a na základe dosiahnutých výsledkov odporúčané pre použitie v praxi lesného hospodárstva.

POĎAKOVANIE

Všetky uvedené výskumné aktivity boli podporované realizáciou projektu „Demonštračný objekt premeny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy“ na základe podpory operačného programu

Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja (50 %) a podporované Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0628-07“ (50 %).

LITERATÚRA

- CUDLÍN, P., MEJŘÍK, V., SKOUPÝ, J., 1983: Effect of pesticides on ectomycorrhizae of *Pinus sylvestris* seedlings. *Plant Soil* 71: 353–361.
- FELLNER, R., PEŠKOVÁ, V., 1995: Effects of industrial pollutants on ectomycorrhizal relationships in temperate forests. *Can. J. Bot.*, 73 (Suppl. 1): 1310–1315.
- KOWALSKY, S., 2007: Ektomikoryzy. Nowe biotechnologie w polskim skolkarstwie lesny. Centrum Informacyjne Lasow Panstwowych, Warszawa: 398
- JAKUŠ, R. et. al. 2006: Analýza príčin a návrh opatrení proti hromadnému odumieraniu smrečín v pohraničných oblastiach severného Slovenska. Záverečná správa z riešenia projektu APVT-51-019302. ÚEL SAV Zvolen: 166.
- PEŠKOVÁ, V., 2006: Mykoflóra kořenových systémů lesních dřevin. Disertační práce – ČZU v Praze Fakulta lesnická a environmentální: 84.
- REPÁČ, I., 2009: Rast odrezkovančov smreka obyčajného inokulovaných ektomykoríznyimi hubami v lesnej škôlke a na výsadbovej ploche. In: Zborník recenzovaných príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie konanej dňa 8. a 9. septembra 2009 vo Zvolene. NLC-LVÚ. ISBN 978-8093-089-9: 30–38.
- SZABLA, K., 2005: Micoryzacja sadzonek a efekty hodowlane w uprawach. Auto-referát disertační práce. Dyrekcij Generalnej Lasow Panstwoowych Warszawa: 67.
- ŠEBEŇ, V., KULLA, L., FOFFOVÁ, E., KAMENSKÝ, M., LONGAUER, R., PÔBIŠ, I., STRMEŇ, S., ŠTEFANČÍK, I., TUČEKOVÁ, A., 2011: Realizačný projekt demonštračného objektu Husárik. NLC-LVÚ Zvolen: 25.
- TUČEKOVÁ, A., 2008: Prihnojovanie umelých výsadiel na kalamitných holinách. In: Zborník referátov z medzinárodného seminára „Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2008“ Liptovský Ján 11.-12. 6. 2008. NLC Zvolen, ISBN 978-80-808093-049-3: 57–64.
- TUČEKOVÁ, A., LONGAUEROVÁ, V., 2008: Vplyv ekologických a mikrobiologických prípravkov na zdravotný stav a rast drevín v juvenilnom štádiu v oblasti kalamitných holín Kysúc. In: Pěstování lesů na počátku 21. století : Sborník recenzovaných příspěvků z konferencie, Kostelec nad Černými lesy, 9.–10. 9. 2008, Praha: ČZU, ISBN 978-80-213-1805-2 nestr.
- TUČEKOVÁ, A., HALÁK, A., SLAMKA, M., 2008: Hydrogely v umelej obnove lesa. In: *Forestry Journal-Lesnícky časopis*, 54(4): 347–370.
- TUČEKOVÁ, A., 2009: Pôdne kondicionéry v lesníckych technológiách. In: Zborník referátov z medzinárodného odborného seminára „Aktuální problematika lesního školkařství v České republice v r. 2009“, konaného 23.–24. novembra 2009 v Jablonném nad Vltavou: 89–99.
- TUČEKOVÁ, A., HALÁK, A., SLAMKA, M., 2009: Overovanie náročnejších technológií zalesňovania ťažko zalesniteľných a kalamitných holín. NLC-LVÚ Zvolen, Výskumná štúdia. 50 s.

VLADOVIČ, J., 2003: Oblastné východiská a princípy hodnotenia drevinového zloženia a ekologickej stability lesov Slovenska. Bratislava, Príroda 2003, Lesnícke štúdie; 57: 53.

Správa o lesnom hospodárstve v SR za rok 2009. Zelená správa. NLC-LVÚ Zvolen, 2010. 102 s. ISBN 978-80-8093-122-3.

SEKCIA 4
LESY A PROSTREDIE

PODKORUNOVÉ SRÁŽKY V MLADÉM DUBOVÉM POROSTU

THROUGHFALL IN YOUNG OAK STAND

DAVID DUŠEK, JIŘÍ NOVÁK, MARIAN SLODIČÁK

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

ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the effect of thinning on throughfall in young oak stand on typical oak sites. In 2004, observation of precipitation and throughfall started at the Halin research site (lowland of Eastern Bohemia) in a 18-year-old stand. Throughfall was measured weekly or biweekly during vegetation period (May–September) by gauges located in two treatments: control plot without thinning and thinned plot. The throughfall was compared with precipitation at an open space outside of the canopy. The annual sum of throughfall from 2004 to 2011 varied between 65–76% of an open space. Different development of throughfall at the control and thinned plot was detected only at the first year after thinning.

Key words: oak stands, throughfall, stand thinning

ABSTRAKT

Cílem této studie bylo vyhodnotit vliv výchovného zásahu na vývoj podkorunových srážek v mladém dubovém porostu na stanovišti typickém pro výskyt dubu. Měření srážek bylo započato v roce 2004 v 18tiletém dubovém porostu na lokalitě Halín ve východních Čechách. Srážky byly odebírány v týdenních až čtrnáctidenních intervalech během vegetačního období (květen–září) prostřednictvím sběrných koryt rozmístěných na kontrolní ploše bez výchovy a na ploše s provedeným výchovným zásahem. Podkorunové srážky byly porovnávány se srážkami zachycenými na volné ploše. Roční sumy podkorunových srážek v období let 2004 až 2011 činily 65–76 % srážek volné plochy. Rozdílný vývoj podkorunových srážek na kontrolní a vychovávané ploše byl zaznamenán pouze první rok po provedeném výchovném zásahu.

Klíčová slova: dubové porosty, podkorunové srážky, porostní výchova

Úvod

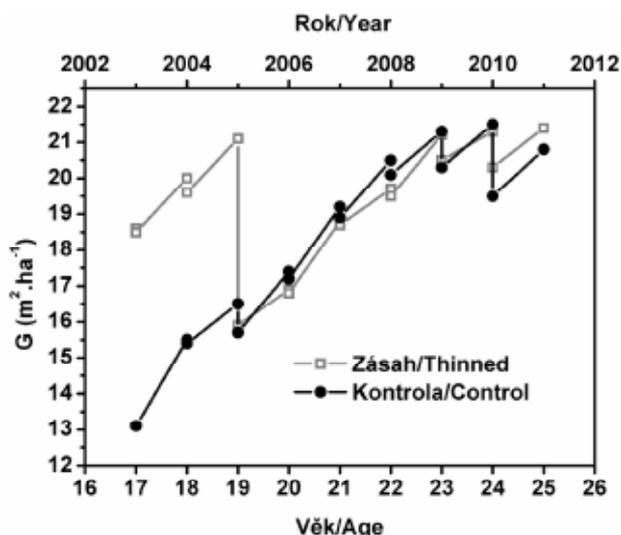
Současné změny klimatu vedoucí k teplejším a sušším vegetačním periodám činní aktuální otázku ekologického efektu výchovy lesních porostů, zejména jejich vlivu na vodní bilanci prostřednictvím snížení intercepce. Správně prováděná porostní výchova může být jednou z cest, jak podpořit adaptační schopnosti lesních porostů k očekávaným klimatickým změnám (MISSON ET AL. 2003; MARTIN-BENITO ET AL. 2010). V případě hlubokokořenícího dubu sice nejsou atmosférické srážky tak významným faktorem jako u mělce kořenících dřevin (CHROUST 1997), přesto je poznání závislosti mezi porostní výchovou a vodní bilancí předpokladem k racionálnímu managementu v porostech této dřeviny.

Experiment Halín byl založen v roce 2003 v 17letém dubovém porostu primárně za účelem sledování vlivu výchovných zásahů na vývoj porostu. Od roku 2004 zde byly pravidelně sledovány některé ekologické charakteristiky, jako jsou srážky a teplota na volné ploše, podkorunové srážky, vlhkost půdy, opadové a humusové poměry. V příspěvku jsou vyhodnoceny údaje o podkorunových srážkách ve vychovávaném a nevychovávaném porostu dubu ve věku 18–25 let (2004–2011).

MATERIÁL A METODIKA

Experiment Halín se nachází ve východních Čechách v katastru obce Běstvíny v okrese Rychnov nad Kněžnou v lesní přírodní oblasti 26 – Předhoří Orlických hor. Plochy leží na rovině v nadmořské výšce 300 m, lesní typ byl určen jako 2H4 (VIEWEGH 2002), hospodářský soubor 255 – dubové hospodářství živných stavenišť nižších poloh. Geologický podklad je tvořen opukou, půdní typ byl určen jako luvizem.

V roce 2003 byly v 17letém dubovém porostu vzniklém z umělé obnovy v počtu ca 10 000 ks.ha⁻¹ založeny tři srovnávací plochy o výměře 0,09 a 0,08 ha. Pro účely této práce jsou vyhodnoceny pouze dvě plochy: K – kontrolní bez výchovného zásahu; Z – zásahová, kde byl v roce 2005 proveden výchovný zásah s redukcí výčetní kruhové základny o 20 %. V době založení experimentu měla kontrolní plocha vyšší hodnotu výčetní kruhové základny (o ca 5,5 m².ha⁻¹) než plocha zásahová. Vlivem zásahu došlo ke srovnání hodnot výčetní kruhové základny na obou srovnávaných plochách a hodnoty mezi plochami zůstaly velmi podobné až do roku 2011 (obr. 1).



Obr. 1: Vývoj výčetní kruhové základny
Fig. 1: Development of basal area

Měření srážek bylo započato v květnu 2004. Podkorunové srážky byly zachytávány ve vegetačním období (květen–září) prostřednictvím záchytných koryt (o rozměrech 0,2 m × 2,5 m, tj. 0,5 m²) instalovaných po pěti kusech na každé ploše, odkud byly odváděny do plastových barelů. Zároveň byly jedním srážkoměrem měřeny srážky z volné plochy mimo porost. Odběr srážek byl prováděn v týdenních až čtrnáctidenních intervalech. Měření srážek z volné plochy probíhalo celoročně, tedy i mimo vegetační období.

VÝSLEDKY

Průměrná roční suma srážek z období 2005 až 2011 zjištěná měřeními na volné ploše činila ca 720 mm. Srážkové úhrny z volné plochy za vegetační období se pohybovaly v rozmezí 379 až 601 mm (tab. 1). Průměrné podkorunové srážky za vegetační období se pohybovaly v rozmezí 65–74 % (kontrolní plocha) a 66–76 % (zásahová plocha) volné plochy. Vlivem výchovného zásahu stoupla suma podkorunových srážek na zásahové ploše v porovnání s kontrolou, avšak pouze o ca 14–20 mm a na konci období sledování, šest let po výchovném zásahu (2011), byla již téměř stejná jako na kontrolní ploše.

V roce 2006 byl na volné ploše zaznamenán propad sumy srážek vegetačního období o 7% ve srovnání s rokem předchozím. Na kontrolní ploše došlo za stejné období k propadu sumy podkorunových srážek o 15 %, zatímco na zásahové ploše činil propad jen 9 %. Rozdílný trend vývoje podkorunových srážek na kontrolní a zásahové ploše byl zaznamenán pouze první rok po provedení výchovného zásahu (2006), kdy procentuální podíl podkorunových srážek (vyjádřený jako procento srážek volné plochy) na zásahové ploše stoupl, kdežto na kontrolní ploše byl zaznamenán pokles. V ostatních letech vykazoval podíl podkorunových srážek k srážkám volné plochy shodný trend (obr. 2).

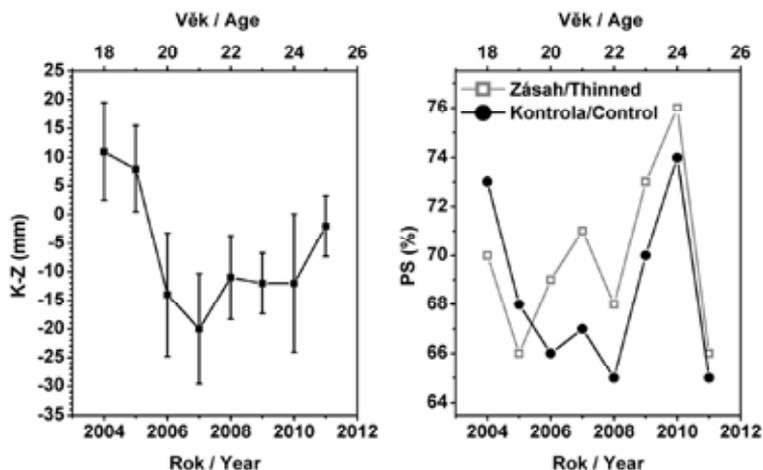
Tabulka 1: Srážkové úhrny za vegetační období (květen–září)

Table 1: Sum of precipitation during growing period (May–September)

Rok / Year	Věk / Age	Srážky / Precipitation (mm)		
		VP	K	Z
2004	18	379	275	264
2005	19	512	349	340
2006	20	447	295	309
2007	21	499	334	354
2008	22	379	246	258
2009	23	402	279	291
2010	24	601	446	458
2011	25	433	282	284

VP – volná plocha; K – podkorunové srážky na kontrolní ploše; Z – podkorunové srážky na zásahové ploše

VP – precipitation in open area; K – throughfall in control plot; Z – throughfall in thinned plot



Obr. 2: Rozdíl sum podkorunových srážek mezi kontrolní a zásahovou plochou se středními chybami (vlevo) a podkorunové srážky ve vegetačním období (vpravo)
K-Z – kontrolní mínus zásahová plocha; PS – podkorunové srážky jako procento srážek volné plochy

Fig. 2: The difference of sums of throughfall between control and thinned plot with standard errors (left) and throughfall during vegetation period (right)
K-Z – control plot minus thinned plot; PS – throughfall as percentage of precipitation in open area

DISKUSE

Efekt výchovných zásahů na intercepci v porostech nižších nadmořských výšek byl v podmínkách ČR studován především v porostech smrku (MRKVA 1991, KREČMER, FOJT 1981) a borovice (KREČMER 1967), kde je intercepce považována za závažnou neproduktivní ztrátu vody (KREČMER 1968).

Vliv výchovných zásahů na vodní bilanci dubových porostů podrobně sledoval a shrnul CHROUST (1997). Ten uvádí, že průnik atmosferických srážek korunami v dubových tyčkovinách v období olistování dubu (květen) činní ca 77 % a později klesá až na hodnoty ca 53–56 % v srpnu a září. MITCHERLICH (1971) uvádí pro dubový porost ve věku 17 let 77 % podkorunových srážek ve vegetačním období a MOLČANOV (1952) uvádí pro porosty do 30 let 76 % srážek.

Z našich výsledků je patrná značná variabilita průniku srážek v jednotlivých letech. Tato variabilita značně převyšuje změny způsobené výchovným zásahem. Průnik srážek korunami je značně závislý na charakteru a intenzitě srážek. Značnou variabilitu průniku podkorunových srážek v závislosti na intenzitě srážky zjistil SLODIČÁK *et al.* (2011) v případě sledování 7–22-letého borového porostu ve východních Čechách.

Při hodnocení vodní bilance dubového porostu nelze opomenout, že z důvodu technických obtíží s měřícím zařízením nebyl v tomto experimentu zahrnut stok po kmeni, který je významný především v mladých porostech s doposud hladkou kůrou na větvích a kmíncích (CHROUST 1997).

ZÁVĚR

Na základě našich výsledků můžeme konstatovat:

- Za 8 let sledování ve 18–25letém dubovém porostu činily podkorunové srážky vegetačního období 65–76 % srážek zachycených na volné ploše.
- Výchovný zásah rezultoval jen v nevelké zvýšení podkorunových srážek v porovnání s nevychovávanou plochou. Rozdílný trend ve vývoji podílu podkorunových srážek ke srážkám volné plochy byl zaznamenán pouze první rok po provedeném výchovném zásahu a v dalších letech byl trend vývoje na zásahové a kontrolní ploše prakticky shodný.
- Z důvodu k hlubokého kořenového systému dubu a jeho výskytu na půdách dobře zásobených vodou, lze předpokládat, že vliv výchovných zásahů na vodní bilanci dubových porostů není výrazný.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZe 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- CHROUST, L., 1997: Ekologie výchovy lesních porostů, VÚLHM-VS Opočno. 277 s.
- KREČMER, V., 1967: Intercepce borových porostů v nížinné poloze. Meteorologické zprávy 20, 5: 130–135.
- KREČMER, V., 1968: K intercepci srážek ve středohorské smrčíně. Opera Corcontica 5: 83–96.
- KREČMER, V., FOJT, V., 1981: Intercepce smrčín chlumní oblasti. Vodohospodářský časopis 29, 1: 593–416.
- MARTIN-BENITO, D., DEL RIO, M., HEINRICH, I., HELLE, G., CANELLAS, I., 2010: Response of climate–growth relationships and water use efficiency to thinning in a *Pinus nigra* afforestation. *Forest Ecology and Management* 259: 967–975.
- MISSON, L., VINCKE, C., DEVILLEZ, F., 2003: Frequency responses of radial growth series after different thinning intensities in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *Forest Ecology and Management* 177: 51–63.
- MITSCHERLICH, G., 1971: Wald, Wachstum und Umwelt. Band 2. Frankfurt am Main, J. D. Sauerlanders Verlag. 365 s.
- MOLČANOV, A., A., 1952: Hidrologičeskaja rol' sosnovych lesov na pesčanych počvach. Moskva, AN SSSR. 486 s.
- MRKVA, R., 1991: Intercepční ztráty ve smrkových ekosystémech nižších vegetačních stupňů. *Zpravodaj Beskydy*, 4: 66–71.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., DUŠEK, D., 2011: Canopy reduction as a possible measure for adaptation of young Scots pine stand to insufficient precipitation in Central Europe. *Forest Ecology and Management* 262: 1913–1918.
- VIEWEGH, J., 2002. Přesné určení SLT výzkumných ploch pro výchovu lesa. Zpráva FLE ČZU, Praha, 1 CD-ROM.

OPAD V MLADÝCH DUBOVÝCH POROSTECH

LITTER-FALL IN YOUNG OAK STANDS

JIŘÍ NOVÁK, DAVID DUŠEK, MARIAN SLODIČÁK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i.,
Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, Opočno CZ-51773, Czech Republic

ABSTRACT

Long-term observation of litter-fall in young (approx. 20-year-old) oak stands is presented in this paper. Litter-fall collectors were installed in two localities of Fageto-Quercetum in 2003. Relationships between annual amount of litter-fall (from unmanaged control plots) and growth development and climatic factors were analysed. We found, that annual litter-fall is 3.5–3.8 Mg per hectare in young 20–25-year-old oak stands. Amount of litter-fall increased with higher basal area and lower number of trees (thin trees having small foliage are continually removed as a result of mortality). Annual amount of litter-fall may be (mainly on extreme sites) affected positively by climatic factors – higher sum of precipitation and lower temperatures in summer.

Key words: oak, litter-fall, climatic factors

ABSTRAKT

V příspěvku je vyhodnoceno dlouhodobé sledování opadu v mladých, ca dvacetiletých porostech dubu. Na dvou lokalitách buko-dubového vegetačního stupně (SLT 2K a 2H) byly v roce 2003 instalovány opadoměry do kontrolních bezzásahových porostů. Výsledky přináší informace o průměrném ročním opadu ve vztahu k vývoji sledovaných porostů a k průběhu klimatických faktorů. Bylo zjištěno, že v mladých 20–25letých porostech dubu každoročně opadáva 3,5–3,8 tun sušiny na hektar. Množství opadu se mění (trend nárůstu) se zvyšující se výčetní základnou porostů a s ubýváním málo olistěných ustupujících podúrovňových jedinců. Množství ročního opadu může být zejména na extrémnějších stanovištích ovlivněno pozitivně klimatickými faktory – vyšším úhrnem srážek a nižšími teplotami v letních měsících.

Klíčová slova: dub, opad, klimatické faktory

Úvod

Opad je důležitou součástí koloběhu živin lesních ekosystémů. Poznání této složky je nutné k pochopení jednotlivých vazeb v přesunu biomasy a živin v lesním prostředí. V rámci dlouhodobých experimentů založených Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumnou stanicí Opočno bylo proto rozšířeno sledování opadu a stavu humusových forem v porostech našich hlavních dřevin. Nejdříve bylo zahájeno sledování v porostech smrku a borovice, následně buku. V porostech dubu (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) byl výzkum zahájen nejpozději.

Cílem předkládaného příspěvku je prezentovat první výsledky osmiletého sledování opadu na dvou lokalitách druhého vegetačního stupně s přirozeným výskytem dubu a přispět tak k poznání této často opomíjené složky koloběhu živin lesních ekosystémů.

METODIKA

Výzkum probíhal na dvou lokalitách s dlouhodobými experimenty v mladých dubových porostech (tab. 1). Sledování opadových poměrů bylo zahájeno v roce 2003, kdy zde byly instalovány opadoměry s jednotlivou záchytnou plochou 0,25 m² v počtu 6 (Nová Ves) a 5 (Halín) kusů na variantu. Výška stěn kovových opadoměrů (30 cm) zabraňuje odnosu (větre) opadávané biomasy. Opad byl odebírán každoročně po opadu listů a laboratorně byly stanovovány kvantitativní a kvalitativní charakteristiky. Výjimkou v pravidelnosti odběrů byly roky 2005 a 2006 na lokalitě Nová Ves, kdy byl opad odebrán za oba roky současně a v analýze je tedy uvedena pro tyto jednotlivé roky vždy polovina hodnoty. Pro účely této práce byly vyhodnoceny údaje o roční sušině opadávané biomasy z kontrolních ploch bez úmyslných pěstebních zásahů za období 2003 až 2010.

Množství sušiny opadu pak bylo dááno do vztahu s vývojem každoročně měřených dendrometrických charakteristik (N – počet stromů, G – výčetní základna) a klimatických veličin – srážky a teploty ze stanic ČHMÚ. Pro lokalitu Nová Ves byly použity údaje o průměrných měsíčních teplotách ze stanice Paseky a údaje o měsíčních srážkových úhrnech ze stanice Temelín. Na lokalitě Halín bylo v uvedeném období prováděno měření srážek přímo v porostu (doplněn pouze rok 2003 a část roku 2004 ze stanice České Meziříčí). Údaje o teplotách byly pro tuto oblast převzaty ze stanice Hradec Králové.

Data byla zpracována v softwaru Unistat (verze 5.0) pomocí základních popisných charakteristik (aritmetický průměr, směrodatná odchylka) a k vyjádření vztahu mezi sledovanými veličinami byl použit Pearsonův korelační koeficient.

Tabulka 1: Popis dlouhodobých experimentů v mladých porostech dubu

Table 1: Characteristic of long-term experiments in young oak stands

Plocha ¹	Zeměpisné souřadnice ²	Věk (2003) ³	Způsob založení ⁴	Soubor lesních typů (podle VIEWEGH et al 2003) ⁵	Půdní typ ⁶	Nadmořská výška (m) ⁷
Nová Ves	49°13'12'' 14°14'56''	20	Přirozená obnova	2K <i>Fageto-Quercetum acidophilum</i>	Kambizem	470
Halín	50°19'08'' 16°08'06''	18	Výsadba	2H <i>Fageto-Quercetum illimerosum trophicum</i>	Luvizem	300

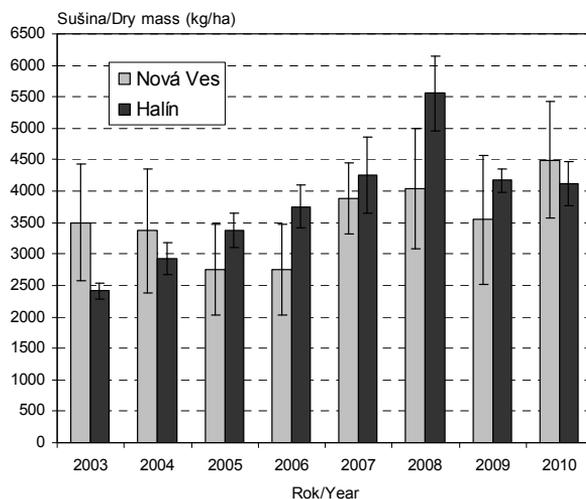
¹Plot, ²Coordinates, ³Age, ⁴Established by natural regeneration (Nová Ves) and planting (Halín), ⁵Forest type according to VIEWEGH et al. (2003), ⁶Soil type – Cambisol (Nová Ves), Luvisol (Halín), ⁷Elevation

VÝSLEDKY

Sušina opadu

Ve sledovaných porostech činil roční průměrný opad na hektar 3 544 kg (Nová Ves) a 3 823 kg (Halín, obr. 1). Na experimentu Nová Ves byl nejnižší roční opad 2 754 kg.ha⁻¹ zjištěn v letech 2005–2006 (průměrná hodnota – viz metodika) a nejvyšší v posledním roce sledování 2010 (4 499 kg.ha⁻¹). Celkově zde byly zazname-

nány menší výkyvy v hodnotách ročního opadu ve srovnání s experimentem Halín. Na experimentu Halín se množství ročního opadu prvních šest let sledování zvyšovalo. Minimum bylo zjištěno v roce 2003 ($2\,415\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) a maximum v roce 2008 ($5\,556\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). V posledních dvou letech sledování se hodnoty ročního opadu pohybovaly kolem $4\,100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.



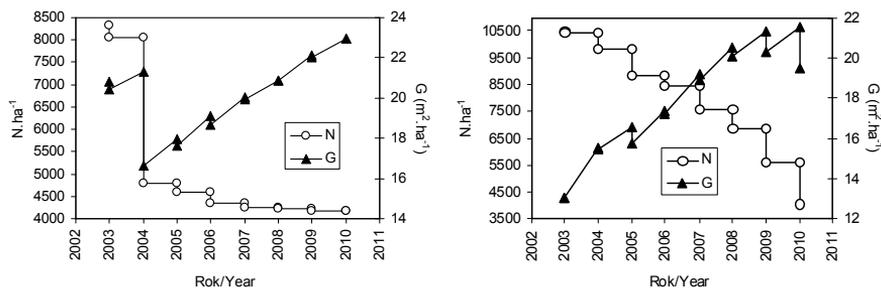
Obr. 1: Průměrný roční opad v mladých dubových porostech na kontrolních plochách experimentů Nová Ves (věk 20–27 let) a Halín (věk 18–25 let) v období 2003–2010.

Fig. 1: Mean annual litter-fall in young oak stands on control plots of experiments Nová Ves (age of 20–27 years) and Halín (age of 18–25 years) in the period of 2003–2010.

Efekt počtu stromů a výčetní základny

Na sledovaných experimentech se kontinuálně snižoval počet stromů N a současně se zvyšovala výčetní základna G (obr. 2). Sledované plochy jsou kontrolní, bez úmyslných zásahů a jsou zde odstraňovány pouze souše. Největší mortalita (a s tím související úbytek výčetní základny) byla zaznamenána na experimentu Nová Ves v roce 2004 a zřejmě souvisí s extrémním suchem v roce 2003. Na lokalitě Halín takto výrazná mortalita během jednoho roku nebyla zaznamenána.

Poměr mezi počtem stromů N a ročním opadem je vyjádřen záporným korelačním koeficientem na obou sledovaných experimentech Nová Ves ($R = -0,68$) a Halín ($R = -0,70$). Se snižujícím se počtem stromů se tedy množství opadu zvyšovalo. Naopak poměr mezi výčetní základnou a ročním opadem je charakterizován kladným korelačním vztahem $R = 0,40$ (Nová Ves) a $R = 0,84$ (Halín). Méně výrazný vztah sledovaných veličin zaznamenaný na experimentu Nová Ves je zřejmě způsoben jednak již zmíněným velkým poklesem N a G v roce 2004 a jednak vyloučením dvou let (2005 a 2006) z korelační analýzy z důvodů společného odběru opadu za tyto dva roky (viz metodika).

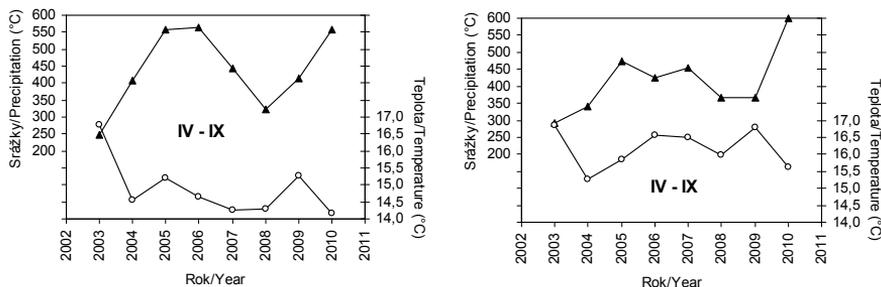


Obr. 2: Počet stromů (N) a výčetní základna (G) v mladých dubových porostech na kontrolních plochách experimentů Nová Ves (vlevo, věk 20–27 let) a Halín (vpravo, věk 18–25 let) v období 2003–2010

Fig. 2: Number of trees (N) and basal area (G) in young oak stands on control plots of experiments Nová Ves (left, age of 20–27 years) and Halín (right, age of 18–25 years) in the period of 2003–2010

Efekt klimatických charakteristik

Klima v uvedených oblastech je pro sledované období charakterizováno průměrnou teplotou a úhrnem srážek za vegetační období (duben až září) v jednotlivých letech (obr. 3). Na lokalitě Nová Ves byla průměrná teplota ve vegetačním období 14,9 °C (maximum v roce 2003 – 16,8 °C, minimum v roce 2010 – 14,2 °C). Na lokalitě Halín bylo vegetační období teplejší – průměrná teplota 16,2 °C (maximum v roce 2003 – 16,9 °C, minimum v roce 2004 – 15,3 °C).



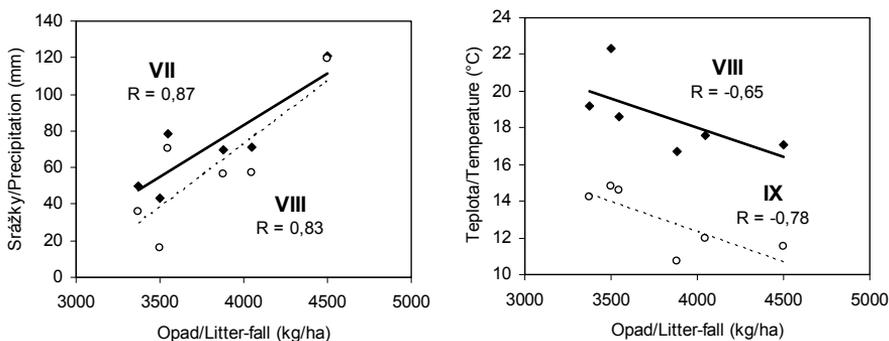
Obr. 3: Průměrná teplota vzduchu (°C) a úhrn srážek (mm) za vegetační období duben až září (IV–IX) pro lokality Nová Ves (vlevo) a Halín (vpravo) v období 2003–2010

Fig. 3: Mean air temperature (°C) and sum of precipitation (mm) on localities Nová Ves (left) and Halín (right) in the period of 2003–2010

Průměrné srážky za vegetační období činily 440 mm na lokalitě Nová Ves a 415 mm na lokalitě Halín. Na obou místech bylo minimum zaznamenáno v roce 2003 (Nová Ves 249 mm, Halín 293 mm). Maximální srážky vegetačního období byly zjištěny v roce 2006 na Nové vsi (565 mm) a v roce 2010 v Halíně (601 mm).

Z hodnocení vztahu mezi vývojem klimatických charakteristik a množstvím ročního opadu vyplynula těsnější korelace pro lokalitu Nová Ves (obr. 4), kde byl zjištěn pozitivní vztah mezi množstvím opadu a úhrnem srážek v červenci ($R = 0,87$) a

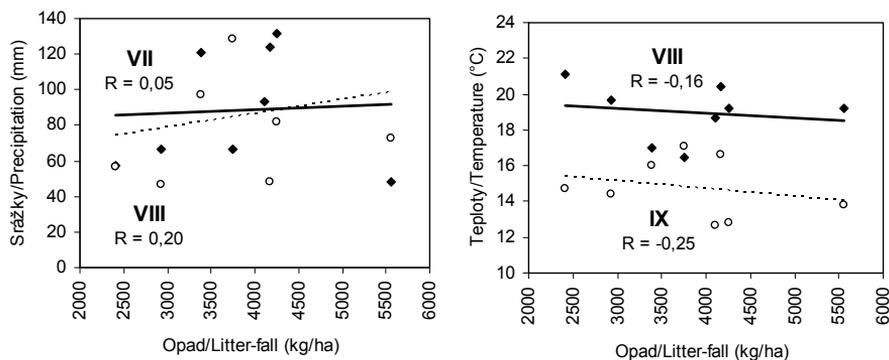
srpnu ($R = 0,83$) a negativní vztah mezi množstvím opadu a průměrnou teplotou v srpnu ($R = -0,65$) a září ($R = -0,78$).



Obr. 4: Závislost mezi ročním množstvím opadu a úhrnem srážek (vlevo) v červenci (VII) a srpnu (VIII) a průměrnou teplotou (vpravo) v srpnu (VIII) a září (IX) na experimentu Nová Ves v období 2003–2010

Fig. 4: Relationship between annual litter-fall and sum of precipitation (left) in July (VII) and August (VIII) and air temperature (right) in August (VIII) and September (IX) in experiment Nová Ves in the period of 2003–2010

Na lokalitě Halín nebyla u výše popisovaných vztahů nalezena výraznější závislost (obr. 5). Vztah mezi množstvím opadu a úhrnem srážek v červenci a srpnu byl charakterizován korelačním koeficientem $R = 0,05$ a $R = 0,20$ a vztah mezi množstvím opadu a průměrnou teplotou v srpnu a září koeficienty $R = -0,16$ a $R = -0,25$.



Obr. 5: Závislost mezi ročním množstvím opadu a úhrnem srážek (vlevo) v červenci (VII) a srpnu (VIII) a průměrnou teplotou (vpravo) v srpnu (VIII) a září (IX) na experimentu Halín v období 2003–2010

Fig. 5: Relationship between annual litter-fall and sum of precipitation (left) in July (VII) and August (VIII) and air temperature (right) in August (VIII) and September (IX) in experiment Halín in the period of 2003–2010

DISKUSE A ZÁVĚR

Zjištěné roční množství opadu 3,5 až 3,8 tun na hektar je srovnatelné s údaji jiných autorů pro porosty opadavých nebo stálezelených dubů. Roční opad na hektar tvořil pro *Quercus robur/petraea* 6 až 11 tun (DIAZ-MAROTO, VILA-LAMERIO 2006), ca 3,5 tuny (HANSEN *et al.* 2009) a ca 4,2 tuny (CHRISTENSEN 1975), pro *Quercus poto-sina* ca 4,9 tuny (PEREZ-SUAREZ *et al.* 2009), pro *Quercus castaneifolia* 4,9 až 6,3 tuny (ROUHI-MOGHADDAM *et al.* 2008), pro *Quercus rotundifolia* 1,9 tuny (MARTIN *et al.* 1996), 2,3 tuny (HERNANDEZ *et al.* 1992, SANTA-REGINA 2001) a pro *Quercus coccifera* 3,2 až 5,2 tun (CAÑELLAS, SAN MIGUEL 1998). Naše výsledky ukázaly značnou meziroční variabilitu opadu a tak potvrdily nutnost dlouhodobého sledování uvedené problematiky.

Analýzou opadových poměrů sledovaných mladých dubových porostů byla zjištěna poměrně těsná negativní závislost na počtu stromů v porostu a naopak pozitivní závislost na výčetní základně. Je zřejmé, že v kontrolních plochách odumírají především jedinci z podúrovně, kde dub vzhledem ke své světlomilnosti nedokáže dlouho přežít. Tito ustupující jedinci nemají většinou výraznou korunu a jejich příspěvek k ročnímu opadu celého porostu je malý. Naopak jedinci z úrovně zvětšují postupně s výčetní základnou i velikost koruny a množství asimilačního aparátu. Tento poznatek je v souladu se zjištěním HANSENA *et al.* (2009), který popsal v dubovém porostu pozitivní poměr mezi ročním opadem listů a ročním přírůstem zásoby.

Vliv klimatických faktorů na množství ročního opadu byl v uvedeném nejednoznačný, což může být způsobeno zejména poměrně krátkým obdobím sledování. Na druhou stranu pozitivní závislost na srážkách v červenci a v srpnu a současně negativní na teplotách v srpnu a září zjištěná na experimentu Nová Ves koresponduje s poznatky VOGTA *et al.* (1986), který uvádí, že právě listnaté dřeviny reagují množstvím opadu na klimatické faktory lépe než jehličnany. Uvedené podmínky (vlhčí a chladnější léto) mohou přispívat k podpoře tvorby tzv. „jánských“ výhonů, které se pak projeví v množství ročního opadu.

Významný vliv celkových srážek a absolutních maxim teplot na množství opadu potvrdili také pro *Quercus robur* v Galicii DIAZ-MAROTO, VILA-LAMERIO (2006). Tento efekt byl tím výraznější, čím byla vyšetřovaná lokalita jižněji, tj. v sušší a teplejší oblasti. Meziroční variabilitu v množství opadu zdůvodňuje MARTIN *et al.* (1996) u *Quercus rotundifolia* vodním stresem v letních měsících. Ve Španělsku potvrzuje DIAZ-PINES *et al.* (2011) suché jaro jako důvod menšího opadu u *Quercus pyrenaica*.

Námi zjištěné trendy závislosti opadu na klimatických faktorech však nebyly potvrzeny na druhé lokalitě Halín. Důvodem je zřejmě již zmiňovaná poměrně krátká perioda sledování a také skutečnost, že lokalita Halín je z hlediska klimatických stresů příznivějším stanovištěm. Na lokalitě Nová Ves byla sice průměrná teplota za vegetační období nižší než tomu bylo na lokalitě Halín (obr. 3), avšak pokud jde o průběh srážek, na lokalitě Nová Ves jsou výraznější výkyvy. Například ve vegetačním období nejsuššího roku sledovaného období (2003) spadlo na lokalitě Halín 293 mm, zatímco na lokalitě Nová Ves 249 mm.

Na základě provedeného sledování opadu v dubových porostech lze konstatovat:

- V mladých 20–25letých porostech dubu každoročně opadáva 3,5–3,8 tun sušiny na hektar.
- Množství opadu se mění (trend nárůstu) se zvyšující se výčetní základnou porostů a s ubýváním málo olistěných ustupujících podúrovňových jedinců.
- Množství ročního opadu může být zejména na extrémnějších stanovištích ovlivněno pozitivně klimatickými faktory – vyšším úhrnem srážek a nižšími teplotami v letních měsících.

Naznačené trendy je třeba potvrdit dalším výzkumem, zejména s delší dobou sledování a také na větším spektru stanovišť.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru Ministerstva zemědělství ČR s označením MZE-0002070203.

LITERATURA

- CAÑELLAS, I., SAN MIGUEL, A., 1998: Litter fall and nutrient turnover in Kermes oak (*Quercus coccifera* L.) shrublands in Valencia (eastern Spain). *Annals of Forest Science* 55:589–597.
- CHRISTENSEN, O., 1975: Wood litter fall in relation to abscission, environmental factors, and the decomposition cycle in a Danish oak forest. *Oikos* 26(2):187–195
- DIAZ-MAROTO, I. J., VILA-LAMERIO, P., 2006: Litter production and composition in natural stands of *Quercus robur* L. (Galicia, Spain). *Polish Journal of Ecology* 54(3):429–439.
- DIAZ-PINES, E., RUBIO, A.; MONTES, F., 2011: Aboveground soil C inputs in the ecotone between Scots pine and Pyrenean oak in Sierra de Guadarrama. *Forest Systems* 20(3):485–495.
- HANSEN, K., VESTERDAL, L., SCHMIDT, I. K., ET AL., 2009: Litterfall and nutrient return in five tree species in a common garden experiment. *Forest Ecology and Management* 257(10):2133–2144.
- HERNANDEZ, I. M., GALLARDO, J. F.; SANTA-REGINA, I., 1992: Dynamic of organic-matter in forests subject to a Mediterranean semiarid climate in the Duero basin (Spain) - litter production. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology* 13(1):55–65.
- MARTIN, A., GALLARDO, J. F.; SANTA-REGINA, I., 1996: Aboveground litter production and bioelement potential return in an evergreen oak (*Quercus rotundifolia*) woodland near Salamanca (Spain). *Annales des Sciences Forestieres* 53(4):811–818.
- PEREZ-SUAREZ, M., ARREDONDO-MORENO, J. T., HUBER-SANNWALD, E. ET AL., 2009: Production and quality of senesced and green litterfall in a pine-oak forest in central-northwest Mexico. *Forest Ecology and Management* 258(7):1307–1315.
- ROUHI-MOGHADDAM, E., HOSSEINI, S. M., EBRAHIMI, E., TABARI, M., RAHMANI, A., 2008: Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure stands of *Quercus castaneifolia* and mixed with *Zelkova carpinifolia* in the Hyrcanian forests of Iran. *Forest Ecology and Management* 255(3-4):1149–1160.

- SANTA-REGINA, I., 2001: Litter fall, decomposition and nutrient release in three semi-arid forests of the Duero basin, Spain. *Forestry* 74(4):347–358.
- VIEWEGH, J., KUSBACH, A., MIKESKA, M., 2003: Czech forest ecosystem classification. *Journal of Forest Science* 49(2):85–93.
- VOGT, K. A., GRIER, C. C., VOGT, D. J., 1986: Production, turnover, and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Advances in Ecological Research* 15:303–377.

HODNOTENIE VPLYVU KOMERČNÝCH PRÍPRAVKOV NA VÝVOJ VÝSADIEB SMREKA OBYČAJNÉHO, BOROVICE LESNEJ A BUKA LESNÉHO NA VÝSADBOVEJ PLOCHE V STRÁŽOVSKÝCH VRCHOCH PO PRVOM VEGETAČNOM OBDOBÍ

EFFECT OF COMMERCIAL ADDITIVES ON DEVELOPMENT OF PLANTATIONS OF NORWAY SPRUCE, SCOTS PINE AND EUROPEAN BEECH ON PLANTING SITE IN STRÁŽOVSKÉ VRCHY MTS. AFTER THE FIRST GROWING SEASON

IVAN REPÁČ, JAROSLAV VENCURIK, MIROSLAV BALANDA, JAROSLAV KMEŤ

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra pestovania lesa,
T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen
repac@tuzvo.sk, vencurik@tuzvo.sk, balanda@tuzvo.sk, kmet@tuzvo.sk

ABSTRACT

This paper deals with impact of commercial mycorrhizal additives Ectovit and Mycorrhizaroots and hydrogel Stockosorb on survival, damage, growth and nutrition of Norway spruce, Scots pine and European beech seedlings after out-planting. Evaluation of plantations was carried out after the first growing season. Survival of beech, spruce and pine was 87%, 84% and 53%, respectively. The most pronounced effect of the additive on survival was detected in pine; after application of hydrogel Stockosorb survived 68% of seedlings, while only 45% of control. Plantations were mostly damaged by drying of leading shoots, damage caused by game browsing was not considerable. The influence of the additives on growth parameters was not significant. Certain differences in nutrient content in photosynthetic apparatus between treatments were detected, however effect of none of product was complex and influential. Under-limited values of content of macronutrients were found in more cases, the most often for nitrogen and potassium. The results indicate a low rate effect of additives on plantation development, probably as consequence of relative favourable nutrient and moisture site conditions.

Key words: plantation, bareroot seedlings, mycorrhizal additives, hydrogel, nutrition

ABSTRAKT

Predložená práca sa zaoberá vplyvom aplikácie komerčných mykoríznych prípravkov Mycorrhizaroots a Ectovit a hydroabsorbentu Stockosorb na uجاتosť, poškodenie, rast a obsah živín v asimilačných orgánoch sadeníc smreka obyčajného, borovice lesnej a buka lesného na výsadbovej ploche. Hodnotenie výsadiieb bolo vykonané po prvom vegetačnom období. Uجاتosť buka bola 87 %, smreka 84 %, najnižšia borovice 53 %. Najvýraznejší vplyv prípravku na uجاتosť bol zistený pri borovici, keď po aplikácii Stockosorbu sa ujal 68 % sadeníc a len 45 % kontrolných. Z pohľadu poškodenia sadeníc prevažovalo poškodenie zaschnutím vrcholov (hlavne u dreviny buk), poškodenie zverou nebolo výrazné. Aplikácia komerčných prípravkov nemala významný vplyv na biometrické ukazovatele sadeníc. Boli zistené rozdiely v obsahu živín v asimilačných orgánoch medzi prípravkami, neprejavil sa však výrazný komplexný vplyv niektorého z prípravkov. Vo viacerých prípadoch boli zistené podlimitné hodnoty obsahu živín, najčastejšie dusíka a draslíka. Výsledky poukazujú na nízku mieru vplyvu

prípravkov na vývoj výsadby, pravdepodobne v dôsledku relatívne priaznivých nutričných a vlhkostných pomerov.

Kľúčové slová: výsadba, voľnokorenné sadenice, mykorízne prípravky, hydroabsorbent, minerálna výživa

Úvod

Lesné ekosystémy SR sú tvorené takmer z 99 % autochtónnymi drevinami. Z pohľadu zastúpenia konkrétnych druhov dosahujú dlhodobu najvyššie hodnoty dreviny buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) 31,8 % a smrek obyčajný (*Picea abies* L.) 25,4 % (ZELENÁ SPRÁVA 2011). Vzhľadom na potrebu zabezpečenia ekologickej stability sa pri obnove uvedených lesných ekosystémov uplatňujú autochtónne druhy lesných drevín v optimálnom vzájomnom pomere, s ohľadom na konkrétne stanovištné podmienky (KUCBEL 2007; PITTNER 2008). Osobitnú úlohu v tomto procese zohráva prirodzená obnova, avšak táto i napriek jej nespochybniteľným výhodám, často nie je schopná zabezpečiť kontinuálny nástup lesného porastu, napr. pri nevhodných stanovištných podmienkach, alebo pri pôsobení disturbancií veľkého rozsahu (napr. veterné a následné biotické kalamity).

Následkom degradácie humusového horizontu ako i prítomnosti extrémnych mikroklimatických podmienok na odlesnenej ploche je v mnohých prípadoch možné naplniť zákonom stanovenú lehotu na zabezpečenie holiny iba prostredníctvom umelej obnovy. Extrémne podmienky výsadbovej plochy kladú osobitné požiadavky na kvalitu použitého sadbového materiálu (JALOVÍAR, SARVAŠOVÁ 2007; TUČEKOVÁ 2006). Popri voľbe vhodného genotypu je nanajvýš potrebné venovať zvláštnu pozornosť zdravotnému stavu a vitalite samotných sadeníc (KONÓPKA 2008).

Využitie komerčných prípravkov na báze hydroabsorbentov a mykoríznej symbiózy na zmiernenie negatívnych dôsledkov stresu z presadenia sadeníc lesných drevín na výsadbovú plochu bolo širšie hodnotené viacerými autormi (napr. PEŠKOVÁ, TUMA 2010; REPÁČ *et al.* 2011a; SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ 2009; TUČEKOVÁ *et al.* 2010). Výsledky uvedených výskumov sú rôznorodé, od pozitívnych účinkov, cez neutrálne až po vyložene inhibičný vplyv aplikovaných prípravkov, a často závisia v prevažnej miere od klimatických podmienok v čase výsadby sadbového materiálu, respektíve v prvom vegetačnom období po vysadení.

Cieľom tejto práce je zhodnotiť vplyv aplikácie komerčných mykoríznych prípravkov Mycorrhizaroots, Ectovit a hydroabsorbentu Stockosorb na uجاتosť, poškodenie, rast a obsah prvkov v asimilačných orgánoch výsadiieb smreka obyčajného, borovice lesnej a buka lesného po prvom vegetačnom období.

MATERIÁL A METODIKA

Výsadbová výskumná plocha bola založená na jar 2011 na holine po vetrovej kalamite na území, ktorého obhospodarovateľom je urbárske pozemkové spoločenstvo Čičmany a leží v geomorfologickom celku Strážovské vrchy. Geologickým podložíom je vápenec, pôdny typ rendzina, miestami veľmi plytká. Plocha je v nadmorskej výške 670 m, expozícia SZ, sklon 30 %. Pôvodný porast mal vek 110 rokov, zakmenenie 0,7, zastúpenie drevín smrek 94 %, buk 6 %. Dielec v ktorom leží

výsadbová plocha sa nachádza v 5. (jedľovo-bukovom) lesnom vegetačnom stupni, patrí do HSLT 511 – Živné jedľové bučiny, skupina lesných typov *Fageto-Aceretum*. Predpísané obnovné zastúpenie drevín podľa Programu starostlivosti o les je buk 50 %, smrek 40 % a borovica 10 %.

Príprava prostredia výsadbovej plochy spočívala vo vyčistení plochy zo zostatkov drevnej hmoty po náhodnej ťažbe ich uhadzovaním do hromád, ktoré boli spálené. Na výskumnú plochu boli vysadené voľnokorenné sadenice borovice lesnej (*Pinus sylvestris* L.), smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) a buka lesného (*Fagus sylvatica* L.). Základné údaje o použitom sadbovom materiáli sú v tab. 1.

Tabuľka 1: Základné údaje o pôvode, dĺžke a spôsobe pestovania použitého sadbového materiálu

Table 1: Basic information relating to origin and production of the seedlings treated with commercial products on planting site

Drevina ¹	Evidenčný kód ²	Semenárska oblasť (SO) ³	Zdroj ⁴	Spôsob a dĺžka pestovania ⁵
Borovica lesná ⁶	psy315TN008	Severoslovenská ⁹	Semenný sad ¹²	2+0
Smrek obyčajný ⁷	pab245ZA097	Územie mimo určených SO ¹⁰	Uznaný porast ¹³	2+2
Buk lesný ⁸	fsy215PD077	Stredoslovenská ¹¹	Uznaný porast ¹³	2+1

¹Tree species, ²Identification number, ³Transmission zone, ⁴Seed source, ⁵Seedling age, ⁶Scots pine, ⁷Norway spruce, ⁸European beech, ⁹North Slovakia, ¹⁰Area out of transmission zone, ¹¹Central Slovakia, ¹²Seed orchard, ¹³Certified stand

Sadenice boli ošetrené komerčnými prípravkami Ectovit (Symbiom, s.r.o., Česká republika), Mycorrhizaroots (ENGO, s.r.o., Slovenská republika) alebo Stockosorb (Evonik Stockhausen, GmbH, Nemecko), štvrtina sadeníc zostala neošetrená (kontrola). Ectovit obsahuje mycélium a spóry ektomykoríznych húb. Prípravok bol aplikovaný vo forme gélu, do ktorého sa namáčali korene. Rovnako boli koreňové systémy vysádzaných sadeníc ošetrené (namočené) do gélovej formy hydroabsorbenta Stockosorb. Mycorrhizaroots obsahuje spóry endomykoríznych a ektomykoríznych húb (2–3 %), kyselinu humínovú (29 %), výťažok morských rias (18 %), vitamín C (12 %), aminokyseliny (8,5 %), vitamín B1 (2 %) a vitamín E (1 %). Prípravok bol aplikovaný vo forme zálievky, 2 týždne po výsadbe. Do bezprostredného okolia sadenice bola aplikovaná dávka 0,3 g prípravku dôsledne premiešaného v 0,5 l vody.

Každý prípravok bol aplikovaný k 50 ks sadeníc v každom z troch opakovaní (blok). Sadenice boli vysádzané jamkovou sadbou, v štvorcovom sponse, po dohode s obhospodarovateľom plochy všetky dreviny v rozstupe 1,4 × 1,4 m (5 000 ks.ha⁻¹). Spolu bolo vysadených 1 800 ks sadeníc (50 ks × 3 dreviny × 4 varianty × 3 bloky). Veľkosť jedného bloku (3 dreviny, 4 varianty) bola 0,12 ha, celej pokusnej výsadbovej plochy 0,35 ha. V priebehu vegetačného obdobia bola na ploche 2 krát vykonaná individuálna ochrana sadeníc proti burine ručne vyžítaním. Po hodnotení výsadby bola vykonaná individuálna ochrana sadeníc proti zveri náterom terminálneho výhonka a výhonkov posledného praslenu chemickým repelentom.

Po prvom vegetačnom období bol zistený počet prežitých a poškodených sadeníc a meraná hrúbka krčka, výška stonky a výškový prírastok. Z hodnôt hrúbky krčka

a výšky bol vypočítaný objem stonky dosadením do vzorca $1/3 \cdot \pi \cdot 1/2 \cdot h^2 \cdot v$ (modifikácia RUEHLE 1982, ktorý stanovil objem nadzemnej časti podľa vzorca $h^2 \cdot v$). Boli zaznamenané straty (chýbajúce, suché) a poškodenie sadeníc (suché terminálne výhonky, zver, hľadavce, vyžínanie). Z viacerých jedincov z každého z troch opakovaní príslušného variantu boli koncom septembra odobrané asimilačné orgány pre chemické analýzy za účelom zistenia základných živín a charakteristík (C, C_{org}, N, P, K, Ca, Mg). Dusík a uhlík boli stanovené analyzátorom NCS-FLASH 1112, ďalšie minerálne prvky po zmineralizovaní materiálu použitím metódy AES-ICP. Z krátkych vyživovacích korieňov (ektomykoríz) boli odobrané vzorky pre identifikáciu húb tvoriacich ektomykorízy molekulárnymi metódami. Molekulárne analýzy nie sú ukončené, takže výsledky nie sú v tejto práci prezentované.

Ujatosť sadeníc bola vyjadrená ako percento počtu živých jedincov z počtu vysadených, poškodenie ako percento počtu poškodených z počtu prežitých jedincov. Rastové charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu (hlavný účinok aplikácia prípravku). Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt úrovni sledovaného faktora bol použitý Tukeyov test ($p \leq 0,05$). Výpočty boli urobené na PC v programe SAS.

VÝSLEDKY

Priemerná ujatosť sadeníc všetkých druhov drevín spolu, vysadených bez aplikácie (kontrola) a s aplikáciou komerčných prípravkov (Ectovit, Mycorrhizaroots, Stockosorb), bola po prvom vegetačnom období na úrovni 74,8 %. Ujatosť sadeníc smreka obyčajného sa pohybovala od 78,7 % pri Stockosorbe do 86,0 % pri Ectovite (v priemere 83,9 %), borovice lesnej od 41,5 % pri Mycorrhizaroots do 68,0 % pri Stockosorbe (v priemere 53,4 %), a buka lesného od 81,0 % pri kontrolnom variante do 90,7 % pri Stockosorbe (v priemere 87,1 %, Tab. 2).

Poškodenie sadeníc, ktoré vyjadruje podiel poškodených z celkového počtu ujatých sadeníc po prvom vegetačnom období, predstavovalo bez ohľadu na druh dreviny a aplikáciu prípravkov v priemere 15,6 % (obr. 1). Výrazne prevažovalo poškodenie výsadiieb zaschnutím terminálneho výhonka (v priemere 13,0 %). Sadenice poškodené odhryzom zverou a inými mechanickými vplyvmi (vyžínanie, zlomy) sa vyskytovali len sporadicky (v priemere 2,6 %). Poškodenie sadeníc smreka sa pohybovala po prvom vegetačnom období od 8,6 % pri Ectovite do 16,4 % pri kontrolnom variante (v priemere 11,1 %), borovice od 12,3 % pri Ectovite do 20,6 % pri Stockosorbe (v priemere 16,5 %), a buka od 15,5 % pri kontrolnom variante do 25,8 % pri Mycorrhizaroots (v priemere 19,1 %).

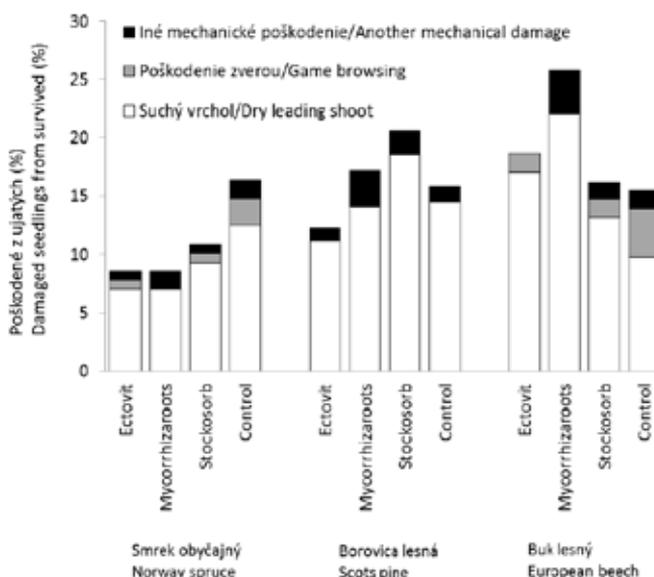
Aplikácia komerčných prípravkov nemala štatisticky významný vplyv ($p > 0,05$) na výškový prírastok a ostatné biometrické ukazovatele (hrúbka v koreňovom kĺčku, výška nadzemnej časti, objem nadzemnej časti) sadeníc sledovaných druhov drevín (Tab. 3). Najväčší výškový prírastok bol zaznamenaný pri borovici (v priemere 9,9 cm), najmenší pri smreku (v priemere 6,6 cm) a buku (v priemere 5,7 cm).

Tabuľka 2: Ujatost' sadeníc (%) pestovaných na výsadbovej ploche s aplikáciou komerčných prípravkov po prvom vegetačnom období

Table 2: Survival of seedlings (%) planted on planting site with application of commercial products after the first growing season

Variant ¹	Smrek obyčajný ²	Borovica lesná ³	Buk lesný ⁴
Ectovit	86,0	59,3	86,0
Mycorrhizaroots	85,7	41,5	90,5
Stockosorb	78,7	68,0	90,7
Kontrola ⁵	85,0	44,9	81,0
Priemer ⁶	83,9	53,4	87,1

¹Treatment, ²Norway spruce, ³Scots pine, ⁴European beech, ⁵Control, ⁶Mean



Obr 1: Poškodenie výsadiel smreka obyčajného, borovice lesnej a buka lesného s aplikáciou komerčných prípravkov po prvom vegetačnom období

Fig. 1: Damage to plantations of Norway spruce, Scots pine and European beech with application of commercial products after the first growing season

Hodnoty sušiny a obsahu uhlíka v asimilačnom aparáte sadeníc pri všetkých druhoch drevín a variantoch boli pomerne vyrovnané. Naopak mierne odchýlky boli zistené v prípade koncentrácií ostatných živín N, P, K, Ca, Mg, Tab. 4. Koncentrácie N, P, K, Ca a Mg v asimilačnom aparáte smreka a buka boli v porovnaní s borovicou vyššie približne o 30, resp. 40 %. Pri smreku boli zistené o niečo vyššie koncentrácie týchto prvkov vo variante s prípravkom Mycorrhizaroots, pri ďalších dvoch drevinách neboli pozorované výraznejšie rozdiely medzi variantmi.

Tabuľka 3: Priemerné hodnoty (priemer ± SE) rastových charakteristík sadeníc po prvom vegetačnom období pestovaných na výsadbovej ploche s aplikáciou komerčných prípravkov

Table 3: Mean values (mean ± SE) of growth characteristics of seedlings after the first growing season planted on planting site with application of commercial products

Variant ¹	Hrúbka ² v koreňovom kĺčku (mm)	Výška ³ nadzemnej časti (cm)	Objem ⁴ nadzemnej časti (cm ³)	Výškový ⁵ prírastok (cm)
Smrek obyčajný⁶				
Ectovit	6,90±0,12	46,41±0,81	23,61±1,11	6,67±0,24
Mycorrhizaroots	6,25±0,11	45,31±0,62	18,76±0,75	6,20±0,19
Stockosorb	6,81±0,17	47,38±0,98	24,35±1,43	6,96±0,24
Kontrola ⁷	6,64±0,13	47,48±1,19	22,97±1,28	6,42±0,26
Borovica lesná⁸				
Ectovit	6,07±0,17	32,46±0,79	13,05±0,96	9,22±0,41
Mycorrhizaroots	5,72±0,16	33,72±0,94	12,05±0,95	10,73±0,60
Stockosorb	5,58±0,10	32,46±0,66	10,73±0,56	10,01±0,44
Kontrola	6,44±0,20	29,73±0,74	13,34±0,96	9,57±0,46
Buk lesný⁹				
Ectovit	6,61±0,18	44,44±0,99	22,56±1,64	6,52±0,39
Mycorrhizaroots	6,10±0,17	42,71±1,00	18,28±1,25	4,95±0,35
Stockosorb	6,59±0,20	42,08±1,07	21,53±1,64	5,86±0,26
Kontrola	6,41±0,19	45,66±1,13	21,35±1,48	5,30±0,25

¹Treatment, ²Diameter of root collar, ³Stem height, ⁴Stem volume, ⁵Height increment, ⁶Norway spruce, ⁷Control, ⁸Scots pine, ⁹European beech

Tabuľka 4: Chemická analýza asimilačného aparátu sadeníc po prvom vegetačnom období pestovaných na výsadbovej ploche s aplikáciou komerčných prípravkov

Table 4 Chemical analysis of photosynthetic apparatus of seedlings after the first growing season planted on planting site with application of commercial products

Variant ¹	Sušina ² (%)	C (%)	N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
Smrek obyčajný³							
Ectovit	95,93	54,10	1,15	1699	4472	7339	1918
Mycorrhizaroots	95,83	54,05	1,97	1753	6438	9287	2306
Stockosorb	95,89	54,02	1,03	1564	4422	6706	1554
Kontrola ⁴	95,88	53,40	0,75	1773	4161	6028	1481
Borovica lesná⁵							
Ectovit	95,91	54,53	1,49	1303	3222	3722	1710
Mycorrhizaroots	95,90	54,74	1,15	1178	3743	2065	1084
Stockosorb	95,91	52,86	1,35	1293	3566	1752	1439
Kontrola ⁴	95,89	51,62	1,64	1356	3400	3587	1825
Buk lesný⁶							
Ectovit	95,10	50,68	1,92	1609	4017	12829	2871
Mycorrhizaroots	94,97	52,54	1,86	1485	3675	9424	2769
Stockosorb	95,11	52,78	2,28	1819	5541	12827	2860
Kontrola ⁴	94,95	51,92	2,20	1664	5456	12744	2791

¹Treatment, ²Dry matter, ³Norway spruce, ⁴Control, ⁵Scots pine, ⁶European beech

DISKUSIA

Zistené hodnoty ujatosti smreka a buka zodpovedajú poznatkom o priemernej ujatosti voľnokorenného sadbového materiálu v podmienkach SR. Napr. priemerná ujatosť smreka a buka na úrovni 83 % zaznamenali TUČEKOVÁ *et al.* (2010). Nízka ujatosť borovice je pravdepodobne spôsobená slabšie vyvinutou koreňovou sústavou dvojročných semenáčikov, s menším podielom krátkych vyživovacích

korienkov, a tak v porovnaní s vyspelejším materiálom smreka a buka slabšou schopnosťou prekonať asi päť týždňové obdobie bez zrážok po výsadbe. Je možné, že aplikácia Stockosorbu pomohla sadeniciam borovice prekonať toto nepriaznivé obdobie a dosiahnuť lepší výsledok ujatosti (68 %) v porovnaní s kontrolou (45 %). Podobne REPÁČ *et al.* (2011b) zaznamenali 59 %-nú ujatosť voľnokorenných sadeníc borovice, s podobnými parametrami ako v tomto experimente, navyše s mechanickým poškodením koreňov, na kalamitnej ploche vo Vysokých Tatrách.

Predpokladaný rozsiahlejší pozitívny vplyv ošetrenia sadeníc prípravkami na výsadbovej ploche nebol potvrdený, čo zrejme súvisí s celkovým priaznivým vlhkosťným režimom pôdy v priebehu vegetačného obdobia. K dispozícii sú poznatky, že viazanie disponibilnej vody v blízkosti koreňového systému sadenice látkou absorbujúcou vodu zvyšuje mieru ujatosti sadbového materiálu hlavne v podmienkach, kedy je pôdna vlhkosť limitujúcim faktorom. SARVAŠOVÁ, FERENCOVÁ (2009) dosiahli najlepšie výsledky v ujatosti a prežívaní sadeníc smreka obyčajného počas troch sledovaných rokov pri použití Alginitu, horniny organického pôvodu, pravdepodobne jeho pozitívnym nutričným a hydroabsorbčným účinkom. Výrazne pozitívny vplyv hydroabsorbentu Agrisorb opisuje MAUER (2007), ktorý pri variante s uvedeným prípravkom a umelým štvortýždňovým prísuškom dosiahol straty na úrovni 6–9 %, pričom straty pri ostatných variantoch sa pohybovali v intervale 21–81 %.

Z hľadiska poškodenia sadeníc prevažovalo poškodenie zaschnutím terminálnych výhonkov. Najväčší rozsah takéhoto poškodenia bol pozorovaný pri drevine buk, pravdepodobne ako dôsledok pôsobenia klimatických faktorov, hlavne nedostatku vlhky v období po výsadbe, tiež priebehu tvorby, rastu a vyzrievania a anatomickej stavby výhonkov tejto dreviny. Listnaté dreviny sú vo všeobecnosti viac náchylné na zaschnutie terminálnej časti, než dreviny ihličnaté. Zasychanie terminálnych výhonkov sadeníc borovice bolo pravdepodobne spôsobené okolnosťami opísanými vyššie v súvislosti s prežívaním.

Na nami skúmanej ploche bola zaznamenaná nízka miera poškodenia sadbového materiálu zverou a inými mechanickými vplyvmi (2,6 %). Poškodenie výsadiel sa podľa viacerých autorov pohybuje v značne vyšších hodnotách. REPÁČ *et al.* (2011a) zaznamenali na výsadbách buka a javora po prvom vegetačnom období poškodenie v rozpätí 43 až 53 %, TUČEKOVÁ *et al.* (2010) konštatujú až 20 % poškodenie sadeníc buka uschnutím rastových vrcholov. Nízku mieru poškodenia zverou je možné vysvetliť umiestnením výsadbovej plochy v blízkosti hlavnej cesty, čo zrejme spôsobovalo časté vyrušovanie zveri v lokalite. Precízne, opatrne vykonaná ochrana proti burine vyžínaním nemala za následok mechanické poškodenie sadeníc, čo nie je vždy samozrejmosťou (REPÁČ *et al.* 2011a).

Aplikácia komerčných prípravkov na báze mykoríz neovplyvnila významne biometrické ukazovatele sledovaných výsadiel. Je možné, že rastová odozva sadeníc na aplikáciu prípravkov sa výraznejšie prejaví po dlhšom časovom odstupe, než po relatívne krátkej dobe (1–2 roky) od výsadby (REPÁČ *et al.* 2011b), pričom ich vplyvom by mohlo dôjsť k skráteniu časového intervalu potrebného pre samotné zabezpečenie lesných kultúr (TUČEKOVÁ 2011). Rovnako ako v prípade prežívania

výsadby, indiferentný vplyv prípravkov na rast sadeníc súvisí s priaznivým počasím v priebehu vegetačného obdobia.

V ihliciach smreka bol zistený podlimitný obsah dusíka a draslíka vo variantoch s prípravkom Ectovit, Stockosorb a kontrole. V sadeniach bez aplikácie prípravku boli zistené najnižšie obsahy všetkých sledovaných minerálnych prvkov (okrem fosforu). Podľa FIEDLERA (1986) a BERGMANNA (1988) dostatočný obsah dusíka a draslíka v ihliciach smreka sa pohybuje v rozmedzí 1,35–1,70 % a 5 000–12 000 mg.kg⁻¹ sušiny. V ihliciach borovice boli zistené podlimitné hodnoty v obsahu fosforu a draslíka vo všetkých variantoch, podlimitné hodnoty v obsahu dusíka a veľmi nízky obsah vápnika vo variantoch s prípravkami Mycorrhizoroots a Stockosorb, a vo variante s Mycorrhizoroots aj hraničný obsah horčika. Podľa Bergmanna (1988) dostatočný obsah dusíka v ihliciach borovice lesnej sa pohybuje v rozmedzí 1,40–1,70 %, fosforu 1 400–3 000 mg.kg⁻¹, draslíka 4 000–8 000 mg.kg⁻¹, vápnika 2 500–6 000 mg.kg⁻¹ a horčika v rozsahu 1 000–2 000 mg.kg⁻¹. V asimilačných orgánoch buka lesného boli zistené podlimitné hodnoty v obsahu dusíka, fosforu a draslíka vo variante s prípravkom Mycorrhizoroots. Nízke obsahy draslíka boli namerané tiež vo všetkých ostatných variantoch. Podľa Bergmanna (1988) dostatočný obsah dusíka v listoch buka lesného sa pohybuje medzi 1,90–2,50 %, fosforu 1 500–3 000 mg.kg⁻¹, draslíka v rozpätí 10 000–15 000 mg.kg⁻¹.

ZÁVER

Ujatosť sadeníc smreka a buka bola vyššia (okolo 85 %) než borovice (53 %), pravdepodobne dôsledkom rozdielnej kvality sadbového materiálu. Z dôvodu celkovo pomerne priaznivého počasia v priebehu vegetačného obdobia, s dostatkom zrážok v období intenzívneho rastu výsadieb, aplikované prípravky nemali významný vplyv na ujatosť a rast testovaných drevín. Výnimkou je vyššia ujatosť sadeníc borovice po aplikácii prípravku Stockosorb než neošetrených sadeníc, pravdepodobne v dôsledku priaznivého pôsobenia prípravku na adaptáciu morfoloicky menej vyspelého materiálu borovice v období niekoľkých týždňov bez atmosférických zrážok po výsadbe. Rozdiely v poškodení sadeníc medzi drevinami neboli veľké (11–19 %), najväčší rozsah poškodenia predstavoval zaschnutý terminálny výhonok. Boli zistené určité rozdiely v obsahu živín v asimilačných orgánoch medzi prípravkami a zaznamenané podlimitné hodnoty viacerých prvkov pri všetkých drevinách. Výsledky však nenasvedčujú na výrazný vplyv niektorého z prípravkov na minerálnu výživu niektorej z hodnotených drevín. Prezentované výsledky po prvom vegetačnom období sú len predbežné, výsadba bude ďalej hodnotená a hodnotenie rozšírené o chemické analýzy pôdy a charakteristiky koreňovej sústavy, vrátane ektomykoríz.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Dobudovanie centra excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120049, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja, a projektu VEGA č. 1/0516/09.

LITERATÚRA

- BERGMANN, W., 1988: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung, visuelle und analytische Diagnose, VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 762 s.
- FIEDLER, H.J., 1986: Forstdüngung gegen negative Immissionswirkungen im Mittelgebirgsraum. *Arch. Naturschutz u. Landsch. Forsch.* 26: 117–131.
- JALOVIAR, P., SARVAŠOVÁ, I., 2007: Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami. *Acta facultatis forestalis Zvolen* 49 (1): 77–86.
- KONÓPKA, B., 2008: Vietor, sneh a námraza – významné škodlivé činitele v lesoch Slovenska. *Lesnícká práca* 87 (2): 38–41.
- KUCBEL, S., 2007: Analýza stavu prirodzenej obnovy vo vysokohorskom smrekovom lese Nízkych Tatier. In: Saniga M., Jaloviar P., Kucbel, S. (eds.): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia*. 396–402.
- MAUER, O., 2007: Možnosti ochrany lesných kultúr v období príušku. In : Sarvaš, M., Sušková, M. (eds.): *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa*. 145–149.
- PEŠKOVÁ, V., TUMA, M., 2010: Ovčrení vlivu mykorhizního preparátu na růst a vývoj smrkových sazenic na LS Jablunkov. *Zprávy lesníckého výzkumu* 3: 211–220.
- PITTNER, J., 2008: Stav nekromasy a prirodzená obnova drevín smrekového prírodného lesa v doline Nefcerka. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 50 (1): 71–84.
- REPÁČ, I., TUČEKOVÁ, A., SARVAŠOVÁ, I., VENCURIK, J., 2011a: Survival and growth of outplanted seedlings of selected tree species on the High Tatra Mts. wind-throw area after the first growing season. *J. For. Sci.* 57: 349–358.
- REPÁČ, I., TUČEKOVÁ, A., VENCURIK, J., PITTNER, J., 2011b: Vývoj lesných kultúr vybraných drevín na kalamitnej ploche vo Vysokých Tatrách. In: Tužinský L., Gregor J. (eds.): *Veterná kalamita a smrekové ekosystémy*. 185–194.
- SARVAŠOVÁ, I., FERENCOVÁ, I., 2009: Vyhodnotenie adaptability a prežívania smreka obyčajného (*Picea abies* (L.) Karst.) na výskumnej ploche Dúbravica – Lešť. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 51 (2): 39–48.
- SPRÁVA. 2011. Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2010. [online]. Bratislava, Ministerstvo pôdohospodárstva SR: 84 s. [cit. 12. apríla 2012]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.mpsr.sk/index.php?navID=123&id=5250>
- TUČEKOVÁ, A., REPÁČ, I., SARVAŠOVÁ, I., VENCURIK, J., 2010: Vplyv aplikácie pôdnych aditív na rast a prežívania výsadiieb po prvom vegetačnom období. In: Sušková, M., Debnárová, G. (eds.): *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva, semenárstva a umelej obnovy lesa 2010*. 123–130.
- TUČEKOVÁ, A., 2006: Umelá obnova lesa kvalitným sadbovým materiálom a s využitím netradičných postupov. In: *Aktuálne problémy lesného škôlkárstva semenárstva a umelej obnovy lesa 2006*. 35–40.
- TUČEKOVÁ, A., 2011: Netradičné progresívne technologické postupy umelej obnovy po kalamitách veľkého rozsahu. *Lesnícke listy pre prax* 5/2011, NLC. 8 s.

HODNOTENIE RASTU SMREKA OBYČAJNÉHO PESTOVANÉHO TECHNOLÓGIU LÄNNEN PLANTEK F A S POUŽITÍM BAKTOMIXU-UN

THE NORWAY SPRUCE GROWTH EVALUATION CULTIVATED WITH LÄNNEN PLANTEK F TECHNOLOGY WITH BAKTOMIX-UN USING

IVANA SARVAŠOVÁ

Arborétum Borová hora, Technická univerzita vo Zvolene, Slovensko

ABSTRACT

The paper evaluated the qualitative and quantitative parameters of one-year old Norway spruce seedlings cultivated with Lännen Plantek F technology (Lännen Plantek F trays). Standard technological procedures were supplemented with application biologically active bacterial preparation Baktomix – UN (injection into substrate). Beneficial bacteria in the substrate significantly influenced the stem height, diameter of root crown, top dry weights, as well as relationship between top and root system dry weights. The presence of Baktomix – UN positively but not statistically significantly affected the tap-root dry weight, fine root dry weight of evaluated Norway spruce seedlings.

Keywords: Norway spruce, seedlings, Lännen Plantek F, Baktomix – UN

ABSTRAKT

Práca vyhodnocuje kvalitatívne a kvantitatívne parametre jednoročných smrekových sadenic vypestovaných technológiu Lännen Plantek (Lännen Plantek F trays). Klasické technologické postupy Lännen Plantek boli doplnené aplikáciou biologicky aktívneho, bakteriálneho prípravku Baktomix – UN, injekciou do substrátu. Užitočné baktérie v substráte pozitívne ovplyvnili výšku, hrúbku koreňového krčka, hmotnosti nadzemných častí v sušine, ako aj pomer nadzemej časti ku koreňovému systému. Prítomnosť Baktomixu – UN kladne, ale nie štatisticky významne ovplyvnila hmotnosť hlavného koreňa a jemných koreňov v sušine hodnotených jedincov smreka obyčajného.

Kľúčové slová: smrek obyčajný, sadenice, Lännen Plantek F, Baktomix – UN

PROBLEMATIKA

Pôdne mikroorganizmy zastávajú nenahraditeľnú funkciu pri premene organických látok na prístupné rastlinám, sú tiež zdrojom a zásobárňou vody a živín v pôde. Množstvo a aktivita mikrobiálnej biocenózy sú dôležitým ukazovateľom biologickej aktivity pôdy. K zníženiu pôdnej úrodnosti dochádza všade tam, kde sa naruší prirodzené prostredie, mení sa počet a funkcia mikroorganizmov. Rozvíjajú sa oportunistické huby a patogény na úkor užitočných mikroorganizmov (GÖMÖRYOVÁ, HOLČIKOVÁ, 2005). Viacerí autori (REPÁČ *et al.*, 2011, TUČEKOVÁ 2009, VENCURIK *et al.*, 2011) zaoberajúci sa testovaním biologicky aktívnych preparátov na zlepšenie aktivity pôdy, oživenie mikrobiálnej biocenózy a následne lepšieho rastu a celkovej vitality drevín, potvrdili pozitívny vplyv na rast semenáčikov, sadenic a odrezkovaných pri aplikácii zmesí užitočných pôdnych baktérií, či inokulácií vybranými ektomykorrhíznyimi hubami.

Podľa názoru väčšiny mikrobiológov je pútanie vzdušného dusíka rovnako významný dej ako fotosyntéza, či dýchanie. Časť nitrogénnych baktérií, plesní, či aktinomycét majú enzým nitrogenázu, ktorá redukuje molekulárny dusík na amoniak. Patria k nim napr. voľne žijúce *Bacillus amylobacter*, *Azotobacter chroococcum* (zložka Baktomixu UN). K výkonnejším pútačom vzdušného dusíka však zaradujeme symbiotické nitrogénne mikroorganizmy, baktérie žijúce na koreňoch leguminóz, kde z produkčne pestovaných lesných drevín patrí agát, na ktorého koreňoch žijú zástupcovia rodu *Rhizobium* a *Bradyrhizobium*. Z aktinomycét je to rod *Frankia*, ktorá žije v symbióze s rodmi *Alnus*, *Eleagnus*, *Hippophae* a *Dryas*.

Ďalšou užitočnou baktériou zastúpenou v preparáte Baktomix UN je *Cellulomonas uda*. Spôsobuje a tiež urýchľuje rozklad celulózy a chitínu za prístupu vzduchu. Produktom rozkladu sú jednoduchšie cukry (REQUERA, 2001), patrí teda do skupiny dekompozitorov. *Bacillus megaterium*, ako jedna zo zložiek testovaného prípravku, patrí medzi grampozitívne aeróbne nepatogénne baktérie. Nachádza sa na povrchu koreňov (skupina rhizosféry baktérií) práve tam, kde sa jednoduchšie polysacharidy zabudovávajú do bunkovej steny. *Bacillus megaterium* produkuje amylázy, dehydrogenázy a rôzne iné enzýmy podieľajúce sa na rozklade škrobových reťazcov. Okrem toho je producentom rekombinantných proteínov a vitamínu B 12 (BARG *et al.* 2005).

Cieľom štúdie je overiť vplyv bakteriálneho prípravku Baktomix –UN na rast nadzemnej časti, kvalitu a kvantitu koreňového systému semenáčikov smreka obyčajného pestovaného technológiou *Lännen Plantek*.

MATERÁL A METÓDY

Charakteristika Baktomixu UN

Bakteriálna zmes s vysokou biologickou aktivitou (aktívne kultúry pôdných baktérií *Azotobacter chroococcum*, *Cellulomonas uda* a *Bacillus megaterium* ako suspenzia doplnená prídavnými látkami). Jej použitím sa viazanie vzdušného dusíka stáva účinnnejším a v nezanedbateľnej miere zlepšuje rozklad celulózy. Je to mikrobiologický prípravok na zlepšenie úrodnosti pôdy, používaný ako čiastočná alebo úplná náhrada umelého hnojiva. Dávkovaním prípravku v množstve 1,5–2 kg na hektár sa aktivita nitrifikačných baktérií za súčasného zvýšenia úrodnosti pôdy zvýši na takú úroveň, že dusikáté hnojenie je možné značne znížiť alebo aj zastaviť. Prípravok sa používa rovnako ako očkovacia látka osiva aj ako pôdna postreková látka. Baktomix UN vyhovuje najmodernejším požiadavkam, je ľahko aplikovateľný v rámci pôdohospodárskych technológií, vysoko účinný, hospodárne dávkovateľný a nepoškodzuje životné prostredie. Doplnením užitočnej pôdnej mikroflóry obnoví prirodzený život pôdy. Tekutý mikrobiálny prípravok Baktomix UN má obsah sušiny: maximálne 4 (m/m%), hodnota pH = 6,5 ± 0,5, obsahuje užitočné baktérie minimálne 1×10^8 (ks/ml).

Popis rastových podmienok experimentu

Na jar 2008 boli založené pokusné výsevy smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.), pôvodom 01563 ZV 577 (oddiel 093/01/03) v polyetylénovom kryte v Ar-

boréte Borová hora. Semeno smreka bolo vysiate do 16 sadbovačov *Lännen Plantek PL 81 F* vhodných pre pestovanie krytokorenných sadeníc smreka (sadbovač obsahuje $9 \times 9 = 81$ buniek, vonkajší rozmer sadbovača $385 \times 385 \times 73$ mm, vnútorný rozmer bunky $41 \times 41 \times 73$ mm, 85 cm^3 , 549 jedincov na m^2). Smrek obyčajný bol pestovaný technológiou pestovania krytokorenných sadeníc. Pri pestovaní bolo využité foliárne hnojivo Red Superba I. (do polovice júla v 1 % koncentrácii) a Red Superba II. (v 1 % koncentrácii do polovice septembra, od polovice septembra do polovice októbra v 0,5 % koncentrácii). Semenáčiky počas klíčenia a rastu boli ošetrované fungicídmi: Previcur (0,5 %), Novozir (0,1 %), Rovral Flo (0,2 %).

Do ôsmich sadbovačov bol v prvej polovici júna injekčne aplikovaný Baktomix – UN v množstve 5 ml na jednu bunku sadbovača a boli náhodne usporiadané v rámci záhona pestovania *Lännen Plantek F*. Na jeseň boli sadenice náhodne vybraté zo sadbovačov kontrolných a ošetrovaných Baktomixom – UN, po 45 kusov z každého variantu (z 1 296 kontrolných a 1 296 ošetrovaných).

V laboratórnych podmienkach boli porovnávané koreňové sústavy, hmotnosti hlavného koreňa, jemných koreňov a koreňových sústav v sušine, pomer hmotností hlavného koreňa a jemných koreňov. Posuvným meradlom bola odmeraná hrúbka koreňového krčka, metrom: výška nadzemnej časti, taktiež boli odvážené hmotnosti ihlic a stonky v sušine.

Koreňové systémy semenáčikov odobratých na analýzy sme najprv dôkladne očistili od substrátu. Dôležité je vymývať koreňový systém tak, aby nedošlo k odtrhnutiu a strate jeho častí. Po zmeraní hrúbky koreňového krčka sme semenáčik rozrezali na nadzemnú a koreňovú časť. Nadzemná časť sa po vysušení ($60 \text{ }^\circ\text{C}$, 72 hod.) rozdelila na stonku a ihlice, ktoré sa odvážili s presnosťou na $0,0001 \text{ g}$. Dĺžka koreňa, dĺžka koreňa po hrúbkových triedach s rozpätím $0,25 \text{ mm}$, povrch, počet zakončení sa zisťoval pomocou systému WinRhizo 2004a™. Po zoskenovaní systému sme tento ďalej vysušili a stanovili hmotnosť za rovnakých podmienok ako pri nadzemnej časti.

Namerané hodnoty biometrických veličín boli vyhodnotené analýzou variancie. Chí kvadrát testom bola overovaná normalita hodnôt, získaných pomerom hlavného koreňa k jemným koreňom a pomerom nadzemnej časti ku koreňovému systému. Na posúdenie významnosti rozdielov aritmetických priemerov medzi biometrickými znakmi variantov bol využitý Tuckeyov test. Rozdiely v absolútnom aj relatívnom zastúpení hrúbkových tried meraných veličín bočných koreňov boli hodnotené Mann-Whitneyovho U-testom.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V tabuľke 1 sú prehľadne uvedené výsledky analýzy variancie pre jednotlivé sledované biometrické znaky. Výsledky štatistických analýz potvrdili pozitívny účinok Baktomixu-UN iba v niektorých testovaných veličinách sadeníc smreka obyčajného. Testovacie kritérium uvedené v štatistických tabuľkách pri 99 % spoľahlivosti ($F_{\text{tab}0,01(1,88)} = 6,98$) prevyšujú hodnoty F vypočítané analýzou variancie jednofaktorového pokusu v prípade všetkých biometrických znakov, ktoré sa netýkajú jednotlivých častí hmotností koreňovej sústavy v sušine a pomeru zistených hmotností

hlavného koreňa k hmotnosti jemných koreňov taktiež v sušine. Pri pomerných veličinách bola normalita hodnôt overovaná Personovým rozdelením – χ^2 testom. Normalita hodnôt sa overila osobitne pre súbor kontrolného variantu a variantu s prídavkom Baktomixu – UN. V oboch prípadoch boli splnené požiadavky normálneho rozdelenia hodnôt, pričom v súbore s Baktomixom – UN bola normalita výraznejšia a viac posunutá doprava. Pre následné výpočty analýzy variancie nebolo nutné hodnoty pomerných veličín transformovať.

Tabuľka 1: Výsledky jednofaktorovej analýzy variancie pre smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.)

Table 1: The results one-way analysis of variance for Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.)

biometrická veličina ¹	SS	df	MS	F	p-level	Error		
						SS	df	MS
výška nadzemnej časti	116,74	1	116,74	39,944	0,00000	257,18	88	2,92
hrúbka koreňového krčka	2,6351	1	2,6351	27,75	0,00000	8,3564	88	0,950
hmotnosť hlavného koreňa v sušine	0,00043	1	0,00043	1,885	0,17321	0,02023	88	0,00023
hmotnosť jemných koreňov v sušine	0,018769	1	0,018769	1,8469	0,17762	0,89429	88	0,01016
hmotnosť koreňovej sústavy v sušine	0,02491	1	0,02491	2,156	0,14559	1,0166	88	0,01155
hmotnosť hlavný koreň/hmotnosť jemné korene	0,001245	1	0,001245	0,384	0,53727	0,28569	88	0,00325
hmotnosť ihlič v sušine	0,16322	1	0,16322	12,247	0,00073	1,17279	88	0,01333
hmotnosť stonky v sušine	0,115362	1	0,11536	27,916	0,00000	0,36366	88	0,00413
hmotnosť nadzemn. časti v sušine	0,55302	1	0,55302	19,287	0,00003	2,5232	88	0,02867
hmotnosť nadzemnej časti v sušine/ hmotnosti koreň. systému v sušine	1,9742	1	1,9742	13,917	0,00034	12,483	88	0,1419
celková hmotnosť v sušine	0,8126	1	0,8126	12,239	0,00074	5,8433	88	0,0664

*SS – suma štvorcov odchýlok, df – stupne voľnosti medzi úrovňami faktora, MS –rozptyl medzi úrovňami faktora, F – F testovacie kritérium, p – level – hladina významnosti, MS Error – rozptyl vo vnútri (reziduál), df Error – stupne voľnosti vo vnútri faktora

* SS – Sum of squares, df – degree of freedom, MS – MS Effect, F – values of F-test, p – level, SS Error, df Error, MS Error

1) biometrical value, 2) diameter of root crown, 3) top-root dry weight, 4) fine roots dry weight, 5) root dry weight, 6) relationship between top – root and fine roots, 7) stem height

Z vypočítaných hodnôt F-testu možno tiež vyčítať, že najsilnejšie ovplyvnilo použitie Baktomixu – UN pri pestovaní smreka jeho výšku (viac ako 5,7-násobne vyššia hodnota oproti tabuľkovej), hrúbku koreňového krčka a hmotnosť stonky v sušine (takmer 4-násobne vyššia hodnota F oproti F_{tab}).

V tabuľke 2 sú usporiadané priemerné hodnoty, smerodajné odchýlky, variačné koeficienty a rozdiely medzi priemermi jednotlivých biometrických znakov variantu bez ošetrenia a s ošetrením Baktomixom – UN. Hrubo vyznačené priemerné hodnoty sú vyššie a v každom prípade skúmaného biometrického znaku prináležia variantu s pridaním Baktomixu – UN.

Ako ďalej možno vyčítať z tabuľky, výsledky meraní jedincov smreka môžeme považovať za spoľahlivé, variabilita skúmaných súborov je pomerne nízka, pohybuje sa približne od 12 do 30 %.

Tabuľka 2: Priemerné hodnoty biometrických znakov a hodnoty variability sadbového materiálu smreka obyčajného

Table 2: Average values biometrical characteristic and variability values of Norway spruce planting stock

biometrická veličina ¹	variant	\bar{x}	s_x	$s_x\%$	$\bar{x}_B - \bar{x}_K$
výška nadzemnej časti (cm)	K	12,2 a	1,6868	13,82	
	B	14,48 b	1,7319	11,96	+2,280
hrúbka koreňového krčka (mm)	K	2,011 a	0,3156	15,69	
	B	2,353 b	0,3004	12,76	+0,342
hmotnosť hlavného koreňa v sušine (g)	K	0,0584	0,0126	21,56	
	B	0,0628	0,0174	27,65	+0,0044
hmotnosť jemných koreňov v sušine (g)	K	0,3173	0,0968	30,52	
	B	0,3462	0,1046	30,21	+0,0289
hmotnosť koreňovej sústavy v sušine (g)	K	0,3757	0,1018	27,08	
	B	0,4089	0,1129	27,61	+0,0332
pomer hlavného koreňa k jemným koreňom	K	1,9599	0,0611	31,18	
	B	1,8885	0,0525	27,85	
hmotnosť ihlič v sušine (g)	K	0,4044 a	0,1149	28,42	
	B	0,4896 b	0,1159	23,68	+0,0852
hmotnosť stonky v sušine (g)	K	0,2193 a	0,0615	28,07	
	B	0,2909 b	0,0668	22,98	+0,0716
hmotnosť nadzemnej časti v sušine (g)	K	0,6238 a	0,1692	27,13	
	B	0,7805 b	0,1694	21,71	+0,1567
pomer hmotností nadzemnej časti ku koreňovému systému	K	1,6779 a	0,0894	14,67	
	B	1,9741 b	0,1136	21,36	
celková hmotnosť v sušine (g)	K	0,9995 a	0,2605	26,06	
	B	1,1895 b	0,2548	21,42	+0,190

1) biometrical value, 2) diameter of root crown, 3) top-root dry weight, 4) fine roots dry weight, 5) root dry weight, 6) relationship between tap – root and fine roots weight, 7) stem height

♦ Rozdiely pri variantoch s rôznymi písmenami sú štatisticky významné

♦ Different letters designate statistically significant difference

Z hľadiska detailnejšieho poznania vplyvu modifikácie substrátu väčšinou nepostačuje porovnanie veličín charakterizujúcich celý koreňový systém, ale je potrebné porovnanie takých veličín, ktoré charakterizujú topológiu, prípadne architektúru koreňových systémov (LYNCH 1995). Osobitný význam majú tie charakteristiky koreňov, resp. celých systémov, ktoré slúžia ako indikátor zmien prostredia. Jedná sa predovšetkým o špecifickú dĺžku koreňov, špecifický povrch koreňov, hustota pletiva koreňov, špecifický počet koreňových špičiek, početnosť koreňových špičiek. Z povahy všetkých spomenutých veličín vyplýva, že nezávisia priamo od veľkosti koreňového systému, hoci ňou môžu byť ovplyvnené, ale dobre popisujú jeho štruktúru.

Dĺžka, povrch, objem, hmotnosť a počet zakončení koreňových systémov krytokorených semenáčikov kontroly a variantu s Bactomixom sa hodnotil na viacerých úrovniach. Koreňové systémy sa hodnotili ako celok a v druhom kroku sa oddelene hodnotili parametre hlavného koreňa a parametre bočných koreňov (tab. 3), z ktorých podstatná časť patrí do kategórie jemných koreňov (KÖSTLER *et al.* 1968). Priemerné hodnoty charakteristík pre celý koreňový systém sú vyššie v prípade kontroly, ale mediány sú s výnimkou dĺžky vyššie pri substráte s Bactomixom. Obidve

stredné hodnoty charakterizujúce hlavný koreň sú vyššie na substráte s Bactomixom, kde bola zistená aj vyššia priemerná hrúbka koreňového krčka v porovnaní s kontrolou. Bočné korene, ktoré sú v tomto veku absolútne dominantnou časťou koreňového systému majú rovnaké rozdelenia hodnôt (vrátane vzťahov stredných hodnôt medzi variantmi) ako celý koreňový systém.

Tabuľka 3: Deskriptívna štatistika charakteristík koreňa (celý koreňový systém a podskupiny koreňového systému)

Table 3: Descriptive statistics of root parameters (entire root system and both root system subsets)

variant	štatistická charakteristika ²	hodnotený parameter koreňového systému ¹				
		dĺžka koreňov ³ [cm]	plocha povrchu koreňov ⁴	objem koreňov ⁵	počet koreňových špičiek ⁶	hmotnosť koreňov ⁷
celý koreňový systém⁸						
B	$\bar{x} \pm s_x$	796,4±188,0	90,1±19,2	0,844±0,178	2580±734	0,377±0,076
	\bar{x}	816,3	92,4	0,810	2651	0,367
K	$\bar{x} \pm s_x$	1008,1±377,3	102,0±38,2	0,866±0,322	2894±1167	0,385±0,150
	\bar{x}	868,7	89,2	0,779	2398	0,323
	U (Mann-Whitney)	17,0 ^{NS}	25,0 ^{NS}	24,0 ^{NS}	24,0 ^{NS}	0,22 ^{NS}
hlavný koreň⁹						
B	$\bar{x} \pm s_x$	4,97±0,97	2,47±0,39	0,099±0,020		0,052±0,011
	\bar{x}	4,92	2,44	0,096		0,054
K	$\bar{x} \pm s_x$	4,04±0,49	2,07±0,28	0,085±0,017		0,046±0,010
	\bar{x}	4,92	2,24	0,083		0,048
	U (Mann-Whitney)	11,00 ^{NS}	11,00 ^{NS}	14,00 ^{NS}		17,00 ^{NS}
bočné korene (jemné korene)¹⁰						
B	$\bar{x} \pm s_x$	791,4±187,8	87,6±19,1	0,745±0,181	2580±734	0,325±0,073
	\bar{x}	809,9	90,1	0,681	2651	0,324
K	$\bar{x} \pm s_x$	1004,1±377,2	99,9±38,1	0,781±0,308	2894±1167	0,339±0,142
	\bar{x}	864,5	87,0	0,696	2398	0,287
	U (Mann-Whitney)	17,00 ^{NS}	25,00 ^{NS}	23,00 ^{NS}	24,0 ^{NS}	23,00 ^{NS}

1)evaluated parameter of root system, 2) statistic characteristic 3) root length, 4) root surface area 5) root volume, 6) number of root tips, 7) root weight, 8) entire root system, 9) tap root, 10) lateral roots (fine root system)

Na dominanciu bočných jemných koreňov poukazuje rozdelenie celkových priemerných hodnôt pripadajúcich na jednotlivé hrúbkové triedy. Najjemnejšie korene (maximálny priemer do 1,00 mm) majú viac ako 99 % podiel na celkovej dĺžke bočných koreňov na oboch substrátoch, viac ako 97 % resp. 98 % (kontrola) podiel na povrchu, 92,7 %–94,4 % podiel na objeme. Všetky aktívne koreňové špičky sa nachádzajú na koreňoch tenších ako 1,5 mm (tab. 4). Rozdiely v absolútnom aj relatívnom zastúpení hrúbkových tried meraných veličín bočných koreňov majú podľa výsledkov Mann-Whitneyovho U-testu iba náhodný charakter bez ohľadu na zohľadňovaný interval tried. V rozdelení dĺžky, povrchu, objemu a počtu zakončení koreňov v hrúbkových triedach však existujú určité rozdiely v najtenšej hodnotenej triede do 0,5 mm. Najmä v prípade dĺžky je pri zvolenom triednom intervale 0,25 mm viditeľný presun najväčšieho podielu dĺžky do triedy 0,25–0,50 mm na substráte s prímiesou Baktomixu UN. Takýto posun maximálneho zastúpenia zodpovedá rozdielu priemernej hrúbky bočných koreňov, ktorá je v prípade Baktomixu 0,357 mm, priemerná hrúbka kontroly je 0,316 mm.

Tabuľka 4: Absolútne priemerné hodnoty biometrických parametrov bočných koreňov a ich priemerné podiely (%) v hrúbkových triedach pre oba substráty
Table 4: The absolute mean values of biometrical parameters of lateral roots and their average shares (%) in the thickness classes for both substrates

parameter	variant	hrúbková trieda (mm) ¹									
		0,0–0,50		0,51–1,00		1,01–1,50		1,51–2,00		2,51 +	
		\bar{x} abs.	%	\bar{x} abs.	%	\bar{x} abs.	%	\bar{x} abs.	%	\bar{x} abs.	%
dĺžka koreňov ²	B	690,8	86,7	95,4	12,5	5,0	0,7	0,4	0,05	0,07	0,009
	K	909,7	86,2	146,4	13,4	3,8	0,3	0,5	0,05	0,02	0,003
plocha povrchu koreňov ³	B	59,2	73,0	19,6	24,4	1,8	2,3	0,2	0,23	0,15	0,055
	K	71,9	78,7	18,3	19,6	1,3	1,3	0,3	0,29	0,19	0,023
objem koreňov ⁴	B	0,446	53,5	0,332	39,2	0,050	6,2	0,007	0,86	0,002	0,270
	K	0,503	59,4	0,307	35,0	0,039	4,0	0,012	1,36	0,001	0,131
počet koreňových špičiek ⁵	B	2525,5	97,9	45,5	1,91	2,3	0,102				
	K	2853,6	98,6	34,4	1,26	2,9	0,080				

1) thickness class 2) root length, 4) root surface area 5) root volume, 6) number of root tips

Špecifická dĺžka koreňov, špecifický povrch koreňov, hustota pletiva koreňov, špecifický počet koreňových špičiek, početnosť koreňových špičiek sa stanovila len pre subsystem bočných (jemných) koreňov (tab. 5). V porovnaní s hodnotami základných biometrických veličín charakterizujúcich celé koreňové systémy semennáčikov, je tu podstatne menšia variabilita hodnôt čo sa v konečnom dôsledku prejavilo aj na štatisticky významných rozdieloch stredných hodnôt špecifickej dĺžke koreňov a špecifickom povrchu koreňov.

Tabuľka 5: Vyhodnotenie morfológických znakov bočných koreňov sadeníc v oboch substrátoch

Table 5: Lateral roots morphological characteristics of saplings in both of the substrates

variant	štatistická char. ¹	SRL ²	SSA ³	RTD ⁴	SNT ⁵	RTA ⁶
B	\bar{x}	24,393	249,308	0,389	7941,309	3,213
	\bar{x}	25,038	258,072	0,384	7501,337	3,216
	s_x	3,950	23,944	0,032	2054,959	0,403
K	\bar{x}	32,258	275,157	0,393	8706,388	2,722
	\bar{x}	29,074	267,480	0,393	8342,076	2,722
	s_x	6,040	16,505	0,015	1772,851	0,412
p-level of M-W U-test		0,0199	0,046	0,391	0,540	0,086

1) statistic characteristic, 2) specific root length, špecifická dĺžka koreňov, 3) specific surface area, špecifický povrch koreňov, 4) root tissue density, hustota pletiva koreňov, 5) specific number of root tips, špecifický počet koreňových špičiek, 6) root tips abundance, početnosť koreňových špičiek

Ak zhrnieme výsledky zistené analýzou jednoročných jedincov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.), zistíme, že kladne štatisticky významne boli bakteriálnou zmesou ovplyvnené najmä orgány nadzemnej časti. Najväčší prírastok na biomase sadeníc ošetrených Baktomixom UN oproti kontrolným sadeniciam mala hmotnosť stonky v sušine o 32 %, celková hmotnosť nadzemnej časti (25 %), hmotnosť ihlič v sušine (21 %), výška nadzemnej časti a celková hmotnosť v sušine zhodne o 19 % a hrúbka koreňového krčka o 17 %. K podobným výsledkom dospela TUČEKOVÁ (2007) ktorá uvádza, že pri aplikácii tekutej formy podobného bakteriálneho prípravku BactoFil® – B sú štatisticky významné rozdiely v rasto-

vých parametroch (celková výška, hrúbka, výškový prírastok) ošetrených jedincov smreka oproti kontrole. RAJALE *et al.* (2007) opisujú, že po aplikácii *Azotobacter chroococcum* sa zvýšil rast biomasy, veľkosť listov a percento proteínov v semene. Preto odporúčajú využitie *Azotobacter chroococcum* na potenciálne zlepšenie výživy rastlín, pútanie vzdušného dusíka, zlepšenie príjmu mikroprvov, hlavne Fe a Zn. ONDRÁŠEK *et al.* (2005 *ex* TUČEKOVÁ, 2007) uvádzajú, že testovaný bakteriálny kondicionér BactoFil® pozitívne ovplyvnil v pôdnom koreňovom priestore bazálnu respiráciu rastlín, celkovú mineralizáciu dusíka, obsah mikrobiálnej biomasy a vlhkosť v pôde.

Porovnávané koreňové systémy jednoročných jedincov smreka obyčajného neboli podľa analýz štatisticky významne ovplyvnené testovaným biopreparátom. Mali síce vyššie hmotnosti jednotlivých parametrov koreňového systému v sušine (tab. 2), ale podrobná analýza parametrov koreňovej sústavy udáva kratšiu priemernú dĺžku celého koreňového systému, nižšiu hodnotu dĺžky jemných koreňov, ako aj plochu povrchu koreňov, objem koreňov a počet koreňových špičiek (tab. 3). MORGAN *et al.* (2005) uvádzajú, že rastlina pri nedostatku P zvyšuje laterálny rast koreňov a produkuje jemné, dlhé koreňové vlásenie, ktoré vylučuje enzýmy, hlavne fosfatázy na pútanie fosforu uviaznutého v pôde v chelátových formách. Tým možno vysvetliť, prečo analyzované kontrolné jedince smreka obyčajného mali vyššie priemerné hodnoty parametrov opisujúcich a hodnotiacich podzemnú časť rastliny. Je nutné podotknúť, že kontrolné aj pokusné jedince smreka obyčajného rástli v rovnakom objeme substrátu – 85 cm³. Ďalej autori upozorňujú na to, že pri nedostatku živín v chudobných szubstrátoch, ako je napríklad moderové drevo v smrekových prírodných lesoch presúva rastlina uhl'ovodíky z nadzemnej časti do koreňového systému, čo sa výrazne nepriaznivo prejaví na pomere koreň: stonka (JALOVÍAR 2006, JALOVÍAR *et al.* 2007, 2008, 2009).

ZÁVER

Pozitívny vplyv aplikovaného Baktomixu UN potvrdili biometrické charakteristiky opisujúce nadzemnú časť jednoročných jedincov smreka obyčajného, pestovaného technológiou Lännen Plantek F. Skúmané parametre koreňového systému neprekázali štatistický rozdiel medzi kontrolným a pokusným variantom, ale zaznamenali vyššiu hmotnosť sušiny koreňovej sústavy pri pokusnom variante a nižšie priemerné hodnoty parametrov analyzujúcich živú koreňovú sústavu. V substráte, či pôde je štruktúra rizosférych bakteriálnych komunít ovplyvnená najmä prostredím, ktoré vytvára typ pôdy a rastlina (drevena). Rastlina vyžaduje prijímanie minerálov z pôdy, ktoré vedú dokonale pútať a rozpúšťať do vhodnej formy prijateľnej koreňmi užitočné mikroby obsiahnuté v zdravej mikroflóre. Prítomnosť nepatogénnych baktérií sa kladne odrazí na zdravotnom stave a vitalite dreviny, v neposlednej miere aj na ovplyvnení mikrobiologických procesov v pôdnych koreňových vrstvách (zabráni infekcii koreňov patogénnym baktériami).

LITERATÚRA

BARG, H., MALTEN M., JAHN, M., JAHN, D., 2005: Protein and Vitamin Production in *Bacillus megaterium*, *Microbial Processes and Products*, 18, 205–223, dostupné na: <www.springerprotocols.com/Full/doi/10.1385>

- GÖMÖRYOVÁ E., HOLČÍKOVÁ D., 2005. Význam pôdných mikroorganizmov pre rast a produkciu lesných porastov. In: J. Sobocká: Štvrté pôdoznalecké dni na Slovensku, 14.–16.jún 2005, Čingov, [elektronický zdroj]: 108–112.
- JALOVÍAR, P., 2006: Vybrané morfológické parametre koreňov prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve a minerálnej pôde v NPR Babia Hora *Beskydy* 19:125–130.
- JALOVÍAR, P., SZEGHO, P., KUCBEL, S., 2007: Porovnanie biometrických znakov prirodzenej obnovy smreka na moderovom dreve v NPR Babia hora a ochrannom lese v masíve Prašivá *Beskydy* 20: 149–154 (podiel 60 %)
- JALOVÍAR, P., SZEGHÖ, P., KUCBEL, S., 2008: Vplyv stupňa rozkladu moderového dreva na vybrané parametre jemných koreňov prirodzenej obnovy smreka v NPR Babia hora, *Beskydy* 1 (2):135–142, podiel 60 %.
- JALOVÍAR, P., KUCBEL, S., VENCURIK, J., 2009: Selected morphological parameters of root systems of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) natural regeneration on the coarse woody debris in NNR Babia hora *Beskydy* 2(1):21–28 (podiel 60%)
- KÖSTLER, J.N., BRÜCKNER, E. & BIBELRIETHER, H., 1968: Die Wurzel der Waldbäume. Paul-Parey-Verlag. Berlin, Hamburg 282 s.
- LYNCH, J., 1995: Root architecture and plant productivity. *Plant physiology*. 109:7–13
- MORGAN J. A. W., BENDING G. D., WHITE P. J., 2005: Biological costs and benefits to plant–microbe interactions in the rhizosphere, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 56, No. 417, 1729–1739.
- RAJALE, S., ALIKHANI, H., A., RAIESI, F., 2007: Effect of plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat, *J. Sci. and Technol. Agric. and Natur. Resour.*, Vol. 11 No. 41, 516–527.
- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M., 2011: Testing of microbial additives in the rooting of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) stem cuttings, *Journal of Forest Science*, 57, 2011 (12), 555–564.
- REQUERA, G., 2001: Chitin degradation by the facultatively aerobic cellulolytic bacterium *Cellulomonas uda*. Dissertation., University of Massachusetts Amherst, 137 s., dostupné na: <<http://proquest.umi.com/pqdlink?did=728449711&Fmt=7&clientId>>
- TUČEKOVÁ, A., 2007: Pôdne kondicionéry v škôlkarských technológiách. In: Saniga, M., Jaloviár, P., Kucbel, S.: Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia. KPL, Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene. 56–65.
- TUČEKOVÁ, A. (2009): Pôdne kondicionéry v lesníckych technológiách. Soil Conditioners in Forestry Technologies. In: Foltánek, V. (ed.): Aktuální problematika lesního řízení v České republice v r. 2009 : Sborník referátů přednesených na semináři, 23. - 24. listopadu 2009, Měříň, Brno: Tribun EU s. r. o., s. 89–97.
- VENCURIK, J., BALANDA, M., 2011: Účinky hubového inokula a komerčných prípravkov na zakoreňovanie a rast osových odrezkov smreka obyčajného, *Acta facultatis forestalis*, Zvolen, 53 (2), 11, 61–70.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol v rámci riešenia grantu KEGA 010TUZ – 4/2012.

Adresa:

Ing. Ivana Sarvašová, PhD.
Technická univerzita vo Zvolene
Arborétum Borová hora
Borovianska cesta 66
960 53 Zvolen
e-mail: isarvas@vsld.tuzvo.sk

OBSAH HLAVNÍCH ŽIVIN V 1. ROČNÍKU JEHLIČÍ V KLEČOVÝCH POROSTECH KRKONOŠ

THE CONTENT OF MAIN NUTRIENTS IN 1-YEAR NEEDLES OF DWARF-PINE STANDS
IN KRKONOŠE MTS.

JIŘÍ SOUČEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.,
Výzkumná stanice Opočno, Na Olivě 550, 517 73 Opočno, soucek@vulhmop.cz

ABSTRACT

*The contents of nutrients in one-year needles of dwarf-pine (*Pinus mugo*) stands have been monitored in upper part of the Krkonoše Mts. since 2001. The studied chemicals included nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium. Content of nutrient was generally low (mean value for nitrogen 1.21%, phosphorus 0.09%, potassium 0.46%, calcium 0.09% and magnesium 0.06%). Values reach the low limits presented by other authors. Significant declines in foliar chemical levels were found in years 2003, 2007–2009. There were no evident relationship to stand damage by pests (*Thecodiplosis brachyntera*) or fertility. Decrease of foliar chemical levels in these years can be affected by unfavourable courses of climate.*

Key words: *Pinus mugo, dwarf-pine, nutrition, needles, Krkonoše Mts.*

ABSTRAKT

*Obsah živin v jednoletém jehličí v porostech kleče horské (*Pinus mugo*) byl monitorován v hřebenové části Krkonoš od roku 2001. Výzkum sledoval obsahy dusíku, draslíku, fosforu, vápníku a hořčíku v jehličí. Obsah živin byl nízký (střední obsah N v jehličí za sledované období 1,21 %, P 0,09 %, K 0,46 %, Ca 0,09 % a Mg 0,06 %). Zjištěné obsahy živin se pohybují na spodní hranici hodnot udávaných ostatními autory ze srovnatelných stanovišť. Výrazné náhlé změny obsahu živin v jehličí byly zjištěny v letech 2003, 2007–2009. Nebyl zjištěn vztah mezi obsahem živin v jehličí a výskytem škod sáním bejlomorkou borovou (*Thecodiplosis brachyntera*) nebo plodností keřů. Možným důvodem výrazného poklesu obsahu živin v jehličí v daných letech je průběh počasí (suma srážek a teploty).*

Klíčová slova: *kleč horská, obsah živin, jehličí, Krkonoše*

Úvod

Porosty kleče horské (*Pinus mugo* Turra) jsou důležitým společenstvem vysoko-horských ekosystémů (SOUKUPOVÁ *et al.* 1995). V minulosti byla porostům kleče věnována omezená pozornost. Minimální dřevoprodukční funkce a dostatečné plnění ostatních funkcí lesa bez nutnosti hospodářských zásahů odůvodňovaly omezený zájem o porosty kleče ze strany lesníků, pracovníci ochrany přírody věnovali svoji pozornost vybraným druhům rostlin a živočichů v této oblasti. Zvýšený zájem o porosty kleče nastal po druhé světové válce v souvislosti s realizací vysoko-horského zalesnění (LOKVENC 1958). Teprve až nárůst antropogenních škod vlivem

imisičního působení v horských lesích a rizika rozpadu klečových porostů nad horní hranici lesa podnítil zájem o klečové porosty. Z důvodu široké ekologické amplitudy a relativně vyšší odolnosti kleče k imisím byla kleč využívána jako potenciální dřevina pro zakládání porostů na imisičních holinách (LOKVENEC 2001). Snížení imisiční zátěže v 90. letech neomezilo zájem o klečové porosty, do popředí se dostávají studie zaměřené na nepříznivé působení výsadby kleče na unikátní stanoviště vysokohorských poloh.

Přes dlouhodobé sledování jsou poznatky o kleči jako dřevině a porostech kleče ve vysokohorských polohách stále jenom dílčí. Příspěvek shrnuje vývoj stavu výživy klečových porostů v oblasti Krkonoš v průběhu 11 let.

MATERIÁL A METODIKA

První výrazné makroskopické známky poškození asimilačního aparátu porostů kleče na počátku 80. let podnítily sledování růstu a hodnocení zdravotního stavu porostů kleče v Krkonoších. Kromě 4 trvalých ploch založených v oblasti západních Krkonoš byly v roce 1981 založeny i monitorační plochy (MP) pro sledování zdravotního stavu a plodivosti. MP byly založeny ve vhodných porostech kleče v Krkonoších tak, aby vhodně reprezentovaly celou šíři stanovištních a porostních podmínek (SOUČEK *et al.* 2001). Při založení počet MP dosahoval 50, v následných letech jejich počet postupně klesal na současných 33. Výběr ploch i odběry vzorků byly prováděny ve spolupráci s pracovníky Správy KRNAP. Na jednotlivých plochách se provádí opakované sběry šišek a jehličí. Prvotní odběry jehličí byly zaměřeny na monitoring znečištění sírou (2. ročník jehličí), odběry 1. ročníků jehličí pro analýzu obsahu živin jsou opakovaně prováděny od roku 2001. Odběry jehličí jsou prováděny v podzimním termínu spolu s odběry šišek. Obsahy hlavních živin (N, P, K, Ca, Mg) ve vzorcích jehličí byly zjišťovány v laboratoři VÚLHM standardními laboratorními metodami (N spalovací metodou, ostatní živiny metodou optické emisní spektrometrie).

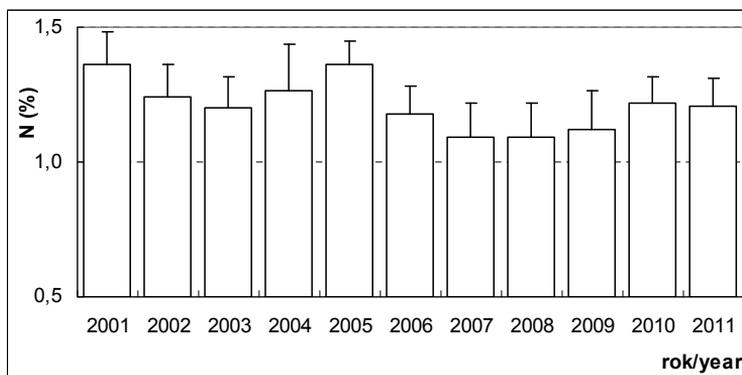
Z důvodu značné meziroční proměnlivosti obsahu jednotlivých živin byl sledován vztah mezi obsahem živin a mírou plodivosti, četností výskytu dominantních škůdců (bejlomorka borová, hřebenule ryšavá) a klimatickými charakteristikami. Informace o plodivosti a výskytu škůdců pocházely z opakovaných podzimních průzkumů na jednotlivých MP. Střední měsíční srážky a teploty za vegetační období spolu s dlouhodobými normály byly vypočítány ze souhrnných dat ČHMÚ pro kraj Královéhradecký a Liberecký (www.chmu.cz).

VÝSLEDKY A DISKUSE

MP podchycují plošný výskyt kleče v české části Krkonoš, výškově zasahují od 990 m (Rýchory) až po horní hranici výskytu kleče ve výšce 1 550 m (svah Sněžky, vrcholy Studniční a Luční hory). Rozhodující část odběrů byla realizována v rozpětí nadmořských výšek 1 300–1 450 m (69 % všech vzorků). MP jsou situovány zejména na minerálních půdách s proměnlivou hloubkou půdního profilu, na nejvýznamnějších lokalitách jsou podchyceny i rašeliniště a vodou ovlivněná stanoviště. Většina MP je situována v autochtonních porostech s proměnlivou strukturou,

nepůvodní (alpské) populace z výsadeb do roku 1945 jsou podchyceny v západní části Krkonoš. Porosty kleče z výsadeb po 2. světové válce se v době založení MP teprve zapojovaly a nejsou výrazněji podchyceny.

Střední obsah dusíku v jednoletém jehličí dosahoval za sledované období 1,2 % při rozpětí hodnot 1,0–1,4 %, variační koeficient v jednotlivých letech zpravidla nepřesáhl 10 % (obr. 1). Ve sledovaném období nastaly 2 výraznější poklesy s minimy v letech 2003, 2007–2009. Nebyl zjištěn vztah mezi nadmořskou výškou a obsahem N v jehličí v rámci rozpětí výšek, obsah N v jednotlivých letech se výrazněji nelišil podle stanovištních podmínek nebo věku porostu. Obdobné obsahy dusíku v jednoletém jehličí uvádí i ostatní autoři (BREWER *et al.* 1994, BYLIŇSKA *et al.* 2000, ZECH 1969), vyšší maximální hodnoty na kyselých stanovištích v Tatrách zjistili FIEDLER *et al.* (1974) (tab. 1). Zjištěný obsah dusíku se pohybuje na spodní hranici rozpětí dostatečné výživy pro většinu lesních dřevin udávaných BERGMANEM (1988) nebo HOFMANNEM, KRAUSSEM (1988).



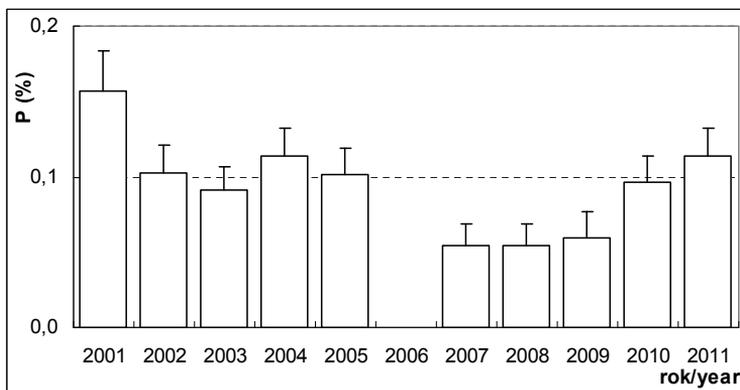
Obr. 1: Obsah dusíku (%) v jednoletém jehličí kleče v jednotlivých letech

Fig. 1: Content of nitrogen in 1-year needles of dwarf pine stands in years

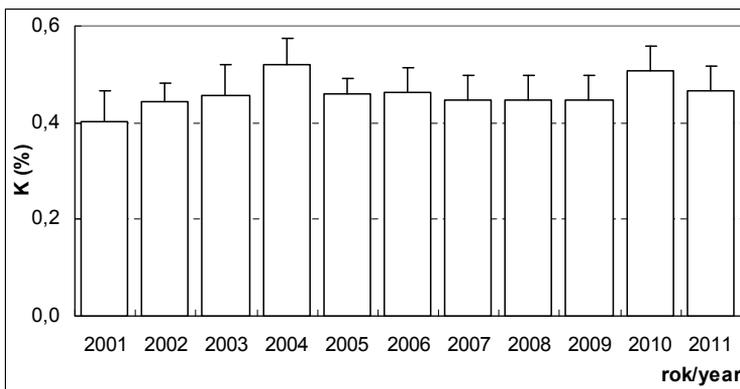
Obsah fosforu v jehličí byl nejvyšší (0,16 %) na počátku sledování v roce 2001, v dalších letech hodnoty prudce poklesly. Minimální obsah byl zjištěn v letech 2007–2009 (0,05 %). V posledních letech se obsah fosforu postupně zvyšoval (obr. 2). Střední obsah fosforu za sledované období dosahuje 0,10 %, porosty kleče na rašeliništích a vodou ovlivněných lokalitách vykazovaly nižší obsah fosforu v jehličí (0,08 %). Vyšší variabilita hodnot byla zjištěna zejména v letech 2007–2009. Naměřené hodnoty se pohybují na spodní hranici dostatečné výživy fosforem pro borovici (BERGMAN 1988, HOFMANN, KRAUSS 1988). Srovnatelné rozpětí hodnot obsahu fosforu v jehličí zaznamenali i BYLIŇSKA *et al.* (2000), BREWER *et al.* (1994) i ZECH (1969), vyšší hodnoty zjistil FIEDLER *et al.* (1974) (tab. 1).

Obsah draslíku v jehličí ve sledovaném období kolísala minimálně. Střední hodnota za sledované období dosáhla 0,46 %, na vzorcích z rašelinišť byly zjištěny mírně nižší hodnoty (0,41 %). Vyšší střední obsah draslíku v jehličí byl zjištěn v letech 2004 a 2010 (obr. 3). BYLIŇSKA *et al.* (2000) zjistila v roce 1997 na polské straně Krkonoš ve srovnatelných růstových podmínkách střední hodnoty nižší o

29 %. Ještě nižší minimální hodnoty na zásaditém podloží zjistil ZECH (1969). Vyšší obsah draslíku v jehličí kleče zjistili naopak BREWER *et al.* (1994) i FIEDLER *et al.* (1974). FIEDLER *et al.* (1974) zjistili mírný nárůst hodnot fosforu a draslíku v jehličí s rostoucí nadmořskou výškou, u hodnocených vzorků byla závislost mezi obsahem K a P v jehličí a nadmořské výšky značně volná.



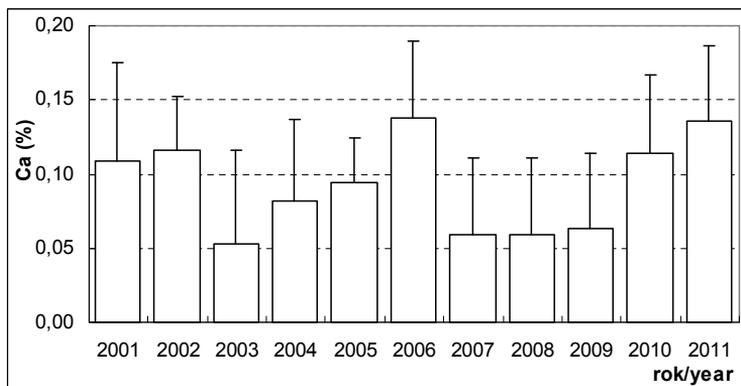
Obr. 2: Obsah fosforu (%) v jednoletém jehličí kleče v jednotlivých letech
Fig. 2: Content of phosphorus in 1-year needles of dwarf pine stands in years



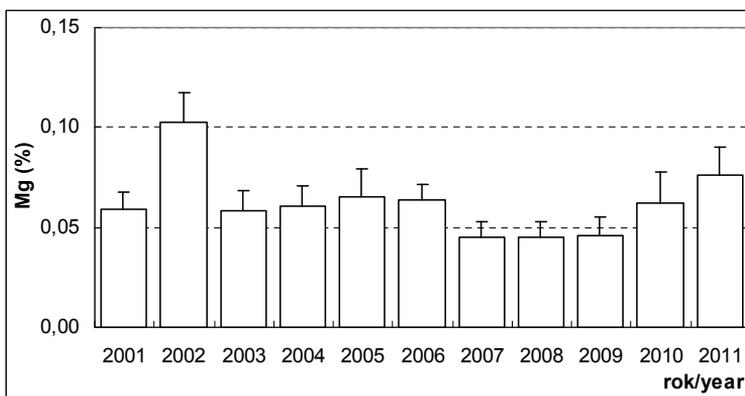
Obr. 3: Obsah draslíku (%) v jednoletém jehličí kleče v jednotlivých letech
Fig. 3: Content of potassium in 1-year needles of dwarf pine stands in years

Obsah vápníku v jehličí v jednotlivých letech značně kolísal, střední hodnota v roce 2007 dosahovala pouze 40 % hodnoty zjištěné v předchozím roce (obr. 4). Výrazně nižší obsahy vápníku byly zjištěny v letech 2003, 2007–2009. Z důvodu značného kolísání a častým výskytům nižších hodnot střední obsah za sledované období dosahuje pouze 0,09 %. Mírně vyšší obsah vápníku v jehličí ze vzorků z rašelišť (0,11 %) může být ovlivněn použitím vápence při zpevnování cest v minulosti nebo omezeným počtem vzorků, rozdíly v obsahu vápníku mezi typy stanoviště nepřesahují 10 %. Maxima středních hodnot zjištěných v průběhu 10 let většinou

odpovídají minimálním hodnotám zjištěnými jinými autory. Z hlediska dostatečné výživy je u borovice udáván až dvojnásobný obsah vápníku v jehličích (BERGMAN 1988, HOFMANN, KRAUSS 1988). Také BYLIŇSKA *et al.* (2000) na srovnatelných stanovištích zjistila dvojnásobný obsah vápníku v jehličí, vyšší hodnoty zjistili i ostatní autoři. Vyšší průměrné hodnoty na klečích rostoucích na rašeliništích v rámci ČR zjistili BREWER *et al.* (1994) (tab. 1).



Obr. 4: Obsah vápníku (%) v jednoletém jehličí kleče v jednotlivých letech
Fig. 4: Content of calcium (%) in 1-year needles of dwarf pine stands in years



Obr. 5: Obsah hořčíku (%) v jednoletém jehličí kleče v jednotlivých letech
Fig. 5: Content of magnesium (%) in 1-year needles of dwarf pine stands in years

Také hořčík vykazuje dlouhodobě nízký obsah v jehličí, výrazně zvýšený obsah hořčíku byl zjištěn v roce 2002 (obr. 5). V dalších letech hodnoty prudce poklesly. Minima byly zjištěny v letech 2007–2009. V posledních letech se obsah hořčíku v jehličí postupně zvyšoval. Střední hodnota za sledované období (0,06 %) je nižší než udávají ostatní autoři (tab. 1). Obdobně jako u vápníku byly i u hořčíku zjištěny vyšší obsahy v jehličí na rašeliništích BREWER *et al.* (1994).

Tab. 1: Průměry a rozpětí hodnot jednotlivých živin (%) v letošním jehličí podle lokalit
Tab. 1: Mean contents and ranges of nutrients (%) in 1-year needles according to sites

	Rašeliniště ČR (BREWER <i>et al.</i> 1994)	Krkonoše (BYLIŇSKA <i>et al.</i> 2000)	Nízké Tatry (FIEDLER <i>et al.</i> 1974)	Liptovské Tatry (FIEDLER <i>et al.</i> 1974)	Severní vápencové Alpy (ZECH 1969)
N	1,07 (0,91–1,17)	1,24 (0,98–1,47)	1,18–2,13	1,12–1,79	0,77–1,26
P	0,12 (0,10–0,16)	0,10 (0,07–0,14)	0,12–0,23	0,13–0,29	0,06–0,12
K	0,59 (0,46–0,83)	0,33 (0,25–0,52)	0,55–1,10	0,57–0,78	0,17–0,57
Ca	0,13 (0,09–0,18)	0,19 (0,14–0,24)	0,17–0,70	0,30–0,61	0,10–0,45
Mg	0,11 (0,05–0,12)	0,09 (0,04–0,13)	0,08–0,14	0,08–0,11	0,05–0,45

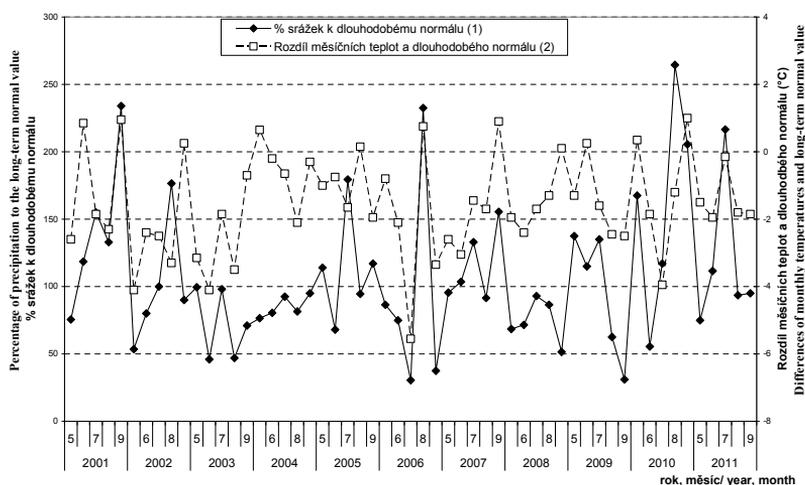
Nepříznivé stanovištní podmínky na většině lokalit ovlivňují nízké obsahy živin v jehličí. V rámci sledovaného období nebyly na jednotlivých lokalitách zjištěny výrazné symptomy nedostatku jednotlivých živin. Poznatky optimálním (minimálním) obsahu živin v jehličí kleče chybí. ZECH (1969) porovnával obsah živin kleče a borovice lesní na rašeliništi v nižších polohách, u N, P, K a Mg zjistil u kleče nižší hodnoty než u borovice lesní. BREWER *et al.* (1994) hodnotili obsah živin v jehličí borovice blatky a kleče horské na území ČR. U blatky zjistili v jednoletém jehličí vyšší obsah K (0,68 %) a Ca (0,21 %) než u kleče horské, rozdíly v obsahu ostatních sledovaných živin mezi oběma dřevinami nepřesáhly 5 %. Střední dlouhodobé hodnoty obsahu živin v jehličí kleče odpovídaly spodním hranicím rozpětí dostatečných obsahů živin udávaných BERGMANEM (1988) nebo HOFMANNEM, KRAUSSEM (1988).

U sledovaných MP se nepodařilo prokázat výrazné rozdíly obsahu jednotlivých živin v rámci rozpětí nadmořských výšek, stanovištních podmínek na minerálních půdách (mělké kamenité půdy ve vrcholových polohách, relativně hluboké podzoly na plošinách) nebo původu (věku) porostu. Rozdílné hodnoty i draslíku, fosforu, mědi a zinku v rámci výškového transektu udávají FIEDLER *et al.* (1974), u ostatních sledovaných prvků nebyl vztah potvrzen. Rozpětí nadmořských výšek zachycené v rámci jejich šetření bylo výrazně širší. Aktivní ukládání K a P souvisí pravděpodobně s rostoucím ovlivňováním dřevin mrazem ve vyšších polohách. BREWER *et al.* (1994) v rámci sledovaných lokalit nezjistili rozdíly u kleče a blatky.

Opakované snížení obsahu živin zjištěné v letech 2003 a 2007–2009 naznačuje souvislost mezi obsahem živin a podmínkami prostředí. Na sledovaných plochách se nepodařilo prokázat těsnější vztah mezi obsahem živin a výskytem bejломorky borové (*Thecodyplosis brachyntera*) poškozující jednoleté jehlice sáním. Pouze lokální výskyt poškození porostů kleče bejломorkou odůvodňuje volný vztah mezi obsahem jednotlivých živin v různě intenzivně napadených porostech. Vliv výskytu bejломorky na chemické složení jehličí kleče (obsah monoterpenů) popisují např. VRKOČ *et al.* (1973). Obdobně nebyl zjištěn jednoznačný vztah mezi obsahem živin v jehličí a tvorbou šišek. Produkce šišek na jednotlivých plochách ve sledovaných letech značně kolísala.

Jednoznačné vysvětlení meziročního kolísání obsahu živin v jehličí kleče je obtížné, kromě průběhu počasí se ve vegetačním období se může projevit i průběh přezimování kleče, plodivost, výskyt škůdců a další faktory. Srovnání dlouhodobých

normálů středních teplot vzduchu a sum srážek ve vegetačním období s hodnotami v konkrétních letech potvrzuje rozdílný průběh počasí. Zejména výrazné kolísání počasí ve vegetačním období se může negativně projevit na vývoji asimilačního aparátu a obsahu živin v něm. Opakovaně nízká suma srážek (květen 2002, červen 2003) spolu s vyššími teplotami se mohly projevit na poklesu obsahu živin v roce 2003 (obr. 6). Na poklesu živin v letech 2007–2009 se mohlo spolupodílet extrémní průběh srážek v roce 2006 (suma srážek ve vegetačním období roku 2006 dosáhla pouze 72 % normálu, srážky v červenci a září 2006 nepřesáhly 35 % dlouhodobého normálu). Výskyt škůdců a plodivost sledovaných porostů ve sledovaných letech značně kolísaly, výrazné poklesy obsahu živin nelze jednoznačně přiříst konkrétnímu faktoru. Poznatky o vlivu jednotlivých faktorů na růst, zdravotní stav, plodivost a klíčivost jsou zatím pouze dílčí a nejednoznačné (např. BLAHO, OBR, 1992, ŠRŮTEK 1987).



Obr. 6: Srovnání průběhu dlouhodobého normálu teplot a srážek s aktuálními daty
Fig. 6: Comparison of long-term normal of mean temperatures and precipitations with real values

ZÁVĚR

Výživa klečových porostů na české straně Krkonoš byla hodnocena na monitoračních plochách v letech 2001–2011. Při podzimních odběrech byly odebrány vzorky 1. ročníků jehličí pro analýzu obsahu N, P, K, Ca a Mg. Střední obsah živin byl po celé sledované období nízký (dusík 1,21 %, fosfor 0,09 %, draslík 0,46 %, vápník 0,09 %, hořčík 0,06 %). Zjištěné hodnoty s výjimkou draslíku leží na spodních hranicích živin zjištěných ostatními autory. Výrazné změny a nízké obsahy jednotlivých živin byly zjištěny v letech 2003, 2007–2009. V rámci sledovaných monitoračních ploch nebyly potvrzeny rozdíly v obsahu živin v závislosti na stanovištních podmínkách (nadmořská výška, různá hloubka minerální půdy), plodivosti keřů

nebo zvýšeného výskytu škůdců (bejlmorka borová). Možným důvodem kolísání obsahu živin v jehličí v jednotlivých letech je průběh počasí ve vegetačním období.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl vypracován v rámci řešení výzkumného záměru MZe č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BERGMANN, W., 1988: Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Jena, G. Fischer. 762
- BLAHO, J., OBR, F., 1992: Odraz meniacich sa ekologických podmienok na asimilačných orgánoch kosodreviny (*Pinus mugo* Turra) v NAPANTe. In: Ekologický a ekofyziologický výskum v lesných ekosystémoch. Zvolen, Poľana: 232–239.
- BREWER, J.W., SKUHRAVÝ, V., HRUBÍK, P., 1994: Levels of major foliar chemicals in needle of *Pinus mugo* in Bohemian peatbogs. *Ekologia*, (3):235–346.
- BYLIŇSKA E., MATUSIEWICZ, O., WINTER, B., 2000: Status troficzny kosodrzewiny (*Pinus Mugo*) Turra w Karkonoszach Wschodnich. *Opera Corcontica* 37:168–174.
- FIEDLER, H. J.; NEBE, W.; ŠÁLY, R., 1974: Výživa kosodreviny (*Pinus mugo* Turra), smreka (*Picea abies* Karst.) a limby (*Pinus cembra* L.) v subalpínském a smrekovom pásme Liptovských a Belanských Tatier. *Lesnícky časopis* 20(3):231–246.
- HOFMANN, G., KRAUSS, H.H. 1988: Die Ausscheidung von Ernährungsstufen für die Baumarten Kiefer und Buche auf der Grundlage von Nadel- und Blattanalysen und Anwendungsmöglichkeiten in der Überwachung des ökologischen Waldzustandes. *Sozialistische Forstwirtschaft* 38:272.
- LOKVENC, T., 1958: Historie zalesňování nad horní hranicí lesa v Krkonoších. *Práce VÚL ČSR* 15:151-166.
- LOKVENC, T., 2001: History of Giant Mts.' Dwarf pine (*Pinus mugo* Turra ssp. *pumilio* Franco). *Opera Corcontica* 38:21–42.
- SOUČEK, J., LOKVENC, T., VACEK, S., ŠTURSA, J., 2001: Site and stand conditions of dwarf pine stands. *Opera Corcontica* 38:43-61.
- SOUKUPOVÁ L., KOCIÁNOVÁ M., JENÍK J., SEKÝRA J. (EDS.), 1995: Arkto-alpínská tundra v Krkonoších (Vysoké Sudety). *Opera Corcontica* 32:13–19.
- ŠRŮTEK, M., 1987: Vliv znečištění ovzduší na kleč (*Pinus mugo* Turra) v Krkonoších. *Opera Corcontica* 24: 61–94.
- VRKOČ, J., LUKEŠ, V., SKUHRAVÝ, V., 1973: Gehalt der Monoterpenkohlenwasserstoffe der Bergkiefer *Pinus mugo* subs. *mythus* (Scop.) Domin und ihre Beziehung zum Befall durch die Kiefernadelgallmücke *Thecodiplosis brachyntera* (Schwägr.). *Zeitschrift für angewandte Entomologie* 74:199–206.
- ZECH, W., 1969: Beitrag zur Kenntnis der Nährelementgehalte in Latschennadeln (*Pinus montana*). *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 88:178–186.

PRIHNOJOVANIE POŠKODENÝCH SMREKOVÝCH PORASTOV LETECKÝMI APLIKÁCIAMI

FERTILIZING OF DECLINE SPRUCE FORESTS WITH AERIAL APPLICATIONS

VĽADIMÍR ŠEBEŇ, MICHAL BOŠEĽA

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav,
Odbor inventarizácie a manažmentu lesa, T. G. Masaryka 22, 960 92, Zvolen

ABSTRACT

The paper analyses the use of technology of large-scale aerial fertilizing of declining spruce forests stands. Three selected areas fertilized in year 2008 on the territory of State forest enterprise were analyzed. The three key elements were chosen for analyses in fertilizer (magnesium, zinc and boron). Quantity and the spatial distribution of the substance and its influence on the change of chemical composition in spruce needles were analyzed by systematic sampling in selected areas. Great variability in the quantity of estimated elements in both active substance and needles was found, however, common sufficiency of the elements was also detected. The short-term effect of the aerial fertilizing on the improvement of the spruce stands conditions characterized is in monitored forests non significant.

Key words: aerial fertilizing, spruce forests, photosynthetic apparatus, sampling methods, chemical analyses

ABSTRAKT

Prispevok analyzuje použitie technológie veľkoplošného leteckého prihnojovania smrekových porastov, ktoré boli ošetrované na vybraných územiach Lesov SR, š.p. v roku 2008. Na príklade 3 kľúčových prvkov zvoleného hnojiva (horčík, zinok a bór) sa rozoberá efektívnosť priestorového rozmiestnenia účinnej látky. Výberovým spôsobom sa na 3 územiach založili odberné miesta, na ktorých sa zisťovalo množstvo dopadnutej látky a jej vplyv na zmenu chemického zloženia asimilačných orgánov smreka. Zistila sa veľká variabilita v množstve jednotlivých prvkov, rovnako sa však zistil všeobecný nedostatok jednotlivých prvkov. Krátkodobý efekt leteckého prihnojovania na zlepšenie stavu smrekových porastov je v daných podmienkach nevýznamný.

Kľúčové slová: letecké prihnojovanie, smrečiny, asimilačné orgány, výberové metódy, chemické analýzy

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Hnojenie všeobecne predstavuje cieľavedomú činnosť, pri ktorej sa do živného prostredia rastlín pridávajú hnojivé látky, tzv. hnojivá (NÁROVEC 2001). Podľa zamerania sa rozlišuje hnojenie ovplyvňujúce produkčnú schopnosť pôdy (základné hnojenie) a hnojenie ovplyvňujúce akútnu výživu porastov v rôznom vekovom štádiu (operatívne hnojenie).

Hnojenie je ďalej možné členiť podľa zamerania na produkčné (zamerané na zvyšovanie produkcie) a regeneračné (zamerané na zlepšovanie vitality a zdravotného

stavu). Podľa spôsobu aplikácie je to buď hnojenie pozemné (najčastejšie cieleň ku konkrétnym jedincom) alebo letecké (veľkoplošné).

Kým v nedávnej minulosti sa hnojenie zameriavalo prevažne na zvyšovanie produkcie, v súčasnom období sa používajú letecké aplikácie aj na zlepšovanie zdravotného stavu, a to predovšetkým v smrekových porastoch. Výsledky z produkčného hnojenia sú vcelku overené a jednoznačné, výsledky o vplyve hnojenia na zlepšenie zdravotného stavu už také jednoznačné nie sú. O vplyve dusíkatého hnojenia na rast a produkciu lesa informuje najmä na základe skúseností z Nemecka ŠMELKO, WENK, ANTANAITIS (1992). Z výskumov vyplýva, že v smrečinách trvá účinok hnojenia zhruba 10–20 rokov, najviac sa prejavuje v 40 až 50-ročných porastoch, potenciálne ide o zlepšenie bonity a zvýšenie celkovej objemovej produkcie. Na odhad nadprodukcie boli v Nemecku vypracované osobitné tabuľky (HAMPEL, NEBE *et al.* 1980 in ŠMELKO, WENK, ANTANAITIS 1992). Podľa výskumov NEBEHO (1986 in ŠMELKO, WENK, ANTANAITIS 1992) v imisných oblastiach minerálne hnojenie spomaľuje zhoršovanie zdravotného stavu a znižuje rozsah strát na prírastku, najmä v stredne starých porastoch (priemerne z 30 % na 9 %), v starších porastoch je účinok hnojenia slabší. Prejavuje sa aj na tvorbe objemového prírastku tak, že hrúbkový prírastok sa na stromoch ukladá viac v spodnej časti kmeňa, miesto s minimálnym hrúbkovým prírastkom sa posúva vyššie.

Skúsenosti s aplikáciami hnojenia v súčasnom slovenskom či českom lesníctve sú pomerne bohaté. Výskum sa zameriaval na aplikácie hnojenia pri pestovaní semenáčikov (REPÁČ *et al.* 2011), v škôlkach (BARTOŠ *et al.* 2006), pri výsadbách sadeníc (TUČEKOVÁ 2001, TUČEKOVÁ, SARVAŠ 2002, SARVAŠ, TUČEKOVÁ, PAVLEND 2003, ŠEBEŇ 2003, TUČEKOVÁ 2010), pri aplikácii poloodrastkov (ULBRICHOVÁ, KYLAR 2009), mnohé práce sa zaoberajú vyhodnocovaním vplyvu prihnojovania na staršie porasty (REMEŠ 2004, PODRÁZSKÝ, VACEK, ULBRICHOVÁ 2003, LOMSKÝ, ŠRÁMEK, KRCHOV, NEUMANN 2000). Zisťovaním príjmu jednotlivých živín prirodzenou cestou, nie z antropogénneho prihnojovania ale prirodzeným opadom sa zaoberali napr. NOVÁK, SLODIČÁK (2006), SLODIČÁK, NOVÁK (2006). Možnosti biologickej aj chemickej meliorácie lesných pôd riešili ŠRÁMEK *et al.* (2008).

V poslednom období je na Slovensku aktuálny problém s celkovým stavom smrečín. Príčin je viacero, pričom v súčasnosti sa stáva dominantným faktorom práve podkôrny hmyz (VAKULA *et al.* 2011). Za jednu z príčin chradnutia sa však považuje aj nedostatok živín v pôdnom prostredí a asimilačných orgánoch. Spôsobom revitalizácie, resp. spomalenia alebo zastavenia chradnutia smrekových porastov môže byť kompenzácia chýbajúcich živín alebo živín v nedostatočnom množstve predovšetkým prostredníctvom (celoplošného) prihnojovania alebo vápnenia.

V roku 2008 sa na lesných pozemkoch nachádzajúcich sa v obhospodarovaní Lesy SR, š.p. Banská Bystrica v 9 odštepných závodoch (OZ) o celkovej výmere asi 6000 ha navrhli projekty na revitalizačné opatrenia (PAVLEND *et al.* 2008) vo forme leteckej aplikácie prihnojovania alebo vápnenia. Cieľom projektov je obnova produkčného potenciálu v lesoch poškodených komplexom škodlivých činiteľov, a to pomocou úpravy pôdneho prostredia a výživy stromov. Realizáciou týchto opatrení sa súčasne sleduje (PAVLEND *et al.* 2008): posilňovanie ekologickej stability

lesov a zlepšovanie ich verejno-prospešných funkcií, zvyšovanie absorpčného potenciálu pôdy v lesoch a posilnenia vodohospodárskej funkcie lesov a znižovanie rizika pôdnej erózie. Celkové navrhnuté náklady podľa projektov predstavovali viac ako 150 mil. Sk

Keďže išlo o rozsiahle lesné komplexy (priemerné výmery dosahovali niekoľko sto ha na vybratom území, z hľadiska časovej a priestorovej zvládnuteľnosti a celkovej efektivity sa museli uplatniť letecké technológie. Základnou požiadavkou pri použití leteckých technológií by malo byť aplikovanie požadovanej dávky rovnomerne po celom vybranom území, čo môže byť pri členitom teréne komplikované. Ak je vysoká variabilita v množstve dopadnutej aplikovanej látky, musíme tiež očakávať rozdielnu reakciu porastov v rámci územia. Rovnaká požiadavka je taktiež na homogénny stav na celom záujmovom území, pretože odchýlky od neho znižujú efektívnosť vynaložených opatrení. MATERNA (2001) zdôrazňuje, že pre relevantné zhrnutie účinkov vápnenia a hnojenia sa musí urobiť podrobná a objektívna analýza jednotlivých prípadov. To znamená predovšetkým jasnú charakteristiku podmienok pri realizovaných opatreniach, preukázané zistenie koľko materiálu sa použilo a aká bola jeho kvalita (zloženie) a tiež overenie, či deklarované množstvo sa skutočne dostalo do pôdy. Ak analyzujeme staršie prípady, jeden z prvých poznatkov je, že variabilita množstva prakticky dopadnutého materiálu na určitú plochu v poraste sa značne líši od množstva, ktoré sa stanovilo, a to v niektorých prípadoch aj rádo.

Výskumy z použitia leteckého prihnojovania väčších lesných komplexov v súčasnosti na Slovensku absentujú. Príspevok sa zaoberá hodnotením takéhoto prihnojovania v lesnej prevádzke.

Cieľom príspevku je zhodnotiť použitú technológiu hnojenia leteckou aplikáciou a krátkodobé vplyvy prihnojovania.

MATERIÁL A METODIKA

Použili sa výsledky z 3 území (Šaling, Habovka a Ľadová), na ktorých sa v roku 2008 vykonali revitalizačné opatrenia v rámci revitalizačných projektov v štátnych lesoch (Lesy SR, š.p. Banská Bystrica, PAVLENDÁ *et al.* 2008). Vybrané porasty s prevažujúcim zastúpením smreka boli navrhnuté na prihnojenie kombinovaným hnojivom v kvapalnej forme s obsahom mikroživín. Celkové dávky jednotlivých živín boli nasledovné: Mg – 40 kg.ha⁻¹, N < 20 kg.ha⁻¹, Zn – 1,2 kg.ha⁻¹, B – 2 kg.ha⁻¹. Celkový obsah živín v roztoku (suspenzii) nesmel prekročiť 20 %.

Na zisťovanie dopadnutého množstva sa použila výberová metóda (dvojstupňový výber) pomocou odberných nádob rozmiestnených rovnomerne po celom území na odberných miestach (OM) v podobe satelitov (ŠMELKO 2008, ŠEBEŇ *et al.* 2008). Navrhli sa 3 odberné nádoby v rámci jedného OM vo vzdialenosti cca 10 až 30 m. Aby sa vyhlo zachyteniu látky v korunách stromov, vyberali sa len nezakryté miesta (holinky, bezlesie, mladé porasty). Nádoby sa roznášali 1–2 dni pred aplikáciou a zbierali sa po zalietaní celého územia. Na každom OM sa vykonával aj odber vzoriek asimilačných orgánov smreka (vľajší ročník ihlič v zmiešanej vzorke) tak, aby sa zabezpečila základná informácia pre objektívne porovnanie zmien. Vzorky

sa z OM neodoberali, ak to nebolo bežne dostupné (vysoké nasadenie korún). Jedno územie sa zalietalo podľa jeho výmery a stavu počasia za cca 5–7 dní. Realizácia prebehla v júni 2008.

Opakovaný odber vzoriek asimilačných orgánov (vľahnájši ročník ihlič) sa uskutočnil na tých istých odberných miestach a tých istých stromoch na jeseň 2009. Všetky laboratórne analýzy sa realizovali v Centrálnych laboratóriách (CLL) Národného lesníckeho centra vo Zvolene štandardnými chemickými metódami. Pre každé analyzované územie sa z odobratých vzoriek vypočítali priemery, smerodajné odchýlky, variačné koeficienty v rámci odberných miest (satelit) a medzi odbernými miestami. Následne sa vypočítala stredná výberová chyba celkového priemeru pri 68 %-nej spoľahlivosti. Pre vizuálnu analýzu priestorovej variability množstva chemických prvkov dodaných leteckou aplikáciou sa použil software ArcMap 9.2

VÝSLEDKY

Informácie o počte založených odberných miest, a o odobratých vzorkách účinnej látky a asimilačných orgánov podáva tabuľka 1. Z celkového počtu aplikovaných odberných nádob nebolo možné zhodnotiť množstvo účinnej látky zo 4,1%. Dôvodom boli poškodenie alebo prevrátenie zverou, lesnými mechanizmami a krádež.

Tabuľka 1: Počet založených odberných miest na monitoring leteckého prihnojovania

Table 1: Number points of supply for monitoring of aerial fertilizing

Územie ¹	Výmera ²	Odberné miesta (OM) ³	Odberné nádoby ³ (rozložené/pozbierané)	Vzorky asimilačných orgánov ⁴ (zmiešané)	Výmera jedného OM ⁵
	ha	n	n	n	n/ha
Ladová	536	20	60/58	11	26,8
Šaling	637	22	66/66	17	28,9
Habovka	794	23	69/63	16	34,5

¹Area, ²Number points of supply, ³Number of supply containers, ⁴Number of needles sample, ⁵Number of point of supply per hectare

Priemerné náklady na chemické analýzy vzorky účinnej látky (prvky Mg, Zn, B, Ca, K) sa pohybovali vo výške 20–30 € a na analýzy asimilačných orgánov (C, N, Mg, Ca, K, Na, B, Zn, Fe, Mn) vo výške 40–50 €. V prvom kroku vyhodnotilo rozmiestnenie účinnej látky po záujmovom území (množstvo a rovnomernosť požadovaných prvkov). Následne sa vyhodnotili zmeny v chemickom zložení asimilačných orgánov smreka po jednom roku od leteckej aplikácie.

a) Rozmiestnenie účinnej látky po leteckej aplikácii

Na výsledný efekt (účinnok) prihnojovania pomocou celoplošnej leteckej aplikácie vplýva dodržanie stanovenej dávky účinnej látky a rovnomernosť aplikácie. Výsledky analýzy množstva a variability elementov zastúpených v roztoku účinnej látky po leteckej aplikácii sú uvedené v tabuľke 2. Na každom území bola navrhnutá normovaná dávka pre horčičk 40 kg. ha⁻¹, zinok 1,2 kg. ha⁻¹ a bór 2,0 kg. ha⁻¹.

Tabuľka 2: Výsledky výberového zisťovania dopadnutých chemických elementov po leteckej aplikácii v chradnúcich smrečinách

Table 2: Results of sampling survey of aerial applied chemical elements in declining spruce forests

	Ladová			Šaling			Habovka		
	Mg	Zn	B	Mg	Zn	B	Mg	Zn	B
Množstvo ¹ kg.ha ⁻¹	3,9±0,4	0,1±0,0	1,3±0,2	2,8±0,2	0,4±0,0	0,7±0,1	5,3±0,4	0,3±0,0	1,0±0,1
Var. OM ² (%)	75/79	44/57	103/99	60/71	65/67	91/91	59/59	33/33	106/93
Norma (%) ³	10±1	8±1	65±10	7±0,5	33±3	35±5	13±1	25±1	50±5

¹Account, ²Variability in point of supply/between point of supply, ³Share of demanded account

Ukázalo sa, že výsledné množstvo všetkých sledovaných prvkov po leteckej aplikácii je významne nižšie ako norma. Najhoršie výsledky sa zistili pri prvku horčík, ktorého množstvo tvorilo priemerne od 7 do 13 % normy a maximálne množstvo na konkrétnom OM dosiahlo 65 %. Až na 2/3 OM sa zistili hodnoty menšie ako 10 % normy. Pri zinku sa výsledné hodnoty pohybovali od 8 po 33 %, pričom iba na 5 OM (3 %) bola norma dodržaná. Bór dopadol v porovnaní s ostatnými prvkami najlepšie, ale s hodnotami dosahujúcimi 35 až 65% normy. No aj v jeho prípade iba na 10 % OM bola norma dodržaná.

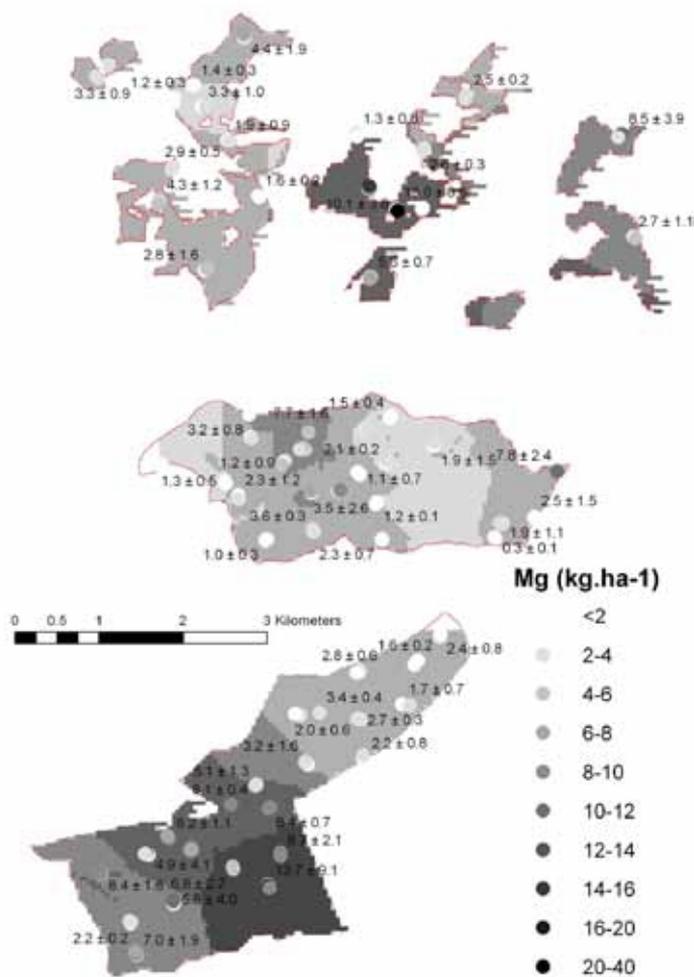
Variabilita hodnôt jednotlivých elementov na všetkých územiach bola pomerne vysoká (od 46 po 104 %). Prekvapením je vysoká variabilita aj v rámci satelitu (medzi trojicou odberných nádob), keď sa pohybuje od 33 po 103 % – čo je takmer totožné s variabilitou medzi satelitmi. Najväčšiu variabilitu hodnôt dosahuje množstvo bóru na území Ladová, kde je vysoká rozdrobenosť revitalizovaných porastov. Zaujímavá je aj rozdielnosť variability u jednotlivých elementov v rámci území, keď bór dosahuje najvyššiu, horčík strednú a zinok najnižšiu.

Z výsledkov analýz vyplýva, že ani na jednom z vybratých území nebola stanovená dávka dodržaná. Taktiež bola zistená vysoká variabilita množstva dodávaných prvkov po jednotlivých územiach ako na mikrolokalitách (satelitoch), tak aj medzi nimi. Výsledky výrazne spochybňujú efektivitu veľkoplošného leteckého prihnojovania.

Rovnomernosť aplikácie dávky v rámci záujmového územia vhodne vyjadrujú mapky priestorovej distribúcie. Obrázok 1 znázorňuje distribúciu horčíka na jednotlivých OM. Z hodnôt zistených na OM sme zostrojili krigingový model znázorňujúci hodnoty aplikovaného prvku (horčíka) v rámci územia. Podobné obrázky je možné zostrojiť aj pre zinok a bór. Z obrázku vyplýva zrejma nerovnomernosť aplikácie, na čo vplýva množstvo faktorov (variabilita prvkov v látke, dávkovanie, dopravné prostriedky, presnosť navigácie, poveternostné pomery, atď.). Pokiaľ tieto faktory technológia neminimalizuje, efekt leteckých aplikácií sa výrazne znižuje.

Porovnanie obsahu prvkov v asimilačných orgánoch smreka pred aplikáciou a rok po nej prezentuje tabuľka 4. Vyplýva z nej, že priemerné hodnoty v rámci územia všeobecne už pred aplikáciou vykazovali optimálne hodnoty, čo vyjadruje

pochybnosť na efektívne použitie leteckého prihnojovania. Dusík, draslík a zinok všeobecne vyhovoval. Priemerné nižšie hodnoty sa zistili pri horčíku na území Šaling a Habovka, resp. bôru na území Šaling.



Obrázok 1: Priestorová distribúcia aplikovanej látky (horčík, požadovaná dávka 40 kg.ha⁻¹) na územiach Ladová, Šaling, Habovka. Výsledky pre celé územie boli modelované z OM pomocou krigingu

Figure 1: Space distribution of applied elements (Magnesium, applied for 40 kg.ha⁻¹) in 3 monitored areas (Ladová, Šaling, Habovka)

Tabuľka 3: Rozsah obsahu prvkov v asimilačných orgánoch smreka (ex MAŇKOVSKÁ 1996)

Table 3: Range of nutrient contents in spruce photosynthetic apparatus (ex MAŇKOVSKÁ 1996)

Prvky v ihličí ¹	Zásoba živín v ihličí ² (mg.kg ⁻¹)				
	Kritická ³	Nízka ⁴	Optimálna ⁵	Luxusná ⁶	Toxická ⁷
Magnesium Mg	<500	501–1000	1001–1500	1501–2200	>2200
Zincium Zn	<15	15,1–21	21,1–45	45,1–220	>220
Borum B	<5	<5,1–10	10,1–30	30,1–60	>60

¹Elements in needles, ²Nutrients contents, ³Critical, ⁴Low, ⁵Optimal, ⁶Luxus, ⁷Toxic

Rok od aplikácie sme na uvedených územiach zaznamenali vzostup priemerných hodnôt horčička a bóru. Malé zmeny sa zaznamenali pri zinku, obsah draslíka mierne stúpol. Pri dusíku sa naopak zaznamenal priemerný pokles. Výsledky upozorňujú na pomerne veľkú variabilitu mikroelementov (20–60 %), horčičk 20–30 %, draslík 10–25 %. Nízka variabilita sa zistila pri dusíku (10–15 %), najnižšia pri uhlíku (pod 5 %). Priestorovú distribúciu znázorňuje obrázok 2.

Tabuľka 4: Priemerné hodnoty obsahov vybraných prvkov v ihličí pred a po roku od aplikácie leteckého prihnojovania chradnúcich smrečín

Table 4: Average nutrients contents in spruce needles for and after aerial fertilization of declining spruce forests

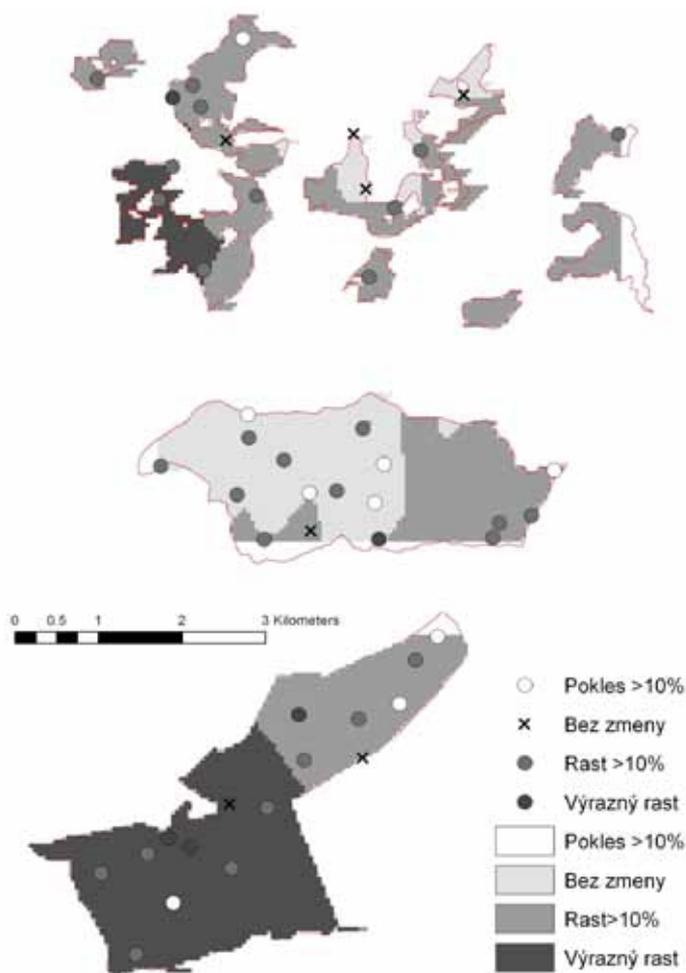
Územie ¹	Rok ²	Počet ³	C	N	Mg	Zn	B
		ks	%	%	[g.kg ⁻¹]	[mg.kg ⁻¹]	[mg.kg ⁻¹]
Eadová	Pred ⁴	17	55,3 ± 0,7	1,56 ± 0,05	1,30 ± 0,08	60 ± 6	17 ± 3
	Po ⁵	18	57,0 ± 0,6	1,38 ± 0,04	1,60 ± 0,12	52 ± 3	24 ± 3
	Variabilita	18	4,2	11,8	30,2	22,8	46,7
Šaling	Pred ⁴	17	54,7 ± 0,6	1,44 ± 0,04	0,71 ± 0,04	37 ± 3	8 ± 1
	Po ⁵	47	54,0 ± 0,3	1,35 ± 0,03	0,79 ± 0,03	46 ± 3	30 ± 3
	Variabilita	47	3,2	16,1	20,9	34,8	63,2
Habovka	Pred ⁴	16	54,9 ± 0,6	1,48 ± 0,06	0,74 ± 0,03	36 ± 4	14 ± 2
	Po ⁵	33	55,9 ± 0,3	1,26 ± 0,03	0,91 ± 0,04	36 ± 4	36 ± 2
	Variabilita	33	2,5	14,7	25,4	46,1	32
Optimum				1,2–1,7	1,0–1,5	20–40	10–30

¹Area, ²Year, ³Number of points, ⁴Before fertilization, ⁵After fertilization

Keďže navrhovanými prvkami v aplikovanej látke boli predovšetkým horčičk (40 kg.ha⁻¹), zinok (1,2 kg.ha⁻¹) a bór (2 kg.ha⁻¹), zamerali sme sa na vyhodnotenie zmien v obsahu týchto prvkov. V prvom kroku sme dospeli k výsledkom, že žiadny prvok nebol aplikovaný priemerne v požadovanom množstve, pričom horčičk dosahoval priemerne iba 7–13 % normy, zinok 8–33 % a bór 35–65 %. V druhom kroku sme zaznamenali zmeny v obsahu jednotlivých prvkov na OM a v rámci záujmových území. Neistota zisťovania prvkov laboratórnymi analýzami je pri Mg – 10 %, Zn – 15 %, B – 5 %. Pri porovnávaní zmien sme vyhodnocovali jednotlivé OM a za zmenu sme považovali iba diferencie nad uvedené hodnoty.

Výsledky boli veľmi variabilné. V prípade horčička sa na veľkej časti územia Habovka (celá spodná časť) zaznamenal vzostup, no v rámci neho sa vyskytovali OM bez zmeny ale aj s poklesom. Rovnaký záver možno stanoviť aj z vrchnej časti,

ktorá bola priemerne bez zmeny. No súvislosť medzi zmenami v asimilačných orgánoch a hnojením je nižšia, vzostup sa dal očakávať v juhovýchodnej časti, kde dopadol priemerne približne dvojnásobok horčíka. Na území Šaling sa pri horčíku v západnej časti nezaznamenali zmeny (pri veľkej variabilite) a vo východnej vzostup, hoci množstvo dopadnutého horčíka bolo vyššie v severozápadnej časti. Na území Ladová nastal najvyšší rast horčíka priemerne v západnej časti a zmeny nenastali v centrálnej časti, hoci najväčšie dopadnuté množstvo horčíka sa zaznamenalo práve v centrálnej (až 2–3-násobok oproti okrajom). Obdobne variabilné zistenia sa zaznamenali pri zinku a bóre.



Obrázok 2: Zmeny v obsahu horčíka v sušine ihličia smreka na jednotlivých monitorovacích odborných miestach (pred aplikáciou 2008 a po 2009) na územiach Ladová, Šaling, Habovka

Figure 2: Differences in magnesium contents in spruce needles on monitories areas (before and after fertilization)

ZÁVER

Originálnym zisťovaním pomocou odberných miest rozmiestnených výberovou metódou po revitalizovaných územiach sa získali zaujímavé informácie ohľadne množstva dopadnutej účinnej látky pri leteckom prihnojovaní. Vyhodnocovali sa aplikované prvky – horčík, zinok a bór. Vo všetkých územiach sa zistilo priemerne nedostatočné množstvo dodaných prvkov, a to v poradí od zastúpenejšieho bóru (od 35 % po 60 % normy), cez zinok (8 až 33 % normy) po horčík (len 7 až 13 % normy). Zistila sa tu tiež veľká variabilita (na úrovni 40 až 100 %) v rámci jedného odberného miesta (3 nádoby) aj medzi odbernými miestami v rámci územia. Všeobecne sa zistil výrazný nedostatok zinku a bóru, preto nie je zrejماً nutnosť ich aplikácie. V druhom roku po aplikácii hnojenia sa zistili pozitívne zmeny v obsahu horčíka a bóru, mierne pozitívne zmeny v obsahu dusíka, nezistili sa zmeny v obsahu draslíka a zinku. výsledky však nepotvrdzujú súvislosť medzi zmenami a hnojením. Väčšina prvkov sa nachádza v rámci limitných hodnôt, pozitívne sa dá hodnotiť niekoľkonásobné zvýšenie bóru. Zrejماً je veľká variabilita množstva prvkov v ihličí. Najnižšia bola zistená pri C, vyššia pri N, P, K. Ostatné elementy vykazujú vyššie hodnoty variability obsahu, čo znemožňuje efektívne zistiť vplyv revitalizačných opatrení na zmenu stavu. Aby sa posúdil pozitívny účinok, zmena musí byť v danom prípade veľmi výrazná.

Predložené výsledky svedčia o tom, že pri použitej technológii je potrebné počítať s veľkou variabilitou aplikovaných účinných látok, čo musí mať znížený vplyv na efektívnosť opatrení na porast (môže sa pridávať množstvo látky na miesta s dostatkom, a zároveň sa vyskytnú miesta s výrazným nedostatkom). Plánované dávky strácajú svoju konkrétnu adresnosť a stav sa nemôže výrazne meniť vplyvom použitých revitalizačných opatrení. Preto možno považovať tieto opatrenia na základe predložených prvotných výsledkov za veľmi málo efektívne.

ZOZNAM LITERATÚRY

- BARTOŠ, J., JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., NÁROVCOVÁ, J., 2006: Fyziologické aspekty rústu výsadeb buku lesného ve vztahu k rúznym intenzitám hnojení ve školce. In: *Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností*. VÚLHM Opočno, 115–123.
- LOMSKÝ, B., ŠRÁMEK, V., KRCHOV, V., NEUMANN, J., 2000: Revitalizace lesních porostů na LČR LS Horní Blatná. *Lesnická práce*, 79, 6, 254–256.
- MAŇKOVSKÁ, B., 1996: Geochemický atlas Slovenska, Lesná biomasa. Bratislava. 87.
- MATERNA, J., 2001: Vápění – pohled do minulosti. *Lesnická práce* 11, ročník 80. 488.
- NÁROVEC, V., 2001: 100 x o hnojení v lese. *Lesnická práce*, 31.
- NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., 2006: Litter-fall as a source of nutrients in mountain Norway spruce stands in connection with thinning. In: *Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností*. VÚLHM Opočno, 297–310.
- PAVLENDÁ, P., ZÚBRÍK, M., et.al., 2008: Projekt revitalizácie smrečín na vybraných OZ (Liptovský Hrádok, Košice, Beňuš, Námestovo, Rožňava). NLC Zvolen, 20.
- PODRÁZSKÝ, V., VACEK, S., ULBRICHOVÁ, I., 2003: Effect of fertilisation on Norway spruce needles. *JFC*, No7, 49, 321–326.

- REMEŠ, J., 2004: Vliv provozního hnojení na produkci dospívajících smrk. porostů v oblasti ŠLP Kostelec. In: *Hlavní úkoly pěstování lesů na počátku 21. století*. 309–319.
- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M., 2011: Účinky substrátu, mykORIZÁCIE a hnojenia na rastové a fyziologické parametre jednoročných krytokorenných semenáčikov smreka obyčajného. In: *Proceedings of Central European silviculture*. VÚLHM Opočno, 81–89.
- SARVAŠ, M., TUČEKOVÁ, A., PAVLENDÁ, P., 2003: Výsledky výskumu aplikácie hnojiva Silvamix MG v lesoch Slovenska. Kostelec nad Černými lesy, 46–52.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J., 2006: Litter-fall as a source of nutrients in Scots pine stands in different thinning regime. In: *Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností*. VÚLHM Opočno, 367–376.
- ŠEBEŇ, V., 2003: Vyhodnotenie podsadiieb vo vysokohorských preriedených porastoch. *Lesnícky časopis - Forestry journal* 49/2, LVÚ Zvolen, 169–187.
- ŠEBEŇ, V., ŠMELKO, Š., BOŠEĽA, M., JANKOVIČ J., PAVLENDÁ, P., 2008: Metodika monitoringu revitalizačných opatrení. NLC-LVÚ Zvolen, 22.
- ŠMELKO, Š., 2008: Metodika monitoringu a hodnotenia vývoja revitalizovaných porastov na Slovensku. Štúdiá riešená pre NLC v rámci zmluvy č. 648/2008. NLC Zvolen, 37.
- ŠMELKO, Š., WENK, G., ANTANAJTIS, V., 1992: Rast, štruktúra a produkcia lesa. *Príroda*: 342.
- ŠRÁMEK, V., KULHAVÝ, J., LOMSKÝ B., VORTELOVÁ, L., MATĚJKA, K., NOVOTNÝ, R., HELLEBRANDOVÁ, K., 2008: Návrh opatření k udržení a zlepšení stavu lesních půd. In: *Lesnické hospodaření v Krušných horách*. Edice Grantové služby LČR, 477.
- TUČEKOVÁ, A., 2001: Možnosti umelej obnovy horských lesov Nízkyh Tatier. In: *Současné otázky pěstování horských lesů*. VÚLHM Opočno, 161–170.
- TUČEKOVÁ, A., 2010: Overovanie účinnosti hnojivových aditiv v umelej obnove na viatych pieskoch Záhoria. In: *Pěstování lesů v nižších vegetačních stupních*. Brno, 152–158.
- TUČEKOVÁ, A., SARVAŠ, M., 2002: Pomaly rozpustné hnojivá a ich využitie v lesníctve. *Les*, 4: 17–18.
- ULBRICOVÁ, I., KYLAR, J., 2009: Předběžné výsledky experimentu s hnojením pomalurozpustnými hnojivy v rámci pěstování poloodrostků listnatých dřevin. *Pěstování lesa ako nástroj ciel'avedomého využívania potenciálu lesov*. NLC Zvolen 38–46.
- VAKULA, J., ZÚBRIK, M., KUNCA, A., GUBKA, A., GALKO, J., KONŮPKA, B., 2011: Vývoj hynutia smrečín na Slovensku od roku 2004. In: *APOL*. Zborník referátov: 59–64.

POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu ITMS 26220220026 „*Demonštračný objekt premeny odumierajúcich smrekových lesov na ekologicky stabilnejšie multifunkčné ekosystémy*“, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja. „Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EU“.

ZAKOREŇOVANIE A RAST ODREZKOV SMREKA OBYČAJNÉHO V SUBSTRÁTE INOKULOVANOM MIKROBIÁLNYMI PRÍPRAVKAMI

SURVIVAL AND GROWTH OF THE NORWAY SPRUCE STEM CUTTINGS ON GROWTH
SUBSTRATE INOCULATED BY MICROBIAL PREPARATES

JAROSLAV VENCURIK, IVAN REPÁČ, MIROSLAV BALANDA

Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, Masarykova 24,
SK-960 53, Zvolen
vencurik@vsld.tuzvo.sk, repac@vsld.tuzvo.sk, balanda@vsld.tuzvo.sk

ABSTRACT

*Submitted paper deals with effect of laboratory produced ectomycorrhizal (ECM) fungi inoculum of *Suillus bovinus* [L.:Fr.] O. Kuntze and *Tricholoma sejunctum* [Sow.:Fr.] Quél. species and effect of commercial fungal preparates ECTOVIT[®], MycorrhizaROOTS[™], commercial bacterial preparate BactoFil B[®] and powder rooting stimulator VETOZEN[®] on survival (rooting) and subsequent growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stem cuttings after two growing seasons. The successful rooting of stem cuttings ranged from 8 to 86% (mean value 50%) after the first growing season and from 0 to 58 % (mean value 29%) after the second growing season. The highest percentage of successful rooting was observed for rooting stimulator "Vetozen" treatment (86% and 58%, respectively) the lowest for "vermiculite fungi inoculum" treatment (41% and 11%, respectively) and "Ectovit" treatment (8% and 0%, respectively). The application of ectomycorrhizal (ECM) fungi inoculum and commercial preparates had significant effect ($P < 0.05$) on growth of shoots of Norway spruce stem cuttings.*

Key words: stem cuttings, Norway spruce, fungal inoculum, microbial additives

ABSTRAKT

*Predložená práca sa zaoberá testovaním vplyvu laboratórne vyrobeného hubového inokula EKM húb masliak kravský (*Suillus bovinus* [L.:Fr.] O. Kuntze) a čirovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sow.:Fr.] Quél.), a komerčných hubových prípravkov ECTOVIT[®], MycorrhizaROOTS[™], komerčného bakteriálneho prípravku BactoFil B[®] a práškového stimлятора zakoreňovania VETOZEN[®] na zakoreňovanie a rast koreňovej sústavy a nadzemnej časti odrezkov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) po dvoch vegetačných obdobiach. Percento zakoreňovania smrekových odrezkov sa pohybovalo v intervale 8-86 % (v priemere 50 %) po prvom a 0-58 % (v priemere 29 %) po druhom vegetačnom období. Najvyššie priemerné percento zakoreňovania sa dosiahlo pri odrezkoch s aplikáciou koreňového stimлятора Vetozen (86 %, resp. 58 %), najnižšie pri vermikulitovom hubovom inokule (41 %, resp. 11 %) a pri variante s aplikáciou Ectovitu (8 %, resp. 0 %). Aplikácia hubového inokula a komerčných prípravkov ovplyvnila významne ($P < 0,05$) rast nadzemnej časti smrekových odrezkov.*

Kľúčové slová: osové odrezky, smrek obyčajný, hubové inokulum, mikrobiálne prípravky

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Autovegetatívne rozmnožovanie lesných drevín predstavuje progresívnu metódu umožňujúcu produkciu geneticky homogénneho reprodukčného materiálu, ktorého rast a kvalitatívne vlastnosti sú do značnej miery predvídateľné. Táto metóda je používaná predovšetkým v ochrane genofondu vzácnych populácií drevín ako i pri plnení šľachtiteľských cieľov. Pri niektorých druhoch nachádza uplatnenie ako doplnková metóda výroby sadbového materiálu (SMITH *et al.* 1997). Smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.), ktorý sa v prirodzených podmienkach obnovuje vegetatívne len v extrémnych podmienkach na hornej hranici svojho rozšírenia (KUCBEL 2007, 2011), patrí medzi lesné dreviny s pomerne dobre prepracovanými postupmi autovegetatívneho rozmnožovania (RADOSTA 1987). Úspešnosť rozmnožovania smreka odrezkami vo veľkej miere ovplyvňuje ich pôvod, čas, miesto odberu a vek materskej rastliny, veľkosť a fyziologický stav odrezkov, substrát a podmienky prostredia (SPETHMANN 1997, JURÁSEK, MARTINCOVÁ 2004).

Dôležitú úlohu pri zakoreňovaní odrezkov majú sacharidy a rastové hormóny, tzv. auxíny, vyprodukované nadzemnou časťou, ktoré ovplyvňujú predovšetkým kvalitu koreňového systému a rýchlosť zakoreňovania (SPETHMANN 1997). Niektoré rastové hormóny vylučujú tiež ektomykorízne (EKM) huby, čo vedie k tzv. nešpecifickej stimulácii tvorby koreňov na odrezkoch. Proces zakoreňovania je v tomto prípade stimulovaný látkami produkovanými mykoríznu hubou bez toho, aby došlo k vytvoreniu mykoríznej symbiózy medzi odrezkom a symbiontom (CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN 1990). Účinkom inokulácie odrezkov smreka obyčajného EKM hubami na ich prežívanie, zakoreňovanie, rast a tvorbu mykoríz sa zaoberali autori CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN (1990), KUDĚLA (1991), REPÁČ (2000, 2007a). Výsledky výskumu prezentované v týchto prácach sú rozdielne, pričom nie vo všetkých prípadoch sa potvrdil jednoznačne pozitívny efekt aplikácie EKM húb na skúmané procesy.

Cieľom príspevku bolo testovanie vplyvu laboratórne vyrobeného hubového inokula EKM húb masliak kravský (*Suillus bovinus* [L.:Fr.] O. Kuntze) a čirovka zelehnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sow.:Fr.] Quél.), a komerčných hubových prípravkov ECTOVIT[®], MycorrhizaROOTS[™], komerčného bakteriálneho prípravku BactoFil B[®] a práškoveho stimulátora zakoreňovania VETOZEN[®] na zakoreňovanie a rast koreňovej sústavy a nadzemnej časti odrezkov smreka obyčajného po dvoch vegetačných obdobiach.

MATERIÁL A METODIKA

Pokus bol založený v škôlkárskom stredisku Jochy (Lesy SR š.p., OZ Semenoles Liptovský Hrádok), ktoré sa nachádza v nadmorskej výške 830 m. n. m. Pre odber odrezkov boli použité 4-ročné sadenice smreka obyčajného (2+2, evidenčný kód 01425BR-064) pestované na nekrytých záhonoch v škôlkárskom stredisku. Odrezky dlhé 7–10 cm boli odobraté v polovici apríla 2010 (bezprostredne pred ich výsadbou) z bočných vetví sadeníc a zakorenené v skleníku.

Zakoreňovací substrát tvoril čistý perlit, do ktorého sa aplikovalo hubové inokulum EKM húb masliak kravský (*Suillus bovinus* [L.:Fr.] O. Kuntze) a čirovka zelehnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sow.:Fr.] Quél.), a komerčné prípravky Ecto-

vit (Symbiom, s.r.o., Česká republika), Mycorrhizaroots (ENGO, s.r.o., Slovenská republika), BactoFil B (AGRO.bio Kft., Maďarsko) a Vetozen (Geoproduct Kft., Maďarsko). Ďalším pokusným variantom bol čistý perlitový zakoreňovací substrát bez aditív (kontrola). Aplikácia laboratórne vyrobeného inokula + štyri komerčné prípravky + čistý perlit = 6 pokusných variantov.

Izoláty EKM húb boli preočkované približne každé 3 mesiace a udržiavané striedavo na živných médiách BAF, KHO, MMN a agar so sladínovým extraktom. Použité izoláty rástli v období pred založením pokusu intenzívne v *in vitro* podmienkach. Pre inokuláciu bolo pripravené hubové inokulum podľa MARXA *et al.* (1976). Zmes vermikulitu a rašeliny (20 : 1) bola preliata polovičným objemom živného média BAF a inokulovaná submerznými kultúrami húb, ktoré prerastali tento substrátový nosič približne 8 týždňov (REPÁČ 2011).

Ectovit obsahuje mycélium 4 druhov EKM húb, spóry 2 druhov EKM húb na rašelinovom nosiči s obsahom prírodných zložiek podporujúcich vývoj mykorízy, a biologicky odbúrateľné granule absorbčného gélu. Mycorrhizaroots je stimulátor zakoreňovania tvorený endo (*Glomus*, *Gigaspora*) a ektomykoriznými hubami (*Pisolithus*, *Rhizopogon*, *Scleroderma*, *Laccaria*), a zmesou biologicky aktívnych látok (výťažok z morských rias, kyselina humínová, aminokyseliny, vitamíny). BactoFil B obsahuje pôdne baktérie (*Azotobacter*, *Cellulomonas*, *Bacillus*) a prídavné látky. Vetozen je syntetický stimulátor určený pre stimuláciu zakoreňovania odrezkov, klíčiacich semien alebo presádzaných rastlín zvyšujúci obsah makro- a mikroživín v rizosfére.

Laboratórne hubové inokulum a komerčné prípravky boli aplikované do zakoreňovacieho substrátu (perlit) umiestnenom v PVC bedničkách (48 × 15 × 13 cm, dĺžka × šírka × hĺbka), zväčša bezprostredne pred výsadbou odrezkov. Vermikulitové hubové inokulum bolo premiešané s vrchnou 10 cm vrstvou zakoreňovacieho substrátu v objemovom pomere 3 : 1. Ectovit bol aplikovaný vo forme gélu, ktorý vznikol zmiešaním 250 ml hubového mycélia so 650 ml suchej zložky produktu (spóry húb a práškový hydrogél) a primeraného množstva vody (6,5 l) bezprostredne pred výsadbou odrezkov. Gél bol následne premiešaný s vrchnou 6 cm vrstvou (polovica výšky substrátu v bedničke resp. kvetináči) zakoreňovacieho substrátu v objemovom pomere 3 : 5. Stimulátor zakoreňovania Mycorrhizaroots bol použitý vo forme zálievky (0,8 g prípravku Mycorrhizaroots/1,4 l vody/1 m²) bezprostredne po výsadbe odrezkov do substrátu. BactoFil B bol aplikovaný vo forme vodnej suspenzie (koncentrácia 10 %, dávka 4 l.m⁻²), s odstupom po výsadbe začiatkom júna a koncom júla 2010. Pri variante so syntetickým stimulátorom Vetozen sa bazálna časť odrezkov (1,5–2,0 cm) namáčala striedavo (2×) do vody a práškového prípravku Vetozen.

Odrezky boli vysádzané do zakoreňovacieho substrátu v deň ich odberu do hĺbky 2–3 cm. Tri opakovania (bedničky) po 60 odrezkov v každom variante (180 odrezkov na variant) boli umiestnené v náhodných blokoch a umiestnené do skleníka. Odrezky zakoreňovali v skleníku v prirodzenom svetelnom a teplotnom režime. Podľa potreby sa vykonávalo zavlažovanie substrátu, vetranie a udržiavanie vlhkosti vzduchu pomocou zvlhčovačov. V priebehu pokusu neboli aplikované žiadne

hnojivá alebo pesticídy. Po prvom vegetačnom období (začiatok apríla 2011) boli odrezky preškôlkované jednotlivo do obalov objemu 0,9 dm³, pričom bola vykonaná aj aplikácia prípravkov Ectovit, Mycorrhizaroots, BactoFil B a Vetozen, rovnakým spôsobom a v rovnakých dávkach ako v čase výsadby odrezkov (apríl 2010). V máji 2011 boli opätovne aplikované prípravky Mycorrhizaroots a BactoFil B.

Po prvom vegetačnom období (koniec októbra) bolo z jednotlivých variantov a opakovaní náhodne vybraných a opatrne vyzdvihnutých 15 odrezkov (vzhľadom na vysokú mortalitu odrezkov v niektorých opakovaníach bol počet vyzdvihnutých odrezkov nižší), celkovo bolo analyzovaných 200 odrezkov. Po druhom vegetačnom období bolo vyzdvihnutých a analyzovaných vo všetkých variantoch, s výnimkou Ectovitu (100 % mortalita odrezkov), celkovo len 75 odrezkov (15 odrezkov/variant). Počet ektomykoríz, samostatne podľa morfológických typov a počet všetkých krátkych korieňov, sme zisťovali pomocou binokulárnej lupy pri 10–15-násobnom zväčšení. Ďalej sme zisťovali počet výhonkov, počet bočných korieňov, celkovú dĺžku a hmotnosť sušiny výhonkov a korieňov vyrastajúcich z bázy odrezka, a po druhom vegetačnom období aj počet hlavných korieňov a dĺžku terminálneho výhonku.

Biometrické charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu (hlavný účinok huba resp. prípravok), po druhom vegetačnom období bez zohľadnenia opakovaní. Pre posúdenie významnosti rozdielov priemerných hodnôt sledovaných znakov medzi jednotlivými variantmi (úrovňami faktora) sa použil Tukeyov test ($p = 0,05$). Všetky analýzy boli spracované na PC pomocou štatistického programu SAS.

VÝSLEDKY

Percento zakorenených smrekových odrezkov v substráte bez a s aplikáciou komerčných prípravkov, resp. s jeho inokuláciou vybranými EKM hubami, sa pohybovalo v intervale 8–86 % (v priemere 50 %) po prvom a 0–58 % (v priemere 29 %) po druhom vegetačnom období. Najvyššie priemerné percento zakoreňovania sa dosiahlo pri odrezkoch s aplikáciou koreňového stimulantu Vetozen (86 %, resp. 58 %) a prípravkov Mycorrhizaroots (63 %, resp. 43 %) a BactoFil B (62 %, resp. 38 %), najnižšie pri vermikulitovom hubovom inokule (41 %, resp. 11 %) a pri variante s aplikáciou Ectovitu (8 %, resp. 0 %). Pri kontrolnom variante bolo zistené zakoreňovanie odrezkov na úrovni 43 % po prvom a 21 % po druhom vegetačnom období.

Analýza rozptylu po prvom vegetačnom období potvrdila štatisticky významný vplyv ($P < 0,05$) aplikácie vermikulitového hubového inokula (*Suillus bovinus*, *Tricholoma sejunctum*) a komerčných prípravkov na počet a celkovú dĺžku výhonkov, hmotnosť sušiny nadzemnej časti a celkovú hmotnosť sušiny analyzovaných odrezkov smreka obyčajného (tab. 1, 2). Najvyššie hodnoty pri týchto ukazovateľoch dosiahli odrezky s prípravkom Mycorrhizaroots, najnižšie inokulované Ectovitom. Dosiahnuté hodnoty počtu výhonkov pri prípravku Mycorrhizaroots boli štatisticky významne väčšie ($P < 0,05$) aj v porovnaní s kontrolným variantom (čistý perlit), vermikulitovým hubovým inokulom a BactoFilom B, pri hmotnosti

sušiny nadzemnej časti odrezkov v porovnaní s kontrolným variantom, vermikulitovým hubovým inokulom a Vetozenom. Pri rastových ukazovateľoch koreňov sa významný vplyv hubového inokula resp. komerčných prípravkov nepreukázal ($P > 0,05$). Po druhom vegetačnom období sa ako štatisticky významné ($P < 0,05$) potvrdili už len rozdiely v priemerných dĺžkach koreňov medzi hubovým inokulom ($13,7 \pm 1,1$ cm) a Vetozenom ($10,2 \pm 0,6$ cm), a v dĺžkach terminálnych výhonkov medzi hubovým inokulom ($3,4 \pm 0,7$ cm) a prípravkom Mycorrhizaroots ($1,5 \pm 0,3$ cm). Aplikácia hubového inokula a komerčných prípravkov neovplyvnila významnejším spôsobom rozsah mykoríz a výskyt jednotlivých morfortypov mykoríz (údaje nie sú v práci prezentované).

DISKUSIA

Vplyvom inokulácie odrezkov smreka obyčajného (*Picea abies* [L.] Karst.) EKM hubami sa zaoberali viacerí autori (CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN 1990, KUDĚLA 1991, REPÁČ *et al.* 2011). Percento prežívania (zakoreňovania) inokulovaných smrekových odrezkov v týchto prácach kolísalo medzi 34–100 %. V našom pokuse sa percento zakoreňovania smrekových odrezkov pohybovalo v priemere len na úrovni 50 % po prvom, resp. 29 % po druhom vegetačnom období. Pravdepodobnou príčinou vysokej mortality smrekových odrezkov boli obmedzené možnosti regulácie teplotných, svetelných a vlhkostných podmienok (relatívna vzdušná vlhkosť) prostredia. Tieto faktory často prekračovali kritické prípustné hodnoty. Napr. úroveň relatívnej vzdušnej vlhkosti v skleníku sa síce dlhodobo pohybovala medzi 80–90 %, vyskytli sa však aj jej krátkodobé výkyvy pod 80 %, ktoré mohli spôsobiť zvýšené usychanie a odumieranie odrezkov. Vysoká vzdušná vlhkosť je pritom jedným zo základných predpokladov úspešného autovegetatívneho rozmnožovania odrezkov (SPETHMANN 1997). Takéto prostredie však znamená aj zvýšené nebezpečenstvo výskytu patogénnych mikroorganizmov (húb), ktoré sa v kombinácii s priestorovým usporiadaním bedničiek na ploche skleníka mohli tiež istou mierou podieľať na odumieraní pestovaných odrezkov.

Aplikácia komerčných prípravkov Vetozen (86 %, resp. 58 %), Mycorrhizaroots (63 %, resp. 43 %) a BactoFil B (62 %, resp. 38 %) umožnila v týchto podmienkach lepšie zakoreňovanie odrezkov v porovnaní s kontrolným variantom (43 %, resp. 21 %). Pozitívny vplyv aplikácie syntetického stimulátora Vetozen na zakoreňovanie (prežívanie) smrekových odrezkov naznačujú aj výsledky REPÁČA *et al.* (2011). Naopak inokulácia substrátu vermikulitovým hubovým inokulom (41 %, resp. 11 %) a zvlášť Ectovitom (8 %, resp. 0 %) sa prejavila skôr negatívne. Vzhľadom na rozsah pokusu a vysokú mortalitu odrezkov však nebolo možné tieto rozdiely štatisticky testovať a vysloviť tak spoľahlivé závery o vplyve inokulácie a aplikovaných prípravkov na zakoreňovanie odrezkov. Aj keď väčšina doterajších výskumov naznačuje skôr pozitívny (žiadny) efekt inokulácie na prežívanie a zakoreňovanie

Tabuľka 1: Analýza rozptylu (F a P hodnoty) účinku hubového inokula a použitých komerčných prípravkov na rastové parametre odrezkov smreka obyčajného po dvoch vegetačných obdobiach
Table 1: Analysis of variance (F and P values) of effect of fungal inoculum and applied commercial products on the growth characteristics of stem cuttings of Norway spruce after two growing seasons

Počet ¹ výhonkov	Počet ² koreňov	Počet ³ bočných koreňov	Celková ⁴ dĺžka výhonkov	Celková ⁵ dĺžka koreňov	Priemerná ⁶ dĺžka výhonkov	Priemerná ⁷ dĺžka koreňov	Dĺžka ⁸ terminálneho výhonku	Hmotnosť ⁹ sušiny nadzemnej časti	Hmotnosť ¹⁰ sušiny koreňov	Celková ¹¹ hmotnosť sušiny
Po prvom vegetačnom období ¹²										
F	7,66	–	4,87	1,63	0,79	–	–	17,04	1,23	6,45
P	0,005	–	0,020	0,248	0,585	–	–	0,001	0,369	0,008
Po druhom vegetačnom období ¹³										
F	2,22	1,19	1,53	0,70	1,59	2,76	4,15	0,94	1,64	1,22
P	0,075	0,323	0,204	0,594	0,188	0,034	0,004	0,446	0,173	0,311

¹⁾ Number of shoots, ²⁾ Number of roots, ³⁾ Number of lateral roots, ⁴⁾ Total length of shoots, ⁵⁾ Total length of roots, ⁶⁾ Average length of roots, ⁷⁾ Average length of shoots, ⁸⁾ Leading shoot length, ⁹⁾ Shoot dry weight, ¹⁰⁾ Root dry weight, ¹¹⁾ Total dry weight, ¹²⁾ After the first growing season, ¹³⁾ After the second growing season

Tabuľka 2: Rastové parametre (priemer±SE) odrezkov smreka obyčajného po dvoch vegetačných obdobiach v substráte s hubovým inokulom alebo s aplikovanými komerčnými prípravkami
Table 2: Growth parameters (mean ± standard error) of Norway spruce stem cuttings after two growing seasons in substrate inoculated with fungal inoculum or applied commercial products

Variant ¹	Počet ² výhonkov (ks)	Počet ³ koreňov	Počet ⁴ bočných koreňov (cm)	Celková ⁵ dĺžka výhonkov (cm)	Celková ⁶ dĺžka koreňov (cm)	Priemerná ⁷ dĺžka výhonkov (cm)	Priemerná ⁸ dĺžka koreňov (cm)	Dĺžka ⁹ terminálneho výhonku (cm)	Hmotnosť ¹⁰ sušiny nadzemnej časti (mg)	Hmotnosť ¹¹ sušiny koreňov (mg)	Celková ¹² hmotnosť sušiny (mg)
Po prvom vegetačnom období ¹³											
Inokulum ¹⁵	4,2±0,2 ^{bc*}	-	81,5±13,6	10,3±0,5 ^{ab}	71,0±5,9	2,6±0,1	-	-	501±18 ^c	171±13	672±25 ^{ac}
Ectovit	3,1±0,3 ^c	-	64,8±21,7	7,4±1,1 ^b	91,8±13,1	2,5±0,3	-	-	415±40 ^c	243±65	658±79 ^c
Mycorrhizaroots	5,5±0,3 ^a	-	102,7±22,1	12,5±1,1 ^a	92,0±9,5	2,3±0,2	-	-	681±35 ^a	222±22	903±50 ^a
Bactofil B	4,1±0,3 ^{bc}	-	104,3±29,6	10,5±0,9 ^{ab}	96,7±7,8	2,7±0,2	-	-	643±36 ^{ab}	218±17	861±49 ^{ab}
Veiozen	4,9±0,2 ^{ab}	-	62,7±9,9	10,8±0,7 ^{ab}	86,6±9,4	2,2±0,1	-	-	530±22 ^c	183±16	713±30 ^{bc}
Kontrola ¹⁶	4,2±0,2 ^{bc}	-	97,9±15,5	10,6±0,6 ^{ab}	89,5±6,4	2,7±0,2	-	-	541±24 ^{bc}	210±17	751±37 ^{ac}
Po druhom vegetačnom období ¹⁴											
Inokulum	3,7±0,6	9,1±1,2	182,4±20,8	8,8±1,8	117,5±12,8	2,1±0,4	13,7±1,1 ^a	3,4±0,7 ^a	877±93	533±64	1410±152
Mycorrhizaroots	5,1±0,6	10,1±1,1	184,8±28,5	8,3±1,6	133,9±15,4	1,5±0,2	13,4±1,0 ^{ab}	1,5±0,3 ^b	950±105	675±82	1625±185
Bactofil B	5,9±0,6	11,5±1,4	158,2±15,5	8,2±1,2	145,2±15,5	1,4±0,2	13,2±0,8 ^{ab}	1,9±0,3 ^{ab}	980±76	658±54	1639±126
Veiozen	5,1±0,5	11,9±1,0	138,3±11,9	6,2±0,7	118,5±9,9	1,5±0,3	10,2±0,6 ^b	1,8±0,3 ^{ab}	778±43	479±41	1258±82
Kontrola	6,1±0,8	9,1±1,2	179,9±43,6	11,1±1,5	120,8±17,2	1,8±0,1	12,9±0,8 ^{ab}	2,9±0,2 ^{ab}	830±97	565±76	1395±172

**Medzi priemernými hodnotami označenými rôznymi písmenami je významný rozdiel (p<0,05) podľa Tukeya.

Mean values followed by different letters are significantly different (p<0,05) by Tukey test.

¹⁾ Treatment, ²⁾ Number of shoots, ³⁾ Number of roots, ⁴⁾ Number of lateral roots, ⁵⁾ Total length of shoots, ⁶⁾ Total length of roots, ⁷⁾ Average length of shoots, ⁸⁾ Average length of roots, ⁹⁾ Leading shoot length, ¹⁰⁾ Shoot dry weight, ¹¹⁾ Root dry weight, ¹²⁾ Total dry weight, ¹³⁾ After the first growing season, ¹⁴⁾ After the second growing season, ¹⁵⁾ Inoculum, ¹⁶⁾ Control

smrekových odrezkov (CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN 1990, KUDĚLA 1991, REPÁČ 2009), bol v niektorých prácach potvrdený tiež jej negatívny vplyv na tieto procesy (REPÁČ 2000).

Inokulácia substrátu vermikulitovým hubovým inokulom a aplikácia komerčných prípravkov v pokuse ovplyvnila po prvom vegetačnom období štatisticky významne ($P < 0,05$) rast nadzemnej časti (počet a dĺžku výhonkov, hmotnosť sušiny nadzemnej časti a celkovú hmotnosť sušiny) analyzovaných odrezkov smreka obyčajného. Najlepšie parametre nadzemnej časti dosahovali odrezky s prípravkom Mycorrhizaroots, najhoršie inokulované Ectovitom. Pri rastových ukazovateľoch koreňov sa významný vplyv hubového inokula resp. komerčných prípravkov nepreukázal ($P > 0,05$). Po druhom vegetačnom období sa ako štatisticky významné ($P < 0,05$) potvrdili už len rozdiely v priemerných dĺžkach koreňov medzi hubovým inokulom a Vetozenom, a v dĺžkach terminálnych výhonkov medzi hubovým inokulom a prípravkom Mycorrhizaroots. Zatiaľ čo niektorí autori konštatujú stimulačný účinok EKM húb (CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN 1990, REPÁČ 2000, RINCÓN *et al.* 2007) a pôdných baktérií (TUČEKOVÁ 2006, 2007, JALOVÍAR, SARVAŠOVÁ 2007, JALOVÍAR *et al.* 2008) na rast odrezkov a semenáčikov lesných drevín, výsledky iných autorov nie sú v tomto smere jednoznačné (REPÁČ 2007b).

Inokulácia substrátu (inokulum, komerčné prípravky) nebola natoľko účinná, aby introdukované huby prispeli výraznejšou mierou k formovaniu ektomykoríz na krátkych koreňoch odrezkov. Aplikácia EKM inokula do substrátu nemusí zákonite podnietiť tvorbu ektomykoríz na host'ovskej rastline (REPÁČ 2007b). Úspech inokulácie nezávisí len od typu a veku použitého inokula, dávky inokula, načasovania inokulácie, umiestnenia inokula v rastovom médiu (REPÁČ 2011), ale tiež od medzidruhovej a vnútrodruhovej premenlivosti rastlina - huba, podmienok prostredia a iných faktorov (RINCÓN *et al.* 2007). Vývoj a formovanie ektomykoríz môžu stimulovať aj pôdne baktérie tzv. plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) (HÖFLICH *et al.* 2001), zvlášť v podmienkach nepriaznivých pre vývoj húb. V našom pokuse pôdne baktérie (bakteriálny prípravok BactoFil B) neovplyvnili významnejšie vývoj ektomykoríz, čo korešponduje tiež s výsledkami REPÁČA *et al.* (2011).

LITERATÚRA

- HÖFLICH, G., MÜZENBURGER, B., BUSSE, J., 2001: Importance of inoculated rhizosphere bacteria and ectomycorrhizal fungi on growth of pine seedlings in different soils. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 120:68–79.
- CHMELÍKOVÁ, E., CUDLÍN, P., 1990: Stimulace zakořeňování řízku smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.) pomocí ektomykorrhizních hub. *Lesnictví* 36:985-992
- JALOVÍAR, P., SARVAŠOVÁ, I., 2007: Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 49(1):77–86.
- JALOVÍAR, P., JARČUŠKA, B., SARVAŠOVÁ, I., 2008: Influence of substrate type and cultivation technology on quantitative characteristics of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings' root system: comparison between quantitative traits. *Folia eoecologica* 2:25–32.

- JURÁSEK, A., MARTINCOVÁ, J., 2004: Possibilities of influencing the rooting quality of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) cuttings. *Journal of Forest Science* 50:464–477.
- KUCBEL, S., 2007: Analýza stavu prirodzenej obnovy vo vysokohorskom smrekovom lese Nízkych Tatier. In: SANIGA, M., JALOVIAR, P., KUCBEL, S., (eds.): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia*, TU vo Zvolene: 396–402.
- KUCBEL, S., 2011: Štruktúra porastov a regeneračné procesy vo vysokohorských ochranných lesoch Nízkych Tatier, TU vo Zvolene. 138 s.
- KUDĚLA, A., 1991: Oplyvnenie rhizogenézy rezkov smreka ektomykorrhizickou hubou (*Laccaria laccata*). *Lesnictví* 37:9–11.
- MARX, D.H., BRYAN, W.C., CORDELL, C.E., 1976: Growth and ectomycorrhizal development of pine seedlings in nursery soils infested with the fungal symbiont *Pisolithus tinctorius*. *Forest Science* 22:91–100.
- RADOSTA, P., 1987: Ekonomické a biologické hodnotení dosavadných technológií řízkování smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.). *Lesnictví* 33:541–550.
- REPÁČ, I., 2000: Mykorízna symbióza lesných drevín a jej uplatnenie v škôlkárstve. TU vo Zvolene. 69 s.
- REPÁČ, I., 2007a: Účinky vegetatívneho hubového inokula a komerčného prípravku Ectorize na vývin nadzemnej časti obalených odrezkovancov smreka obyčajného. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 49(1):87–98.
- REPÁČ, I., 2007b: Ectomycorrhiza formation and growth of *Picea abies* seedlings inoculated with alginate-bead fungal inoculum in peat and bark compost substrates. *Forestry* 80:517–530.
- REPÁČ, I., 2009: Rast odrezkovancov smreka obyčajného inokulovaných ektomykorrhiznými hubami v lesnej škôlke a na výsadbovej ploche. In: ŠTEFANČÍK, I., KAMENSKÝ, M., (eds): *Pestovanie lesa ako nástroj cielavedomého využívania potenciálu lesov*. NLC-LVÚ Zvolen:30–37.
- REPÁČ, I., 2011: Ectomycorrhizal inoculum and inoculation techniques. In: RAI, M., VARMA, A., (eds.): *Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae. Soil Biology*, 25, Springer-Verlag:43–63.
- REPÁČ, I., VENCURIK, J., BALANDA, M., 2011: Testing of microbial additives in rooting of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stem cuttings. *Journal of Forest Science* 57(12):555–564.
- RINCÓN, A., DE FELIPE, M.R., FERNÁNDEZ-PASCUAL, M., 2007: Inoculation of *Pinus halepensis* Mill. with selected ectomycorrhizal fungi improves seedling establishment 2 years after planting in a degraded gypsum soil. *Mycorrhiza* 18:23–32.
- SMITH, D.M., LARSON, B.C., KELTY, M.J., ASHTON, P.M.S., 1997: The practice of silviculture: Applied Forest Ecology, Wiley. 537 s.
- SPETHMANN, W., 1997: Autovegetative Gehölzvermehrung. In: KRÜSSMANN, G., Die Baumschule. Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen, Parey Buchverlag. 382–448.
- TUČEKOVÁ, A., 2006: Analýza adaptačného procesu a zdravotného stavu novozakladaných porastov na kalamitných holinách Kysúc. In: JURÁSEK, A. et al. (eds.):

Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností. VÚLHM VS Opočno:181–196.

TUČEKOVÁ, A., 2007: Pôdne kondicionéry v škôlkárskych technológiách. In: SANI-GA, M. et al. (eds.): *Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia.* TU vo Zvolene:56–65.

POĎAKOVANIE

Autori ďakujú za spoluprácu zamestnancom škôlkárskeho strediska Jochy a pani Janke Povaľačovej a Bc. Štefanovi Bandíkovi za technickú pomoc. Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA 1/0516/09.