



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**53(2)
2011**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 53(2) 2011

Vedecký redaktor/Managing editor
Doc. Ing. Dušan Gömöry, DrSc.

Predseda redakčnej rady/Editor in Chief
Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.

Redakčná rada/Editorial board
Doc. Ing. Marek Fabrika, PhD.
Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
Prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Doc. Ing. Jozef Suchomel, CSc.
Doc. Dr. Ing. Jaroslav Šálka
Prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

Vydala Technická univerzita vo Zvolene
Vydanie I. – 2011
Rozsah 166 strán, 10,34 AH, 10,99 VH
Náklad 300 výtlačkov
Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene
Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 26. 1. 2011, číslo
EP 167/2011
Evidenčné číslo 3861/2009

© Technická univerzita vo Zvolene
ISSN 0231-5785

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Bugala, M., Migas, M.: Premenlivosť kvalitatívnych znakov kmeňov, (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.) v oblasti Poľany.....	7
Variability of qualitative traits of stems, crowns and health state (damage) of white alder (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench.) in the Poľana Mts.	7
Tomašík, J., Saniga, M.: Štruktúra a veľkosť porastových medzier v NPR Bujanovská dubina	19
Structure and size of gaps in the NNR Bujanovská dubina	19
Zrak, J., Saniga, M.: Štruktúra a objem nekromasy v bukovej časti pralesa NPR Skalná Alpa.....	29
Necromass volume and structure in the beech-dominated part of the National Nature Reserve Skalná Alpa.....	29
Balanda, M., Saniga, M.: Vzťah medzi produkčnými charakteristikami biomasy a mŕtveho dreva vo vybraných vývojových štádiách pralesa NPR Hrončecký grúň	39
Relationships between production characteristics of living trees and necromass in selected developmental stages of natural forest NNR Hrončecký grúň	39
Saniga, M., Jaloviar, P., Kuchel, S., Vencúrik J.: Zmeny štruktúry, nekromasy a regeneračných procesov bukového pralesa NPR Havešová.....	49
The changes of structure, necromass and the regeneration processes in NNR Havešová	49
Vencúrik J., Balanda M.: Účinky hubového inokula a komerčných prípravkov na zakoreňovanie a rast osových odrezkov smreka obyčajného	61
Effect of fungal inoculum and commercial preparates on rooting and growth of Norway spruce stem cuttings	61
Šmelko Š.: Výberová metóda na zisťovanie nadzemnej dendromasy a zásoby uhlíka v lesnom ekosystéme.....	71
Sampling method for the assessment of the above-ground biomass and carbon supply in a forest ecosystem.....	71

Fekete, J., Šmelko, Š., Scheer, E.: Založenie pokusu pre overenie objektívnosti hospodársko-úpravníckych údajov o stave lesa kontrolným výberovým meraním na VŠLP TU Zvolen.....	91
Establishment of the experiment for objectivity verification of forest condition management data employing control sampling measurement at VŠLP TU Zvolen ..	91
Žihlavník, A., Dóczy, J.: Možnosti využitia lesných hospodárskych celkov pre riešenie problematiky ťažbovej úpravy lesa	105
Possibilities of using of forest management units for the solving of the forest cutting control	105
Smreček, R., Sedliak M.: Databáza lesnej cestnej siete a účelových objektov na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene vytvorená s využitím geoinformačných technológií	127
Database of forest road network and purpose objects on area of the Technical University Forest Enterprise by geoinformation technology	127
Žihlavník, Š., Tunák D.: Polygonometria a vedľajšie polygónové ťahy v lesníckom mapovaní	143
Polygonometry and supplemental polygon measurements in forestry mapping.....	143
Tunák, D., Žihlavník Š.: Problematika terestrického určovania vlastníckych hraníc lesných pozemkov	155
Problems of terrestrial mapping of property boundaries of forest land	155

PREMENLIVOSŤ KVALITATÍVNYCH ZNAKOV KMEŇOV, KORÚN, ZDRAVOTNÝ STAV A POŠKODENIE PRIRODZENÝCH POPULÁCIÍ JELŠE SIVEJ (*ALNUS INCANA* (L.) MOENCH.) V OBLASTI POĽANY

Michal B U G A L A – Martin M I G A S

Bugala, M., Migas, M.: Variability of qualitative traits of stems, crowns and health state (damage) of white alder in the Poľana Mts. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 7–18, 2011.

The paper evaluates the results obtained by the study of white alder natural populations in the Poľana Mts. The variation is evaluated on six localities according to selected traits of stem and crown. The results indicate a relatively high percentage of valuable individuals characterized by straight or leaning long stems and good natural removal of aborted lateral branches. Concerning the given discriminating traits, individuals were classified into four classes, where 82.6% of stems were classified as the best classes (A, B). The health state of stems and crowns can be considered good. The data acquired are important mainly from point of view of perspective selection of alder population pointed on quality logs production and its consecutive better economical valorization.

Keywords: *Alnus incana*, variability, qualitative traits, health state

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

V poslednom období sa kladie veľký dôraz aj na celospoločenské funkcie lesov, nevynímajúc funkciu lesov zameranú na produkciu drevnej suroviny a ostatných zdrojov (RĚH 1999). S rastúcim významom lesov sa zvyšuje význam brehových porastov v lesoch horských aj podhorských oblastí. Brehové porasty chránia brehy prirodzených i umelých tokov a vodných nádrží pred priamym pôsobením kinetickej sily vodného prúdu a vlnobitím. Spevňujú tiež štrkové náplavy, znemožňujú ich narušenie a odplavenie, čím zabráňujú vytváraniu splavenín, znečisťovaniu vodných tokov splaveninami a zanášanie akumuláčnych priestorov vodných nádrží (VALTÝNI, JAKUBIS 1999). Preto aj lesnícky výskum v oblasti základných biologických disciplín venuje zvýšenú pozornosť štúdiu populácií tých drevín, ktorých hlavnou úlohou nie je produkcia drevnej suroviny, ale najmä plnenie iných, celospoločenských funkcií. Jednou z významných drevín plniacich uvedené funkcie je aj jelša sivá.

Jelšové porasty okrem brehoochrannej funkcie priaznivo pôsobia na zlepšovanie chemických a fyzikálnych vlastností pôd. V poslednom období sa stávajú zaujímavými aj

z hospodárskeho hľadiska produkciou cennej drevnej suroviny. Jelše patria do skupiny rýchlorastúcich drevín. Vyznačujú sa húževnatosťou a odolnosťou voči nepriaznivým klimatickým podmienkam. Tvoria porasty s produkciou kvalitnej drevnej suroviny na stanovištiach, kde by iné z našich hlavných drevín len ťažko našli vhodné podmienky na svoje uplatnenie. Plnia tak zároveň aj jednu zo základných úloh lesného hospodárstva, ktorou je dosiahnutie najväčšej produkcie a kvalitných sortimentov v čo najkratšom čase.

Pri melioračnom využití majú jelše niekoľko výhod: ich listy sa ľahko rozkladajú a prispievajú k obohateniu pôdy organickými látkami a súčasne vytvárajú na koreňoch symbiotické hľúžky s aktinomycetami rodu *Frankia*, schopnými viazať vzdušný dusík (MOLLEROVÁ, ULBRICHOVÁ 2002). DUKE (1983) uvádza, že objem fixovaného dusíka jedincami jelše lepkavej dosahuje hodnotu až 125 kg/ha ročne pri jedincoch vo veku do 8 rokov a pri jedincoch vo veku do 20 rokov sa táto hodnota pohybuje v rozmedzí 56–130 kg/ha za rok. Viazaný dusík spoločne s ľahko rozložiteľnou biomasou listia (približne 2,7 ton/ha/rok) tak predstavuje dispozíciu nezanedbateľného množstva organických a minerálnych látok dôležitých pri kolobehu živín a výžive drevín v ekosystéme.

Cieľom práce bolo v oblasti Poľany zmapovať výskyt prirodzených populácií jelše sivej. Na vytypovaných lokalitách založiť výskumné plochy a urobiť rozbor kvalitatívnych znakov kmeňa, koruny, zdravotného stavu a na ich základe posúdiť celkovú kvalitu populácií sledovaného taxónu v danej oblasti.

2. METODIKA

Materiál pre predkladanú prácu sa získal na 6-tich lokalitách vo vybraných častiach stredného Slovenska ležiacich v orografickom celku Poľana.

Poľana je sopečné pohorie s rozlohou približne 200 km². Deväťdesiat percent jej územia pokrývajú lesy, tvoriace veľmi pestrý komplex od dubín s fragmentmi teplomilných rastlinných spoločenstiev, cez jedľové bučiny až po prirodzené vrcholové smrečiny. Stratovulkanická stavba sa prejavuje striedaním odolných andezitových príkrovov a prúdov s vrstvami menej odolných tufov a tufitov. V centrálnej časti územia sa pôsobením eróznym a denudačným procesom zachovala typická kotlovitá prehĺbenina – kaldera. Zvyšky lávových andezitových prúdov, ktoré odolali eróznym procesom, slúžia ako náučné objekty a mnohé z nich sú vyhlásené za maloplošné chránené územia. Prevládajúcim klimaticko-geografickým subtypom horských svahových a hrebeňových polôh je horská klíma studená, ktorá v nižších polohách pozvoľna prechádza do chladnej, mierne chladnej až mierne teplej horskej klímy. Charakterizuje ju malá inverzia teplôt a vysoká až veľmi vysoká vlhkosť vzduchu. Úrodné polohy sčasti spadajú do subtypu mierne teplej kotlinovej klímy. Priemerné ročné teploty vzduchu sú 3 až 5 °C a kolíšu od 14 °C (júl) do –5 °C (január). Priemerný ročný úhrn zrážok je 600 až 900 mm, na vrchole Poľany (1 458 m n. m.) až 1 100 mm (KOLEKTÍV 1972).

Výber plôch sa uskutočnil podľa nasledovných zásad:

- vybraná plocha ma čo najlepšie reprezentovať celý porast, jeho rastovú a vývojovú dynamiku a sledované znaky z hľadiska premenlivosti,

- plochy sa nemajú sa nachádzať na miestach prechodu jelšových porastov do porastov odlišného drevinového zloženia plochy sú podľa možnosti súvislé,
- majú byť prístupné aj z hľadiska terénnych prác (odber vývrvtov a vzoriek pre kmeňové analýzy).

Na každej ploche sa náhodným výberom vybralo 30 úrovňových, príp. nadúrovňových jedincov, na ktorých sa merali a zisťovali taxačno-dendrometrické veličiny a kvalitatívne znaky vybrané na základe vlastných poznatkov podľa už overenej metodiky (LUKÁČIK 2000, LUKÁČIK, BUGALA 2005). Zdravotný stav korún sa posudzuje podľa 5-stupňovej klasifikácie používanej pri hodnoteniach iných drevín (VANÍK 1996). Zatriedenie kmeňov do kvalitatívnych tried (ČERMÁK, HUBAČ 1978) je potom vykonané na základe predchádzajúceho hodnotenia znakov kmeňa, koruny a ich zdravotného stavu. Kvalitatívne triedy boli čiastočne upravené s ohľadom na hodnotený taxón.

Jednotlivé znaky sa hodnotili podľa nasledovných stupníc:

Rast a priebeh kmeňa:

1. rovný priebežný, 2. šikmý priebežný, 3. pokrivený, 4. šabľovitý, 5. iný.

Povrch kmeňa:

1. hladký, 2. očkový, 3. iný.

Čistenie kmeňa:

1. veľmi dobré (bez adventívnych výhonkov),
2. dobré (1–4 adventívne výhonky na 1 m),
3. zlé (5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m).

Tvar koruny:

1. vajcovitý, 2. stĺpovitý, 3. dáždnikovitý, 4. metlovitý, 5. iný.

Hrúbka konárov 1. stupňa:

1. tenké (v mieste nasadenia nepresahujúce 1/4 hrúbky kmeňa),
2. stredné (v mieste nasadenia od 1/4 do 1/2 hrúbky kmeňa),
3. hrubé (v mieste nasadenia presahujúce 1/2 hrúbky kmeňa).

Zdravotný stav a poškodenie kmeňa:

1. kmeň zdravý,
2. kmeň poškodený (mechanicky, hnilobou, mrazom, hubami),
3. kmeň odumierajúci.

Zdravotný stav korún:

1. koruna zdravá, plne olistená, s veľkými tmavozelenými listami a normálnymi prírastkami konárov, strata olistenia do 10 %,
2. koruna slabo presvetlená, farba listov, niekedy aj ich tvar, vykazujú zmeny (najmä na obvode koruny), strata olistenia 11–25 %,
 - 3a. koruna stredne presvetlená, začínajú sa deformovať a skracovať bočné konáre, strata olistenia 26–40 %,
 - 3b. koruna výraznejšie presvetlená, konce bočných konárov začínajú odumierať, pravidelne dochádza k zmene sfarbenia a tvaru listov, strata olistenia 41–60 %,
 4. koruna silne presvetlená, okrem bočných konárov začínajú odumierať aj terminálne výhonky, často sa vyskytuje zmnoženie a zmenšenie listov, veľká časť listov je odumretá, strata olistenia 60–90 %,

5. koruna odumierajúca, strata olistenia nad 90 %.

Kvalita kmeňa:

- A – kmene rovné, priebežné, plnodrevné, bez adventívnych výhonkov, zdravé, nepoškodené,
- B – kmene rovné, prípadne šikmé, priebežné, plnodrevné, s veľmi dobrým alebo dobrým, čistením kmeňa,
- C – v porovnaní s kvalitatívnou triedou B môžu byť aj kmene rozkonárené alebo čiastočne pokrivené, so zbíhavým typom kmeňa, hrubými konármi, s výskytom 5 a viac adventívnych výhonkov na 1 m, s mechanickým poškodením alebo mrazovými trhlinami,
- D – kmene šabl'ovité alebo výrazne pokrivené, vidlicovité alebo rozkonárené, so zlým čistením, hrubými konármi, s ktorýmkoľvek druhom poškodenia.

3. VÝSLEDKY

3.1. Stručná charakteristika založených plôch

Plocha 1 – Studená jama

Lesná správa: Hriňová, Nadmorská výška: 710 m. n. m., Vek porastu: 40 r., Expozícia: Z
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 95 %, *Picea abies* 3 %, *Acer pseudoplatanus* 5 %, *Ulmus glabra* 1 %, *Fraxinus excelsior*, *Sambucus racemosa*
Skupina lesných typov: *Alnetum incanae* (Ali)

Plocha 2 – Jelšiny

Lesná správa: Poľana, Nadmorská výška: 610 m.n.m., Vek porastu: 35 r., Expozícia: Z
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 100 %, *Picea abies* +, *Acer pseudoplatanus* +, *Fraxinus excelsior* +, *Coryllus avelana*, *Sambucus racemosa*
Skupina lesných typov: *Alnetum incanae* (Ali)

Plocha 3 – Dielec 250

Lesná správa: Poľana, Nadmorská výška: 750 m.n.m., Vek porastu: 40 r., Expozícia: JV
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 80 %, *Acer pseudoplatanus* 10 %, *Fraxinus excelsior* 10 %, *Picea abies* +, *Fagus sylvatica* +, *Ulmus glabra* +
Skupina lesných typov: *Alnetum incanae* (Ali)

Plocha 4 – Kaldera

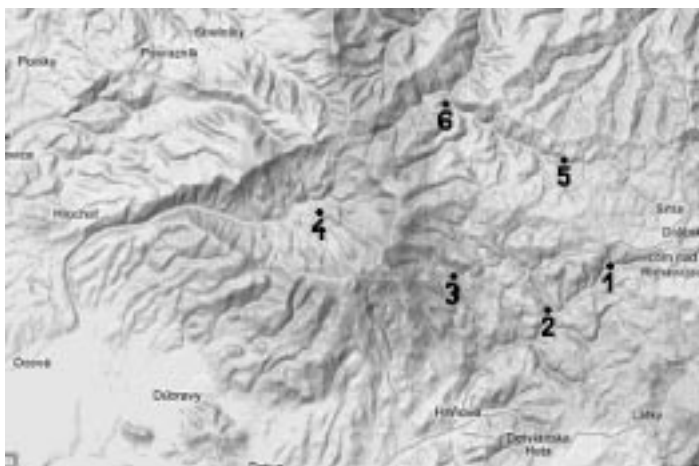
Lesná správa: Kyslinky, Nadmorská výška: 780 m. n. m., Vek porastu: 30 r., Expozícia: Z
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 95 %, *Salix fragilis* 5 %, *Acer pseudoplatanus* +, *Picea abies* +, *Fraxinus excelsior* +, *Salix purpurea* +, *Coryllus avelana*, *Padus avium*
Skupina lesných typov: *Alnetum incanae* (Ali)

Plocha 5 – Čierny potok

Lesná správa: Sihla, Nadmorská výška: 730 m.n.m., Vek porastu: 25 r., Expozícia: SZ
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 100 %, *Fraxinus excelsior* +, *Picea abies* +, *Acer pseudoplatanus* +, *Coryllus avelana*, *Sambucus racemosa*
Skupina lesných typov: *Abieto-Piceetum* (AP)

Plocha 6 – Rybník Hronček

Lesná správa: Sihla, Nadmorská výška: 640 m. n. m., Vek porastu: 30 r., Expozícia: JV
Zastúpenie drevín: *Alnus incana* 95 %, *Fraxinus excelsior* 3 %, *Acer pseudoplatanus* 2 %, *Picea abies* +, *Sorbus aucuparia* +, *Salix caprea* +, *Coryllus avelana* , *Padus racemosa*,
Skupina lesných typov: *Alnetum incanae* (Ali)



Obrázok 1 Rozmiestnenie výskumných plôch v oblasti Poľany
Picture 1 Distribution of research plots in the area of Poľana Mts.

3.2. Výšková a hrúbková štruktúra skúmaných populácií

Priemerné údaje taxačných veličín sú uvedené v tabuľke 1. Z údajov v tabuľke možno získať základnú predstavu o výškovej, hrúbkovej a vekovej rozrôznenosti porastov sledovaného taxónu v skúmanej oblasti.

V oblasti Poľany sa celkovo ohodnotilo 180 kmeňov jelše sivej na šiestich výskumných plochách. Z hodnotenia priemernej výšky vidieť, že táto sa pohybovala v rozpätí 15,1–28,1 m. Priemerná hrúbka $d_{1,3}$ kolísala v rozpätí 19,5–46,5 cm. Je samozrejmé, že na veľkosť oboch taxačných veličín vplýva viacero faktorov. Je to predovšetkým vek jedincov, ich pôvod, pôdne a klimatické pomery, výška hladiny podzemnej vody a i. Významnú úlohu zohráva i sociologické postavenie jedincov na plochách a ich genetická podmienenosť (LUKÁČIK 2000). Tieto skutočnosti sa vo väčšej či menšej miere prejavili aj pri našich meraniach. Vyššie priemerné hodnoty výšky aj hrúbky sa zaznamenali na plochách s prevahou jedincov semenného pôvodu. Je pravdepodobné, že okrem pôvodu jedincov ich rastové vlastnosti ovplyvňujú a j pôdne podmienky a prítomnosť prúdiacej, okysličenej vody.

Za účelom získania podrobnejších poznatkov o rastových vlastnostiach jelše lepkavej sa na založených plochách odobrali vzorky pre kmeňové analýzy a vývrty, ktorých podrobnejšie spracovanie sa pripravuje a nie je predmetom tejto práce.

Tabuľka 1 Výšková a hrúbková štruktúra jelše sivej v oblasti Poľany
Table 1 Height and diameter structure of white alder in the Poľana Mts.

Taxón ¹	Plocha ²	Počet kmeňov ³	Priemer. vek ⁴	Rozpätie výšok ⁵	Priemer. výška ⁶	Rozpätie hrúbok ⁷	Priemer. hrúbka ⁸
		ks	roky	m		cm	
Jelša sivá	1	30	40	16,8–25,1	21,0	19,5–40,5	28,0
	2	30	35	18,6–26,1	22,0	19,5–37,5	26,0
	3	30	40	16,2–28,1	25,0	20,5–40,0	29,0
	4	30	30	18,7–26,8	22,5	20,0–46,5	28,0
	5	30	25	15,1–26,3	23,0	19,5–31,0	24,0
	6	30	30	16,1–25,9	21,0	19,5–34,0	25,0
	Σ	180	–	15,1–28,1	22,4	19,5–46,5	26,2

¹taxon, ²plot, ³number of stems, ⁴average age, ⁵height range, ⁶average height, ⁷range of d.b.h.,
⁸ average d.b.h.

Vysvetlivky:

plocha 1 – Studená jama, 2 – Jelšiny, plocha 3 – Dielec 250, plocha 4 – Kaldera, plocha 5 – Čierny potok, 6 – Rybník Hronček

3.3. Rozbor kvalitatívnych znakov kmeňa

Pri hodnotení kmeňov bola najväčšia pozornosť venovaná znakom, ktoré rozhodujúcou mierou prispievajú k ich zatriedeniu do kvalitatívnych tried a sú dôležitým ukazovateľom ich možného hospodárskeho využitia. Sú to najmä rast a priebeh a čistenie kmeňa od bočných (adventívnych) výhonkov.

Z hodnotenia rastu a priebehu kmeňa je zrejmé (tab. 2), že na založených plochách prevládali jedince s rovným priebežným kmeňom (59,4 %). Jedince so šikmým priebežným kmeňom tvorili 28,8 % z celkového počtu stromov. Najviac jedincov s rovným priebežným kmeňom bolo na ploche 3 – Dielec 250 (76,6 %) a najmenej na ploche 6 – Rybník Hronček (40,0 %). Jedincov s kmeňom šikmým priebežným bolo najviac na ploche 2 – Jelšiny a to až 46,7 % a najmenej na ploche 5 – Čierny potok (16,6 %). Šikmý rast je v jelšových porastoch pomerne častý z dôvodu vkláňania sa jedincov do voľného korunového priestoru. Jedince so šablovitým kmeňom sa vyskytovali na plochách 1 – Studená jama (6,7 %), 4 – Kaldera (3,3 %), 5 – Čierny potok (6,7 %) a 6 – Rybník Hronček (13,3 %). Jedince s pokriveným kmeňom sa nachádzali na všetkých plochách okrem plochy 3 – Dielec 250 no najviac na ploche 4 – Kaldera a 6 – Rybník Hronček (zhodne po 13,3 %).

Tabuľka 2 Rast a priebeh kmeňa jelše sivej v oblasti Poľany

Table 2 Growth and stem form of white alder in the Poľana Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Rast a priebeh kmeňa ³							
		rovný priebežný ⁴		šikmý priebežný ⁵		šabl'ovitý ⁶		pokrivený ⁷	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	19	63,4	6	20,0	2	6,7	2	6,7
2	30	15	50,0	14	46,7	–	–	1	3,3
3	30	23	76,6	7	23,4	–	–	–	–
4	30	15	50,0	10	33,4	1	3,3	4	13,3
5	30	22	73,4	5	16,6	2	6,7	1	3,3
6	30	12	40,0	10	33,4	4	13,3	4	13,3
Σ	180	107	59,4	52	28,8	9	5,0	12	6,8

¹plot, ²number of stems, ³course of the stem, ⁴straight, ⁵skewed, ⁶sabre-shaped ⁷distorted

3.4. Rozbor kvalitatívnych znakov korún

Zo znakov korún sa hodnotili predovšetkým tie, ktorým sa odbornej literatúre i lesníckej praxi pripisuje dôležitá úloha pri hodnotení celkovej kvality populácií jelší. Sú to najmä tvar, hrúbka konárov 1. stupňa a uhol ich nasadenia. Z hľadiska produkcie drevnej hmoty patria medzi najcennejšie jedince s vajcovitými príp. stĺpovitými korunami a tenkými konármi vyrastajúcimi pod ostrým uhlom.

Ako je zrejmé z tabuľky 3, na skúmaných plochách boli najviac zastúpené jedince s vajcovitým tvarom koruny a to 68,3 % najviac na ploche 1 – Studená jama (83,3 %) a najmenej na ploche 4 – Kaldera (46,7 %). Stromov so stĺpovitou korunou bolo celkovo 24,4 % z celkového počtu stromov, najviac na ploche 4 – Kaldera (46,6 %) a najmenej na ploche 1 – Studená jama (6,7 %). Metlovitý tvar malo celkovo 7,3 % jedincov a vyskytovali sa na všetkých plochách. Najviac boli zastúpené na ploche 1 – Studená jama a 6 – Rybník Hronček zhodne po 10,0 %.

Tabuľka 3 Tvar korún jelše sivej v oblasti Poľany

Table 3 Crown forms of white alder in the Poľana Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Tvar koruny ³					
		vajcovitý ⁴		stĺpovitý ⁵		metlovitý ⁶	
		ks	%	ks	%	ks	%
1	30	25	83,3	2	6,7	3	10,0
2	30	22	73,3	6	20,0	2	6,7
3	30	21	70,0	7	23,3	2	6,7
4	30	14	46,7	14	46,6	2	6,7
5	30	20	66,7	9	30,0	1	3,3
6	30	21	70,0	6	20,0	3	10,0
Σ	180	123	68,3	44	24,4	13	7,3

¹plot, ²number of stems, ³shape of crown, ⁴egg-shaped, ⁵columnar, ⁶broom-shaped

3.5. Hodnotenie zdravotného stavu a poškodenia kmeňov a korún

V rámci posúdenia zdravotného stavu a poškodenie skúmaného taxónu sa osobitná pozornosť venovala kmeňom a korunám hodnotených jedincov. Výsledky hodnotenia sú uvedené v tabuľke 4.

Na základe zistených skutočností možno konštatovať, že na založených plochách jednoznačne prevládajú kmene bez vonkajších známk poškodenia a tvoria až 85,5 % všetkých jedincov.

Najviac zdravých nepoškodených jedincov sa nachádzalo na ploche 3 – Dielec 250 a to až 93,3 %. Z hodnotených druhov poškodenia prevládalo poškodenie mechanické celkovom zastúpení 7,7 %, pričom najvyššie bolo na ploche 4 – Kaldera (16,7 %). Poškodenie mrazom bolo najvyššie na ploche 2 – Jelšiny a to u 10,0 % posudzovaných kmeňov. Poškodenie hnilobou bolo nepatrné, čo je zrejme spôsobené pomerne nízkym vekom jedincov na výskumných plochách.

Tabuľka 4 Zdravotný stav (poškodenie) kmeňov jelše sivej v oblasti Poľany

Table 4 Health state (damage) of stems of white alder in the Poľana Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Zdravotný stav a poškodenie kmeňa ³							
		Zdravý ⁴		Poškodený hnilobou ⁵		Poškodený mechanický		Poškodený mrazom	
		ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	24	80,0	–	–	2	6,7	4	13,3
2	30	25	83,3	–	–	2	6,7	3	10,0
3	30	28	93,3	2	6,7	–	–	–	–
4	30	25	83,3	–	–	5	16,7	–	–
5	30	26	86,7	–	–	3	10,0	1	3,3
6	30	25	83,3	2	6,7	2	6,7	1	3,3
Σ	180	154	85,5	4	2,2	14	7,7	8	4,6

¹plot, ²number of stems, ³health state (damage) of stems, ⁴healthy, ⁵rot damaged, ⁶mechanically damaged, ⁷frost damaged

Jedince na sledovaných plochách sa vyznačovali i veľmi dobrým zdravotným stavom korún (tabuľka 5). Až 60,0 % jedincov malo koruny zdravé, nepoškodené. Najviac jedincov so zdravými korunami sa nachádzalo na plochách 2 – Jelšiny a 6 – Rybník Hronček a to po 66,6 %. Na ostatných plochách zastúpenie presahovalo 53,3 %. Najväčší výskyt korún slabo presvetlených sa zaznamenal na ploche 3 – Dielec 250 (33,3 %) a najmenej na ploche 6 – Rybník Hronček (16,7 %). Z celkového počtu sa zistilo len 25,0 % jedincov s korunami slabo presvetlenými.

Koruny stredne presvetlené (stupeň 3a) sa na plochách nachádzali výnimočne a tvorili len 7,7 % z celkového počtu stromov. Podobne to bolo aj pri korunách výraznejšie presvetlených (stupeň 3b), ktoré boli zastúpené 7,3 %. Silnejšie poškodenie korún na sledovaných plochách zaznamenané nebolo.

Tabuľka 5 Zdravotný stav korún jelše sivej v oblasti Poľany

Table 5 Health state (damage) of white alder crowns in the Poľana Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Zdravotný stav a poškodenie korún ³							
		1		2		3a		3b	
	ks	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	19	63,3	6	20,0	3	10,0	2	6,7
2	30	20	66,6	6	20,0	2	6,7	2	6,7
3	30	17	56,7	10	33,3	1	3,3	2	6,7
4	30	16	53,3	9	30,0	2	6,7	3	10,0
5	30	16	53,3	9	30,0	3	10,0	2	6,7
6	30	20	66,6	5	16,7	3	10,0	2	6,7
Σ	180	108	60,0	45	25,0	14	7,7	13	7,3

¹plot, ²number of stems, ³health state (damage) of crown: 1 – zdravá (healthy) 2 – slabo presvetlená (weakly damaged) 3a – stredne presvetlená, (medium damaged), 3b – výraznejšie presvetlená (strongly damaged)

3.5. Hodnotenie celkovej kvality populácií

Pre lepšie posúdenie kvality kmeňov jelše sivej podľa vonkajších znakov a ich možného využitia z hľadiska sotrimencie a ich ďalšieho hospodárskeho využitia sa tieto zaradili do štyroch kvalitatívnych tried. Priemerné zastúpenie kmeňov v kvalitatívnych triedach je uvedené v tabuľke 6.

Z celkového počtu hodnotených kmeňov spĺňalo kritériá pre zaradenie do najvyššej kvalitatívnej triedy A 43,8 % jedincov. Najväčšie zastúpenie tejto kvalitatívnej triedy bolo na ploche 3 – Dielec 250 a to 73,3 %. Do kvalitatívnej triedy B bolo celkovo zaradených 38,8 % kmeňov. Najviac jedincov tejto kvalitatívnej triedy bolo na ploche 4 – Kaldera 66,7 %, najmenej na ploche 3 – Dielec 250 16,7 %.

Kritéria pre zaradenie do kvalitatívnej triedy C spĺňalo 12,7 % jedincov. Najviac takýchto jedincov sa nachádzalo na ploche 1 – Studená jama (20,0 %) a najmenej na ploche 3 – Dielec 250 (3,3 %). V kvalitatívnej triede D sa vyskytlo najmenej jedincov. Predstavovali len 4,7 % z celkového počtu hodnotených kmeňov. Na základe zistených výsledkov možno hodnotiť vývoj celkovej kvality kmeňov na sledovaných plochách ako veľmi priaznivý.

Tabuľka 6 Zastúpenie jelše sivej v kvalitatívnych triedach v oblasti Poľany

Table 6 Share of the quality classes of white alder in the Poľana Mts.

Plocha ¹	Počet kmeňov ²	Kvalitatívne triedy ³							
		A		B		C		D	
	ks	ks	%	ks	%	ks	%	ks	%
1	30	12	40,0	12	40,0	6	20,0	–	–
2	30	12	40,0	14	46,7	4	13,3	–	–
3	30	22	73,3	5	16,7	1	3,3	2	6,7
4	30	4	13,3	20	66,7	3	10,0	3	10,0
5	30	19	63,4	6	20,0	4	13,3	1	3,3
6	30	11	36,6	13	43,4	4	13,3	2	6,7
Σ	180	79	43,8	70	38,8	23	12,7	8	4,7

¹plot, ²number of stems, ³quality of stem

4. DISKUSIA

Jelša sivá je na Slovensku rozšírené od nížin až do vyšších horských polôh. Je to slnná drevina s vyššími nárokmi na pôdnu vlhkosť. Podľa PRUSINKIEWICZA (1975 ex ŠÁLY 1988) je zaraďovaná mezohydrofytom. Jelša sivá vyžaduje najmä stanovištia s prúdiacou, oksyločnou vodou a prevzdušnenou pôdou, čím sa vysvetľuje jej výskyt na suťoviskách a pôdach s vysokým obsahom skeletu (PAGAN 1996). Na uľahnutých a málo prevzdušnených pôdach má slabý rast a často hynie (SVOBODA 1957). Je významná svojou symbiózou s nitrogénymi organizmami (aktinomycéty), ktoré obohacujú pôdu o dusík.

Jelše najlepšie rastú na pôdach bohatých na organické látky s pohyblivou oksyločnou vodou, kde tvoria priame, plnodrevné kmene. Okrem podmienok prostredia ich rastové vlastnosti a kvalitatívne znaky ovplyvňujú aj vek a pôvod jedincov, ich genetická podmienenosť, ale aj sociologické postavenie v poraste, čo potvrdili aj výsledky tejto práce. Z hľadiska hospodárskeho využitia kmeňov je najdôležitejším ukazovateľom ich celková kvalita. Preto sa v práci hodnotili predovšetkým tie znaky, ktoré ju najviac ovplyvňujú – rast a priebeh kmeňov, ich čistenie od adventívnych výhonkov, veľkosť a tvar korún, hrúbku konárov a uhol ich nasadenia a celkový zdravotný stav (poškodenie), na základe čoho sa jednotlivé kmene zaraďovali do kvalitatívnych tried. Z tohoto hľadiska je potešiteľná skutočnosť, že v celej skúmanej oblasti prevládali jedince s rovnými, resp. šikmými priebežnými kmeňmi s vajcovitými a stĺpovitými korunami, s tenkými konármi vyrastajúcimi pod ostrým uhlom, čo korešponduje s údajmi zistenými pri podobných hodnoteniach populácií jelše lepkavej v iných oblastiach (LUKÁČIK 1999, 2002).

Zdravotný stav korún sa hodnotil na základe straty asimilačných orgánov a stupňa ich odfarbenia. Viacerí autori (VÁLEK 1977, JANČAŘÍK 1993) považujú za hlavnú príčinu týchto zmien kolísanie hladiny podzemných vôd a opakované obdobia s nízkym úhrnom zrážok.

Morfologické znaky sú len jedným z ukazovateľov zatried'ovania porastov do fenotypových kategórií. Pri fenotypovej klasifikácii stromov je potrebné ich komplexné posudzovanie z hľadiska kvality (ŠINDELÁŘ 1987). Fenotypový prejav jedinca a celej populácie je výsledkom interakcie genotypovej zložky organizmov a prostredia. Len analýza fenotypovej premenlivosti, spojená s analýzou na genotypovej úrovni môže priniesť dôležité informácie pre smerovanie následných šľachtiteľských prác (PAULE 1992).

5. ZÁVER

Poznatky získané z rozboru kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a rastových vlastností prirodzených populácií jelše sivej v oblasti Poľany poukázali na pomerne veľké rozdielnosti týchto znakov medzi jednotlivými lokalitami. Možno predpokladať, že premenlivosť týchto znakov je okrem genetickej podmienenosti ovplyvnená najmä konkrétnymi podmienkami prostredia, ale aj individuálnymi vlastnosťami jedincov, ich sociologickým postavením na ploche, čo bude potrebné ďalej overovať.

Získané informácie sú významné nielen z hľadiska lepšieho poznania ekológie a rastových vlastností predmetného taxónu, ale sú dôležitým odrazovým mostíkom pre zatried'ovanie jednotlivých populácií do pripravovaných fenotypových kategórií s perspektívou ich ďalšej selekcie na kvalitu a lepšiu hospodársku využiteľnosť (LUKÁČIK, BUGALA 2004).

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantu VEGA 1/0587/09.

Literatúra

- ČERMÁK, V., HUBAČ, K., 1978: Sortimentáčne tabuľky pre listnaté dreviny. Príroda, Bratislava, 162 s.
- DUKE, J., 1983: Handbook of Energy Crops, unpublished. 24.3.2009; dostupné na: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Alnus_glutinosa.html>
- JANČAŘÍK, V., 1993: Usychání olší. *Lesnická práce* 1, (72): 14–16.
- KOLEKTÍV, 1972: Slovensko II. Príroda, Obzor, Bratislava, 971 s.
- LUKÁČIK, I., 2000: Súčasný stav porastov jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) v Juhoslovenskej kotline. In: Pestovanie lesa v zmenených ekologických podmienkach. Technická univerzita Zvolen, s. 109–112.
- 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 s. 103–108.
- LUKÁČIK, I., BUGALA, M., 2004: Premennivosť kvalitatívnych znakov kmeňov, korún a rastových vlastností jelše lepkavej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) a jelše sivej (*Alnus incana* (L.) Moench.) v Turčianskej Kotline. *Acta facultatis forestalis* Zvolen, XLVI, 2004, s. 23–35.
- 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 a pedagogické aktuality. Technická univerzita Zvolen, 68 s.
- MOLLEROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, I., 2002: Růst sazenic olše v různých podmínkách. In: KARAS, J., PODRÁZSKÝ, V., (eds.): Současné trendy v pěstování lesů. Česká zemědělská univerzita, Praha: 90–93.
- PAGAN, J., 1996: Lesnícka dendrológia. Technická univerzita Zvolen, 378 s.
- PAULE, L., 1992: Genetika a šľachtenie lesných drevín. Príroda, Bratislava, 304 s.
- ŘEH, J., 1999: Pestovanie účelových lesov. Technická univerzita, Zvolen, 218 s.
- SVOBODA, P., 1957: Lesní dřeviny a jejich porosty III. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 573 s.

- ŠÁLY, R., 1988: Pedológia a mikrobiológia Vysoká škola lesnícka a drevárska . Zvolen, 378 s.
- ŠINDELÁŘ, R., 1987: Praktické závěry z výskumu proměnlivosti buku lesního v ČSSR. *Zprávy lesnického výskumu* 32(1), VÚLHM Jilovište – Strnady: 1–8.
- VALTYNÍ, J., JAKUBIS, M., 1999: Lesnícke meliorácie a zahrádzanie bystrín. Technická univerzita Zvolen, 270 s.
- VANÍK, K., 1996: Vplyv klimatických činiteľov na zdravotný stav dubových porastov. In: HLAVÁČ, P. (eds.): Podmienky, príčiny a prognóza škôd kalamitného charakteru v lesných porastoch, Technická univerzita, Zvolen, s. 57–59.
- VÁLEK, Z., 1977: Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozný činitel. SZN Praha, 203 s.
-

Adresa autora:

Ing. Michal Bugala, PhD.
Katedra pestovania lesa
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: bugala@vsld.tuzvo.sk

**Premenlivosť kvalitatívnych znakov kmeňov, korún, zdravotný stav
a poškodenie prirodzených populácií jelše sivej (*Alnus incana* (L.)
Moench.) v oblasti Poľany**

Abstrakt

V práci sa uvádzajú výsledky získané pri štúdiu premenlivosti prirodzených populácií jelše v oblasti Poľany. Premenlivosť sa hodnotí na 6 lokalitách na základe vybraných kvalitatívnych znakov kmeňa, koruny a borky. Výsledky poukazujú na pomerne veľké percentuálne zastúpenie jedincov s rovnými, prípadne šikmými priebežnými kmeňmi, s dobrým čistením od bočných konárov. Na základe týchto a ďalších kvalitatívnych znakov boli hodnotené jedince zaradené do štyroch kvalitatívnych tried, pričom do najvyšších tried (A, B) bolo zaradených až 82,6 % kmeňov. Zdravotný stav kmeňov a korún hodnoteného taxónu bol vcelku dobrý a rôznil sa podľa jednotlivých lokalít. Získané informácie sú významné najmä z hľadiska ďalšej selekcie populácií taxónu na kvalitu a jeho lepšiu hospodársku využiteľnosť.

Kľúčové slová: *Alnus incana*, premenlivosť, kvalitatívne znaky, zdravotný stav

ŠTRUKTÚRA A VEĽKOSŤ PORASTOVÝCH MEDZIER V NPR BUJANOVSKÁ DUBINA

Julián T O M A Š T Í K st. – Milan S A N I G A

Tomašík, J., Saniga, M.: Structure and size of gaps in the NNR Bujanovská dubina. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 19–27, 2011.

The article deals with the structure and size of the canopy gaps as well as with the number of gapmakers in the beech-oak reserve Bujanovská dubina. The area of 8 ha represents the object of the analysis. From the perspective of canopy gaps area, the research confirmed low percentage of open gaps (7.75%) from the investigated area. The similar finding was observed in case of expanded gaps, that represent 15.32% from the 8 ha of the studied area. Analysis of the mentioned texture characteristic confirms, that there is a secondary virgin forest in this reservation, where the beech was gradually extracted for charcoal and oak for railway sleepers production in 19th century.

Subsequently the ecosystem, that is in an advanced optimum stage with the gradual transition to the breakdown stage has created successively within the whole area.

Research of canopy gap structure according to size categories stated, that the reserve is dominated by gaps with the size up to 50 m², that create 33%, gaps with size of 50–100 m² and gaps with size of 100–150 m² have significant ratio (25.5% or 17.6%, respectively). This observation indicates a high stability and small-scale gap texture in secondary virgin forest. Analysis of the canopy gaps creation confirmed, that the highest number of gaps was created by three gapmakers 25.5%. There occurred the forest gap, which was created by death, in this case by uprooting of 19 trees in the virgin forest. The results showed that almost 47% of the gaps area was created by 1–3 gapmakers from the canopy.

Key words: oak, beech, virgin forest, canopy gaps, necromass

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Pôvodné lesy v 2. a 3. lesnom vegetačnom stupni sa vyznačujú pomerne pestrým drevinovým zložením a výrazne diferencovanou výškovou štruktúrou. Priestorová výstavba je v porovnaní s porastami vyšších lesných vegetačných stupňov počas celého vývojového cyklu zložitejšia (KORPEL 1989, 1995). Uvedená štruktúra a výstavba týchto pralesov je podmienená komplikovanými procesmi v rámci ich vývojového cyklu, ale aj počas vývojových štádií. Podľa ACCETA (1975) výrazná priestorová a plošná diferenciácia týchto pralesov je výsledkom rastových kompetičných vzťahov slnných drevín ako zložiek so značne odstupňovanými ekologickými požiadavkami, rozdielnym rastovým rytmom, rozličnom dĺžkou ich fyzického života a rozličným stupňom mortality v jednotlivých vývojových fázach pralesa. Poznanie vývojových procesov a dynamických zmien

štruktúry v dubových pralesoch s prímiesou ďalších listnatých drevín je len čiastočné. Niektorí autori (ACCETO 1975, MAYER, TICHÝ 1979) to zdôvodňujú tým, že sa v európskych podmienkach zachovalo veľmi málo zvyškov zmiešaných listnatých pralesov v nižších a stredných polohách. Podľa RUBNERA (1968) a BENKA (1971), sa takéto pralesové útvary pre ľahkú prístupnosť v minulých storočiach intenzívne hospodársky využívali.

Výnimku okrem pralesovitých zvyškov na Slovensku tvoria dubové pralesy s bukom, hrabom a lipou v Rumunsku (SMEJKAL *et al.* 1995). Ich štruktúra je podobná ako štruktúra dubového pralesa NPR Kašivárová (SANIGA 2005) a NPR Bujanov (KORPEL 1995).

V geograficky značne členitých a geologicky pestrých pomeroch Slovenska s oneskoreným nástupom industrializácie sa v porovnaní s inými európskymi krajinami zachoval v lesoch 2. a 3. lesného vegetačného stupňa väčší počet objektov s nenarušeným, resp. málo ovplyvneným pôvodným stavom ako prírodné lesy (KORPEL 1983). Najznámejšia je prírodná rezervácia Kašivárová s dvojvrstvovou štruktúrou. Prírodným výberom tu vznikol hodnotný ekotyp duba zimného. Významnými znakmi tohto ekotypu sú rovný a hladký, bezhrčový kmeň, celoživotne úzke letokruhy (pod 1,5 mm) produkčne vyhovujúci tvar a veľkosť koruny (DIVALD 1904, BLATNÝ, ŠŤASTNÝ 1959, BAKSA 1970, KORPEL 1989, 1995). Dvojvrstvová štruktúra dubových pralesov má známky stálosti počas celého vývojového cyklu pričom dubová vrstva je prakticky rovnoveká (KORPEL 1995, SANIGA 2005). Znak rovnovekosti dubovej vrstvy (úrovňové a nadúrovňové stromy) bol potvrdený aj v NPR Bujanov (HALAJ *et al.* 1973).

Jedným z rozhodujúcich mechanizmov zabezpečujúcich striedanie štádií rastu a degradácie v pralesoch je vznik porastových medzier a s tým spojené naštartovanie procesov prirodzenej obnovy. Odumretím jedného resp. viacerých úrovňových stromov fyzickým dožitím, alebo prírodnými disturbanciami malého rozsahu (vietor, sneh), ktoré spôsobili vznik malej medzery sa vytvárajú podmienky pre sukcesívny nástup prirodzenej obnovy (WHITMORE 1978, YAMAMOTO 2000). Hlavným disturbačným činiteľom lesov strednej Európy je vietor, preto sa často stretávame s disturbanciami väčšieho plošného rozsahu (SPLECHNA *et al.* 2005). Pri pôsobení vetra dochádza k otvoreniu zápoja obyčajne na väčšej ploche a vzniká tzv. „patch“ medzera. Hraničná hodnota medzi „gap“ (malou medzerou) a „patch“ medzerou sa definuje na veľkosť 200 m² (McCARTHY 2001). Táto hodnota však platí pre oblasť boreálnych lesov. Výsledky výskumov európskych pralesov temperátneho pásma potvrdzujú iné hodnoty. Podľa KORPELA (1995) a práce KORPEL, SANIGA (1995) rozpad dubových pralesov hlavne v pralese Kašivárová prebieha odumretím jednotlivých stromov resp. nastáva aj plošnejší rozpad.

Pre porovnávanie medzier v pralesoch sa najčastejšie používajú údaje o rýchlosti s akou sa medzery tvoria, výmera medzier rôzneho veku, rozdelenie medzier podľa veľkostí, rýchlosť a mechanizmus uzatvárania medzier. Ekosystémové štúdie tohto charakteru sú veľmi cenné pre chápanie zmien v pralese a tiež možnosti ich predvídania (RUNKLE 1992). Definície medzier sa podľa jednotlivých autorov mierne líšia. RUNKLE (1982) do medzery zahŕňa aj okolitú plochu po kmene stromov, ktorých koruny medzeru ohraničujú a nazýva ju rozšírená medzera.

Rozdielne sú aj pohľady na uzatváranie medzier a ich obsadzovanie prirodzenou obnovou. RUNKLE (1982) považuje medzeru za uzavretú, keď následný porast zabráni pozor-

rovateľovi ľahko vylišiť otvor v korunovej klenbe. Japonskí výskumníci (NAKASHIUKA, NUMATA 1982) definujú ešte medzeru ak sa v nej nachádzajú stromy následnej generácie pralesa vysoké do 10 m, ktorý má výšku 20–30 m. VEBLEN (1985) používa 15–20 metrov v 30–35 m vysokom poraste. DRÖSSLER (2006) stanovil hornú hranicu hrúbkou následnej generácie v medzere do $d_{1,3}$ 7 cm.

Cieľom príspevku je prezentácia výsledkov z výskumu tvorby a štruktúry medzier ako aj počtu odumretých stromov (tvorcov medzery) v NPR Bujanov získaných s výskumnej plochy 8 ha.

2. CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A METODIKA VÝSKUMU

Zriadenie štátnej prírodnej rezervácie Bujanovská dubina sa udialo rozhodnutím komisie SNR pre školstvo a kultúru č. 30 zo dňa 25. 5. 1966, podľa paragrafu 10, ods. 2 zákona SNR č. 1/1955 Zb. o štátnej ochrane prírody. Objekt bol prioritne určený pre lesnícky vedecký výskum. Tvorcom návrhu bol prof. dr. Alois Zlatník, ktorý už v roku 1957 pri výskume zbytkov pralesov východného Slovenska navrhoval jej ochranu a zachovanie.

NPR Bujanovská dubina sa nachádza v katastrálnom území pôvodnej obce Ružín v okrese Košice okolie, v Slovenskom Rudohorí – Čiernej hore. Nachádza sa prevažne na JZ až SZ expozíciách so sklonom 15–20° v nadmorskej výške 575–765 m n. m v bukovovo-dubovom a dubovo-bukovom lesnom vegetačnom stupni (lvs). Geologický podklad tvoria horniny kryštalinika, najmä ruly, ktoré sa striedajú s granitmi, granodioritmi a dioritmi. (ŠÁLY 1980). Z hľadiska drevín najväčšie zastúpenie má dub zimný (*Quercus petraea*). Z ďalších drevín sú zastúpené buk lesný (*Fagus sylvatica*), hrab obyčajný (*Carpinus betulus*), lipa malolistá (*Tilia cordata*), javor horský (*Acer pseudoplatanus*), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*) a ojedinele breza bradavičnatá (*Betula verrucosa*), jarabina vtáčia (*Sorbus aucuparia*) a jedľa biela (*Abies alba*) (TOMAŠTÍK 2008).

Výskumný objekt v NPR Bujanovská dubina bol postupne založený v rokoch 2007 a 2008 na výmere 8 ha s rozmermi 400 × 200 metrov. Meranie situácie otvorených a rozšírených medzier a ich výmery sa uskutočnilo na celej ploche TVP metódou Field Map.

Otvorená medzera je definovaná ako vertikálny priemet otvoru, ktorý je tvorený okrajom korún živých stromov v korunovej klenbe prenesený na pôdny povrch. Otvor vznikol odumretím jedinca alebo skupiny stromov hornej vrstvy. Za jedinca v hornej vrstve bol pokladaný taký jedinec, ktorý spĺňal kritérium, že jeho výška je väčšia ako 2/3 hornej výšky porastu. Rozšírená medzera bola meraná od okraja kmeňov hraničných stromov tvoriacich otvorenú medzeru až po stred ich pomysleného stredu otvoru. Výpočet plochy medzier bol vykonaný automaticky pomocou softwaru prístroja Field Map. Počet odumretých stromov, ktoré vytvorili medzeru sa zisťoval priamo v teréne a zadával sa k popisu jednotlivých medzier spolu so stupňom ich rozkladu.

3. VÝSLEDKY

Plošná štruktúra a podiel medzier v NPR Bujanovská dubina je charakterizovaný tab. 1. Zaujímavý poznatok je nízky percentuálny podiel otvorenej medzery (7,75 %) z plochy, ktorá bola skúmaná. Podobné konštatovanie môžeme použiť aj v prípade rozšírenej medzery, ktorá reprezentuje len 15,32 % skúmanej plochy 8 ha. Rozbor tohto znaku potvrdzuje, že v prípade tejto rezervácie sa jedná o sekundárny prales, ktorý bol skoro do konca v 19. storočia postupne ťažený v prípade buka na drevné uhlie a pri drevine dub na výrobu železničných podvalov (HUMEŇANSKÝ 1990). Následne sukcesívne sa vytvoril ekosystém, ktorý sa na celej ploche nachádza v pokročilej fáze optima s pozvoľným prechodom do štádia rozpadu.

Zaujímavá je štruktúra porastových medzier podľa veľkostných kategórií (obr. 1). Prevládajú medzery s veľkosťou do 50 m², ktoré tvoria 33 % z celkového počtu porastových medzier. Významný podiel majú medzery s veľkosťou 50–100 m² (25,5 %) a medzery s veľkosťou 100–150 m² (17,6 %). Tento poznatok svedčí o vysokej stabilite sekundárneho pralesa a jeho dobrej vitalite, ktorá potvrdzuje, že dub odumiera veľmi pozvoľna.

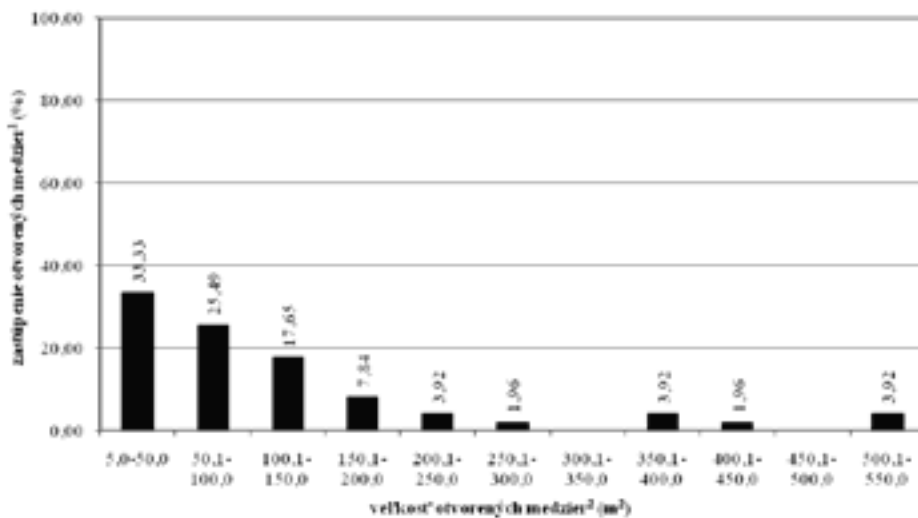
Pokiaľ hodnotíme plošný podiel medzier rôznych veľkostných kategórií môžeme konštatovať, že medzery do veľkosti 250 m² tvoria až 59,06 % celkovej plochy medzier, pričom najväčší plošný podiel majú medzery s veľkosťou 50–150 m² (obr. 2). Aj tento poznatok hovorí o maloplošnej textúre medzier a pozvoľnom vypadávaní duba zo skúmaného lesného ekosystému. Informáciu v tejto problematike dopľňuje počet stromov, ktoré odumreli a následne sa vytvorila porastová medzera (obr. 3). Rozbor situácie potvrdil, že najväčší počet medzier bol vytvorený odumretím 3 stromov 25,5 %. V pralese sa vyskytla medzera, ktorá bola vytvorená odumretím, resp. v tomto prípade vyvrátením 19 stromov. Celkovo môžeme povedať, že skoro 47 % plochy medzier bolo vytvorených odumretím 1–3 stromov úrovne.

Tab. 1. Plošné zastúpenie jednotlivých druhov medzier a zapojeného porastu na TVP Bujanovská dubina

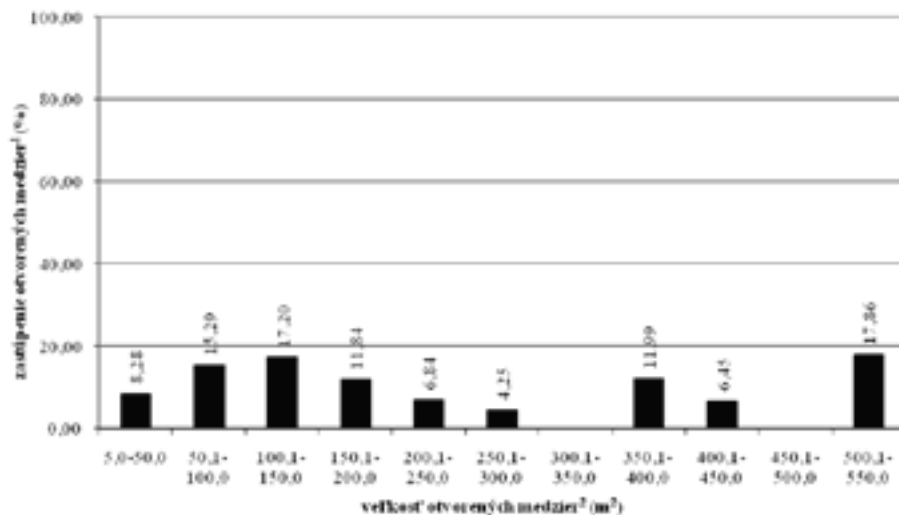
Tab. 1. Spatial representation of particular kind of gaps and closed canopy on PRP Bujanovská dubina

TVP Bujanovská dubina		Otvorená medzera ¹	Rozšírená medzera ²	Zapojený porast ³
Výmera (m ²) ⁴	80 000	6 201,09	12 258,51	67 741,49
Plošný podiel (%) ⁵	100	7,75	15,32	84,68

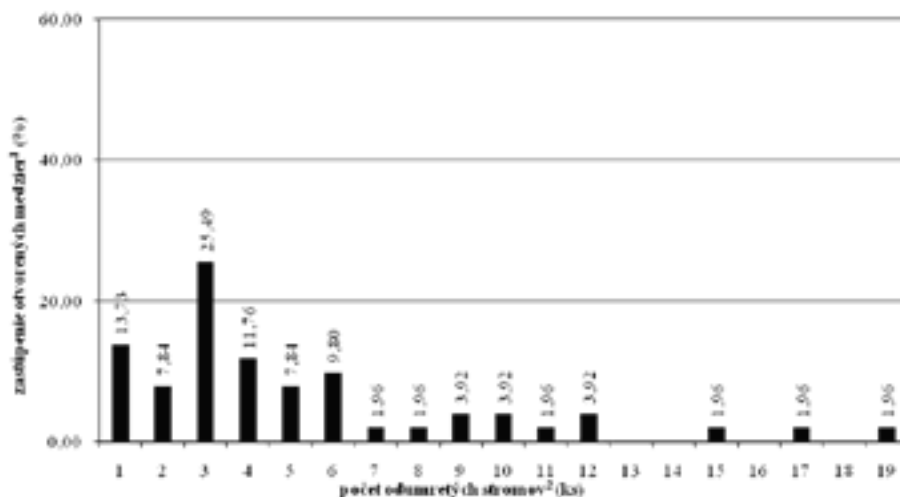
¹opened gap, ²enlarged gap, ³closed canopy, ⁴area, ⁵spatial ratio



Obr. 1. Podiel zastúpenia počtu otvorených medzier podľa ich veľkosti na TVP Bujanovská dubina
 Fig. 1. Proportion of number of opened gaps according to size classes on PRP Bujanovská dubina
 (¹percentual proportion of opened gap, ²gap size)



Obr. 2. Podiel kategórií otvorených medzier z ich celkovej plochy v NPR Bujanovská dubina
 Fig. 2. Proportion of total gap area in particular gap size of opened gaps in NNR Bujanovská dubina
 (¹percentual proportion of opened gap, ²gap size)



Obr. 3. Podiel otvorených medzier podľa počtu odumretých stromov v medzere v NPR Bujanovská dubina

Fig. 3. Frequency of opened gaps according to number of gapmakers on PRP Bujanovská dubina (¹percentual proportion of opened gap, ²number of gapmakers (pc))

4. DISKUSIA A ZÁVER

V minulosti sa výskumu tejto lokality venovali HALAJ *et al.* (1973), KORPEL (1989) a SANIGA, KOLIBÁB (2009). Výsledky týchto autorov sa zaoberajú štruktúrou a vývojom uvedeného pralesa, jeho rastovými schopnosťami a produkčnými pomermi na vymedzených plochách, ktoré charakterizujú základné vývojové štádiá pralesa. Otázky tvorby a rozširovania porastových medzier ako predpokladu striedania generácií v pralese na tejto lokalite neboli skúmané. V Európe a na Slovensku je problematika porastových medzier s porovnateľnou metodikou riešená hlavne pri výskume bukových, jedľovo-bukových a smrekovo-jedľovo-bukových pralesov. Publikované práce využívajú metódu terestrického merania pri výskume porastových medzier (KUCBEL *et al.* 2010), ale aj štúdiá porastových medzier z leteckých snímok (KENDERES *et al.*, 2008; SPLECHNA *et al.*, 2005)

Pokiaľ chceme získať výsledky z porastových medzier v NPR Bujanovská dubina porovnať, prichádza do úvahy práca KLIMAŠA (2009), ktorý uskutočnil výskum rovnakou metodikou v NPR Kašivárová a Lesná, ktoré predstavujú zvyšky dubového pralesa na Slovensku. Rozbor výsledkov potvrdil výrazné rozdiely medzi porovnávanými pralesmi. Otvorené medzery tvoria plochu 7,75 % (Bujanovská dubina), kým v NPR Lesná 24,8 % a NPR Kašivárová 20,8 %. NPR Bujanov má plošný podiel rozšírených medzier len 15,32 %; zatiaľ čo v NPR Kašivárová táto kategória tvorí plochu 45,5 % a NPR Lesná dokonca 53,4 %. Otvorené aj rozšírené medzery v Bujanovskej dubine tvoria najnižší podiel z porovnávaných rezervácií. Aj tieto ukazovatele potvrdzujú

skutočnosť, že skoro celá plocha pralesa sa nachádza v štádiu optima a len časť prechádza pozvoľne do štádia rozpadu čo potvrdzuje názor že sa jedná o sekundárny prales.

Pri hodnotení veľkosti otvorených medzier v NPR Bujanovská dubina bol tento znak v rozpätí od 19 m² do 599 m², v NPR Lesná dosahoval podobných hodnôt od 13 m² do 460 m². Podobnú situáciu môžeme konštatovať v NPR Kašivárová, kde sa veľkosť porastových otvorených medzier pohybovala od 7 m² do 700 m². Medzery do 100 m² tvorili v Bujanovskej dubine 59 %, v Lesnej 34 % a v Kašivárovej 60 % z počtu medzier. Medzery od 100 do 500 m² v Bujanovskej dubine tvorili 38 %, v Lesnej 66 %, v Kašivárovej 35 %. Medzery nad 500 m² v Bujanovskej dubine boli len 4 % ich počtu, v Kašivárovej to bolo 6 %, v Lesnej sa takáto kategória otvorov nevyskytla. Uvedené výsledky potvrdzujú, že proces tvorby porastových medzier je v prípade skúmaných pralesov približne rovnaký.

Z hľadiska účasti odumretých stromov na tvorbe medzier môžeme povedať, že otvorené medzery v Bujanovskej dubine vznikli najčastejšie odumretím 1–3 stromov (47,06 %). V Lesnej takto vzniklo 53 % medzier a v Kašivárovej 54 % medzier. Aj tento ukazovateľ potvrdzuje rovnaký priebeh mechanizmu odumierania stromov ako nositeľov vytvárania porastových medzier v dubových resp. dubovo-bukových pralesoch a úzko korešponduje so štruktúrou veľkosti porastových medzier.

Súčasný vek dubov hornej porastovej vrstvy v Bujanovskej dubine možno odhadovať na 150 až 170 rokov. Porovnávané rezervácie vykazujú vek hornej vrstvy v rozpätí 256–277 rokov (KLIMAŠ 2009) čo svedčí v prípade NPR Kašivárová a Lesná o pôvodnom pralese, ktorý prebieha v nenarušenom rytme základného vývojového cyklu. Naproti tomu v NPR Bujanov po zastavení ťažby v 19. storočí a jeho následnom ponechaní na sukcesný vývoj, je prevažná časť pralesa v štádiu optima s malým plošným prechodom do počiatočnej fázy štádia rozpadu.

Práca vznikla s podporou grantu VEGA 1/0128/09.

5. Literatúra

- ACCETO, M., 1975: Die natürliche Verjüngung und Entwicklung der Stieleiche und Hainbuche im Urwald-Reservat Krakow. *Gozdarski Vestnik* XXXIII. 2: 33–38 pp.
- BAKSA, L., 1970: Produkčný cieľ v dubinách. *Lesnícke štúdie VÚLH Zvolen*, 5. 149 pp.
- BENKO, J., 1971: Ústup duba na Slovensku ako problém ochrany prírody. *Čsl. ochrana prírody*, 11: 131–140 pp.
- BLATNÝ, T., ŠŤASTNÝ, T., 1959: Prirodzené rozšírenie lesných drevín na Slovensku. *SVPL*, Bratislava, 402 pp.
- DIVALD, B., 1904: A. Lucaricai öreg tölgyesekről. *Erdéseti lapok*. 1: 11–15 pp.
- DRÖSSLER, L. 2006.: Struktur und Dynamik von zwei Buchenurwäldern in der Slowakei, *Dizertation*, Göttingen, 103 pp.
- HALAJ, J. et al. 1973: Produkcia a stanovište duba zimného (*Quercus petraea* LIEBL.) v ŠPR Bujanov, *Vedecká práce* 17, VÚLH Zvolen, 11–35 pp.
- HUMEŇANSKÝ, Š.: *Lesnícky inventarizačný výskum ŠPR Bujanov, ŠOP Prešov*, 1990, 7 pp.
- KENDERES, K. et al. 2008.: Thirty years of gap dynamics in a Central European beech forest reserve, *Forestry* 81 (1) 111–123 pp.
- KLIMAŠ, V., 2009: Štruktúra, produkčné pomery, regeneračné procesy a textúra vybraných dubových pralesov Slovenskej republiky, *Dizertačná práca*, TU Zvolen, Lesnícka fakulta, 87 s.
- KORPEL, Š., 1983: Štátna prírodná rezervácia Boky. *Ochrana prírody* 4: 7–40.

- KORPEL, Š., 1989: Pralesy Slovenska, Veda Bratislava, 328 s.
- KORPEL, Š., 1995: Die Urwälder der Westkarpaten. Parey 1995, 325 pp.
- KORPEL, Š.; SANIGA, M., 1995: Príroda blízke pestovanie lesa, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LH, Zvolen, 158 s.
- KUCBEL, S. et al. 2010: Canopy gaps in an old – growth fir-beech forest remnant of Western Carpatian. Eur. J. Forest. Res. 129: 249–259.
- MAYER, H., TICHÝ, K., 1979: Das Eichen Naturschutzgebiet Johannsen Kogel im Lainzer Tiergarten, Wienerwald, Cbl. ges. Forstwesen. 4: 193–226.
- MCCARTHY, J., 2001: Gap dynamics of forest trees: A review with particular attention to boreal forest, Environ. Rev. 9, s. 1–59.
- NAKASHIUKA, T.; NUMATA, M. 1982: Regeneration process of climax beech forests. I: Structure of a beech forest with forest with the undergrowth of Sasa. Japanese Journal of Ecology 32, s. 57–67.
- RUBNER, K., 1968: Grundlagen des naturnahen Waldbaus in Europa. Forstwiss. Cbl. 1: 8–36.
- RUNKLE, J.R., 1992: Guidelines and Sample Protocol for Sampling Forest Gaps; U. S. Forest Service, s. 283.
- RUNKLE, J.R., 1982: Pattern of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America, Ecology 63 (5) s. 1533–1546.
- SANIGA, M., 2005: Štruktúra a regeneračné procesy dubového pralesa v NPR Kašivárová. Ochrana prírody 24: 21–33.
- SANIGA, M., KOLIBÁB, P., 2009: Štruktúra pralesa v NPR Bujanov. In: Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Zvolen 8.–9. 9. 2009 s. 260–267.
- SMEJKAL, G.M., et al., 1995: Banater Urwälder. Miron Verlag Temeswar 198 pp.
- SPELECHNA, B.E., et al., 2005: Natural disturbances in Central European forests: approaches and preliminary result from Rothwald, Austria, For. Snow Landsc. Res. 79, 2005 (1/2): s. 57–67.
- ŠÁLY, R., 1980: Výskum pôdneho prostredia štátnych prírodných rezervácií na Slovensku. Záverečná správa výskumnej úlohy č. VI-56/11 LF VŠLD Zvolen, 169 pp.
- TOMAŠTÍK, J., 2008: NPR Bujanovská dubina, potenciálny výskumný objekt sledovania vývoja prírodných lesov, ML Košice, Zborník medzinárodnej konferencie, s. 207–112.
- VEBLEN, T., 1985: Forest development in tree-fall gaps in the temperate rain forest in Chile, National Geographic Research, s. 162–183.
- WHITMORE, T.C., 1978: Gap in the forest Canopy, Cambridge University Press, New York, s. 639–655.
- YAMAMOTO, S., 2000: Forest Gap dynamics and tree regeneration, Can. J. For. Res. 5: 223–229 s.
-

Adresa autorov:

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Lesnícka fakulta TU Zvolen
Masarykova 24

e-mail: saniga@vsld.tuzvo.sk

Ing. Julián Tomašík
Mestské lesy
Košice

Štruktúra a veľkosť porastových medzier v NPR Bujanovská dubina

Abstrakt

Príspevok pojednáva o štruktúre a veľkosti porastových medzier ako aj o počte odumretých stromov, ktoré medzeru vytvorili v bukovo-dubovej rezervácii Bujanovská dubina. Predmetom analýzy je plocha o výmere 8 ha. Z pohľadu plochy porastových medzier výskum potvrdil nízky percentuálny podiel otvorenej medzery (7,75 %) z plochy, ktorá bola skúmaná. Podobný poznatok bol zistený v prípade rozšírenej medzery, ktorá reprezentuje 15,32 % zo skúmanej plochy 8 ha. Rozbor uvedeného znaku textúry potvrdzuje, že v prípade tejto rezervácie sa jedná o sekundárny prales, ktorý bol v 19. storočí postupne ťažený v prípade buka na drevné uhlie a pri drevine dub na výrobu železničných podvalov. Následne sukcesívne sa vytvoril ekosystém, ktorý sa na celej ploche nachádza v pokročilej fáze štádia optima s pozvoľným prechodom do štádia rozpadu. Výskum štruktúry porastových medzier podľa veľkostných kategórií potvrdil, že v rezervácii prevládajú medzery s veľkosťou do 50 m², ktoré tvoria 33 %. Významný podiel majú medzery s veľkosťou 50–100 m² (25,5 %) a medzery s veľkosťou 100–150 m² (17,6 %). Tento poznatok svedčí o vysokej stabilite a maloplošnej textúre medzier sekundárneho pralesa. Rozbor vzniku porastových medzier potvrdil, že najväčší počet medzier bol vytvorený odumretím 3 stromov 25,5 %. V pralese sa vyskytla medzera, ktorá bola vytvorená odumretím, resp. v tomto prípade vyvrátením 19 stromov. Výsledky ukázali, že skoro 47 % plochy medzier bolo vytvorených odumretím 1–3 stromov úrovne.

Kľúčové slová: dub, buk, prales, porastové medzery, nekromasa

ŠTRUKTÚRA A OBJEM NEKROMASY V BUKOVEJ ČASTI PRALESA NPR SKALNÁ ALPA

Jozef Z R A K – Milan S A N I G A

Zrak, J., Saniga, M.: Necromass volume and structure in the beech-dominated part of the National Nature Reserve Skalná Alpa. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 29–38, 2011.

This paper deals with the structure and the volume of necromass in the parts of the NNR Skalná Alpa dominated by European beech. The research was realized on two permanent research plots (PRP); the area of both plots is 1.5 ha (50 × 150 m). Dead wood was classified into four degrees of decay according to ALBRECHT (1990). The volume of necromass was 104 m³ · ha⁻¹ on the research plot. The volume of necromass consists of beech (77.3%), sycamore (2.3%) and spruce (20.4%). The share of standing necromass on total volume of necromass is 32%. The share of distribution of volume necromass of beech to particular degrees of decay (1st – 16.9%; 2nd – 31.4 %; 3th – 32.1%; 4th – 20.5%) show that an occurrence of large scale disturbance in the last 40 years is unlikely.

Keywords: natural forest, diameter structure, necromass

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Charakteristickým znakov pralesa je prítomnosť veľkého množstva mŕtveho dreva (KORPEL 1989, 1991). Prirodzeným odumieraním jedincov sa dostáva ich hmota na zem, čím sa mení jej podstata a účel v prírodnom lese.

Výskyt mŕtveho dreva významne ovplyvňuje biodiverzitu územia (RADU 2006, BÖHL, BRÄNDLI 2007). Ekologická úloha mŕtveho dreva spočíva najmä v poskytovaní potravy, úkrytov, hniezdisk pre veľké množstvo zriedkavých a aj ohrozených druhov hmyzu, bezstavovcov, lišajníkov, machov, vtákov a aj cicavcov. Duté stromy zase poskytujú vhodné habitaty pre rôzne cicavce, a taktiež pre rôzne vtáctvo (FRANKLIN *et al.*, 1981, CHRISTENSEN *et al.* 2005, RADU 2006). Na mŕtve drevo je viazané veľké množstvo pôdných organizmov a húb, jeho nedostatok môže spôsobiť ich vymiznutie a tým aj negatívne ovplyvniť cyklus živín (SANIGA, SCHÜTZ 2001).

Veľký význam má mŕtve drevo ako kľúčne lôžko pre obnovovanie smreka najmä vo vyšších nadmorských výškach (HOLEKSA 1998; KORPEL 1989; KUCBEL 2004; SVOBODA, POUSKA 2008; SANIGA, BALANDA 2008). SVOBODA (2005) uvádza, že na lokalite Trojmezna (NP Šumava) sa na mŕtvom dreve nachádzalo 16 až 68 % z počtu jedincov zmladenia, hoci toto plošne zaberalo len 5–10 %. Na lokalite Babia Hora HOLEKSA (1998) uvádza taktiež až 69 % jedincov prirodzenej obnovy na moderovom dreve. Výskum VORČÁKA (2005) na

slovenskej časti Babej Hory potvrdili výskyt viac ako 52 % jedincov prirodzenej obnovy na mŕtvom dreve. V počiatočnej fáze štádia rozpadu malé množstvo moderového dreva s nízkym stupňom rozkladu a prítomnosť vysokých bylín, spôsobuje problémy pri kličení, prežívaní a odrastaní semenáčikov (SANIGA 2007). V NPR Pilsko bolo zistené, že práve absencia mŕtveho dreva v treťom stupni rozkladu má za následok stagnáciu obnovy (SANIGA 2008). HUNZIKER, BRANG (2005) uvádzajú, že jedince prirodzeného zmladenia rastúce na moderovom dreve rastú signifikantne rýchlejšie napriek tomu, že moderové drevo je chudobné na živiny. Dôvodom je podľa autorov rýchlejšie topenie snehu na jar ako aj rýchlejší vzostup teploty oproti pôde. Výsledky výskumu potvrdili, že nielen prítomnosť mŕtveho dreva, ale najmä stupeň jeho rozkladu má kľúčovú úlohu pri jeho využití ako kľúčového lôžka (SANIGA 2008). Na kvalitatívne hodnotenie mŕtveho dreva, čiže stupňa rozkladu bolo vypracovaných viacero klasifikačných schém (ALBRECHT 1990; KORPEL 1989, 1995; PYLE, BROWN 1998; YAN *et al.* 2006; FRIDMAN, WALHEIM 2002). Pre výskum pralesov v temperálnej zóne sa v prevažnej väčšine prác používa metodika ALBRECHT (1990).

Množstvo mŕtveho dreva je menšie v obhospodarovateľných lesoch ako v pralesoch (SPETICH *et al.* 1999; PEDLAR *et al.* 2002; LOMBARDI *et al.* 2008). Takisto je rozdielny aj charakter mŕtveho dreva. V pralesoch mŕtve drevo tvoria celé odumreté stromy prípadne ich časti, naproti tomu v lesoch hospodárskych sú to často len tenké konáre, vetvičky a len v malom množstve hrubé kmene prípadne ich časti (KRUYS *et al.* 1999). Absencia mŕtveho dreva na väčších plochách svedčí o hospodárskom využívaní lesa alebo o závažnej vývojovej poruche v období výmeny generácií drevín (KORPEL 1989). Objem mŕtveho dreva v bukových pralesoch závisí na lesnom type a od objemu živých stromov. Viacej mŕtveho dreva sa nachádza v rezerváciách vo vyšších polohách, ktoré majú väčšiu zásobu drevnej hmoty. Vo všeobecnosti sa na objeme mŕtveho dreva podieľa vo väčšej miere ležiaca hmota ako stojace mŕtve drevo. Vo vyšších nadmorských výškach sa však vyskytuje až dvojnásobne viac stojacich mŕtvych stromov (CHRISTENSEN *et al.* 2005). Objem mŕtveho dreva významne kolíše počas vývojového cyklu (SANIGA, SCHÜTZ 2001; SANIGA, SCHÜTZ 2002; CHRISTENSEN *et al.* 2005). Zmenami objemu mŕtveho dreva v pralesoch sa v našich podmienkach detailne zaoberal SANIGA, SCHÜTZ (2001, 2002). Autori uvádzajú, že pralesy vytvorené zo stabilných drevín, ktoré dosahujú približne rovnaký fyzický vek (vysoká stabilita, jednotlivé odumieranie jedincov), majú malé rozdiely medzi maximálnym a minimálnym objemom nekromasy v celom vývojovom cykle. Pralesy na živinovo bohatých stanovištiach tvorené viacerými drevinami odlišného fyzického veku majú vysoké hodnoty objemu nekromasy v priebehu ich celého vývojového cyklu, (jedľa odumiera v druhom vývojovom cykle). Smrekové pralesy na hornej hranici lesa majú pomerne vysoký podiel nekromasy aj v pokročilom štádiu optima (prejavuje sa tu vplyv vetra).

Cieľom práce je analyzovať množstvo, štruktúru a dynamiku rozkladu mŕtveho dreva v bukovej časti pralesa Skalná Alpa na hornej hranici areálu jeho prirodzeného rozšírenia.

2. 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 Ľubochňa. Za národnú prírodnú rezerváciu (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 pôdných typov prevažuje rendzina hnedá a rendzina typická, vyskytujú sa taktiež hnedé lesné pôdy (VESTENICKÝ, VOLOŠČUK 1986). V NPR Skalná Alpa je nasledovné drevinové zloženie: SM 65 %, JD 10 %, BK 20 %, JH 5 % (KORPEL 1989). Tieto porasty patriace do skupín lesných typov (slt) *Fageto-Aceretum humile*, a *Abieto-Fagetum*, prechádzajú v siedmom lesnom vegetačnom stupni do prestarnutých porastov patriacich do slt *Fageto-Picetum* a *Acereto-Picetum* (KORPEL 1989).

SANIGA M. a SANIGA Mír. (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 dvoch TVP o rozmeroch 150 × 50 m (1,5 ha) založených v časti NPR, kde v drevinovom zložení prevláda buk lesný. TVP sa nachádzajú v nadmorskej výške 1 300 m n. m. na východnom svahu so sklonom 30°. Pôdnym typom je rendzina typická. Okrem buka sa na drevinovom zložení TVP podieľa smrek obyčajný (*Picea abies*), javor horský (*Acer pseudoplatanus*), jaseň štíhly (*Fraxinus excelsior*), jedľa biela (*Abies alba*) a jarabina mukyňová (*Sorbus aria*). Pričom posledné tri dreviny sa nachádzajú len jednotlivo primiešané v zmladení. V bylinnom kryte prevládajú vysoké byliny. Dominujú horské druhy a pristupujú 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.

3. METODIKA

Výskumné plochy boli založené a vymerané pomocou technológie Field-Map a stabilizované pomocou drevených kolíkov. Plochy boli rozdelené kvôli lepšej orientácii na 24 čiastkových plôch o výmere 25 × 25 m. Na oboch TVP boli zmerané hrúbky živých stromov hrubších v $d_{1,3}$ viac ako 2 cm. Meranie hrúbok sa vykonávalo dendrometrickou priemerkou s milimetrovým delením, podľa všeobecných zásad priemerkovania (ŠMELKO 2000) s presnosťou na 1 mm.

Na TVP 1 boli zmerané všetky výšky jedincov hrubších v $d_{1,3}$ viac ako 2 cm. Meranie výšok 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 vykonávalo pomocou výškomernej laty. Výšky jedincov na TVP 2 boli odvodené z výškových grafikonov vytvorených z nameraných výšok zvlášť pre každú drevinu. Výškové grafikony boli vyrovnané Korfovou výškovou krivkou (KORF 1939). Údaje sa použili pri stanovení objemu kmeňov.

Na oboch TVP bolo merané mŕtve drevo. Registračná hodnota pre stojacu nekromasu bola nasledovná: minimálny priemer v $d_{1,3}$ 8 cm, a minimálna výška 2 m. Registračná hranica pre ležiacu nekromasu bola jej priemer na hrubšom konci nad 15 cm a dĺžka viac

ako 2 m. Evidencia nekromasy bola vykonaná na ploche pomocou technológie Field-Map. Jej dĺžka sa merala automaticky prístrojom Field-Map pri jej pozičnom zachytení. Meral sa priemer na hrubšom a tenšom konci dendrometrickou priemerkou s milimetrovým delením s presnosťou na 1 mm. Objem ležiaceho mŕtveho dreva bol vypočítaný automaticky vo Field-Mape podľa Smalianovho vzorca:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \cdot L$$

kde: V – objem kmeňa, d_0 – hrúbka na hrubšom konci, d_n – hrúbka na tenšom konci, L – dĺžka kmeňa.

Pri stojacej nekromase, bola meraná jej hrúbka a výška podľa metodiky merania ako u živých stromov. Objem stojacich mŕtvych stromov sme určovali rovnako ako pri živých stromoch. Objem stojacich zlomených kmeňov bol stanovený na základe zjednodušeného prepokladu priamej úmernosti medzi hrúbkou kmeňa v rôznej výške. Podrobne je spôsob výpočtu publikovaný v práci KLIMAŠ *et al.* (2010).

Stupeň rozkladu odumretých stojacich a ležiacich kmeňov bol určený podľa metodiky ALBRECHT (1990), nasledovne:

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

4. VÝSLEDKY

Rozbor výsledkov, ktoré reprezentujú štruktúru a množstvo nekromasy je prezentovaný tab. 1 a obr. 1. Výsledky možno zhrnúť do nasledovných poznatkov. Pri nízkom objeme biomasy 347,8 m³/ha je pomerne vysoký podiel nekromasy 104,0 m³.ha⁻¹, čo reprezentuje skoro 30 % objemu biomasy. Z pohľadu drevinového zloženia v tejto časti pralesa je pochopiteľný dominantný podiel buka – 80,3 m³.ha⁻¹. V štruktúre nekromasy prevláda ležiaca, ktorá má pri drevine buk hodnotu 55,3 m³.ha⁻¹. Analýzou odumierania stromov po hrúbkových triedach sa zistilo, že prevládajú stromy vyšších hrúbkových kategórií. Najväčší počet v porovnaní so živými stromami bol v hrúbkach nad d_{1,3} 34 cm (obr. 1). Sú však aj niektoré hrúbkové triedy, napr. 58 cm, kde počet odumretých stromov je zhodný zo zostávajúcimi živými stromami. Vo všeobecnosti možno povedať, že od hrúbkovej kategórie nad 66 cm v prevažujúcich hrúbkových triedach prevládajú odumreté stromy. Rozbor výsledkov z tejto časti pralesa poukazuje na skutočnosť, že buk lesný sa veľmi zriedkavo z pohľadu svojej hrúbkovej dimenzie dostáva do hrúbok väčších ako 74 cm. Dominantný podiel stojacich odumretých stromov predstavujú zlomy, ktoré vznikli pôsobením námrazy alebo ťažkého snehu. Možno povedať, že buk v týchto nadmorských výškach, ktoré prechádzajú na hornú hranicu lesa je významným stabilizačným prvkom.

Rozbor štruktúry nekromasy podľa drevín a stupňa rozkladu je charakterizovaný obr. 2 a 3. Pokiaľ hodnotíme celkovú nekromasu (stojacu a ležiacu) podľa drevín, možno konštatovať pozvoľný disturbančný režim. Stupne rozkladu 1 a 2 sú vyvážené zo stupňami 3 a 4. Toto konštatovanie platí viac pre drevinu buk. Pri drevine smrek prevládajú odumreté jedince vyšších stupňov rozkladu.

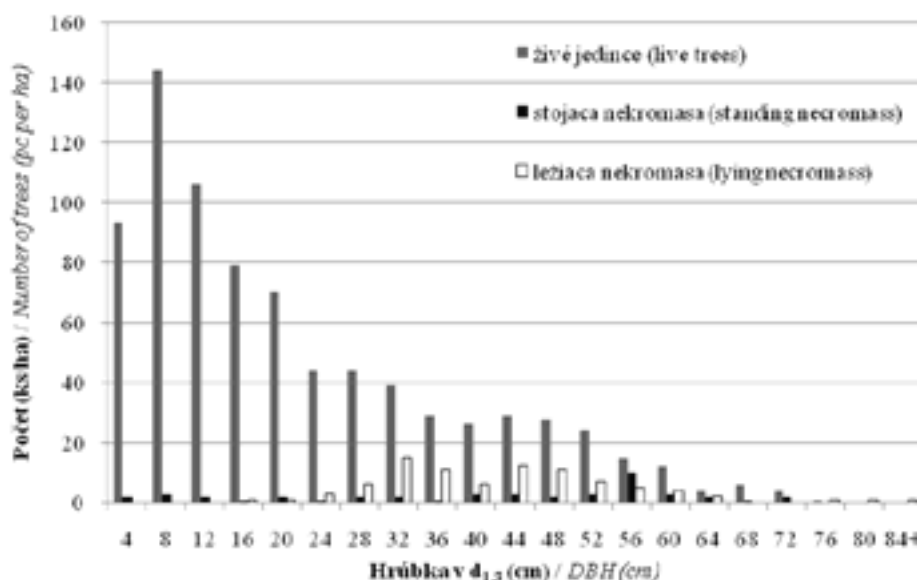
Rozbor výsledkov naznačuje, že bukový prales s prímесou smreka na hornej hranici prirodzeného areálu rozšírenia buka sa vyznačuje vysokou stabilitou a plynulým pozvoľným disturbančným režimom.

Tab. 1 Rozdelenie objemu biomasy a nekromasy podľa drevín v prepočte na 1 ha

Tab. 1 Distribution of volume of biomass and necromass according to tree species (m³/ha)

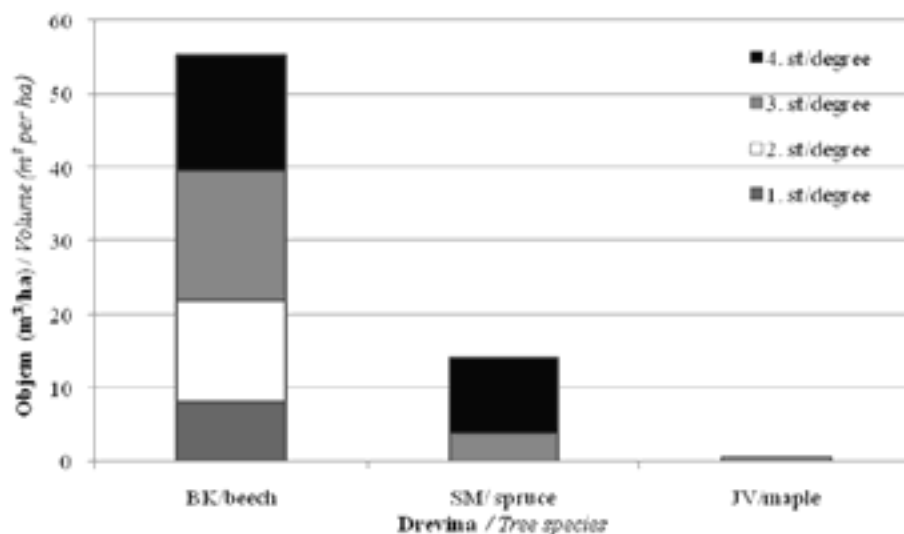
Kategória ¹	Drevina ⁹			
	BK ⁶	JV ⁷	SM ⁸	Spolu ¹⁰
Živé jedince (m ³ /ha) ²	292,4	30,9	24,6	347,8
Stojaca nekromasa (m ³ /ha) ³	25,0	1,9	7,1	34,0
Ležiaca nekromasa (m ³ /ha) ⁴	55,3	0,6	14,1	70,0
Nekromasa spolu (m ³ /ha) ⁵	80,3	2,5	21,2	104,0

¹category, ²live trees, ³standing necromass, ⁴lying necromass, ⁵necromass in total, ⁶beech, ⁷maple, ⁸spruce, ⁹tree species, ¹⁰total

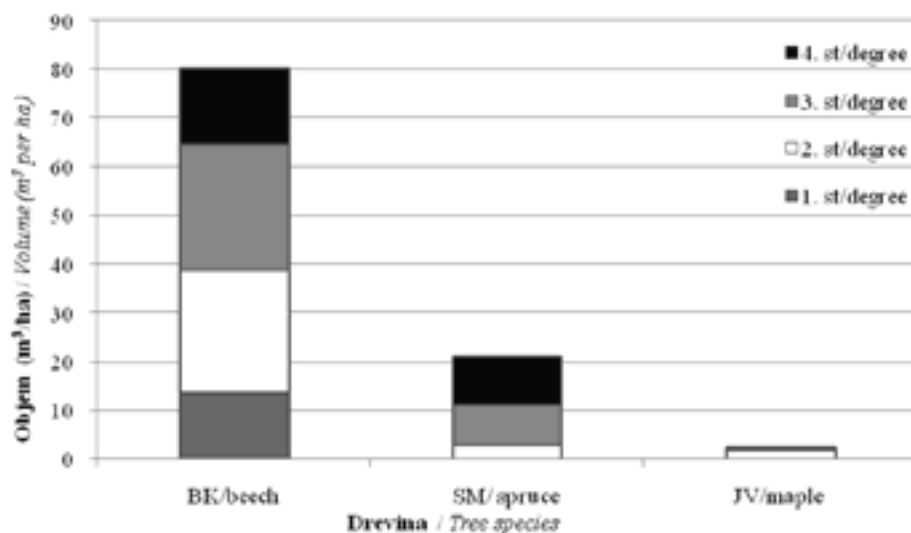


Obr. 1 Rozdelenie objemu biomasy a nekromasy buka po hrúbkových stupňoch

Fig. 1 The distribution of volume of biomass and necromass according to diametere classes



Obr. 2 Rozdelenie objemu ležiacej nekromasy medzi jednotlivé dreviny a stupne rozkladu
Fig. 2 The distribution of volume of lying necromass according to tree species and degree of decay



Obr. 3 Rozdelenie objemu nekromasy medzi jednotlivé dreviny a stupne rozkladu
Fig. 3 The distribution of volume of necromass according to tree species and degree of decay

5. DISKUSIA A ZÁVER

V drevinovom zložení záujmovej časti pralesa NPR Skalná Alpa napriek značnej nadmorskej výške (1 300 m n. m.) početne aj objemovo dominuje buk lesný, prímes tvorí javor horský a smrek obyčajný. Dominancia buka v týchto polohách je spôsobená najmä edaficky. Objemová produkcia pralesa je v porovnaní s inými pralesmi s dominanciou buka (KORPEL 1989) nižšia, čo je zapríčinené extrémnymi klimatickými podmienkami. Objem nekromasy je v pomere k celkovej objemovej produkcii porovnateľný s inými pralesmi s dominanciou buka (SANIGA, SCHÜTZ 2001), avšak absolútne hodnoty sú proporcionálne nižšie vzhľadom na nižší objem biomasy. Rovnako porovnateľný je aj pomer medzi objemom nekromasy a objemom živých stromov. Pri porovnaní výsledkov štruktúry nekromasy s výsledkami pralesa Skalná Alpa, získanými na obdobie 20 rokov (SANIGA 1995), možno porovnať len na TVP 1, ktorá sa nachádza v štádiu dorastania a je umiestnená v časti pralesa s prevahou buka. Objem živých stromov ale aj nekromasy korešponduje s údajmi, ktoré boli zistené na plochách s prevahou buka.

Rozdelenie mŕtveho dreva z pohľadu drevín na ihličnaté a listnaté, logicky kopíruje ich štruktúru, kde početne dominujú listnaté dreviny (99 %). Disproporcie vzniknú pri porovnaní rozdelenia objemu nekromasy na ihličnatú a listnatú s objemom živých stromov. Na tvorbe objemu nekromasy sa viac ako 20 % podieľa smrek, ktorý má však podiel na tvorbe objemu živých stromov len 7 %. Vzniknuté rozdiely môžu byť spôsobené tým, že smrek je drevina, ktorá má v týchto nadmorských výškach lepšie rastové a ekologické podmienky, iný fyzický vek a iný vývojový cyklus ako buk. Nachádza sa v nadúrovňovom postavení čím dosahuje priemerne väčšie dimenzie a objemy kmeňov ako buk. Nekromasa smreka má oproti bukovej nekromase dlhšiu dobu rozkladu. Mohutné kmene smrekov odumierajú najmä na stojato, čím sa ich rozklad ešte spomalí. Najmä z týchto dôvodov, ostáva smreková nekromasa v pralese dlhšiu dobu, počas ktorej sa naakumuluje aj jej väčšie množstvo.

Stojaca nekromasa má 32 % podiel na počte aj na objeme celkového množstva nekromasy. Podiel stojacej nekromasy na jej celkovom objeme je porovnateľný s pralesmi Rožok, Kyjov a Havešová (SANIGA, SCHÜTZ 2001) nachádzajúcimi sa v rastovom optime buka.

Zaradenie a percentuálny podiel jednotlivých stupňov rozkladu stojacej nekromasy v rámci jednotlivých drevín vykazuje nesúlad. Nižší podiel kmeňov v prvom stupni rozkladu pri buku je z dôvodu, že do prvého stupňa zaraďujeme len jedince čerstvo odumreté. Tieto sa v prvom stupni rozkladu nachádzajú pomerne krátku dobu. Z uvedeného dôvodu sa v druhom stupni nachádza takmer polovica stojacej nekromasy buka. Nižší podiel tretieho stupňa rozkladu je spôsobený veľkou mierou napadnutia kmeňov drevokaznými hubami a tým aj ich nízkou stabilitou. Takéto kmene sa ľahko lámu a prechádzajú do kategórie ležiacej nekromasy. Pri nekromase javora a smreka sa nenachádzajú všetky stupne rozkladu z dôvodu malého počtu stromov.

Situácia ležiacej nekromasy buka je vyrovnaná s výnimkou podielu prvého stupňa rozkladu. Rozdelenie objemu celkovej nekromasy buka, ako hlavnej dreviny pralesa, do

jednotlivých stupňov rozkladu logicky zodpovedá dobe trvania jednotlivých stupňov rozkladu. Pri smreku absentuje prvý stupeň. Vyššie podiely tretieho a štvrtého stupňa rozkladu na objeme nekromasy smreka sú najmä s dôvodu dlhšej doby rozkladu smrekového dreva. Porovnanie stupňov rozkladu nekromasy s údajmi SANIGU (1995) nieje možné, nakoľko uvedený výskum používa pri hodnotení mŕtveho dreva metodiku KORPELA (1989).

Na záver možno konštatovať, že štruktúra nekromasy je v bukovej časti NPR Skalná Alpa porovnateľná s inými pralesmi s dominanciou buka napriek jej extrémnym podmienkam. Rozdelenie nekromasy do stupňov rozkladu je pomerne k dĺžke trvania jednotlivých stupňov. Pri žiadnom so stupňov rozkladu buka neboli zaznamenané extrémne hodnoty, ktoré by svedčili o výskyte disturbancie väčšieho rozsahu za posledných 40 rokov. Odumieranie jedincov buka v skúmanej časti NPR Skalná Alpa môžeme označiť za plynulý proces. Prales v analyzovanej časti NPR Skalná Alpa môžeme považovať za stabilný.

Pod'akovanie: Výskum bol vykonaný s finančnou podporou projektu APVV-0286-10.

6. Literatúra

- ALBRECHT, L., 1990: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Naturwaldreservate in Bayern. Schriften des Bayerischen StMfELF 1: 1–221.
- BALANDA, M., 2008: Charakteristika metodického postupu pri hodnotení štruktúry, textúry, diverzity a regeneračných procesov prírodného lesa v NPR Hrončeský Grúň. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, XLX, Suppl. 1, s. 85–95.
- BÖHL, J., BRÄNDLI, U.B., 2007: Deadwood volume assessment in the third Swiss National Forest Inventory: methods and first results, Eur J Forest Res 126: 449–457 DOI 10.1007/s10342-007-0169-3
- FRANKLIN, J.F., *et al.*, 1981: Ecological characteristics of old-growth Douglas-Fir forest. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-118. 48 pp.
- FRIDMAN, J., WALHEIM, M., 2002: Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden, Forest Ecology and Management 131, pp. 23–36.
- HOLEKSA, J., 1998: Warunki obnowienia swierka a wielkopowierzchniowy rozpad warstwy drzew w Karpackim borze gornoreglownym. In: Stav, vývoj, produkčné schopnosti a využívanie lesov v oblasti Babej hory a Pilska. Zvolen, s. 40–54.
- HUNZIKER, U., BRANG, P., 2005: Microsite patterns of conifer seedling establishment and growth in a mixed stand in the southern Alps, Forest Ecology and Management, Volume 210, Issues 1–3, 16 May 2005, Pages 67–79.
- CHRISTENSEN, M. *et al.*, 2008: Dead wood in european beech forest reserves, Forest Ecology and Management 210, pp: 267–282.
- KLIMAŠ, V., PAROBEKOVÁ, Z., PITTNER, J., 2010: Množstvo a štruktúra dendromasy v NPR Dobročeský prales, Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, 52 (1), s. 65–76.
- KORF, V., 1939: Příspěvek k matematické definici vzrůstového zákona hmot lesních porostů. Lesnická práce, 18, s. 339–379.
- KORPEL, Š., *et al.*, 1991, Pestovanie lesa, Príroda Bratislava, 465 s.
- KORPEL, Š., 1989. Pralesy Slovenska. Bratislava, Veda: 329 s.
- KORPEL, Š., 1995: Die Urwalder der Westkarpaten. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.
- KRUYNS, N., FRIES, C., JOHNSON, B.G., LAMAS, T., STAHL, G., 1999: Wood inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. Can. J. For. Res. 29, 178–186.
- KUCBEL, S., 2004: Analýza prirodzenej obnovy vo vysokohorskom poraste s dôrazom na význam priameho slnečného žiarenia pre jej rast, Acta facultatis forestalis Zvolen 46: 157–167.
- LOMBARDI, F., LASSERRE, B., TOGNETTI, R., MARCHETTI, M., 2008: Deadwood in Relation to Stand Management and Forest Type in Central Apennines (Molise, Italy), Ecosystems, 11: 882–894 DOI: 10.1007/s10021-008-9167-7

- PEDLAR, J., PEARCE, J., VENIER, L., MCKENNEY, D., 2002: Coarse woody debris in relation to disturbance and forest type in boreal Canada. For Ecol Manage 158: 189–194.
- PETRÁŠ, R., PATÍK, J., (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. Lesnícky časopis, 37, (1), s. 49–56.
- PYLE, CH., BROWN, M. M., 2008: A rapid system of decay classification for hardwood logs of the eastern deciduous forest floor, Journal of the Torrey Botanical Society 125(3), pp 237–245.
- RADU, S., 2006: The Ecological Role of Deadwood in Natural Forests, Environmental Science and Engineering, 3, 137–141, DOI: 10.1007/978-3-540-47229-2_16
- SANIGA, M., 1995: Štruktúra, vývoj a rastové procesy prírodného lesa Skalná Alpa. Ochrana prírody 13, Banská Bystrica, s. 251–262.
- SANIGA, M., 2007: Regeneračné procesy smrekového prírodného lesa na jeho hornej hranici. Beskydy, 20: 161–168.
- SANIGA, M., SANIGA, M., 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., 2008: Štruktúra a dynamika prirodzenej obnovy v smrekovom prírodnom lese NPR Pilsko, Beskydy, 2008, 1 (2): 163–170.
- SANIGA, M., BALANDA, M., 2008: Regeneračné procesy smrekového prírodného lesa v NPR Kosodrevina, Beskydy, 2008, 1 (2): 171–178.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P., 2001: Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. Journal of Forest Science, 47, (12), s. 557–565.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J. P., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia, Journal of Forest Science, 48, (12): 513–528.
- SPETICH, M., SHIFLEY, S., PARKER, G., 1999: Regional distribution and dynamics of coarse woody debris in Midwestern oldgrowth forests. For Sci 45: 302–313.
- STEVENS, V., 1997: The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B. C. forests. Research Branch, B.C. Ministry of forests, Victoria. Working Paper 30/1997.
- SVOBODA, M., 2005. Množství a struktura mrtvého dřeva a jeho význam pro obnovu lesa ve smrkovém horském lese v oblasti rezervace Trojmezí, Zprávy lesnického, 50, 33–45.
- SVOBODA, M., POUSKA, V., 2008: Structure of a Central-European mountain spruce old.growth forest with respect to historical development, Forest Ecology and Management 255, pp: 2177–2188.
- ŠMELKO, Š., 2000: Dendrometria, Vysokoškolská učebnica, TU Zvolen, 118 s.
- Vestenický, K., VOLOŠČUK, I., 1986. Veľká Fatra chránená krajinná oblasť. Bratislava, s. 378.
- VORČÁK, J., 2005: Štruktúrna diverzita vybraných horských lesom Oravských Beskyd a Tatier vo väzbe na ich ekologickú stabilitu. Dizertačná práca, TU Zvolen, 135 s.
- VYSKOT, M. (ed.): 1981, Československé pralesy, Praha, Academia, 362 s.
- YAN, E., WANG, X., HUANG, J., 2006: Concept and Classification of Coarse Woody Debris in Forest Ecosystems, Front. Biol. China (2006) 1: 76–84, DOI 10.1007/s11515-005-0019-y

Adresa autorov:

Ing. Jozef Zrak
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Katedra pestovania lesa, Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen

Štruktúra a objem nekromasy v bukovej časti pralesa NPR Skalná Alpa

Abstrakt

Predkladaná práca sa zaoberá štruktúrou a objemom nekromasy v časti pralesa NPR Skalná Alpa v ktorej prevláda drevina buk. Výskum bol realizovaný na dvoch TVP o rozmeroch 50×150 m. Mŕtve drevo bolo zaraďované do stupňov rozkladu podľa ALBRECHTA (1990). Na analyzovanej ploche bolo zistené množstvo nekromasy o objeme $104 \text{ m}^3/\text{ha}$. Na objeme nekromasy sa podieľal buk lesný 77,3 %, javor horský 2,3 % a smrek obyčajný 20,4 %. Podiel stojacej nekromasy na celkovom objeme nekromasy je 32 %. Podiel rozdelenia objemu nekromasy buka do jednotlivých stupňov rozkladu (1. st. – 16,9 %; 2. st. – 31,4 %; 3. st. – 32,1 %; 4. st 20,5 %) poukazuje na málo pravdepodobný výskyt disturbancie veľkého rozsahu za posledných 40 rokov.

Kľúčové slová: mŕtve drevo, NPR Skalná Alpa, prales, buk lesný

VZŤAH MEDZI PRODUKČNÝMI CHARAKTERISTIKAMI BIOMASY A MŔTVEHO DREVA VO VYBRANÝCH VÝVOJOVÝCH ŠTÁDIÁCH PRALESA NPR HRONČECKÝ GRŮŇ

Miroslav B A L A N D A – Milan S A N I G A

Balanda, M., Saniga, M.: Relationships between production characteristics of living trees and necromass in selected developmental stages of natural forest NNR Hrončecký grůň. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 39–48, 2011.

The paper presents results acquired by an analysis of production patterns of living trees and necromass of mixed species natural forest located in the Carpathians (Central Slovakia region). The data were collected on two permanent research plots (PRP) located on different geological bedrocks (PRPI andesite and PRPII migmatites). Obtained total volume and structure of living trees and necromass reflects extraordinary production possibilities of the site. With respect to significant predominance of lying dead wood at costs of standing necromass we can state that from point of view of dieback of individuals the combination of endogenous and exogenous disturbing agents occurs, the wind impact especially. The deformation of course of necromass volume along developmental cycle was observed. It is caused by dieback of fir individuals in the next period of developmental cycle (optimum stage) regulated by beech. We recorded the negative trend of ash dieback from structure of upper layer in favour of beech individuals.

Keywords: necromass, biomass, developmental cycle

ÚVOD A PROBLEMATIKA

Dynamika lesného ekosystému je vo všeobecnosti idealizovaná ako striedanie graduujúcich a degradujúcich štádií. Toto striedanie je zabezpečené tromi, do určitej miery naväznými procesmi. Jedná sa o rast stromov, vedúci k akumulácii objemu biomasy, ich následné odumieranie, chápané ako postupný úbytok živej biomasy v lesnom ekosystéme a v konečnom dôsledku regeneračné procesy, ktoré zabezpečujú prepojenie predošlých dvoch systémov t.z. vlastné striedanie generácií prírodného lesa (PALUCH 2007).

Mŕtve drevo tvorí dôležitú súčasť prírodných lesov, jeho prítomnosť je jedným zo základných znakov prírodného lesa (KORPEL 1995; SANIGA, SCHÜTZ 2002). Prítomnosť stojacej a ležiacej nekromasy je jedným z deviatich paneurópskych indikátorov trvalo udržateľného obhospodarovania lesov (kritérium 4: ochrana a zvyšovanie biodiverzity lesných ekosystémov) (MCPFE 2003).

Spôsob odumierania stromov je ťažko predvídateľný proces, ktorý je do značnej miery schopný zmeniť charakter textúry pralesa a signifikantne ovplyvniť ďalší vývoj jeho štruktúry (FRANKLIN *et al.* 2002; SPLECHTNA *et al.* 2005, NAGEL, DIACI 2006). Odumieranie stromov spravidla pramení z pôsobenia viacerých faktorov, exogénnych a endogénnych.

Práce SANIGU a SCHÜTZA (2001a, b; 2002) poskytujú významné poznatky o dynamických zmenách v objeme nekromasy v podmienkach stredoeurópskych prírodných lesov. Podľa autorov zmena objemu nekromasy v rámci celého vývojového cyklu prebieha v uzatvorených, v princípe vyrovnaných cykloch. Objem nekromasy varíruje v rámci vývojového cyklu v závislosti od vývojového štádia prírodného lesa. Variačné rozpätie tohto cyklu závisí vo veľkej miere od stupňa zmiešania drevín, ktoré sa podieľajú na štruktúre porastu. Platí pravidlo, že čím vyšší je počet druhov drevín podieľajúcich sa na štruktúre pralesa, a čím sú zreteľnejšie diferencie v ich životnosti a ekologických nárokoch, tým je podiel a rozkolísanosť objemu mŕtveho dreva počas celého vývojového cyklu vyššia (SANIGA, SCHÜTZ, 2001a, b).

Cieľom práce je posúdiť vzťah medzi produkčnými pomermi živého a mŕtveho dreva v NPR Hrončecký grúň ako i kvantifikovať štruktúru mŕtveho dreva v závislosti od drevín, charakterizovať dynamický proces vzniku, akumulácie a dekompozície nekromasy v závislosti od vývojového štádia prírodného lesa.

Charakteristika objektu a použitá metodika

Orograficky patrí územie NPR Hrončecký grúň do pohoria Poľana, z hľadiska ochrany prírody do Biosférickej rezervácie CHKO Poľana. Územie gravituje do povodia rieky Hron, zemepisné súradnice záujmového územia 48°43'N a 19°35'E, nadmorská výška 730–1 050 m n. m., 5.–6. LVS, priemerná ročná teplota 6,2 °C, prevládajúci typ pôd kambizem a andozem, na ploche rezervácie sa nachádza šesť skupín lesných typov: *Fageto-Abietum*, *Fagetum pauper*, *Abieto-Fagetum*, *Abieto-Fagetum acerosum*, *Fageto-Aceretum* a *Fraxineto-Aceretum*. Rezervácia predstavuje z hľadiska druhového zloženia vrchol počtu zastúpenia drevín, nakoľko je tu prítomných päť druhov listnatých drevín (*Fagus sylvatica* (L.); *Fraxinus excelsior* (L.); *Acer pseudoplatanus* (L.); *Acer platanoides* (L.); *Ulmus glabra* Mill.) a dva druhy ihličnatých drevín (*Picea abies* (L). Karst.; *Abies alba* Mill.).

Pre potreby výskumu štrukturálnych charakteristík a dynamiky prírodného lesa boli založené dve trvalé výskumné plochy (50 × 250 m) situované na dvoch typoch geologického podlažia (TVPI andezit, TVPII migmatit). Na trvalej výskumnej ploche boli evidované základné biometrické veličiny živých stromov (hrúbka jedinca $d_{1,3}$, výška h , výška nasadenia koruny h_k). Evidované boli ležiace kmene, ktoré dosahujú dĺžku minimálne 2 m a priemer na hrubšom konci minimálne 20 cm a stojace sucháre s výškou minimálne 2 m a priemerom $d_{1,3}$ min. 8 cm. Merané boli priemer na hrubšom (d_h) a tenšom konci (d_n) ležiaceho kmeňa, pri stojacej nekromase priemer $d_{1,3}$ a výška. Nekromasa bola klasifikovaná do štyroch stupňov rozkladu podľa ALBRECHTA (1990). Vývojové štádia boli vylišované podľa metodiky KORPEL (1995). Objem odumretých padnutých stromom bol vypočítaný podľa Huberovho vzorca. V prípade stojacich stromov živých a odumretých bol objem na základe ich výšky a hrúbky $d_{1,3}$ určený podľa objemových tabuliek PETRÁŠ, PAJTIK (1991).

VÝSLEDKY

Celkový zaznamenaný objem hrubiny živých stromov ($923,13 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) a hodnota kruhovej základne ($48,521 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) poukazujú na výnimočnú produkčnú schopnosť tohto stanovišťa. Taktiež vysoké hodnoty priemerného objemu hrubiny kmeňa pri cených listnáčoch (jaseň $4,69 \text{ m}^3$, javor horský $2,12 \text{ m}^3$) potvrdzujú uvedenú skutočnosť. Priemerný objem kmeňa pri drevine buk bol $2,51 \text{ m}^3$. Takáto nižšia hodnota je pochopiteľná vzhľadom na skutočnosť, že buk sa výraznou mierou podieľa na výstavbe všetkých troch porastových vrstiev. Vysoká hodnota priemerného objemu hrubiny kmeňa pri drevine smrek ($5,37 \text{ m}^3$) jednoznačne lokalizuje túto drevinu do porastovej úrovne. Objem kmeňa jedle ($4,68 \text{ m}^3$) je príznačný, vzhľadom na jej produkčný potenciál a zastúpenie v celom porastovom profile. Priemerné hektárové hodnoty zásoby živých stromov sa medzi štádiami vývojového cyklu značne líšia.

Štruktúru zásoby živých stromov na ploche optimum I. zobrazuje tabuľka 1. Objem hrubiny živých stromov bol na tejto ploche $990,32 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Takáto vysoká hodnota zásoby živých stromov je typická pre štádium optima. Podiel jednotlivých drevín na štruktúre zásoby odzrkadľuje ich výškové postavenie v produkčnom disponibilnom priestore porastu. Dominancia jaseňa v hornej vrstve porastu sa zákonite odzrkadľuje aj v jeho podiele na objeme v tomto štádiu. Horná vrstva porastu tvorí až $88,95 \%$ celkovej zásoby na tejto ploche, pričom jaseň sa na tejto hodnote podieľa $81,84 \%$. Aj z hľadiska podielu drevín na zásobe porastu je zrejma spoludominancia buka a javora v strednej vrstve, sprevádzaná absolútnou prevahou buka vo vrstve spodnej ($84,09 \%$ zásoby a $81,96 \%$ kruhovej základne). Drevina jedľa sa v tejto porastovej štruktúre produkčne presadzuje iba v strednej a spodnej vrstve.

Tab. 1 Štruktúra objemu hrubiny a kruhovej základne pralesa podľa vrstiev a drevín, optimum I.
Table 1 Structure of living trees according to stand layers and tree species, Optimum I. stage.

species	Upper layer		Midle layer		Lower layer		Total	
	V	G	V	C	V	G	V	G
	($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)
beech	100,95	5,10	45,93	3,42	4,72	0,75	151,60	9,27
%	11,46	11,80	44,23	43,84	84,09	81,96	15,31	17,86
fir	0,00	0,00	14,15	1,36	0,89	0,17	15,04	1,53
%	0,00	0,00	13,63	17,41	15,91	18,04	1,52	2,94
ash	720,90	34,84	0,00	0,00	0,00	0,00	720,90	34,84
%	81,84	80,57	0,00	0,00	0,00	0,00	72,79	67,03
maple	59,03	3,30	43,75	3,03	0,00	0,00	102,78	6,33
%	6,70	7,63	42,14	38,75	0,00	0,00	10,38	12,17
Total	880,88	43,24	103,83	7,81	5,61	0,92	990,32	51,97
%	88,95	83,20	10,48	15,03	0,57	1,77	100,00	100,00

Explanatory notes: V – volume of living trees; G – basal area; beech – *Fagus sylvatica* (L.); ash – *Fraxinus excelsior* (L.); maple – *Acer pseudoplatanus* (L.); *Acer platanoides* (L.); fir – *Abies alba* Mill.

Tab. 2 Štruktúra objemu hrubiny a kruhovej základne pralesa podľa vrstiev a drevín, rozpad I.
Table 2 Structure of living trees according to stand layers and tree species, Breakdown I. stage.

species	Upper layer		Midle layer		Lower layer		Total	
	V	G	V	G	V	G	V	G
	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)
beech	270,06	12,46	29,44	2,38	2,31	0,4	301,81	15,24
%	30,49	28,53	60,86	62,15	55,58	59,81	32,17	31,64
fir	93,19	4,82	6,32	0,47	1,85	0,27	101,36	5,55
%	10,52	11,03	13,08	12,19	44,42	40,19	10,8	11,53
ash	349,44	17,27	0	0	0	0	349,44	17,27
%	39,45	39,54	0	0	0	0	37,24	35,85
maple	52,16	2,78	10,47	0,78	0	0	62,63	3,56
%	5,89	6,37	21,66	20,33	0	0	6,68	7,39
spruce	120,9	6,34	2,13	0,2	0	0	123,03	6,55
%	13,65	14,53	4,4	5,33	0	0	13,11	13,59
Total	885,75	43,67	48,36	3,83	4,16	0,67	938,27	48,17
%	94,4	90,65	5,15	7,96	0,45	1,39	100	100

Explanatory notes: V – volume of living trees; G – basal area; beech – *Fagus sylvatica* (L.); ash – *Fraxinus excelsior* (L.); maple – *Acer pseudoplatanus* (L.); *Acer platanoides* (L.); spruce – *Picea abies* (L.) Karst.; fir – *Abies alba* Mill.

Z pohľadu objemového pomeru nekromasy, či už stojacej alebo ležiacej ku biomase, môžeme konštatovať jednoznačnú prevahu jaseňa. Celkový objem nekromasy na tejto ploche bol zistený 252,56 m³.ha⁻¹, pomer objemu nekromasy k objemu živých stromov na tejto ploche 0,255. Až 90,75 % celkového objemu nekromasy tvorila ležiaca hmota (tab. 4). Zvyšok tvorili stojace sucháre a zlomy (9,25 %). Zrejma je dominancia jaseňa v 2. stupni rozkladu (132,94 m³.ha⁻¹). Hodnota pomeru medzi nekromasou a objemom živých jedincov jedle je 0,987.

Produkčné pomery pralesa na ploche, ktorú sme charakterizovali ako rozpad I dokumentuje tabuľka 2. Z pohľadu produkčnej úrovne na tejto ploche došlo iba k miernemu poklesu porastovej zásoby (938,27 m³.ha⁻¹) oproti ploche optimum I. Zaznamenaný bol i mierne zvýšený celkový objem stromov hornej vrstvy (885,75 m³.ha⁻¹) a zníženie objemového podielu stromov strednej vrstvy, čo indikuje ich presun do hornej vrstvy porastu, v ktorej sa spolupodieľajú na zvýšení objemu tejto vrstvy. Pri hodnotení nekromasy tohto vývojového štádia vidíme, že oproti štádiu optima I. došlo k nárastu objemu, ako ležiacej nekromasy (267,26 m³.ha⁻¹), tak i stojacich suchárov (88,78 m³.ha⁻¹). Celkový pomer medzi objemom nekromasy a zásobou živých stromov sa zvýšil na hodnotu 0,379. V ležiacej nekromase opäť dominuje drevena jaseň 130,12 m³.ha⁻¹. Odlišná je situácia v druhovej štruktúre stojacich suchárov.

Tab. 3 Štruktúra objemu hrubiny a kruhovej základne pralesa podľa vrstiev a drevín, optimum II.
Table 3 Structure of living trees according to stand layers and tree species, Optimum II stage.

species	Upper layer		Midle layer		Lower layer		Total	
	V	G	V	G	V	G	V	G
	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ² .ha ⁻¹)
beech	255,27	12,61	64,52	4,76	0,92	0,16	320,71	17,53
%	22,75	21,28	61,39	60,76	80,84	73,96	26,11	26,04
fir	98,97	5,06	2,26	0,22	0,22	0,05	101,45	5,33
%	8,82	8,53	2,15	2,79	19,16	26,04	8,26	7,92
ash	177,98	9,32	6,99	0,5	0	0	184,97	9,82
%	15,86	15,72	6,65	6,42	0	0	15,06	14,59
maple	70,58	3,82	31,33	2,35	0	0	101,91	6,17
%	6,29	6,44	29,81	30,03	0	0	8,3	9,17
spruce	519,48	28,46	0	0	0	0	519,48	28,46
%	46,28	48,03	0	0	0	0	42,27	42,28
Total	1122,28	59,27	105,1	7,83	1,14	0,21	1228,52	67,31
%	91,35	88,05	8,56	11,64	0,09	0,31	100	100

Explanatory notes: V – volume of living trees; G – basal area; beech – *Fagus sylvatica* (L.); ash – *Fraxinus excelsior* (L.); maple – *Acer pseudoplatanus* (L.); *Acer platanoides* (L.); spruce – *Picea abies* (L.) Karst.; fir – *Abies alba* Mill.

Z hodnôt uvedených v tabuľke 4 je jasná dominancia smreka v prvom stupni rozkladu (31,74 m³.ha⁻¹). Zastúpenie buka, jedle a jaseňa je vyrovnané (približne od 15 do 20 m³.ha⁻¹). Z celkového pohľadu je možné povedať, že na tejto ploche dochádza k vypadávaní všetkých druhov drevín, trend ústupu jaseňa z porastového zloženia je zachovaný. Dokumentuje to objem tejto dreviny v prvom stupni rozkladu 25,95 m³.ha⁻¹.

Najvyšší objem hrubiny živých stromov, 1 228,52 m³.ha⁻¹, bol zaznamenaný na ploche optimum II (tab. 3). Tomuto objemu zodpovedá i v slovenských podmienkach rekordná hodnota kruhovej základne porastu 67,31 m².ha⁻¹. Z hodnôt objemu jednotlivých drevín je zrejmé funkčné a produkčné presadzovanie sa viacerých druhov drevín v úrovňovej vrstve pralesa, podobne ako je to pri ploche optimum I. Hodnota zásoby pralesa vyzdvihuje produkčný potenciál takejto porastovej zmesi. Hodnoty uvedené v tabuľke potvrdzujú koncentráciu objemu živých stromov v hornej vrstve porastu (91,35 %). Pre štádium optima je charakteristický nízky podiel strednej (8,56 %) a spodnej vrstvy (0,09 %). Produkčné presadzovanie sa iných drevín ako buka je viditeľné ešte v strednej vrstve porastu (javor 29,81 %). Zastúpenie jedle na objeme živých stromov sa vyznačuje vyrovnanosťou, aj keď so značne nízkym podielom (vo všetkých štruktúrach max. do 10 % objemu).

Pomer medzi celkovým objemom nekromasy a zásobou porastu na tejto ploche bol 0,098, čo zodpovedá vysokej hodnote objemu biomasy na tejto ploche. Zaznamenaný objem ležiacej mŕtvej hmoty bol 95,05 m³.ha⁻¹, stojacich suchárov 25,70 m³.ha⁻¹.

Celková štruktúra nekromasy je typická pre štádium optima. Zaujímavé je zastúpenie smreka v treťom stupni rozkladu $43,06 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, ako i jeho celková dominancia v objeme ležiacej nekromasy. Smrek taktiež dominuje hornej vrstve, absentuje v strednej a spodnej vrstve a tvorí dominantnú časť objemu nekromasy, čo dokazuje jeho vypadávanie z hornej vrstvy pralesa. Podobne hodnota podielu nekromasy smreka z jeho zásoby v štádiu optima 0,1077, je veľmi podobná podielu 0,173, ktorú dosiahol jaseň v tom istom štádiu na ploche optimum I.

Tab. 4 Štruktúra ležiacej a stojacej nekromasy pralesa na jednotlivých plochách podľa stupňa rozkladu a dreviny.

Table 4 Structure of lying and standing necromass according to degree of decomposition, tree species and developmental stage.

	Lying necromass ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)					snags ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)				
	DoD ¹	1.	2.	3.	4.	Total	1.	2.	3.	Total
Optimum I	beech	0,00	9,71	13,00	0,00	22,71	0,00	4,39	0,00	4,39
	fir	0,00	0,70	2,48	11,67	14,85	0,00	0,00	0,00	0,00
	ash	0,00	96,44	14,56	0,00	111,00	0,31	13,33	0,00	13,64
	maple	0,00	26,09	1,40	0,00	27,49	0,00	0,00	0,00	0,00
	spruce	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,32	0,00	0,00	5,32
	Unid. ²	0,00	0,00	0,00	53,16	53,16	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	0,00	132,94	31,44	64,83	229,21	5,63	17,72	0,00	23,35
Breakdown I	beech	1,12	18,70	17,50	0,00	37,32	1,07	9,35	6,76	17,18
	fir	0,00	2,56	27,71	11,19	41,46	0,00	12,56	6,43	18,99
	ash	18,25	66,06	39,81	6,00	130,12	7,70	5,17	1,89	14,76
	maple	0,00	0,00	0,37	0,00	0,37	1,16	3,13	0,00	4,29
	spruce	5,54	8,10	9,05	0,00	22,69	31,74	0,25	1,58	33,57
	Unid. ²	0,00	0,00	0,00	35,30	35,30	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	24,91	95,42	94,44	52,49	267,26	41,67	30,46	16,66	88,78
Optimum II	beech	0,00	0,00	0,00	5,77	5,77	0,00	2,35	16,91	19,26
	fir	0,00	0,00	15,07	9,07	24,14	0,04	1,72	0,00	1,76
	ash	0,00	3,81	3,79	0,00	7,60	0,00	0,00	0,00	0,00
	spruce	0,00	6,26	43,06	1,96	51,28	4,68	0,00	0,00	4,68
	Unid. ²	0,00	0,00	0,00	6,26	6,26	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	0,00	10,07	61,92	23,06	95,05	4,72	4,07	16,91	25,70

Tab. 4 Pokračovanie
Table 4 Continued

	Lying necromass (m ³ .ha ⁻¹)					snags (m ³ .ha ⁻¹)				
	DoD ¹	1.	2.	3.	4.	Total	1.	2.	3.	Total
Breakdown II	beech	3,85	21,45	71,30	8,08	104,68	0,00	7,55	3,34	10,89
	elm	0,00	0,00	8,00	0,00	8,00	0,00	0,00	3,80	3,80
	fir	0,00	1,14	1,61	2,10	4,85	0,00	7,08	0,22	7,30
	ash	1,43	23,36	32,91	0,00	57,70	5,31	2,34	2,38	10,03
	maple	0,00	0,89	0,41	0,00	1,30	0,00	1,28	1,40	2,68
	spruce	0,00	10,11	31,35	14,83	56,29	0,00	4,32	2,48	6,80
	Unid. ²	0,00	0,00	0,00	19,23	19,23	0,00	0,00	0,00	0,00
	Total	5,28	56,95	145,58	44,24	252,05	5,31	22,57	13,62	41,50

Explanatory notes: DoD¹ – degree of decomposition, Unid.² – unidentified, beech – *Fagus sylvatica* (L.); ash – *Fraxinus excelsior* (L.); maple – *Acer pseudoplatanus* (L.); *Acer platanoides* L.; spruce – *Picea abies* (L.) Karst.; fir – *Abies alba*, Mill.; elm – *Ulmus glabra* (L.).

Informáciu o štruktúre produkčných charakteristík pralesa na ploche rozpad II podáva tabuľka 5. Na uvedenej ploche došlo k poklesu celkovej zásoby porastu na hodnotu 842,11 m³.ha⁻¹, ktorá bola spojená s výrazným poklesom objemu hornej vrstvy porastu 793,08 m³.ha⁻¹. Z pohľadu drevinovej skladby hornej vrstvy je zrejmé zníženie podielu smreka (31,03%), ktoré je sprevádzané zvýšením objemového podielu ostatných drevín tvoriacich hornú vrstvu pralesa na tejto ploche. Značná je prevaha buka v strednej a spodnej vrstve, podiel jedle na produkcii si udržiava nastavený trend, pričom je zreteľné jej produkčné presadenie sa v spodnej vrstve pralesa (26,23 %). Pokles hodnoty zaznamenatej celkovej kruhovej základne (44,46 m².ha⁻¹) zodpovedá poklesu zásoby v porovnaní so štádiom optima II na tejto ploche. Z pohľadu disturbancií došlo ku výraznému nárastu objemu nekromasy 293,55 m³.ha⁻¹, ako i jej podielu zo zásoby živých stromov 0,349. V objeme ležiacej nekromasy dominuje buk (104,68 m³.ha⁻¹), takmer rovnaký je objem nekromasy smreka a jaseňa. Na objeme stojacich suchárov, 41,50 m³.ha⁻¹, sa spolupodieľajú všetky dreviny, vyšší je iba podiel jaseňa a buka.

Tab. 5 Štruktúra objemu hrubiny a kruhovej základne pralesa podľa vrstiev a drevín, rozpad II.
Table 5 Structure of living trees according to stand layers and tree species, Breakdown II stage.

species	Upper layer		Midle layer		Lower layer		Total	
	V	G	V	G	V	G	V	G
	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)	(m ³ .ha ⁻¹)
beech	243,47	11,65	29,33	2,22	0,81	0,49	273,61	14,36
%	30,7	28,93	61,29	61,32	69,65	85,25	32,49	32,29
fir	93,33	4,83	2,2	0,19	0,31	0,05	95,84	5,07
%	11,77	12,01	4,59	5,26	26,23	9,43	11,38	11,42
ash	151,65	7,54	4,87	0,34	0	0	156,52	7,88
%	19,12	18,72	10,17	9,52	0	0,19	18,59	17,74
maple	58,55	3,05	7,85	0,55	0,05	0,03	66,45	3,63
%	7,38	7,58	16,4	15,16	4,12	5,13	7,89	8,16
spruce	246,08	13,2	3,61	0,32	0	0	249,69	13,52
%	31,03	32,76	7,55	8,74	0	0	29,65	30,39
Total	793,08	40,27	47,86	3,62	1,17	0,57	842,11	44,46
%	94,18	90,59	5,68	8,12	0,14	1,29	100	100

Explanatory notes: V – volume of living trees; G – basal area; beech – *Fagus sylvatica* (L.); ash – *Fraxinus excelsior* (L.); maple – *Acer pseudoplatanus* (L.); *Acer platanoides* (L.); spruce – *Picea abies* (L.) Karst.; fir – *Abies alba* Mill.

DISKUSIA A ZÁVER

Vysoký objem a samotná štruktúra nekromasy odzrkadľujú nadpriemernú produkčnú schopnosť stanovišťa. Vo všeobecnosti je možné vysloviť poznatok, že zmiešaný prírodný les v NPR Hrončecký grúň vyniká v stredoeurópskych podmienkach v úrovni produkčných schopností. V porovnaní so zmiešanými porastmi južnej Európy sa ukazuje z hľadiska produkčného na rovnakej úrovni. Treba si však uvedomiť, že ročné úhrny zrážok v oblasti juhoeurópskych bukových pralesov značne prevyšujú celkové úhrny v našich podmienkach a taktiež je potrebné brať v úvahu fakt, že buk a jedľa, ako dreviny miernej oceánskej klímy, majú optimálne rastové podmienky v oblasti južnej Európy. Tento nedostatok v našich pomeroch temperátnej zóny je do značnej miery kompenzovaný obzvlášť vhodnými pôdnymi pomermi vo vulkanickom masíve Poľany, čo sa odzrkadľuje i na rekordných zaznamenaných hodnotách výšok cenných listnáčov (*Fraxinus excelsior* (L.), *Acer pseudoplatanus* (L.)) zaznamenaných HOLEKSOM *et al.* (2009).

Výrazná prevaha ležiacej nekromasy nad stojacou dokumentuje spôsob odumierania stromov v tomto prírodnom lese. Fakt, že väčšina nekromasy leží na pôde pralesa poukazuje na skutočnosť, že hlavným disturbančným činiteľom je vietor, vytvárajúci vývraty. Dominancia jaseňa v zložení nekromasy vypovedá o jeho vysokom zastúpení na štruktúre

pralesa v minulosti. Dominancia jaseňa v 2. stupni rozkladu indikuje, že k jeho vypadávaniu došlo pravdepodobne v nedávnej minulosti. Trend ústupu jaseňa z hornej vrstvy porastu v prospech buka potvrdzuje štruktúra a objem nekromasy buka. Vyšší podiel objemu nekromasy v štvrtom stupni rozkladu je zrejme tvorený z prevažnej časti jedľou, ktorej jedince, vzhľadom na dlhší vývojový cyklus (okolo 400 rokov), vypadávajú práve v štádiu optima následného cyklu pralesa. Toto konštatovanie potvrdzuje i zistený pomer medzi nekromasou a objemom živých jedincov jedlí v štádiu optima. Vyrovnanosť zastúpenia jedle na objeme živých stromov poukazuje na autonómnosť jej rastu a presadzovania sa jedle nezávisle od vývoja ostatných drevín. Neštandardnosť vývoja objemu nekromasy spôsobenú vypadávaním jedle v následnom cykle v podmienkach zmiešaných prírodných lesov 5. a 6. LVS potvrdzujú vo svojej práci viacerí autori (SANIGA, SCHÜTZ 2002; KLIMAŠ *et al.* 2010).

Mierny pokles hodnoty porastovej zásoby v štádiu rozpadu v porovnaní so štádiom optima je pravdepodobne spôsobený tým, že v tejto fáze sú ostávajúce jedince schopné zvýšeným objemovým prírastkom po odclonení kompenzovať úbytok na zásobe spôsobe- ný vypadávaním stromov z úrovne pralesa. Tento trend však nie je udržateľný v dlhšom časovom horizonte. Je typický pre počiatočnú fázu štádia rozpadu a v budúcnosti bude pravdepodobne dochádzať k zvýšenému vypadávaniu jedincov hornej vrstvy, čím tento úbytok už nebude možné naďalej kompenzovať objemovým prírastkom na zostávajúcich stromoch drevín hornej vrstvy. Z hľadiska formy vypadávania stromov, ide pravdepodobne o kombináciu pôsobenia endogénnych škodlivých činiteľov s pôsobením vetra. Vyššie zastúpenie smreka v prvom stupni rozkladu je pochopiteľné v kontexte rozsiahlej kalamity spôsobenej podkôrnym hmyzom v okolitých porastoch. Zo zistených údajov je zrejmé, že rozpad na ploche II. je dynamickejší ako na ploche I., dominuje pôsobenie vetra, zreteľný je trend ústupu smreka a jaseňa z druhej kompozície porastu.

PodĎakovanie

Výskum bol vykonaný s finančnou podporou vedeckého projektu VEGA 1/0128/09.

Použitá literatúra

- ALBRECHT, L., 1990: Grundlagen, Ziele und Methodik der waldökologischen Forschung in Naturwaldreservaten. Naturwaldreservate in Bayern. Schriftenreihe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Landschaftstechnik, Band 1, München. 221 p.
- FRANKLIN, J.F., SPIES, T.A., van PELT, R., CAREY, A.B., THORNBURGH, D.A., BERG, D.R., LINDENMAYER, D.B., HARMON, M.E., KEETON, W.S., SHAW, D.C., BIBLE, K., CHEN, J., 2002: Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *For. Ecol. Manage.* 155: p. 399–423.
- HOLEKSA, J., SANIGA, M., SZWAGRZYK, J., CZERNIAK, M., STASZYŃSKA, K., KAPUSTA, P., 2009: A giant tree stand in the Western Carpathians – An exception or a relic formerly widespread mountain European forests? *Forest Ecol. Manage.* 257: p. 1577–1585.
- KLIMAŠ, V., PAROBKOVÁ, Z., PITTNER, J., 2010: Množstvo a štruktúra nekromasy v NPR Dobročský prales. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 52 (1), s. 65–76.

- KORPEL, Š., 1995: Die Ürwälder der Westenkarpaten. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 330 s.
- MCPFE, 2003. Improved Pan-European Indicators for Sustainable Forest Management as adopted by the MCPFEExpert Level Meeting 7–8 October 2002. Vienna, Austria, p. 6.
- NAGEL, T.A., DIACI, J., 2006: Intermediate wind disturbance in an old-growth beech-fir forest in southeastern Slovenia. Canadian Journal Of Forest Research 36: p. 629–638.
- PALUCH, J.G., 2007: The spatial pattern of a natural European beech (*Fagus sylvatica* (L.) – silver fir (*Abies Alba* Mill.) forest: A patch – mosaic perspective. Forest Ecol. Manage 253: p. 161–171.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J.P., 2001a: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen – Buchen – und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. Schweiz. Z. Forstwes. 152 (10): p. 407–416.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J.P., 2001b: Dynamics of changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle: Journal of Forest Science 47 (12): p. 557–565.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J.P., 2002: Relation of dead wood course within the development cycle of selected virgin forests in Slovakia. Journal of Forest Science 48 (12): p. 513–528.
- SPLCHTNA, B.E., GRATZER, G., BLACK, B.A., 2005. Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – a spatial dendro-ecological analysis. J. Veg. Sci. 16: p. 511–522.
-

Adresa autora:

Ing. Miroslav Balanda, PhD.

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovak Republic

e-mail: balanda@vsld.tuzvo.sk

Vzt'ah medzi produkčnými charakteristikami biomasy a mŕtveho dreva vo vybraných vývojových štádiách pralesa NPR Hrončecký grň

Abstrakt

Práca prezentuje výsledky získané výskumom produkčných charakteristík živého a mŕtveho dreva v podmienkach prírodného zmiešaného lesa Západných Karpát nachádzajúceho sa v 5. a 6. LVS. Objektom analýzy boli dve trvalé výskumné plochy (50 × 250 m) založené na dvoch typoch podlažia (TVPI. andezit, TVP II. migmatit). Zistený objem ako aj samotná štruktúra živých stromov a nekromasy odzrkadľuje nadpriemernú produkčnú schopnosť stanovišťa. Vzhľadom na výraznú prevahu ležiacej nekromasy nad stojacou, čo do objemu i počtu je možné vysloviť poznatok, že z hľadiska formy vypadávania stromov ide pravdepodobne o kombináciu pôsobenia endogénnych škodlivých činiteľov s pôsobením vetra. Pozorovaná bola i deformácia priebehu objemu nekromasy pozdĺž vývojového cyklu pralesa spôsobená vypadávaním jedle v následnom vývojovom cykle, ktorý v týchto podmienkach udáva drevina buk. Zaznamenaný bol trend ústupu jaseňa z hornej vrstvy porastu v prospech buka.

Kľúčové slová: nekromasa, biomasa, vývojový cyklus pralesa

ZMENY ŠTRUKTÚRY, NEKROMASY A REGENERAČNÝCH PROCESOV BUKOVÉHO PRALESA NPR HAVEŠOVÁ

Milan S A N I G A – Peter J A L O V I A R – Stanislav K U C B E L
– Jaroslav V E N C U R I K

Saniga, M., Jaloviar, P., Kuchel, S., Vencurik, J.: The changes of structure, necromass and the regeneration processes in NNR Havešová. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, 53(2): 49–59, 2011.

The work represents the results of research change the structure of selected characters Havešová beech forest over the past 10 years. The production variables (the growing stock), volume of necromass and the regeneration processes are analyzed. The results of regeneration processes can be concluded that natural regeneration of beech as a primary species of natural forest permanent take place in all developmental stages, and the optimal conditions has in the initial phase of breakdown and optimum stage. The number of sycamore is greater than number of beech on the plot, which is found in the initial phase of growth stage. The high number of naturally regenerated individuals ($78\,430\text{ pc. ha}^{-1}$, resp. $189\,000\text{ pc. ha}^{-1}$) is typical for beech natural forests in Slovakia. The disturbance regime at this time was low intensity and showed an increase of necromass volume about $40\text{ m}^3\text{. ha}^{-1}$ in initial phase of growth stage. The growing stock increased in the initial phase of optimum stage ($640.77\text{ m}^3\text{. ha}^{-1}$) and in the initial phase of breakdown stage ($858.81\text{ m}^3\text{. ha}^{-1}$).

Keywords: natural forest, beech, diameter structure, necromass, natural regeneration.

1 ÚVOD A PROBLEMATIKA

Bukové pralesy ako klimaxové lesné ekosystémy predstavujú vrcholové štádiá lesa vzniknutého cez fylogenezický vývoj v temperátnej zóne. Poznanie ich štruktúry, rastových zákonitostí a striedania generácií cez procesy prirodzenej obnovy umožňuje vymedziť zásady pre pestovné usmerňovanie prirodzených lesov Slovenska. Bukové prirodzené lesy hlavne v skupine lesných typov *Fagetum pauper* a *Fagetum typicum*, ktoré na Slovensku tvoria rozlohu 410–420 000 ha bude potrebné do budúcnosti pestovne usmerňovať prírode blízkymi formami hospodárenia. Práve poznanie prejavov prírodných bukových lesov napomáha spresňovať princípy a zásady ich pestovania (SANIGA 2010).

Štúdiom pralesov s dominantným zastúpením buka sa v európskom meradle zaoberalo viacero autorov (KORPEL 1989, 1995; LEIBUNDGUT 1978, 1993; MAYER 1971, 1975, 1978; RÉH 1999, SANIGA 1999, 2003; SANIGA, SKLENÁR 2003, SMEJKAL *et al* 1995). Z pohľadu textúry pralesa je cenný poznatok oboch autorov (KORPEL 1995, RÉH 1999),

že jednotlivé štádiá vývojového cyklu bukových pralesov východného Slovenska majú charakter maloplošnosti a ich rozsah sa pohybuje od 8–16 árov. Z pohľadu prirodzenej obnovy RĚH (1999) zistil, že intenzita regeneračných procesov je významná aj v pokročilej fáze štádia dorastania, čo je významný rozdiel pokiaľ sa týka fázy obnovy a jej dĺžky v porovnaní s ostatnými pralesmi Slovenska. Podobný poznatok sa potvrdil aj pri výskume bukového pralesa Rožok (SANIGA 2003). Tento fenomén má za následok, že pomerne dosť jedincov buka aj v týchto nepriaznivých ekologických pomeroch prežíva, čím štádium optima je síce hrúbkovo viac alebo menej homogénne, ale na druhej strane buky majú svoj fyzický vek rozdielny o 50–70 rokov. Tým sa stáva, že hrubé buky pre svoju výraznú rôznovekosť prežívajú cez značný časový úsek štádia dorastania, čím bukový prales vzbudzuje dojem ako by bol stále v štádiu rozpadu. Podľa autorov PICHLER *et. al.* (2007) bukové pralesy predstavujú unikátnu konkurenčnú stratégiu buka, ktorá v optimálnych podmienkach spočíva vo vytváraní monodominantných porastov počas celého vývojového cyklu pralesa. Sú tiež jedinečným príkladom rekolonizácie a vývoja suchozemských ekosystémov a spoločenstiev v holocéne po poslednej dobe ľadovej. Preto boli spolu s bukovými pralesmi na Ukrajine zaradené do svetového prírodného dedičstva v roku 2007. Okrem uvedených bukových pralesov sú na Slovensku malé časti týchto ekosystémov v orografickom celku Vtáčnik (PITTNER, SANIGA 2006), Raštún (KORPEL 1993, VESELÝ, SANIGA 1998) a Oblík (SANIGA, SKLENÁR 2003).

Výskum textúry bukových pralesov, ich poznatkový potenciál bol základom pre odvodenie pestovnej koncepcie mozaikových porastov buka a duba (SANIGA 2010). Pribeh rastových procesov hlavne výškového rastu je pre bukové pralesy typický. Podľa KORPELA (1989, 1995) takýto priebeh sa prejavuje niekoľkonásobným vrcholením výškového prírastku a vlnitou prirodzenou obnovou. Autor vo svojich prácach potvrdil, že na ploche väčšej ako 1 ha sú zastúpené stromy skoro všetkých vekových stupňov, čo potvrdzuje, že prirodzená obnova až na menšie časové prerušenie je trvalá.

Zovšeobecnením poznatkov o východoslovenských bukových pralesoch možno povedať, že majú v priebehu celého životného (vývojového) cyklu dvoj resp. trojvrstvovú výstavbu. Jednovrstvová štruktúra je veľmi zriedkavá a vyskytuje sa len na malých plochách. Bukový prales v NPR Havešová sa vyznačuje najvyššou kvalitovou štruktúrou zo všetkých pralesov Slovenska. Má relatívne vyrovnané ekologické podmienky, čo pri jeho vysokej ekologickej stabilite vytvára predpoklad nenarušeného priebehu jeho vývojového cyklu. Podľa posledných údajov (SANIGA 2003) objemová produkcia pralesa mala stúpajúcu tendenciu s nepatrnými znakmi disturbancií.

Cieľom príspevku je analýza a posúdenie zmeny hrúbkovej štruktúry, objemu hrubiny pralesa, dynamiky regeneračných procesov a zmeny štruktúry mŕtveho dreva za obdobie posledných 10 rokov (roky 1999–2009) podľa vývojových štádií.

2 CHARAKTERISTIKA OBJEKTU A METODIKA VÝSKUMU

Národná prírodná rezervácia Havešová s výmerou 171,32 ha sa nachádza v Bukovských vrchoch, zemepisné súradnice skúmaného územia sú N 49°00'26, E 22°20'55. Prales sa nachádza v nadmorskej výške 500–650 m, v pásme krosnenského flyšu v súvrství vrchného eocénu. Pôda je hnedá lesná mezotrofná, stredne hlboká, skeletnatá, slabo humózna. Klimaticky patrí do mierne teplej oblasti (B8) s miernym úhrnom ročných zrážok 700–800 mm, vo vegetačnej dobe 450–500 mm, s priemernou ročnou teplotou 7 °C.

Na území rezervácie sa vyskytujú tri skupiny lesných typov: *Fagetum pauper* (typ *Dentaria bulbifera* – *Prenanthes purpurea-nudum*). *Fagetum typicum* (typ *Carex pilosa* – *Asperula odorata* – *Dentaria bulbifera* – *Prenanthes purpurea*) a *Fagetum tiliosum* (typ *Carex pilosa* – *Asperula odorata* – *Mercurialis perennis* a typ *Asperula odorata* – *Mercurialis perennis* – *Dentaria enneaphyllos*) (KORPEL 1989).

V roku 1979 boli pracovníkmi katedry pestovania lesa v pralese založené 3 trvalé výskumné plochy (TVP), každá o výmere 0,5 ha. TVP 1 sa nachádza v počiatočnej fáze štádia dorastania, TVP 2 v počiatočnej fáze štádia optima a TVP 3 v počiatočnej fáze štádia rozpadu.

Na TVP boli stabilizované tranzekty 10 × 70 m. Merania sa uskutočnili osobitne na tranzektoch a osobitne na ostatnej výskumnej ploche.

Biometrické znaky merané na tranzektoch:

- vektory rozmiestnenia stromov hrubších ako 7 cm x, y s presnosťou na 0,2 m,
- výška stromov s presnosťou na 0,5 m,
- výška nasadenia koruny s presnosťou na 0,5 m,
- projekcia korún stromov x_1 – x_4 s presnosťou na 0,2 m,
- situácia padnutých stromov a ich meranie a určenie objemu podľa Huberovho vzorca v prípade stojacich stromov podľa objemových tabuliek PETRÁŠ – PAJTIK (1991).

Evidencia prirodzenej obnovy na tranzekte sa podľa drevín uskutočnila nasledovne:

- jedince do výšky 20 cm,
- jedince vo výške od 21 do 50 cm,
- jedince vo výške od 51 do 80 cm,
- jedince vo výške od 81 do 130 cm,
- jedince nad 131 cm výšky do hrúbky 2 cm v $d_{1,3}$.

Na ostatnej ploche boli merané nasledovné biometrické znaky stromov:

- objem odumretých stromov podľa rovnakej metodiky ako na tranzekte,
- hrúbka $d_{1,3}$ živých stromov s presnosťou na 2 mm,
- výšky stromov tak, aby v každej hrúbkovej triede boli namerané 3–4 stromy pre vyrovnaný výškový grafikon pre odvodenie objemu hrubiny podľa hrúbkových tried.

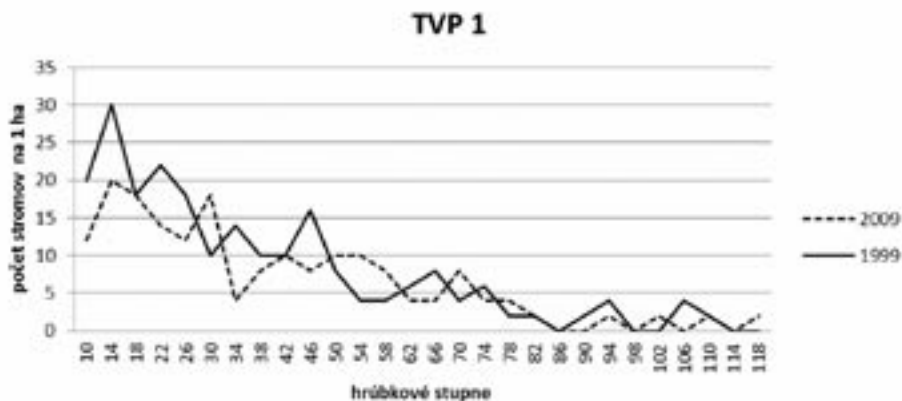
Pri odumretých stromoch sa vykonala klasifikácia podľa stupňa rozkladu nasledovne:

- a – stromy čerstvo padnuté alebo také, ktoré majú pomerne zdravé drevo s kôrou,
- b – hnijúce ale ešte kompaktné drevo, kôra už opadáva,
- c – pokročilý stupeň hniloby, drevo sa rozpadáva.

3 VÝSLEDKY

3.1 Hrúbková štruktúra a produkcia pralesa

Dynamika zmeny hrúbkovej štruktúry pralesa za obdobie 10 rokov je charakterizovaná obr. 1–3. Za sledované obdobie sa polygón početností a priebeh štruktúry významne nezmenil. Štruktúra pralesa má klesajúci priebeh smerom ku najvyšším hrúbkovým stupňom. Pri analýze TVP 3, ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia rozpadu je polygón hrúbkových početností typický pre toto vývojové štádium. Odumierajú stromy hlavne v hrúbkovej kategórii nad 90 cm. Počiatočná fáza štádia optima (TVP2) sa vyznačuje miernou redukciou stromov v najnižších hrúbkových triedach a vypadnutím stromov predchádzajúcej generácie, hrúbkové triedy 102–110 cm. Plocha (TVP1), ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia dorastania má charakter výberkovej štruktúry. Napriek poklesu počtu stromov v najvyšších hrúbkových triedach, t. z. stromov predchádzajúcej generácie pralesa jej štruktúra aj s prihliadnutím na toleranciu buka na svetlo má vyrovnaný priebeh polygónov hrúbkových početností.

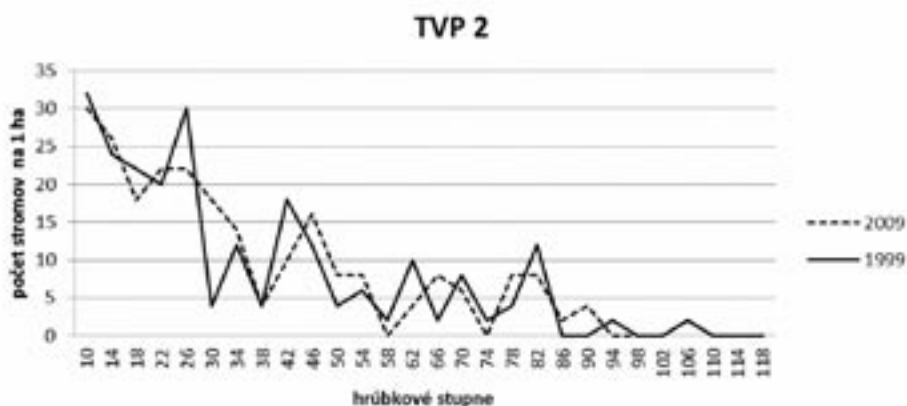


Obr. 1. Zmena hrúbkovej štruktúry bukového pralesa Havešová v štádiu dorastania.

Fig. 1. The change of diameter structure the Havešová beech natural forest in the growth stage.

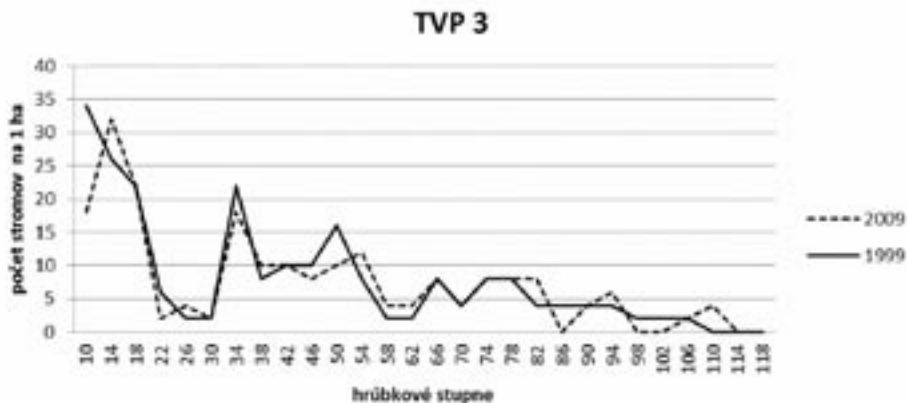
Produkčné pomery pralesa sú prezentované v tab. 1. Zmena objemu hrubiny na jednotlivých TVP odráža vývojové štádium pralesa. Rozbor tohto ukazovateľa na TVP 1, ktorá je charakterizovaná ako počiatočná fáza štádia dorastania poukazuje na pokles biomasy za obdobie 10 rokov o približne $50 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Uvedený pokles je spôsobený odumretím resp. vyvrátením stromov predchádzajúcej generácie v hrúbkovej kategórii nad 80 cm, ktorý je v tejto etape vývoja pralesa na výskumnej ploche pomerne výrazný. Na TVP 2,

ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia optima bol za 10 rokov zaznamenaný nárast biomasy o približne $35 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Takýto mierny nárast bol spôsobený práve počiatočnou fázou tohto vývojového štádia, kedy ešte vypadávajú posledné stromy predchádzajúcej generácie pralesa, rastovo sa presadzujú buky dolnej vrstvy. Tento jav spôsobuje redukcii



Obr. 2. Zmena hrúbkovej štruktúry bukového pralesa Havešová v štádiu optima.

Fig. 2. The change of diameter structure the Havešová beech natural forest in the optimum stage.



Obr. 3. Zmena hrúbkovej štruktúry bukového pralesa Havešová v štádiu rozpadu.

Fig. 3. The change of diameter structure the Havešová beech natural forest in the breakdown stage.

prírastkových procesov na ostávajúcej živej zložke pralesa. Objem hrubiny na TVP 3, ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia rozpadu sa za 10 rokov zvýšil zhruba o $55 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. V tomto období sledovania nebol zaznamenaný významný nárast nekromasy. Na druhej strane zostávajúce buky odchádzajúcej generácie pralesa dokázali zvýšiť celkovú objemovú produkciu hrubiny, čím stúpila zásoba na ploche na hodnotu $859,51 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tab. 1. Počet stromov a objem hrubiny v pralese Havešová v rokoch 1999 a 2009 podľa TVP (prepočet na 1 ha).

Tab. 1. The tree number and volume in Havešová natural forest in 1999 and 2000 according to PRP (conversion to 1 ha).

TVP	Počet	Objem hrubiny (m^3)
rok 1999		
TVP 1	224	654,92
TVP 2	232	605,58
TVP 3	220	807,43
rok 2009		
TVP 1	186	606,20
TVP 2	238	640,77
TVP 3	208	858,81

Tab. 2. Objem padnutých a stojacich odumretých stromov podľa stupňa rozkladu na jednotlivých TVP (prepočet na $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Tab. 2. The volume of lying and standing dead trees according to the degree of decay on the various PRP (conversion to m^3 1 ha).

TVP	Drevina	Stromy ležiace			Spolu	Stojace stromy	Spolu
		Stupeň rozkladu					
		a	b	c			
rok 1999							
1	Buk	2,08	61,08	46,87	110,01	63,47	173,48
2	Buk	4,20	44,08	38,87	87,15	49,62	136,77
3	Buk	5,60	25,68	24,46	55,74	3,02	58,76
rok 2009							
1	Buk	89,43	17,02	99,02	205,47	8,51	213,98
2	Buk	41,16	70,80	44,50	156,46	–	156,46
3	Buk	10,16	15,92	28,94	55,02	–	55,02

3.2 Mŕtve drevo

Rozbor ukazovateľov tohto znaku pralesa je charakterizovaný tab. 2. Pri hodnotení zmeny hodnoty mŕtveho dreva za obdobie 10 rokov bol najväčší rozdiel zaznamenaný na TVP1, ktorá predstavuje štádium dorastania. V roku 2009 bola zistená hodnota nekromasy $213,98 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Najväčší nárast bol zaznamenaný v kategórii čerstvo padnutej hmoty $89,43 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Okrem nárastu v tejto kategórii prešlo prevažné množstvo nekromasy, ktorá bola v roku 1999 v kategórii stojacich do kategórie ležiacej mŕtvej hmoty. Trvalá výskumná plocha 2, ktorá je charakterizovaná ako počiatočná fáza štádia optima má mierny nárast nekromasy, približne o $20 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, pričom sa jedná o stromy, ktoré padli a v minulom decéniu boli v kategórii stojacich suchých stromov. Čerstvo padnuté stromy (posledné z predchádzajúcich generácií pralesa) tvoria približne $16 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Pri hodnotení plochy 3, ktorá predstavuje počiatočnú fázu štádia rozpadu je situácia z pohľadu vzniku nekromasy najstabilnejšia. Mierny pokles tohto ukazovateľa v roku 2009 oproti roku 1999 poukazuje na skutočnosť, že disturbančný režim v tomto období je veľmi nepatrný.

3.3 Prirodzená obnova

Regeneračné procesy pralesa za obdobie posledných 10 rokov sa dostali do dynamiky (tab. 3–4). Dominantnou drevinou je buk. Prímes javora horského je výsledkom jeho sporadického výskytu v pralese a vhodných ekologických podmienok pre počiatočné fázy jeho prirodzenej obnovy. Rozbor početnosti buka ako dominantnej dreviny poukazuje na nasledovné skutočnosti. Najväčší počet jedincov v roku 2009 bol zistený v počiatočnej fáze štádia rozpadu (TVP 3). Z hľadiska výškovej štruktúry prevládajú jedince do výšky 20 cm s celkovým počtom $139\,429 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ak porovnáme uvedený počet s výsledkami z roku 1999, kedy bolo v tejto výškovej kategórii zistených $8\,371 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, je to viac ako 15-násobný nárast. Významným faktorom je aj zachovanie a prechod jedincov do vyšších výškových kategórií. Vo všetkých bol zaznamenaný významný nárast počtu v roku 2009. Podiel buka na celkovej prirodzenej obnove je v tomto roku 92,14 % v porovnaní s rokom 1999, kde bol len 35,91 %. Uvedená skutočnosť potvrdzuje, že napriek iniciálnym fázam prirodzenej obnovy, kde sa môže obnoviť predovšetkým javor horský, v ďalšom období sa kompetične presadzuje buk. Javor horský sa podobne ako v roku 1999 vyskytoval len v prvých dvoch výškových kategóriách. Ďalej sa v dôsledku konkurencie buka a menej priaznivých ekologických podmienok pre jeho odrastanie nevyskytuje. Pokusná plocha v štádiu optima (TVP 2) má iné výsledky prirodzenej obnovy drevín. Na tejto TVP bol zaznamenaný len mierny nárast počtu jedincov $78\,430 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ v roku 2009 oproti $71\,558 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rok 1999), pričom dominantnou drevinou v oboch obdobiach merania je drevina buk. Rozbor zastúpenia jedincov buka v jednotlivých výškových kategóriách potvrdil jeho rovnomernejší pomer s podielom až $7\,143 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ vo výškovej triede nad 130 cm. Pokiaľ hodnotíme regeneračné schopnosti javora horského, jeho zastúpenie je prakticky vo všetkých výškových kategóriách v roku 2009. Vysoký počet $3\,000 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$ vo výškovej kategórii nad 130 cm potvrdzuje vhodné podmienky pre rast tejto dreviny, ktoré vytvára prales v štádiu optima. Iná štruktúra prirodzenej obnovy podľa drevín je na TVP1, ktorá

je charakterizovaná počiatočnou fázou štádia dorastania. Vcelku hustý zápoj má za následok najnižší počet jedincov prirodzenej obnovy zo všetkých plôch v roku 2009. Napriek prehustenému zápoju je presun buka do následných výškových kategórií pomerne dobrý, pričom počet jedincov vo výškovej kategórii nad 130 cm je podstatne nižší ako na ostatných TVP.

Tab. 3. Počet a výšková štruktúra jedincov prirodzenej obnovy podľa TVP v roku 1999 (prepočet na 1 ha).

Tab. 3. The number and height structure of individuals of natural regeneration according to PRP in 1999 (conversion to 1 ha).

TVP	Drevina	Výšková trieda v cm					Spolu	
		do 20 cm	21–50	51–80	81–130	nad 130	N	%
1	BK	8 371	3 514	329	43	57	12 314	35,91
	JVH	17 914	3 914	–	–	–	21 828	63,67
	JVM	143	–	–	–	–	143	0,42
	Spolu	26 428	7 428	329	43	57	34 285	100,00
2	BK	26 500	42 386	1143	286	429	70 744	98,86
	JVH	814	–	–	–	–	814	1,14
	JVM	–	–	–	–	–	–	–
	Spolu	27 314	42 386	1143	286	429	71 558	100,00
3	BK	13 028	629	14	57	29	13 757	59,70
	JVH	9 043	157	–	–	–	9 200	39,93
	JVM	86	–	–	–	–	86	0,37
	Spolu	22 157	786	14	57	29	23 043	100,00

Javor horský podobne ako v roku 1999 má najväčšie zastúpenie 61 142 ks.ha⁻¹ (64,26 %), čo poukazuje, že má v tomto vývojovom štádiu pralesa veľmi priaznivé podmienky pre svoje výškové presadenie sa.

Z výsledkov regeneračných procesov drevín možno vysloviť záver, že prirodzená obnova buka ako základnej dreviny pralesa prebieha vo všetkých vývojových štádiách, pričom vhodnejšie podmienky má v počiatočných fázach štádia optima a rozpadu vývojového cyklu pralesa. Javor horský v tejto etape výskumu sa väčším počtom ako buk podieľa na ploche, ktorá sa nachádza v počiatočnej fáze štádia dorastania.

Tab. 4. Počet a výšková štruktúra jedincov prirodzenej obnovy podľa TVP v roku 2009 (prepočet na 1 ha).

Tab. 4. The number and height structure of individuals of natural regeneration according to PRP in 2009 (conversion to 1 ha).

TVP	Drevina	Výšková trieda v cm					Spolu	
		do 20 cm	21–50	51–80	81–130	nad 130	N	%
1	BK	10 571	12 857	5 857	3 286	1429	34 000	35,74
	JVH	27 571	28 714	4 714	143	–	61 142	64,26
	Spolu	38 142	41 571	10 571	3 429	1429	95 142	100,00
2	BK	27 286	12 286	10 143	13 857	7143	70 715	90,16
	JVH	571	1 429	429	2 286	3000	7 715	9,84
	Spolu	27 857	13 715	10 572	16 143	10143	78 430	100,00
3	BK	139 429	19 571	5 857	4 143	5143	144 143	92,14
	JVH	11 715	3 143	–	–	–	14 857	7,86
	Spolu	151 144	22 714	5 857	4 143	5143	189 000	100,00

4 DISKUSIA A ZÁVER

Bukový prales NPR Havešová svojou hrúbkovou štruktúrou diferencované podľa vývojových štádií predstavuje model správania sa bukových pralesov v rámci ich vývojového cyklu. Jeho štruktúra je zhodná s poznatkami ktoré prezentuje vo svojich prácach KORPEL (1989, 1995), SMEJKAL (1995). Zásobová úroveň skúmaného pralesa na TVP nedosahuje produkčné schopnosti pralesa Rožok (SANIGA 2004, BUGOŠOVÁ 2011), čo je spôsobené hlavne nutrične veľmi dobre zásobenou pôdou, ktorá pri vysokom počte jedincov prirodzenej obnovy, s následnými vysokými výškami (DROSSLER 2005), malými korunami s veľmi vysoko uloženým ťažiskom stromu vytvára predpoklad krátkeho štádia optima. Dobrá živinová zásobenosť pôd a malé koruny vytvárajú pri drevine buk predpoklady pre plochý koreňový systém. Takéto morfológické a statické predpoklady spôsobujú vyvrátenie stromov skôr, ako sú schopné dať maximum svojej produkcie. Výsledky práce SANIGA (2004), ale aj práce DROSSLERA (2005) túto skutočnosť potvrdzujú. Regeneračné procesy v tomto pralesi s rôznou intenzitou prebiehajú prakticky vo všetkých štádiách vývojového cyklu. Výsledky prirodzenej obnovy v štádiu rozpadu potvrdzujú poznatok SANIGU (2005) a KORPELA (1995), že pri otvorení korunovej klenby pralesa, ktorá vzniká vypadnutím mohutných stromov z predchádzajúcej generácie pralesa sa významne zlepšia podmienky pre klíčenie, prežívanie ale aj odrastanie jedincov buka ale aj javora horského. Podobne dynamika regeneračných procesov v počiatočnej fáze štádia dorastania potvrdzuje výsledky

výskumu RĚHA (1999) v prírodnom lese Popriečny, ktorý zistil, že ich intenzita je významná aj v pokročilej fáze štádia dorastania. Uvedený poznatok je významný z pohľadu fázy obnovy a jej dĺžky v porovnaní s ostatnými pralesmi listnatých drevín, ktoré sú skúmané na Slovensku. Výsledky potvrdzujú poznatky SANIGU (2003) získané v bukovom pralese Rožok. Množstvo nekromasy zisteného vo vývojových štádiách pralesa korešponduje s údajmi, ktoré prezentujú vo svojej práci SANIGA, SCHÜTZ (2002). Výsledky potvrdzujú pozvoľný disturbančný režim v tomto pralese.

Pod'akovanie

Výskum bol vykonaný s finančnou podporou vedeckého projektu VEGA 1/0128/09.

Literatúra

- BUGOŠOVÁ, L. 2011: Štruktúra, textúra, produkcia a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Rožok. Dizertačná práca, 98 s.
- BUGOŠOVÁ, L., SANIGA, M. 2011: Štruktúra, produkčné pomery, nekromasa a regeneračné procesy v bukovom prírodnom lese v NPR Rožok. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 54, 12 s., v tlači.
- DRÖSSLER, L. 2006. Struktur und Dynamik von zwei Buchenurwäldern in der Slowakei. Dissertation Göttingen 103 pp.
- HALAJ, J. 1963. Tabuľky na určovanie hmoty a prírastku porastov. SVPL Bratislava, 327 s.
- KORPEL, Š. 1989. Pralesy Slovenska, Veda, Bratislava, 310 s.
- KORPEL, Š. 1995. Die Urwälder der Westkarpaten. Parey, 325 s.
- LEIBUNDGUT, H. 1978. Über Zweck und Probleme der Urwaldforschung. Allg. Forststsch. s. 121–133.
- LEIBUNDGUT, H. 1993. Europäischer Urwälder, Haupt, Stuttgart, 260 s.
- MAYER, H. 1971. Das Buchen-Naturwaldreservat Dobra/Kamplaiten im österreichischen Waldviertel, Schweitz. Ztsch. f. Forstwesen, 98(6): 125–132.
- MAYER, H. 1975. Der Einfluss des Schalenwildes auf die Verjüngung und Erhaltung von Naturwaldreservaten. Forstw. Cbl., 121(5): 91–104.
- MAYER, H. 1978. Über die Bedeutung der Urwaldforschung für den Gebirgswaldbau, Allg. Forstzeitschr., 121(5): 98–101.
- PICHLER, V. et al. 2007: Karpatské bukové pralesy od roku 2007 svetovým prírodným dedičstvom. Envioromagazin 12 /5/: 6–9.
- RĚH, J. 1998. Niektoré biometrické a odvodené znaky súboru stromov prírodného bukového lesa, Lesnícky časopis, 4, s. 405–422.
- RĚH, J. 1999. Štruktúra prírodného bukového lesa v geografickom celku Popriečny. Folia oecologica, 26, s. 33–49.
- SANIGA, M., SCHÜTZ, J.P. 2002. Relation of dead wood course within the developmental cycle of selected virgin forests in Slovakia. Journal of Forest Science, 48, 2002(12): 513–528.
- SANIGA, M. 2002. Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa Rožok. Ochrana prírody, 21, s. 207–218.
- SANIGA, M., SKLENÁR, P. 2003. Štruktúra, produkčné a regeneračné procesy bukového pralesa NPR Oblík, Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XXLV, s. 187–198.
- SANIGA, M. 2010: Pestovanie lesa. Učebnica, Vydavateľstvo TU Zvolen, 325 s.
- SMEJKAL, M. et al. 1995. Banater Urwälder. Mírton Verlag, 198 s.

Adresa autorov:

Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.

Ing. Peter Jaloviar, PhD.

Ing. Stanislav Kucbel, PhD.

Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Zmeny štruktúry, nekromasy a regeneračných procesov bukového pralesa NPR Havešová

Abstrakt

Práca prezentuje výsledky výskumu zmeny vybraných znakov štruktúry bukového pralesa Havešová za obdobie posledných 10 rokov. Analyzované sú produkčné ukazovatele (objem hrubiny), množstvo nekromasy a regeneračné procesy. Z výsledkov regeneračných procesov drevín možno vysloviť záver, že prirodzená obnova buka ako základnej dreviny pralesa trvale prebieha vo všetkých vývojových štádiách, pričom najvhodnejšie podmienky má v počiatočnej fáze štádia rozpadu a optima. Javor horský sa väčším počtom ako buk podieľa na ploche, ktorá sa nachádza v počiatočnej fáze štádia dorastania. Vysoký počet jedincov prirodzenej obnovy ($78\,430 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$, resp. $189\,000 \text{ ks} \cdot \text{ha}^{-1}$) je typický pre bukové pralesy Slovenska. Disturbančný režim v tomto období mal malú intenzitu a prejavil sa zvýšením množstva nekromasy o $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ v počiatočnej fáze štádia dorastania. Objem hrubiny sa zvýšil v počiatočnej fáze štádia optima ($640,77 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) a v počiatočnej fáze štádia rozpadu ($858,81 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$).

Kľúčové slová: prales, buk, hrúbková štruktúra, nekromasa, prirodzená obnova

ÚČINKY HUBOVÉHO INOKULA A KOMERČNÝCH PRÍPRAVKOV NA ZAKOREŇOVANIE A RAST OSOVÝCH ODREZKOV SMREKA OBYČAJNÉHO

Jaroslav V E N C U R I K – Miroslav B A L A N D A

Vencurik J, Balanda M.: Effect of fungal inoculum and commercial preparates on rooting and growth of Norway spruce stem cuttings. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 61–70, 2011.

The study deals with the 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 rooting and subsequent growth of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) stem cuttings. Stem cuttings were harvested from 4-years old nursery grown seedlings cultivated on open air nursery bed and rooted in greenhouse immediately after harvest. The rooting substrate was enriched by laboratory-produced fungal inoculum and commercial preparates before rooting of stem cuttings. The pure rooting substrate lack of additives was regarded as a control treatment. The successful rooting of stem cuttings ranged from 8 to 86%, 50% in average. The highest percentage of successful rooting was observed for rooting stimulator “Vetozen” treatment (86%) the lowest for “vermiculite fungi inoculum” treatment (41%) and “Ectovit” treatment (8%). Considering the number and total length of shoots, shoot dry weight and total dry weight the “Mycorrhizaroots” treatment reached the highest values. Regarding the root apparatus features there was no significant effect ($P > 0.05$) of fungi inoculum and commercial additives observed.

Key words: stem cuttings, Norway spruce, fungal inoculum, commercial additives

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.) patrí k drevinám, ktoré v prirodzených podmienkach využívajú ako generatívny, tak aj vegetatívny spôsob obnovy. Vegetatívne rozmnožovanie uplatňuje smrek najmä v extrémnych podmienkach na hornej hranici svojho rozšírenia (KUCBEL 2007, 2011). Schopnosť vegetatívneho množenia sa využíva aj pri výrobe sadbového materiálu smreka. 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 (RYLSKI 2004). Pri niektorých druhoch nachádza uplatnenie ako doplnková metóda výroby sadbového materiálu (SMITH *et al.* 1997).

Smrek obyčajný (*Picea abies* [L.] Karst.) patrí medzi lesné dreviny s pomerne dobre prepracovanými postupmi autovegetatívneho rozmnožovania (RADOSTA 1987). Úspešnosť rozmnožovania smreka odrezkami vo veľkej miere ovplyvňuje ich pôvod (HAUCK 1987), čas, miesto odberu a vek materskej rastliny (SPETHMANN 1997, JURÁSEK, MARTINCOVÁ 2004, RYLSKI 2004), veľkosť a fyziologický stav odrezkov (VOLNÁ, RADOSTA 1987), substrát a podmienky prostredia (NORDBORG, WELANDER 2001).

Vzhľadom na negatívny vplyv preparácie odrezkov na absorpciu vody a minerálnych látok z pôdy majú dôležitý význam pri následnom zakoreňovaní 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 (NIEMI *et al.* 2002), 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 a tvorbu mykoríz sa zaoberali autori CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN 1990, KUDÉLA 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.

Ektomykorízna symbióza má vplyv na množstvo procesov súvisiacich s fyziológiou, výživou, rastom a rozmnožovaním lesných drevín. V dôsledku kvalitatívnej a kvantitatívnej modifikácie koreňových exudátov ektomykoríznou symbiózou dochádza k zmenám bakteriálnej rovnováhy v pôde, čím sa v okolí koreňov vytvára špecifické prostredie nazývané mykorhizosféra. Vzájomné spolužitie pôdných mikroorganizmov (EKM huby a baktérie) napomáha predovšetkým rozkladu primárnych pôdných minerálov, a tým aj výžive rastlín (COURTY *et al.* 2010). Okrem toho zohrávajú pôdne baktérie nachádzajúce sa v rhizosfére významnú úlohu v biogeochemických cykloch, ovplyvňujú zdravotný stav a rast drevín (HAYAT *et al.* 2010).

Cieľom príspevku bolo testovanie vplyvu laboratórne vyrobeného hubového inokula EKM húb masliak kravský (*Suillus bovinus* [L.: Fr.] O. Kuntze) a čírovka zelenohnedastá (*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.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1. Odrezky, zakoreňovací substrát, EKM huby a komerčné prípravky

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 čírovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sow.: Fr.] Quél.), a komerčné prípravky Ectovit (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.

Základné informácie o izolácii mycéliových kultúr húb masliak kravský (izolát TUZ105) a čírovka zelenohnedastá (izolát TUZ182), izolovaných z plodníc a udržiavaných na Katedre pestovania lesa Technickej univerzity vo Zvolene, sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Čisté kultúry EKM húb použité pri inokulácii osových odrezkov smreka obyčajného
Tab. 1 Pure cultures of ECM fungi used for inoculation of Norway spruce stem cuttings

Huba ¹⁾	Označenie izolátu ²⁾	Miesto zberu plodnice ³⁾	Izolácia ⁴⁾		Najbližšia drevina ⁷⁾
			Dátum ⁵⁾	Médium ⁶⁾	
Masliak kravský <i>Suillus bovinus</i> (L.:Fr.) O. Kuntze	TUZ105	Slov. Ľupča 500 m. n. m.	15. 10. 90	MMN	<i>Picea abies</i>
Čírovka zelenohnedastá <i>Tricholoma sejunctum</i> (Sow.:Fr.) Quél.	TUZ182	Kováčová 300 m. n. m.	12. 10. 95	BAF	<i>Quercus</i> sp.

¹⁾Fungus, ²⁾Isolate designation, ³⁾Place of sporocarp collection, ⁴⁾Isolation, ⁵⁾Date, ⁶⁾Medium,

⁷⁾Nearest tree species at collection

Izoláty boli preočkované približne každé 3 mesiace a udržiavané striedavo na živných médiách BAF, KHO, MMN a agar so sladínovým extraktom. Rod masliak (*Suillus*) je síce všeobecne považovaný za symbiotický takmer výhradne s borovicami, ale napr. kompatibilita masliaka kravského so smrekom obyčajným bola potvrdená v *in vitro* (GAPER *et al.* 1999), aj v prevádzkových podmienkach. Pri rode čírovka (*Tricholoma*) je známa jeho asociácia so širokým spektrom drevín a preto sa domnievame, že je vhodné ho testovať aj so smrekom. Čisté kultúry vybraných druhov húb sú pomerne ľahko izolovateľné z plodníc a 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 (humáty, mleté horniny, výťažky z morských organizmov), a biologicky odbúrateľné granule absorbného

gél. Mycorrhizaroots je stimulátor zakoreňovania tvorený endo- (*Glomus*, *Gigaspora*) a ektomykoríznymi hubami (*Pisolithus*, *Rhizopogon*, *Scleroderma*, *Laccaria*), a zmesou biologicky aktívnych látok (výťažok z morských rias, kyselina humínová, aminokyseliny, vitamíny C, B1, E). Bactofil B obsahuje baktérie, ktoré viažu N zo vzduchu (*Azotobacter*) a okolia koreňov (*Azospirillen*), mikroorganizmy (*Bacillus*, *Pseudomonas*) zabezpečujúce prenos P z pôdy do rastlín, rastové stimulátory a vitamíny. Vetozen je syntetický stimulátor určený pre stimuláciu zakoreňovania odrezkov, klíčiach semien alebo presádzaných rastlín zvyšujúci obsah makro a mikroživín v rizosfére (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O).

2.2. Inokulácia a zakoreňovanie odrezkov

Laboratórne hubové inokulum a komerčné prípravky boli aplikované do zakoreňovacieho substrátu (perlit) umiestnenom v PVC bedničkách ($48 \times 15 \times 13$ cm, dĺžka $\times$ šírka $\times$ 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). Gél bol následne premiešaný s vrchnou 6 cm vrstvou (polovica výšky substrátu v bedničke) 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. Pri variante so syntetickým stimulátorom Vetozen sa bazálna časť odrezkov (1,5–2,0 cm) namáčala striedavo (2-krát) do vody a práškoveho 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 znáhodnených 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.

2.3. Zber a hodnotenie odrezkov

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 opakovaniach bol počet vyzdvihnutých odrezkov nižší), celkovo bolo analyzovaných 200 odrezkov. Pred hodnotením mykoríznej infekcie sme substrát z koreňov opatrne odstránili tečúcou vodou. 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,

celkovú dĺžku a hmotnosť v sušine výhonkov a koreňov vyrastajúcich z bázy odrezka. Hmotnosti koreňov a výhonkov sú udávané po sušení 48 hodín pri teplote 65 °C.

Biometrické charakteristiky boli analyzované jednofaktorovou analýzou rozptylu (hlavný účinok huba resp. prípravok). 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.

3. VÝSLEDKY

Percento zakorenených smrekových odrezkov z vysadených po prvom vegetačnom období v zakoreňovacom substráte bez a s aplikáciou komerčných prípravkov, resp. s jeho inokuláciou vybranými EKM hubami, sa pohybovalo v intervale 8–86 %, v priemere 50 %. Najvyššie priemerné percento zakorenenia sa dosiahlo pri odrezkoch s aplikáciou koreňového stimulátora Vetozen (86 %) a prípravkov Mycorrhizaroots (63 %) a Bactofil B (62 %), najnižšie pri vermikulitovom hubovom inokule (41 %) a pri variante s aplikáciou Ectovitu (8 %). Výsledky týkajúce sa účinku húb a prípravkov na zakoreňovanie (prežívanie) vo veľkej miere negatívne ovplyvnila značná, lokálne sa vyskytujúca mortalita odrezkov, ktorá mala na konci vegetačného obdobia za následok enormné rozdiely v percentuálnom podiele zakorenených odrezkov medzi jednotlivými opakovaniami v rámci toho istého variantu (Ectovit 0–22 %, Mycorrhizaroots 5–100 %, Bactofil B 2–92 %, kontrola 8–95 %).

Analýza rozptylu potvrdila štatisticky významný ($P < 0,05$) vplyv 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. 2, 3). 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 signifikantný vplyv hubového inokula resp. komerčných prípravkov nepreukázal ($P > 0,05$). Hubová inokulácia a použitie komerčných prípravkov neovplyvnili významnejším spôsobom ani rozsah mykoríz a výskyt jednotlivých morfortypov mykoríz (údaje nie sú v práci prezentované).

4. DISKUSIA

Vplyv inokulácie EKM hubami *L. bicolor*, *S. cavipes*, *R. subareolatus*, *M. ambiguus* na zakoreňovanie (prežívanie) odrezkov skúmali viacerí autori na drevinách *Picea mariana*, *Larix decidua* (STEIN *et al.* 1990), *Larix laricina* (STEIN, FORTIN 1990), *Pseudotsuga menziesii* (DI BATTISTA *et al.* 2002). Pri smreku obyčajnom (*Picea abies* [L.]

Karst.) kolíše % zakoreňovania odrezkov inokulovaných EKM hubami medzi 34–100 % (CHMELÍKOVÁ, CUDLÍN 1990, KUDĚLA 1991). V našom pokuse sa percento zakorenených z celkového počtu vysadených smrekových odrezkov po prvom vegetačnom období pohybovalo v priemere len na úrovni 50 %. Najpravdepodobnejšou príčinou vysokej lokálnej mortality smrekových odrezkov boli obmedzené možnosti regulácie teplotných, svetelných a obzvlášť 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 %), Mycorrhizaroots (63 %) a Bactofil B (62 %) umožnila v týchto podmienkach lepšie zakoreňovanie (prežívanie) odrezkov v porovnaní s kontrolným variantom (43 %). Pozitívny vplyv aplikácie syntetického stimulantu Vetozen na zakoreňovanie (prežívanie) smrekových odrezkov naznačujú aj výsledky REPÁČA *et al.* (2011). Naopak inokulácia substrátu vermikulitovým hubovým inokulom (41 %) a zvlášť Ectovitom (8 %) 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 (prežívanie) odrezkov. Aj keď väčšina doterajších výskumov naznačuje skôr pozitívny (žiadny) efekt inokulácie na prežívanie a zakoreňovanie 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 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 ($P > 0,05$). 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, TESTE *et al.* 2004).

Tab. 2 Analýza rozptylu (F a P hodnoty) účinku hubového inokula (*Suillus bovinus*, *Tricholoma sejunctum*) aplikovaného do rastového substrátu a použitých komerčných prípravkov na rastové parametre odrezkov smreka obyčajného

Tab. 2 Analysis of variance (F and P values) of effect of fungal inoculum (*Suillus bovinus*, *Tricholoma sejunctum*) applied to rooting substrate and applied commercial products on the growth characteristics of stem cuttings of Norway spruce

Počet výhonkov ¹⁾	Počet bočných koreňov ²⁾	Celková dĺžka výhonkov ³⁾	Celková dĺžka koreňov ⁴⁾	Priemerná dĺžka výhonkov ⁵⁾	Hmotnosť sušiny nadzemnej časti ⁶⁾	Hmotnosť sušiny koreňov ⁷⁾	Celková hmotnosť sušiny ⁸⁾
7,66	0,53	4,87	1,63	0,79	17,04	1,23	6,45
0,005	0,751	0,020	0,248	0,585	0,001	0,369	0,008

Stupne voľnosti: Variant – 5, Opakovanie – 2, Experimentálna chyba – 10, Rezíduum – 183, Celkom – 200
Degrees of freedom: Treatment – 5, Block – 2, Experimental error – 10, Residual – 183, Total – 200

¹⁾Number of shoots, ²⁾Number of lateral roots, ³⁾Total length of shoots, ⁴⁾Total length of roots, ⁵⁾Average length of shoots, ⁶⁾Shoot dry weight, ⁷⁾Root dry weight, ⁸⁾Total dry weight

Tab. 3 Rastové parametre (priemer±SE) zakorenených odrezkov smreka obyčajného po prvom vegetačnom období v substráte s hubovým inokulom (*Suillus bovinus*, *Tricholoma sejunctum*) a s aplikovanými komerčnými prípravkami

Tab. 3 Growth parameters (mean ± standard error) of Norway spruce stem cuttings rooted one growing season in substrate inoculated with applied commercial products or fungal inoculum (*Suillus bovinus*, *Tricholoma sejunctum*)

Variant	Počet výhonkov ¹⁾ (ks)	Počet bočných koreňov ²⁾ (ks)	Celková dĺžka výhonkov ³⁾ (cm)	Celková dĺžka koreňov ⁴⁾ (cm)	Priemerná dĺžka výhonkov ⁵⁾ (cm)	Hmotnosť sušiny nadzemnej časti ⁶⁾ (mg)	Hmotnosť sušiny koreňov ⁷⁾ (mg)	Celková hmotnosť sušiny ⁸⁾ (mg)
Inokulum	4,2±0,2 ^{bc*}	815±136	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	648±217	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	1027±221	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}	1043±296	10,5±0,9 ^{ab}	96,7±7,8	2,7±0,2	643±36 ^{ab}	218±17	861±49 ^{ab}
Vetozen	4,9±0,2 ^{ab}	627±99	10,8±0,7 ^{ab}	86,6±9,4	2,2±0,1	530±22 ^c	183±16	713±30 ^{bc}
Kontrola	4,2±0,2 ^{bc}	979±155	10,6±0,6 ^{ab}	89,5±6,4	2,7±0,2	541±24 ^{bc}	210±17	751±37 ^{ac}

*Rozdiely medzi priemernými hodnotami označenými rovnakým písmenom alebo bez písmena nie sú štatisticky významné ($P>0,05$)

*The differences between average values signed with same or without letter are not significant ($P>0,05$)

¹⁾Number of shoots, ²⁾Number of lateral roots, ³⁾Total length of shoots, ⁴⁾Total length of roots, ⁵⁾Average length of shoots, ⁶⁾Shoot dry weight, ⁷⁾Root dry weight, ⁸⁾Total dry weight

Nami realizovaná 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).

Podakovanie

Autori ďakujú za spoluprácu zamestnancom škôlkarského strediska Jochy a pani Janke Povaľáčovej a Bc. Štefanovi Bandíkovi za technickú pomoc. Príspevok bol vypracovaný v rámci projektu VEGA 1/0516/09.

Literatúra

- DI BATTISTA, C., BOUCHARD, D., MARTIN, F., GENERE, B., AMIRALTY, J.M., LE TACON, F. (2002): Survival after outplanting of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria bicolor* S238N inoculated on Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) cuttings. *Annals of Forest Science*, 59: 81–92.
- COURTY, P.E., BUÉE, M., DIEDHIOU, A.G., FREY-KLETT, P., LE TACON, F., RINEAU, F., TURPAULT, M.P., UROZ S., GARBAYE, J. (2010): The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes: New perspectives and emerging concepts. *Soil Biology & Biochemistry*, 42: 679–698.
- GÁPER, J., REPÁČ, I., CUDLÍN, P., 1999: In vitro mycorrhizae syntheses of *Inocybe lacera* and *Suillus bovinus* with *Picea abies*. In: MORENO, G. *et al.* (eds.): Book of abstracts of the XIII Congress of European Mycologists, Madrid, 41.
- HAUCK, O. (1987): Vliv pôvodu smrkových řízků na jejich zakořeňování. *Lesnictví*, 33: 533–540.
- HAYAT, R., ALI S., AMARA, U., KHALID, R., AHMED, I. (2010): Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*, in press.
- 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.
- JALOVIAR, P., SARVAŠOVÁ, I. (2007): Vybrané charakteristiky semenáčikov smreka vyprodukovaných rôznymi technológiami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 49 (1): 77–86.
- JALOVIAR, 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 Nízkyh 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 Nízkyh Tatier, TU Zvolen, v tlači.
- KUDÉLA, A. (1991): Oplyvnenie rhizogenézy rezkov smreka ektomycorrhitickou hubou (*Laccaria laccata*). Lesníctví, 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.
- NIEMI, K., VUORINEN, T., ERNSTSEN, A., HÄGGMAN, H. (2002): Ectomycorrhizal fungi and exogenous auxins influence root and mycorrhiza formation of Scots pine hypocotyl cuttings in vitro. Tree Physiology, 22: 1231–1239.
- NORDBORG, F., WELANDER, N.T. (2001): Growth responses of rooted cuttings from five clones of *Picea abies* [L.] Karst. after a short drought period. Scandinavian Journal of Forest Research, 16: 324–330.
- RADOSTA, P. (1987): Ekonomické a biologické hodnotení dosavadných technológií rízkování smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.). Lesníctví, 33: 541–550.
- REPÁČ, I. (2000): Mykorízna symbióza lesných drevín a jej uplatnenie v škôlkárstve. Vedecké štúdie 8/2000/A. Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, Zvolen: 69.
- 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 ektomycoríznyimi hubami v lesnej škôlke a na výsadbovej ploche. In: ŠTEFANČÍK, I., KAMENSKÝ, M. (eds): Pestovanie lesa ako nástroj cieľavedomého využívania potenciálu lesov. Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav 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, Berlin Heidelberg: 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, in press.
- RINCÓN, A., DE FELIPE, M.R., FERNANDÉZ-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.
- RYLSKI, K. (2004): Autovegetative reproduction in conservation and selective cultivation of Norway spruce *Picea abies* [L.] Karst. of Istebna race. Dendrobiology, 51: 87–90.
- SMITH, D.M., LARSON, B.C., KELTY, M.J., ASHTON, P.M.S. (1997): The practice of silviculture: Applied Forest Ecology. Wiley, New York: 537.
- SPETHMANN, W. (1997): Autovegetative Gehölzvermehrung. In: KRÜSSMANN G. Die Baumschule. Ein praktisches Handbuch für Anzucht, Vermehrung, Kultur und Absatz der Baumschulpflanzen (6., völlig neubearbeitete Auflage). Berlin, Parey Buchverlag: 382–448.
- STEIN, A., FORTIN, J.A. (1990): Pattern of root initiation by an ectomycorrhizal fungus on hypocotyl cuttings of *Larix laricina*. Canadian Journal of Botany, 68: 492–498.
- STEIN, A., FORTIN, J.A., VALLÉE, G. (1990): Enhanced rooting of *Picea mariana* cuttings by ectomycorrhizal fungi. Canadian Journal of Botany, 68: 468–470.
- TESTE, F.P., SCHMIDT, M. G., BERCH, S.M., BULMER, C., EGGER, K.N. (2004): Effects of ectomycorrhizal inoculants on survival and growth of interior Douglas-fir seedlings on reforestation sites and partially rehabilitated landings. Canadian Journal of Forest Research, 34: 2074–2088.
- TUČEKOVÁ, A. (2006): Analýza adaptačného procesu a zdravotného stavu novozakladaných porastov na kalamitných holinách Kysúc. In: JURÁSEK, A. et al. (eds): Stabilizace funkcií lesa v biotopoch narušených antropogenní činností. VÚLHM VS Opočno: 181–196.
- TUČEKOVÁ, A. (2007): Pôdne kondicionéry v škôlkárskych technológiách. In: SANIGA, M. et al. (eds.): Obhospodarovanie lesa v meniacich sa podmienkach prostredia. TU vo Zvolene: 56–65.
- VOLNÁ, M., RADOSTA, P. (1987): Vliv velikosti, hmotnosti a okamžité vlhkosti řízku na zakořenění a další vývin řízkovanců smrku ztepilého (*Picea abies* [L.] Karst.). Lesníctví, 33: 511–524.

Adresa autorov:

Ing. Jaroslav Vencurik, PhD.

Ing. Miroslav Balanda, PhD.

Katedra pestovania lesa

Lesnícka fakulta

TU vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

e-mail: vencurik@vsld.tuzvo.sk

balanda@vsld.tuzvo.sk

Účinky hubového inokula a komerčných prípravkov na zakoreňovanie a rast osových odrezkov smreka obyčajného

Abstrakt

Predložená práca sa zoberá testovaním vplyvu laboratórne vyrobeného hubového inokula EKM húb masliak kravský (*Suillus bovinus* [L.: Fr.] O. Kuntze) a čirovka zelenohnedastá (*Tricholoma sejunctum* [Sow.s: 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 (*Picea abies* [L.] Karst.). Odrezky boli odobraté zo 4-ročných sadeníc smreka pestovaných na nekrytom záhone a následne zakorenené v skleníku. Zakoreňovací substrát (perlit) bol obohatený o laboratórne vyprodukované hubové inokulum a komerčné prípravky. Kontrolný variant tvoril čistý perlit bez pridaných aditív. Percento zakorenených smrekových odrezkov sa pohybovalo v intervale 8–86%, v priemere 50 %. Najvyššie priemerné percento zakorenenia sa dosiahlo pri odrezkoch s aplikáciou koreňového stimulátora Vetozen (86%), najnižšie pri vermikulitovom hubovom inokule (41 %) a pri variante s aplikáciou Ectovitu (8 %). Pri počte a celkovej dĺžke výhonkov, hmotnosti sušiny nadzemnej časti a celkovej hmotnosti sušiny boli zaznamenané najlepšie výsledky pri odrezkoch s prípravkom Mycorrhizaroots. Aplikácia hubového inokula resp. komerčných prípravkov neovplyvnila signifikantne ($P > 0,05$) rast koreňov odrezkov.

Kľúčové slová: zakoreňovanie odrezkov, smrek obyčajný, ektomycorizná inokulácia, mikrobiálne prípravky

VÝBEROVÁ METÓDA NA ZISŤOVANIE NADZEMNEJ DENROMASY A ZÁSObY UHLÍKA V LESNOM EKOSYSTÉME

Štefan Š M E L K O

Šmelko, Š.: Sampling method for the assessment of the above-ground biomass and carbon supply in a forest ecosystem. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 71–89, 2011.

The study proposes a special sampling procedure allowing a relatively simple assessment of the aboveground biomass and its components in a forest ecosystem in different units – tree volume, dry mass and carbon supply. Standing trees with DBH over 7 cm and stumps after felling are inventoried using the relascope technique, lying dead wood is measured employing an unusual method of linear cross-cutting sampling, and only trees with DBH below 7 cm are assessed on classical trial plots (circular or square). The proposal includes also the principles of planning of the sampling procedure, regression equations and coefficients for the recalculation of dry mass and carbon supplies, as well as the algorithms for mathematical and statistical treatment and interpretation of data. For all outcomes, calculation of 95% confidence intervals (means $\pm$ 2 standard errors) can be calculated. A case study for the application of the method was performed in a montane forest of the Biosphere Reserve Polana.

Keywords: aboveground biomass, volume, mass, carbon supply, forest ecosystem, sampling, relascope method, line intersect

PROBLEMATIKA

V ostatnom čase sa pri zisťovaní stavu lesných ekosystémov do popredia záujmu stále viac dostáva potreba vyjadriť drevnú hmotu nielen v tradičných objemových jednotkách, ale aj v hmotnosti a v množstve akumulovaného uhlíka. Objemová jednotka ($V\ m^3$) je konvenčná a najčastejšie používaná pre rozmanité potreby praxe a vedy. Jednotka hmotnosti ($W\ kg$) sa preferuje v prípadoch, keď sa dôraz kladie na chemické vlastnosti dreva alebo na zjednodušenie dodávateľsko-odberateľských vzťahov medzi producentmi a spracovateľmi dreva. Zásoba uhlíka v dreve ($C\ kg$) získava na dôležitosť v súvislosti s realizáciou Kjótskeho medzinárodného dohovoru (1997) zameraného na znižovanie emisií skleníkových plynov, ktorý v oblasti lesníctva vyžaduje bilancovať stav a zmeny zásob uhlíka v piatich hlavných kategóriách – nadzemná biomasa, podzemná biomasa, opad, mŕtve drevo a pôdny organický uhlík (MINDÁŠ 2001). Táto nová úloha súčasne znamená, že je veľmi aktuálne vypracovať tomuto účelu zodpovedajúce metodické postupy a získať objektívne a dostatočne presné podklady o množstve uhlíka v lesoch na celoštátnej, regionálnej i lokálnej úrovni.

V mnohých krajinách Európy sa táto problematika už intenzívne rieši. Aj na Slovensku sa postupne vytvárajú potrebné predpoklady. Vďaka Národnej inventarizácii a monitoringu lesov SR, ktorá sa po prvýkrát uskutočnila vo všetkých lesoch na lesných aj nelesných pozemkoch v rokoch 2005–2006 (ŠMELKO *et al.* 2008), sa získali údaje o zásobe dreva pre viaceré kategórie – stojace živé stromy a sucháre, pne po ťažbe a mortalite, ležiace hrubé a tenké odumreté drevo, jedince obnovy lesa. Súčasne sa vo výskume hľadajú zodpovedajúce konverzné faktory na prevod objemu dreva na jeho suchú hmotnosť a zásobu uhlíka pre domáce podmienky najmä v mladých lesných porastoch (PRIWITZER *et al.* 2008, PAJTIK, KONŮPKA, LUKÁČ 2008, KONŮPKA B. *et al.* 2010). Vznikli tiež prvé práce prinášajúce informácie o uhlíkových zásobách v lokálnych lesných ekosystémoch – v Čadci a Oravskej Polhore (PAJTIK, PRIWITZER, CIBULA 2009) a v CHKO Babia hora (MERGANIČOVÁ, MERGANIČ 2010).

V predloženom príspevku ponúkame nový variant výberového zisťovania dedromasy (lesnej biomasy viazanej na stromy) s využitím efektívnej relaskopickej techniky a netradičného líniového priesečníkového výberu. Zhodnocujeme existujúce postupy konverzie objemu dreva na suchú hmotnosť a obsah uhlíka a odporúčame vhodný spôsob ich použitia tak, aby poskytli nielen priemerné a súhrnné údaje o zisťovaných veličinách, ale aj mieru ich variability a presnosti. Ako ukážku možnej aplikácie navrhutej metódy uvádzame poznatky získané v pokusnom objekte v CHKO Poľana.

2. PLÁN VÝBEROVÉHO ZISŤOVANIA – VÝBEROVÝ DIZAJN

Základným rysom každého výberového zisťovania je skutočnosť, že sa nevykonáva na celej ploche záujmového územia, ale iba na vopred zvolených miestach, tzv. výberových jednotkách, ktoré musia reprezentovať celé záujmové územie s vopred stanovenou presnosťou a vyžadovať čo najnižšie pracovné a finančné náklady. Predpokladom tejto reprezentatívnosti, presnosti a hospodárnosti je vhodne zostavený výberový plán, v ktorom treba zohľadniť vlastnosti zisťovaných veličín a zvoliť optimálny počet, veľkosť, hustotu a spôsob rozmiestnenia výberových jednotiek v teréne.

2.1 Spektrum zisťovaných veličín

Nie je veľmi široké. Postačujú tie veličiny, ktoré umožnia stanoviť objem stojacich živých a suchých stromov, objem ležiaceho odumretého hrubého a tenkého dreva a objem pňov. Sú to hrúbky a výšky, resp. dĺžky uvedených kategórií stromovej zložky v lesnom ekosystéme.

2.2 Výberové jednotky

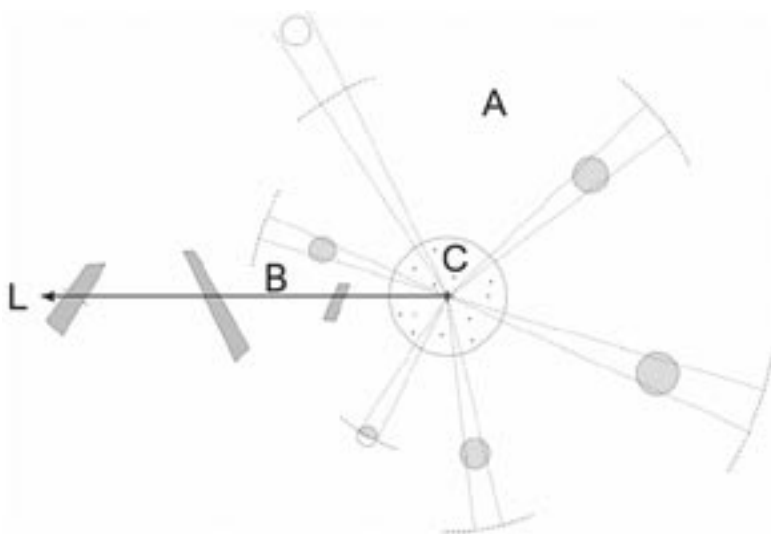
Sú miesta, na ktorých sa zisťovanie veličín informačného spektra uskutočňuje. V navrhovanej metóde sa uvažuje s tromi typmi výberových jednotiek, ktorými sú (obr. 1):

A – relaskopická skusná plocha pre inventarizáciu stojacich stromov s hrúbkou $d_{1,3} \geq 7$ cm a pre inventarizáciu pňov od určitej hrúbky d_p ,

B – línia o konštantnej dĺžke L pre kvantifikáciu ležiaceho hrubého a tenkého dreva,

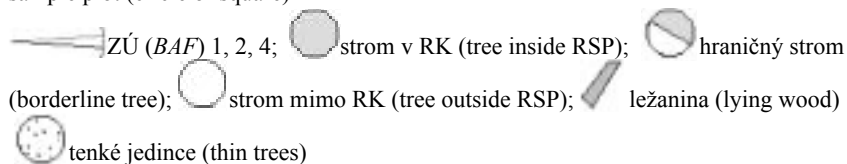
C – klasická kruhová alebo štvorcová plocha pre inventarizáciu juvenilnej stromovej zložky s výškou $h = 0,1-1,3$ m a jedincov s hrúbkou $d_{1,3} \leq 7$ cm.

Veľkosť výberových jednotiek sa prispôsobí optimálne štruktúre lesa na danom mieste, pretože sa zvolí tak, aby v priemere obsahovala približne rovnaký počet (15 až 25) jedincov. V hustejších partách bude menšia, v redších väčšia.



Obr. 1. Schéma troch typov výberových jednotiek: A – relaskopická skusná plocha, B – línia L, C – klasická kruhová (štvorcová) skusná plocha

Fig. 1. Three types of sample units: A – relascop sample plot, B – sample line, C – classical sample plot (circle or square)



2.3 Počet, hustota a rozmiestnenie výberových jednotiek

Tieto prvky tvoria základ výberového dizajnu a navzájom veľmi úzko súvisia. Potrebný počet výberových jednotiek (n) závisí od variability zisťovaných veličín ($\sigma_y\%$) a požadovanej presnosti výsledku ($E\%$), spolu s výmerou inventarizovaného lesa ($P\ ha$) ovplyvňuje ich hustotu (s) a zároveň podmieňuje aj veľkosť skutočne dosiahnutej výberovej chyby výsledku ($\Delta\%$) podľa týchto všeobecných biometrických vzťahov

$$n = 4 \left(\frac{\sigma_y\%}{E\%} \right)^2 \quad (1) \quad \Rightarrow \quad s = 100 \sqrt{\frac{P(ha)}{n}} \quad (2) \quad \Rightarrow \quad \Delta\% = 2 \frac{s_y\%}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

Základnou úlohou pri zostavení optimálneho výberového plánu je vopred správne stanoviť očakávanú relatívnu variabilitu (variačný koeficient) $\sigma_y\%$ hlavnej veličiny Y , ktorou je v našom prípade hektárová dendromasa hrubej stromovej zložky. Variabilita ostatných s ňou súvisiacich veličín, ako je počet stromov N , kruhová základňa G , stredná hrúbka a výška d_s , h_s sa môže odhadnúť nepriamo vo forme relatívneho pomeru voči variabilite dendromasy. Na základe doterajších poznatkov z porastových podmienok Slovenska (ŠMELKO 1983, 1997, ŠMELKO *et al.* 2008) sú orientačné hodnoty $\sigma_y\%$ hektárovej zásoby na 15–25 stromových skusných plochách tieto: pre všetky lesy SR 70 %, pre vekové triedy I – II – III až VII = 220–75–50 %, pre rastové stupne 4–5–6 až 9 = 220–65–45 % a pre jednotlivé lesné porasty pri 1–2–3 stupni rozrôznenia = 18–30–42 %. Hektárový počet stromov kolíše 1,15-krát viac, ale stredné hrúbky 0,6 a stredné výšky 0,4-krát menej ako hektárová zásoba. Uvedené variačné koeficienty vyjadrujú premenlivosť hodnôt príslušných veličín Y na rôznych miestach (skusných plochách) po ploche lesa. Vidieť z nich, že variabilita dendromasy je tým väčšia, čím väčšie a heterogénnejšie územie reprezentuje.

Druhou dôležitou úlohou je zvoliť si požadovanú presnosť výberového výsledku $E\%$, čiže diferenciu, ktorú by odchýlka od skutočnej správnej hodnoty nemala prekročiť s 95 % pravdepodobnosťou. Jej úroveň môže byť ľubovoľná, ale zohľadňovať by mala potrebu a účel zisťovania ako aj disponibilné personálne a finančné zdroje na realizáciu zisťovania. Za primeranú možno považovať $E\% = \pm 5$ až 15 %. V tab. 1 sú orientačné počty výberových jednotiek n zabezpečujúce určenie dendromasy $V\ (m^3 \cdot ha^{-1})$ pri rôznych hodnotách jej variability $\sigma_y\%$ na inventarizovanom území. Ako vidieť, zvýšenie nároku na presnosť o dvojnásobok (napr. z $E\% = 10$ na 5 %) spôsobí zvýšenie rozsahu výberu n na štvornásobok (pri $\sigma_y\% = 50\%$ z $n = 100$ na 400).

Tab. 1. Orientačné počty výberových jednotiek (n) pre určenie veličiny Y pri predpokladanom variačnom koeficiente ($\sigma_y\%$) a požadovanej presnosti ($E\%$) a 95 % spoľahlivosti

Tab. 1. Sample size requirements for estimating of variable Y in dependence from different coefficients of variation ($\sigma_y\%$) and allowable errors ($E\%$) with 95% probability

Chyba $E\%$	Variačný koeficient $\sigma_y\%$						
	20	30	40	50	70	100	200
5	64	144	256	400	784	1600	6 400
10	18	36	64	100	196	400	1 600
15	10	18	30	45	87	178	700

Zatiaľ čo potrebný počet výberových jednotiek n pri tej istej $\sigma_v\%$ a $E\%$ je rovnaký, hustota s (odstup) medzi jednotkami sa s výmerou územia mení, v malých územiach je hustejšia a vo veľkých redšia. Napr. pre výmeru inventarizovaného územia $P = 20\,000, 2\,000$ a 200 ha bude pri tom istom počte jednotiek $n = 50$ ich hustota $s = 2000, 630$ a 200 m. To znamená, že výberové zisťovanie je ekonomicky tým výhodnejšie, čím je inventarizovaná plocha lesa väčšia.

Samotné rozmiestnenie výberových jednotiek po ploche lesa sa najlepšie urobí pomocou pravidelnej štvorcovej siete so stranami zodpovedajúcimi naplánovanej hustote s . Takéto systematické rozmiestnenie veľmi dobre a reprezentatívne podchyti všetky rozmanité časti územia úmerne ich veľkosti a podľa mnohých výskumov (napr. ŠMELKO 1998) sa dosiahne až o $1/3$ menšia výberová chyba výsledku ako pri úplne náhodnom rozmiestnení.

Keď sa výberový plán správne zostaví a dôsledne sa zrealizuje, možno očakávať, že variabilita výberových výsledkov $s_v\%$ sa nebude veľmi odlišovať od predpokladanej variability $\sigma_v\%$ a tým sa dosiahne aj požadovaná presnosť výsledku, t.j. bude platiť rovnosť $\Delta\% = E\%$. Ak sa odhad $\sigma_v\%$ podhodnotí a urobí sa menší počet meraní n , bude skutočná chyba $\Delta\%$ väčšia ako $E\%$ a naopak.

Celý tento proces sa dá zracionalizovať tzv. stratifikáciou – rozdelením celého inventarizovaného územia na homogénnejšie časti, napr. podľa veku, rastových stupňov, zmiešania drevín alebo iných znakov. Tým sa podstatne zníži variabilita $\sigma_v\%$, zmenší sa potrebný rozsah merania n a plánovaná presnosť $E\%$ sa dosiahne s nižšími časovými i finančnými nákladmi. Na stratifikáciu územia môže veľmi dobre poslúžiť letecká snímka, ale aj bežná porastová mapa. Rozsah výberu n sa vykalkuluje z priemernej hodnoty $\sigma_v\%_h$ jednotlivých strát $h = 1, 2 \dots L$ váženej relatívnou veľkosťou strát $Wh = Ph/P$ a na jednotlivé strata sa rozdelí buď úmerne k ich veľkosti $n_h = n \cdot Wh$ (vtedy bude hustota jednotiek v každom strate rovnaká), alebo sa väčší počet n_h pridelí tým stratam, ktoré sú nielen väčšie ale majú aj väčšiu variabilitu (vtedy bude hustota jednotiek v každom strate iná).

3. ZISŤOVANIE VELIČÍN NA VÝBEROVÝCH JEDNOTKÁCH

3.1 Meranie veličín na stromoch s hrúbkou $d_{1,3} > 7$ cm

Uskutoční sa na relaskopickom kruhu, ktorý je zvláštnym druhom kruhovej skusnej plochy založenej na uhlovom optickom meraní stromov. Vytyčuje sa pomocou zámernej úsečky ZU, ktorou sa preveruje, či stromy s ohľadom na ich hrúbku $d_{1,3}$ a vzdialenosť od stredu l patria do kruhu alebo nie takto:

- stromy s hrúbkou $d_{1,3} > ZU$ patria do kruhu,
- stromy s hrúbkou $d_{1,3} = ZU$ sú hraničné (berú sa $1/2$) a
- stromy s hrúbkou $d_{1,3} < ZU$ sa neuvažujú (nepatria do kruhu).

Polomer hraničného kruhu R , ktorý sa vytyčuje automaticky pre každý strom, závisí od ZU a hrúbky stromu $d_{1,3}$ nasledovne:

$$\text{pri } ZU = 1 \text{ je } R = 50 \cdot d_{1,3}, \text{ pri } ZU = 2 \text{ je } R = 35,35 \cdot d_{1,3}, \text{ pri } ZU = 4 \text{ je } R = 25 \cdot d_{1,3}$$

Každý strom patriaci do kruhu reprezentuje pri $ZU = 1-2-4$ priamo kruhovú základňu $G \cdot ha^{-1} = 1-2-4 \text{ m}^2$. Ak sa na ňom odmeria aj hrúbka $d_{1,3}$, získajú sa súčasne aj ďalšie dôležité dendrometrické veličiny $Y \cdot ha^{-1}$ podľa vzťahu

$$Y \cdot ha^{-1} = ZU \sum_i^M \frac{y_i}{g_i} \quad (4)$$

pričom y_i môže byť počet stromov (vtedy sa za y_i dosadí 1), kruhová základňa $g_i = 0,785d_i^2$, objem stromu v_p , sortiment, biomasa atď.

Praktický postup je nasledovný:

- 1) Výtčovanie relaskopického kruhu sa vykoná najlepšie zrkadlovým relaskopom. Zámerne úsečka ZU sa zvolí na každom stanovisku individuálne buď 1, 2 alebo 4 v závislosti od strednej hrúbky a hustoty stromov tak, aby sa na stanovisku napočítalo približne 20 stromov. V riedkych a hrubých porastoch bude $ZU = 1$ (menšia), v hustých a tenších porastoch $ZU = 4$ (väčšia). Posudzovanie a meranie stromov sa urobí podľa hrúbky $d_{1,3}$. Merač s odaretovaným relaskopom nad stredom kruhu zacieli zvolenou ZU na všetky stromy počnúc od severu a pokračuje v smere hodinových ručičiek. Stromy patriace do kruhu pomocník očísľuje kriedou, osobitne (otáznikom) označí hraničné stromy. Na všetkých označených stromoch zistí druh drevinu a odmeria hrúbku $d_{1,3}$ v smere kolmom na stred kruhu s presnosťou na 0,1 cm, hraničné stromy preverí odmeraním vodorovnej vzdialenosti l pásom od stredu kruhu k osi stromu vo výške 1,3 nad zemou a rozhodne takto: ak $l < R$ strom zaradi do kruhu.
- 2) Zisťovanie výšok sa vykoná kombináciou odhadu a merania. Na všetkých stromoch patriacich do kruhu sa výšky najprv odhadnú s presnosťou na 1 m a potom polovica alebo tretina z nich (napr. každá druhá, tretia) sa aj zmeria s presnosťou na 0,1 m, do merania sa nezahrnú naklonené a veľmi krivé stromy (aby sa vyhlo chybám pri meraní). Výšky sa odmerajú zrkadlovým relaskopom, pričom vodorovná odstupová vzdialenosť od stromu L sa určí pomocou špeciálnej diaľkomernej stupnice a 2 m zámernej laty (stačí aj jednoduchá palica, skladací dvojmeter) a výška h sa odmeria zacielením na pätu a vrchol stromu a odčítaním výsledku na príslušnej výškomernej stupnici.
- 3) Namiesto zrkadlového relaskopu možno použiť aj optický klin alebo ešte lepšie jednoduchú relaskopickú platničku, ktorú si môže každý záujemca ľahko zhotoviť aj sám. Vtedy však na každom stanovisku treba navyše odmerať priemerný sklon terénu (v stupňoch alebo percentách), aby sa výsledky „relaskopovania“ dali primerane skorigovať (zväčšiť) a na meranie výšok použiť vhodný elektronický výškomer v kombinácii s diaľkomerom na automatizované zistenie horizontálnych vzdialeností (napr. Vertex III). Všetky uvedené pomôcky aj postupy ich správneho použitia vrátane overenia a stanovenia tzv. „osobnej chyby merača“ sú podrobne opísané v učebnici dendrometrie (ŠMELKO 2007).

3.2 Inventarizácia pňov

Pne po vyťaženiach alebo zlomených stromoch sa na inventarizačnej ploche posúdia relaskopicky rovnakým spôsobom ako stojace stromy. Zvolenou zámernou úsečkou ZU sa zameria na hrúbku hornej reznej plochy všetkých okolitých pňov na stanovisku. Na pňoch zaradených do plochy sa zistí druh dreviny a stupeň rozkladu (0, 1, 2, 3) podľa tých istých kritérií ako pri ležiacom dreve (pozri stať 2.3), odmeria sa hrúbka pňa (v smere kolmom na stred kruhu) d_p s presnosťou na 1 cm a výška pňa od zeme h_p z hornej strany svahu s presnosťou na 5 cm. Na meranie výšky pňa je vhodné použiť jednoduché meradlo v tvare obráteného T s päťcentimetrovou stupnicou na pravítku a spodnou priečkou pre objektívnejšie určenia päty pňa. V prípade, že optická zámerna na peň pre rôzne prekážky (bylinný kryt, podrast at.) nie je možná, odmeraná hodnota hrúbky pňa sa priemerkou „prenesie“ nad stred pňa a relaskopicky sa posúdi či peň patrí do kruhu.

3.3 Inventarizácia ležiaceho odumretého dreva

Ležiace odumreté drevo (ležaninu) tvoria na zemi ležiace kmene a konáre stromov, zbytky po ťažbe, vyvrátené stromy, odlomené koruny stromov ap. Nepatria k nej tie časti dreva, ktoré sa z lesa neskôr odstránia, alebo sú tam pre rôzne účely ponechané a spracované, napr. lavičky, studničky, hraničné kopce a i. Podľa hrúbky sa ležanina obyčajne člení na dve kategórie: hrubinu s hrúbkou na tenšom konci rovnou alebo väčšou ako 7 cm vrátane kôry a tenčinu s hrúbkou na hrubšom konci menšou ako 7 cm. Na jej kvantifikáciu v lese sa bežne používa známa Huberova alebo Smalianova metóda kubikovania dreva, pri ktorej sa na všetkých kusoch ležiacich na skusnej ploche odmeria dĺžka a stredová hrúbka, alebo hrúbka na oboch koncoch kusa.

My pre tento účel odporúčame nový variant – *metódu tzv. líniového priesečníkového výberu*, ktorá je jednoduchšia a menej prácna. Meria iba časť ležaniny nachádzajúcej sa na výberovej línii a ako výsledok poskytuje priamo množstvo ležiaceho odumretého dreva v m³ na 1 ha. Nadväzuje na teóriu „Line intersect sampling“, ktorú podrobne opisuje DEVRIES (1986). Postup je nasledovný:

- Od stredu skusnej plochy sa v smere vrstevnice (doľava alebo doprava) vytýči línia o konštantnej vodorovnej dĺžke L, najmenej 80 až 100 m. Väčšie dĺžky sú však z hľadiska presnosti výhodnejšie.
- Eviduje sa každý kus (*i*) hrubej alebo aj tenkej ležaniny, ktorý líniu pretne. V mieste priesečníka s líniou sa odmeria priemerkou jeho hrúbka d_i kolmo na os kusa v cm, zistí sa jeho príslušnosť k drevine alebo k skupine drevín (listnáč, ihličnan) a určí sa stupeň rozkladu dreva. Dĺžku jednotlivých kusov ležaniny nie je potrebné merať, pretože táto sa vo výpočtových vzorcoch vyskytuje v čitateli aj v menovateli a vo výsledku sa vykráti.
- Pre posúdenie stupňa rozkladu dreva odporúčame použiť štvorstupňovú stupnicu (0, 1, 2, 3) podľa tých istých kritérií, ktoré boli doteraz na Slovensku uplatnené v najväčšom rozsahu v rámci NIML (ŠMELKO *et al.* 2006), čo zaručí dobrú porovnateľnosť a agregáciu výsledkov získaných v rôznych lesných objektoch rôznymi autormi.

- Metóda je veľmi efektívna a ako ukázali naše experimentálne skúšky na súbore vyše 1100 skusných plôch z národnej inventarizácie lesa na celom území Slovenska, je aj dostatočne presná. Diferencie medzi objemom ležaniny určeným týmto postupom a klasickou Smalianovou metódou mali priemernú hodnotu $-1,3 \pm 0,9 \%$, čiže od nuly sa nelíšili štatisticky významne, nemali systematickú chybu (tzv. Bias), ale úplne náhodný charakter. Korelácia medzi hodnotami obidvoch objemov na skusných plochách bola veľmi vysoká ($R = 0,88$, $R^2 = 0,77$).

3.4 Inventarizácia náletu, nárastu, kultúr a mladín s výškou $h = 0,1\text{--}1,3$ m a hrúbkou $d_{1,3} < 7$ cm

Urobí sa na inventarizačnom kruhu resp. štvorci C. Jeho „optimálna“ veľkosť (výmera p , polomer kruhu r , alebo polovičná uhlopriečka štvorca $u/2$) sa zvolí individuálne na každom stanovisku podľa konkrétnej hustoty jedincov. Možné sú tieto tri varianty:

hustota	veľká	stredná	malá
p (m ²)	3,14	6,28	12,56
r (m)	1,0	1,41	2,0
$u/2$ (m)	1,25	1,77	2,50

Plocha sa vytýči pomocou výtyčky alebo pásma okolo stredu IP, alebo vo vzdialenosti 3 m na sever od stredu (aby sa vyhlo poškodeniu jedincov pri prechádzajúcom meraní). Jedince na ploche sa roztriedia podľa výšky do troch kategórií: 1) od 0,1 do 0,5 m, 2) od 0,5 do 1,3 m, 3) nad 1,3 m a spočíta sa ich počet. Príslušnosť jedinca do výškovej kategórie sa eviduje osobitne podľa drevín. Krivé jedince sa nenaravnávajú, dvojáky a výmladky so spoločným kmienkom sa berú ako jeden jedinec. Pri posudzovaní výšky, ktorou je kolmá vzdialenosť od päty po vrcholec, je rozhodujúca najvyššia časť dvojáka alebo trsu. Keď sa tá istá drevina vyskytne vo viacerých výškových kategóriách, eviduje sa v každej kategórii zvlášť (opakovane). Hrúbka a výška jedincov vyšších ako 1,3 m sa odhadne ako priemerná hodnota (d_s na 1 cm, h_s na 0,1 m).

3.5 Odber vzoriek dreva a kôry

Uskutoční sa vtedy, ak cieľom inventarizácie bude aj zistenie prevodných koeficientov z objemu dendromasy na jej hmotnosť a obsah uhlíka pre konkrétne lokálne podmienky. Vzorky sa odoberú na plochách A, B, C alebo v ich bezprostrednej blízkosti podľa osobitného metodického postupu v súlade s medzinárodnými uzáciami. Budú podkladom pre následné laboratórne analýzy.

3.6 Záznam údajov

Výsledky zisťovania sa zapisujú pre každú inventarizačnú plochu osobitne do terénneho zápisníka, ktorý treba vopred pripraviť tak, aby bol prehľadný a obsahoval sa-

mostatné časti pre jednotlivé kategórie dreva a v rámci nich kolonky pre všetky zisťované veličiny. Dôležité je záznam doplniť dátumom merania a podpisom vedúceho pracovnej skupiny.

3.7 Realizácia inventarizácie

Terénny zber údajov zvládne dvojčlenná pracovná skupina, ktorú treba dôkladne vopred zaškoliť, aby práce prebehli objektívne, jednotne a dostatočne presne. V jej výbave by mala byť: mapa so zakreslenou sieťou IP, zoznam súradníc IP, navigačný prístroj GPS, zrkadlový relaskop (alebo iná súprava), buzolka, priemerka, minipriemerka, sada výtyčiek, 20 m pásmo, krieda, písacie potreby, vrecková kalkulačka, terénny zápisník, pomôcky na odber vzoriek (Presslerov nebožiec, sekerka), vrecká na uschovanie a prenos vzoriek, železné kolíky ($2,5 \times 50$ cm) na neviditeľnú stabilizáciu stredu inventarizačných plôch.

4. ALGORITMY SPRACOVANIA SÚHRNNÝCH ÚDAJOV O NADZEMNEJ DENDROMASE

4.1 Vstupné údaje

Získajú sa podľa metodiky opísanej v predošlej kapitole 2 a prevezmú sa z terénneho zistenia potrebných veličín o stromoch, pňoch, hrubej ležanine, tenkej ležanine, a jedincech najmladších rastových fáz (nárastov, kultúr a stromov tenších ako 7 cm) ako aj o odobratých vzorkách dreva, kôry a pôdy. Pred spracovaním sa preverí ich úplnosť a číselná a logická správnosť. Podľa potreby sa odstránia hrubé chyby a vykonajú odôvodnené korekcie a doplnky. Viditeľne sa označia tie údaje, ktoré budú vyžadovať špecifický prístup (hraničné stromy, zlomy – neúplné kmene ap.). Celý súbor údajov sa naedituje v štruktúre a forme vhodnej na spracovanie, napr. pre Microsoft EXCEL.

4.2 Spracovanie údajov na úrovni inventarizačných plôch

Vykoná sa osobitne pre každú z uvedených kategórií dendromasy s ohľadom na vlastnosti použitej inventarizačnej metódy (druh a veľkosť inventarizačnej plochy). Príslušné algoritmy obsahujú viaceré na seba nadväzujúce výpočtové kroky.

A) Stromy na relaskopickom kruhu

- Korekcia odhadovaných výšok: K dispozícii je n_1 výšok odhadovaných (h_o) a n_2 výšok meraných (h_m). Pre n_2 stromy, na ktorých je výška meraná aj odhadnutá sa určí pomer Q a použije sa na korekciu ostatných ($n_1 - n_2$) odhadnutých výšok (h_k) podľa nasledovných vzťahov:

$$Q = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} h_M}{\sum_{i=1}^{n_2} h_O} \rightarrow h_K = Q * h_O \quad (5)$$

Merané výšky sa nekorigujú! Ide o aplikáciu tzv. metódy „Ratio of Means“ (COCHRAN 1977), ktorá predpokladá, že závislosť $h_M = f(h_O)$ prechádza počiatkom súradnicovej sústavy (t.j. pri $h_O = 0$ je aj $h_M = 0$). Naše analýzy ukázali, že pri malom rozsahu $n_2 =$ cca 10 je tento predpoklad takmer vždy splnený. Preto nie je potrebné na korekciu používať zložitejšiu regresnú rovnicu $h_M = a + b * h_O$.

- Výpočet objemu stromov patriacich do relaskopického kruhu: Vykona sa pre každý strom na základe jeho hrúbky $d_{1,3}$ a výšky h pomocou objemových rovníc $v = f(d, h)$, ktoré publikovali PETRÁŠ a PAJTIK (1991). K dispozícii sú SM, JD, BO, SMC, DB, BK, HB a pre 5 objemových jednotiek (ksk – kmeň s kôrou, kbk – kmeň bez kôry, hsk – hrubina s kôrou, hbk – hrubina bez kôry, ssk – strom s kôrou). a to vo forme tzv. funkčných modelov. Ich výhodou je, že v programe EXCEL možno z nich pre hociktorú zadanú hrúbku $d_{1,3}$ a výšku h získať priamo príslušný objem v . Pre ostatné dreviný sa použijú rovnice hlavných drevín podľa tvarovej a objemovej príbuznosti stromov: napr. javor, jaseň, lipa, jarabina podľa BK, brest podľa DB. Pri zlomoch sa chýbajúca výška priradí podľa príbuzného rovnako hrubého stromu na inventarizačnej ploche, ale objem v sa zredukuje podľa skutočnej výšky zlomu na základe nasledovného vzťahu (ŠMELKO 2010):

$$v(red) = v * (0,0485 + 2,1566.h\% - 0,0116.h\%^2) / 100 \quad (6)$$

pričom $h\%$ je relatívna výška zlomu vzhľadom k predpokladanej celkovej výške h .

Z údajov o objeme stromu, kmeňa a hrubiny sa môžu ľahko odvodiť aj ďalšie objemové zložky stromu:

- objem kôry (kmeň) = objem ksk – objem kbk,
- objem konárov (s kôrou) = objem ssk – objem ksk,
- objem tenčiny (s kôrou) = objem ssk – objem hsk,

- Výpočet objemu stromov a počtu stromov na 1 ha: Každý strom patriaci do relaskopického kruhu reprezentuje určitý objem i počet stromov na 1 ha výmery lesa a to úmerne k použitej zámernej úsečke (ZU) a k veľkosti kruhovej základne $g = 0,785.d_{1,3}^2$ daného stromu. Na základe toho sa získa pre každý strom (i)

$$\text{– objem} \quad V.ha^{-1}(i) = ZU * v_i / g_i \quad (7)$$

$$\text{– počet stromov} \quad N.ha^{-1}(i) = ZU * 1 / g_i \quad (8)$$

Pri hraničných stromoch sa ich $V.ha^{-1}(i)$ aj $N.ha^{-1}(i)$ zredukuje na polovicu. Súčet týchto hektárových hodnôt všetkých i-stromov dá celkovú hodnotu $V.ha^{-1}$ a $N.ha^{-1}$, ktorú reprezentuje daná relaskopická inventarizačná plocha v prepočte na 1 ha. Tá sa ďalej rozčlení do samostatných podsúčtov podľa drevín, alebo ich skupín.

- Určenie rozmerov stredného kmeňa na relaskopickom kruhu: Sú dôležitými priemernými charakteristikami porastu a odvodí sa nasledovne:

$$- \text{objem stredného kmeňa} \quad v_s = \frac{V \cdot ha^{-1}}{N \cdot ha^{-1}} \quad (9)$$

$$- \text{stredná hrúbka} \quad d_s = 100 \sqrt{\frac{ZU * M}{0,785 * N \cdot ha^{-1}}} \quad (10)$$

$$- \text{stredná výška} \quad h_s = \frac{\sum_{i=1}^M h_i * N \cdot ha^{-1}(i)}{N \cdot ha^{-1}} \quad (11)$$

pričom M je počet stromov patriacich do relaskopického kruhu.

B) Pne na relaskopickom kruhu

- Určenie objemu pňov ($v m^3$): Vykoná sa pre každý peň osobitne na základe odmeranej hrúbky D (cm) na hornej reznej ploche s kôrou a výšky pňa H (cm) podľa jednotnej regresnej rovnice bez ohľadu na druh drevinu

$$v(\text{peň}) = 0,580569 * D^{2,054338} * H^{1,043639} / 1000000 \quad (12)$$

Rovnica predstavuje matematický model, ktorý bol odvodený pre tento účel z tvarových radov kmeňa stromov tvoriacich podklad pre konštrukciu čsl. objemových tabuliek (ŠMELKO 2010).

- Prepočet objemu a počtu pňov na 1 ha: Urobí sa na rovnakom princípe ako pri stromoch podľa vzorcov (7) a (8) a získajú sa hodnoty $V \cdot ha^{-1}$ (pne) a $N \cdot ha^{-1}$ (pne) pre jednotlivé pne (i) a ich súčtom pre celý relaskopický kruh, resp. aj osobitne pre jednotlivé drevinu a stupne rozkladu dreva.

C) Ležanina hrubá a tenká

Vypočíta sa z odmeraných hrúbok d_i (cm) všetkých kusov ležaniny, ktoré pretli výberovú líniu L (m) a to priamo v prepočte na 1 ha podľa nasledovného vzťahu

$$V_{L(j)} m^3 \cdot ha^{-1} = \frac{\pi^2}{8 \cdot L} \sum_{i=1}^m d_i^2 = \frac{1,2337}{L} \sum_{i=1}^m d_i^2 \quad (13)$$

Výsledok sa získa na každej j-tej výberovej jednotke pre samostatne evidované kategórie dreva – hrubinu, tenčinu, drevinu a stupeň rozkladu dreva.

D) Tenké stromy s výškou $h = 0,1 - 1,3$ m a hrúbkou $d_{1,3} < 7$ cm

K dispozícii musí byť údaj o výmere kruhu alebo štvorca p (3,14–6,28–12,56 m^2), na ktorej sa zisťovanie uskutočnilo. Výsledky sa zhodnotia osobitne pre tri skupiny tejto kategórie stromov.

- Nárasty a kultúry s výškou $h = 0,1$ až $1,3$ m – spočítajú sa iba počty jedincov podľa drevín alebo ich skupín, osobitne živé a suché.
- Jedince s hrúbkou $d_{1,3} = 1$ až 7 cm – zoskupia sa podľa drevín (alebo ich skupín) a v každej sa určí
 - počet kusov M ,
 - objem jedincov $V (m^3) = v_s * M$, pričom stredný objem kusov v_s sa vypočíta z objemových regresných rovníc uvedených bode A) na podklade zistenej strednej hrúbky d_s a strednej výšky h_s jedincov

(14)

- objem jedincov prepočítaný na 1 ha

$$V \cdot ha^{-1} (m^3) = V (m^3) / p * 10000 \quad (15)$$

- objem jedincov na 1 ha pripadajúci na sucháre (S)

$$V \cdot ha^{-1} (S) = V \cdot ha^{-1} (m^3) * S\% / 100 \quad (16)$$

4.3 Spracovanie údajov za celý súbor inventarizačných plôch alebo ich homogénne častí

- Založené inventarizačné plochy (IP) sa zhodnotia globálne pre celý inventarizovaný objekt alebo sa zoskupia do homogénnejších skupín (napr. podľa veku resp. vývojových fáz – nárasty a kultúry, mladé, stredne staré a staré porasty). Pre každú IP bude k dispozícii hektárová hodnota príslušnej kategórie dendromasy (zásoba V , počet jedincov N), ktorú označíme všeobecne Y_i , $i = 1, 2, \dots, n$ je poradie IP, n je ich celkový počet.
- Pre súbor n IP sa vypočítajú výberové charakteristiky
 - priemer $\bar{y}$, smerodajná odchýlka s_y , variačný koeficient $s_y\%$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (17), \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (18), \quad s_y \% = \frac{s_y}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (19)$$

- stredná chyba priemeru (absolútna a relatívna v %)

$$s_{\bar{y}} = \frac{s_y}{\sqrt{n}} \quad (20) \quad \text{a} \quad s_{\bar{y}} \% = \frac{s_{\bar{y}}}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (21)$$

- V prípade, že sa IP budú zhodnocovať osobitne (stratifikovane) pre jednotlivé homogénnejšie časti lesa, vytvorí sa $h = 1, 2 \dots L$ takýchto skupín (strat). V každom strate bude iný počet IP n_h a aj iné výberové charakteristiky hodnôt $y_{h,i}$ ($\bar{y}_h, s_{y_h}, s_{\bar{y}_h}$), ale na ich výpočet sa môžu použiť tie isté vzorce (17–21) ako v predchádzajúcom prípade. Prínos stratifikácie bude v tom, že sa zníži variabilita i stredná chyba výberového zisťovania. Z charakteristík jednotlivých strat sa odvodia výsledné charakteristiky pre celý súbor n IP nasledovne:

$$\bar{y}_{ST} = \sum_{h=1}^L \frac{n_h}{n} \bar{y}_h \quad (22) \quad \text{a} \quad s_{\bar{y}_{ST}} = \sqrt{\sum_{h=1}^L \left(\frac{n_h}{n} \right)^2 s_{\bar{y}_h}^2} \quad (23)$$

- Výberové výsledky sa zovšeobecnia na celé inventarizované územie (základný súbor) tak, že pre zisťované kategórie dendromasy sa určia intervaly spoľahlivosti, v ktorých sa s 95 % pravdepodobnosťou budú nachádzať skutočné hodnoty zisťovaných veličín μ_y , pričom šírka týchto intervalov bude mierou chyby (presnosti) odhadu týchto neznámych parametrov

$$\mu_y = \bar{y} \pm t_{0,05} \cdot s_{\bar{y}} \quad (24) \quad \text{alebo} \quad \mu_{yST} = \bar{y}_{ST} \pm t_{0,05} \cdot s_{\bar{y}ST} \quad (25)$$

Pri $n > 30$ je hodnota $t_{0,05} = 2,00$.

5. ODVODENIE EKVIVALENTOV SUCHEJ BIOMASY A ZÁSOPY UHLÍKA V ZISTENEJ DENDROMASE

Vykoná sa pomocou špeciálnych násobných koeficientov (expanzných faktorov *BEF* a *CEF*), ktorými sa prenášobia zistené množstvá dendromasy ($V \text{ m}^3$), čiže nasledovne:

$$DW(\text{kg}) = V(\text{m}^3) * BEF \quad (26) \quad C(\text{kg}) = V(\text{m}^3) * BEF * CEF/100 \quad (27)$$

BEF je expanzný faktor pre biomasu a udáva suchú objemovú hmotnosť $DW \text{ kg.m}^{-3}$ príslušnej dendromasy. *CEF* je expanzný faktor pre obsah uhlíka *C* a udáva relatívny podiel obsahu uhlíka (*C*%) v príslušnej biomase. Podľa toho, na ktoré kategórie dendromasy sa koeficienty vzťahujú, prevod sa urobí buď globálne, alebo po jednotlivých častiach. Ak by boli známe všetky potrebné vstupné veličiny, pre celkový výsledok určenia biomasy - suchej objemovej hmotnosti (*DW*) a uhlíka (*C*) by bolo možné odvodiť aj príslušný rámec relatívnej chyby (presnosti pri 95 % spoľahlivosti) podľa týchto vzťahov

$$\square s_{DW} \% = 2\sqrt{s_V \%^2 + s_{BEF} \%^2} \quad s_C \% = 2\sqrt{s_V \%^2 + s_{BEF} \%^2 + s_{CEF} \%^2}$$

Problémom je, že hodnoty expanzných faktorov *BEF* a *CEF* nie sú zatiaľ ani na národnej, ani na medzinárodnej úrovni dostatočne vyriešené a je všeobecne známe, že musia zákonite závisieť od veľkého množstva činiteľov (druh dreviny, kategória dreva – kmeň, kôra, peň, ležanina, jeho stupeň rozkladu, rastové podmienky ai.). Existuje síce už veľké množstvo výskumov a publikácií, ale chýba jednotný koordinovaný prístup a komplexnejšie biometrické zhodnotenie údajov a veľkým nedostatkom je, že k zisteným alebo odporúčaným hodnotám *BEF* a *CEF* nie sú pripojené informácie o ich variabilite a presnosti. Z existujúcej ponuky je možné vybrať si v podstate tieto tri varianty, z ktorých každý má svoje výhody aj nevýhody:

1. Vykonať vlastné zistenie *BEF* a *CEF* pre konkrétne lokálne, regionálne alebo celoštátne podmienky na dostatočne veľkom súbore reprezentatívne odobratých vzoriek z jednotlivých zložiek dendromasy a ich laboratórnych analýz. Postup je pracovne i finančne náročný, ale spĺňa veľmi dobre všetky požadované parametre. Na Slovensku sa zatiaľ takto programovo realizoval iba pre *BEF* smreka, borovice, buka a duba v mladých porastoch prvého vekového stupňa (KONÔPKA, PAJTIK, MORAVČÍK, LUKAC 2010), pre *CEF* vlastné údaje doteraz nemáme.

2. Použiť existujúce údaje o *BEF* a *CEF*, ktoré sa doteraz získali v celoeurópskom priestore. Najviac ich je pre *BEF* a to vo forme regresných rovníc vyjadrujúcich suchú objemovú hmotnosť jednotlivých zložiek dreva stromov *DW* (kg) ako funkciu hrúbky $d_{1,3}$ a výšky *h*. Vykazujú však mimoriadne veľkú variabilitu. Príkladom môže byť práca GARCIA *et al.* (2004), v ktorej sú zhrnuté dostupné alometrické funkcie pre *DW* (kg) stromov nadzemnej i podzemnej biomasy. Len pre borovicu existuje 20 takýchto funkcií. Pre naše dve hlavné dreviny sú k dispozícii tieto rovnice

$$\text{Buk: } DW(\text{kg}) = 0,0798 \cdot d_{1,3}^{2,601} \quad \text{Smrek: } DW(\text{kg}) = 0,0533 \cdot (d_{1,3}^2 \cdot h)^{0,8995}$$

Keď z nich vypočítame *DW* (kg) napr. pre tri stromy s rôznou hrúbkou ($d_{1,3} = 22, 35$ a 45 cm) a výškou ($h = 18, 30$ a 40 m) a prepočítame ich na 1 m^3 čerstvého objemu týchto stromov ($V \text{ m}^3$), dostaneme *BEF* = *DW* $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ pre bk = 705, 587, 429 a pre sm = 523, 500, 450. Zistíme, že suchá biomasa veľmi závisí od rozmerov stromu a to tak, že čím je strom väčší, tým má menšiu objemovú hmotnosť $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a naopak. Pre celý súbor stromov (skusnú plochu, porast) bude preto kolísať v závislosti od toho aké stromy sú v ňom zastúpené. Z tohto dôvodu sú aj dosť veľké rozdiely v priemerných hodnotách *DW* $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, ktoré odporúča medzinárodný program pre kvantifikáciu zásob uhlíka v lesnom ekosystéme (IPCC 2003) a ktoré možno nájsť v učebniciach Náuky o dreve (POŽGAJ *et al.* 1993) a Dendrometrie (ŠMELKO 2007), ako to vidieť z nasledujúcich tabuliek:

Drevina	IPCC	Náuka o dreve	Dendrometria
Sm	440	350	390
Jd	440	350	370
Bo	500	500	420
Bk	700	680	560
Db	700	680	570

3. Použiť jednoduchší matematický model pre *BEF*, ktorý vychádza z jednej vstupnej veličiny (napr. z objemu celého stromu) a suchú objemovú hmotnosť (biomasu) ostatných častí – kmeňa, koruny, konárov, asimilačných orgánov, kôry, pňa a koreňov odvodzuje nepriamo z regresného vzťahu. Takýto alometrický model u nás vyhotovil FABRIKA (2008) pre päť hlavných drevín na podklade údajov domácich a zahraničných autorov. Jeho výhodou je jednoduchosť a pomerne veľká komplexnosť. Nevýhodou je, že neposkytuje informácie o možnej presnosti určenia suchej biomasy, ktorá je určite nižšia ako pri predchádzajúcich dvoch metódach.

Oveľa chudobnejšie sú údaje o *CEF*. MATTHEVS (1993) zosumarizoval výsledky 64 prác a pre 13 drevín odvodil priemerné hodnoty obsahu uhlíka *C%* v suchej biomase stromu. Tie sa pohybujú v rozpätí od 48,8 do 50,6 %, ale počty vzoriek, z ktorých boli určené nie sú známe, takže údaje sa nedajú objektívne zhodnotiť štatistickým testom. Podrobnejšia analýza ukazuje, že ich celkový priemer a smerodajná odchýlka je $49,6 \pm 0,55 \%$, diferencie medzi drevinami sú od 0,1 po 1,8 % a rozpätie

v rámci tej istej dreviny pri rôznych autoroch je v priemere $2,1 \pm 1,9 \%$. Z toho vyplýva, že rozdiely v *CEF* medzi drevinami, resp. medzi ihličnanmi a listnáčmi sú s veľkou pravdepodobnosťou štatisticky nevýznamné.

Okrem vyššie uvedených prác existujú aj ďalšie zaujímavé publikácie a návrhy, ktoré citujú vo svojich príspevkoch napr. PAJTIK, KONÔPKA, LUKAC (2008), KONÔPKA, PAJTIK, MORAVČÍK, LUKAC (2010) a MERGANIČOVÁ, MERGANIČ (2010), preto ich tu neuvádzame. Osobitným problémom je aj *BEF* a *CEF* pri rôznych stupňoch rozkladu dreva. Všeobecne možno odporučiť, aby sa z existujúcich a ponúkaných hodnôt *BEF* a *CEF* vybrala tá, ktorá sa najlepšie približuje k hodnotám získaným z malého počtu vlastných kontrolných vzoriek v konkrétnych podmienkach.

6. POZNATKY Z PRAKTICKÉHO OVERENIA NAVRHOVANEJ METÓDY

Navrhnutý metodický postup sme preverili v rámci výskumných aktivít NLC – LVÚ Zvolen v reálnych podmienkach, na vybratom pokusnom území v horskom lesnom ekosystéme CHKO Poľana, kde sa pre tento účel vykonala osobitná výberová inventarizácia na ploche 150 ha. Na 64 inventarizačných plochách sa zistil objem dendromasy ($V m^3$) osobitne pre všetky jej nadzemné zložky – živé stojace stromy, sucháre, kôru, pne, hrubú a tenkú ležaninu i jedince obnovy. Súčasne sa na každej inventarizačnej ploche odobrali vzorky dreva a kôry zo stromov, pňov a ležaniny v celkovom počte 270 ks. Boli zanalyzované v laboratóriu NLC a odvodili sa z nich hodnoty expanzných faktorov *BEF* a *CEF*. Suchá objemová hmotnosť (*DW tony*) a zásoba uhlíka (*C tony*) v celkovej zistenej dendromase sa vyčíslila tromi vyššie uvedenými spôsobmi. Priemerné výsledky sú zhrnuté v tabuľke 2.

Overovacie skúšky potvrdili dobrú praktickú použiteľnosť navrhnutého postupu tak pre terénne ako aj pre laboratórne a kancelárske vyhodnocovacie práce. Súčasne sa získali cenné skúsenosti v tejto problematike a nové poznatky o množstve jednotlivých zložiek nadzemnej dendromasy, suchej objemovej hmotnosti dreva a zásoby uhlíka v konkrétnych podmienkach typického horského lesného ekosystému na Slovensku. Podrobnejšie budú zdokumentované a zhodnotené v osobitnom príspevku (ŠMELKO, ŠEBEŇ, PRIWITZER 2011).

Tabuľka 2. Priemerné hektárové hodnoty a ich stredné chyby pre objem V , suchú objemovú hmotnosť DW a zásobu uhlíka C živej a mŕtvej nadzemnej dendromasy v pokusnom objekte Poľana

Tab. 2. Average per hectare values and their standard errors for the volumen V , dray biomasse DW and carbon stock C of the living and dead aboveground dendromass in the experimental area Poľana

Zložky nadzemnej dendromasy ¹⁾	$\bar{V} \pm S_{\bar{V}} (m^3)$	$D\bar{W} \pm S_{D\bar{W}} (tony)$	$\bar{C} \pm S_{\bar{C}} (tony)$
Hrubé stromy ($d_{1,3} \geq 7$ cm) s kôrou ²⁾	522,3 ± 41,0	280,5 ± 30,3	139,1 ± 15,1
Tenké stromy ($d_{1,3} < 7$ cm) s kôrou ³⁾	17,8 ± 8,4	10,7 ± 5,1	5,3 ± 2,5
Živé drevo spolu⁴⁾	540,1 ± 40,4	291,3 ± 30,6	144,4 ± 15,2
Stojace sucháre ⁵⁾	9,7 ± 4,6	3,5 ± 1,7	1,7 ± 0,4
Pne ⁶⁾	13,6 ± 1,2	4,4 ± 0,5	2,2 ± 0,2
Hrubá ležanina ⁷⁾	39,6 ± 5,4	13,9 ± 2,2	6,9 ± 1,1
Tenka ležanina ⁸⁾	12,6 ± 2,3	4,5 ± 0,9	2,2 ± 0,4
Mŕtve drevo spolu⁹⁾	75,5 ± 4,4	26,3 ± 2,5	13,0 ± 1,2
Živé a mŕtve drevo spolu¹⁰⁾	615,6 ± 40,6	317,6 ± 30,7	157,4 ± 15,6

¹⁾Components of aboveground dendromass, ²⁾Thick trees inside bark, ³⁾Thin trees inside bark, ⁴⁾Total living wood, ⁵⁾Standing dead trees, ⁶⁾Stumps, ⁷⁾Lying coarse deadwood, ⁸⁾Lying small deadwood, ⁹⁾Total deadwood, ¹⁰⁾Total aboveground dendromass

7. DISKUSIA, ZÁVERY A ODPORÚČANIA

Navrhnutý výberový postup umožňuje získať podkladové údaje o všetkých zložkách živej i odumretej drevnej hmoty v lesnom ekosystéme a následne odvodiť tejto hmote zodpovedajúcu suchú biomasu a množstvo akumulovaného uhlíka. Obsahuje celý rad nových riešení. Medzi ne patrí ucelený systém pre zostavenie optimálneho plánu takéhoto zisťovania, uplatnenie relaskopickej techniky pre inventarizáciu nielen stojacich stromov ale aj pňov, priame určenie objemu hrubej i tenkej ležiacej drevnej hmoty pomocou tzv. líniového priesečníkového výberu, využitie nových dendrometrických modelov pre stanovenie objemu pňov a častí kmeňa zlomených stromov, analýza troch spôsobov prepočtu objemu dreva na suchú objemovú hmotnosť a obsah uhlíka, kompletný algoritmus potrebný na spracovanie a zovšeobecnenie výberových výsledkov a tiež praktické overenie celého postupu v konkrétnom pokusnom objekte.

Overovacie skúšky potvrdzujú dobrú praktickú použiteľnosť navrhnutého postupu a prinášajú aj viaceré zaujímavé poznatky. V centrálnej časti horského lesného ekosystému CHKO Poľana majú živé stojace stromy v priemere na 1 ha celkový stromový objem aj s kôrou 540±40 m³, 291±31 ton sušiny a 144±15 ton akumulovaného uhlíka, pričom na hrubé stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ 7 a viac cm pripadá až 97 % a na tenké stromy s hrúbkou $d_{1,3}$ pod 7 cm iba 3 % a to aj napriek tomu, že tieto mladé vývojové štádiá majú veľké hektárové počty jedincov (nálet 13,6±3,2, nárast 3,7±0,8 a mladina 2,4±1,0 tisíc ks). Celkové

množstvo objemu neživého dreva na 1 ha je $75 \pm 4,4 \text{ m}^3$, suchej biomasy (objemovej hmotnosti) $26 \pm 2,5$ tony a uhlíka $13 \pm 1,2$ tony, z čoho pripadá na sucháre 13 %, na pne 17 %, na hrubú ležaninu s hrúbkou nad 7 cm 53 % a na tenkú ležaninu s hrúbkou 1–7 cm 17 %. Všetky uvedené parametre prekračujú 1,5 až 2-krát doteraz známe údaje z iných lokalít na Slovensku i v zahraničí.

Problémom je, že porovnanie nášho postupu a overovacích skúšok s cudzími autormi je dosť obmedzené. Príčinou je skutočnosť, že viaceré naše riešenia sa použili po prvýkrát a tiež preto, že domáci i zahraniční autori vo väčšine prípadov nezisťujú všetky zložky živého a mŕtveho dreva a že spravidla chýba aj informácia o rámcach presnosti publikovaného výsledku.

Využitelnosť predkladaných výsledkov má viacero aspektov. Navrhnutá výberová metóda je určená predovšetkým pre inventarizáciu zložiek dendromasy, biomasy a zásoby uhlíka v lesoch na lokálnej úrovni. Princípy odvodenia biomasy a akumulovaného uhlíka sa však dajú veľmi dobre použiť aj pre celoštátnu a regionálnu (krajskú) úroveň a to v nadväznosti na údaje získané v prvej národnej inventarizácii lesov SR 2005–2006, ktorých výhodou je, že majú kompletné informácie o všetkých živých aj mŕtvych stromoch a ich častiach od juvenilného štádia až po maximálne rozmery. Rozhodne sa tým získajú oveľa objektívnejšie a podrobnejšie podklady pre bilancovanie zásob uhlíka v lesných ekosystémoch v porovnaní s postupom, keby sa vychádzalo z databázy HÚL, ktorá má mnohé nevýhody (týka sa iba hrubiny – častí stromov hrubších ako 7 cm, neuvažuje s kôrou ani so stromami tzv. podružného porastu, nedisponuje žiadnymi údajmi o tenkých stromoch a zložkách mŕtveho dreva), preto výsledok o skutočnej zásobe uhlíka by sa značne podhodnotil. Veľmi aktuálne sú aj viaceré metodické otázky, ktoré je potrebné riešiť, najmä prevodné konverzné faktory *BEF* pre biomasu a *CEF* pre obsah uhlíka a tiež harmonizovať definície a spôsoby zisťovania jednotlivých zložiek dreva dohovorom na domácej úrovni, alebo v rámci EU.

PodĎakovanie

Príspevok je výsledkom riešenia v rámci „Centra excelentnosti na TU Zvolen pre podporu rozhodovania v lese a krajine“, v aktivite č. 3.2 „Vývoj metód na získavanie informácií o lese a krajine kombinovanými technológiami pre rôzne veľké územné celky“ (operačný program EU č. 26220120069).

8. Citovaná literatúra

- COCHRAN, V.G. (1977): Sampling Techniques. John Wiley Inc. New York, 413 pp.
- DEVRIES (1986): Sampling theory for forest inventory. Wageningen, 422 pp.
- FABRIKA, M. (2008): Alometrický model na výpočet biomasy. TU Zvolen, 5 (<http://tools.tuzvo.sk/sibyla/slovensky/biomasa.htm>)
- GARCIA, C., VAYREDA, J., SABATÉ, S., IBÁÑES, J. (2004): Main components of the abovegrounds biomass expansion factors. Presentation at COST – Action E-21 WG1 Meeting on BEFs. Hämeenlinna, Finland.
- IPCC (2003): Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Kanagawa: www.ipcc.ch/
- KONÓPKA, B., PAJTIK, J., MORAVČÍK, M., LUKÁČ, M. (2010): Biomass partitioning and growth efficiency in four naturally regenerated forest tree species. Basic and Applied Ecology, 11: 234–243.

- MATTHEVS, (1993): The carbon content of trees. Forestry Commission Technical Paper, No 4, Edinburgh, U.K.
- MERGANIČOVÁ, K., MERGANIČ, J. (2010): Coarse woody debris carbon stocks in natural spruce forests of Babia Hora. *Journal of Forest Science*, 56 (9): 397–405.
- MINDÁŠ, J. (2001): Bilancia emisií vybraných plynov v sektore lesného hospodárstva a využívania krajiny na Slovensku za obdobie 1990–2000 a problematika Kjótskeho protokolu v lesnom hospodárstve. In: *Národný lesnícky program SR*, VI, zv. 10.
- PAJTÍK, J., KONÔPKA, B., LUKAC, M. (2008): Biomass fukctions and expansion factors in young Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) trees. *Forest Ecology and Management* 256: 1096–1103.
- PAJTÍK, J., PRIWITZER, T., CIBULA, R. (2010): Kvantifikácia uhlíkových zásob a ich bilančných zmien na regionálnej úrovni. *Lesnícky časopis*, 55 (4): 353–365.
- PETRÁŠ, R., PAJTÍK, J. (1991): Sústava česko-slovenských objemových tabuliek drevín. *Lesnícky časopis* 37: 49–56.
- POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABJAK, M. (1993): Štruktúra a vlastnosti dreva. *Príroda*, Bratislava, 463 pp.
- PRIWITZER, T., PAJTÍK, J., KONÔPKA, B., IŠTOŇA, J., PAVLENKA, P. (2008): Kvantifikácia uhlíkových zásob v smrekových porastoch prvého vekového stupňa. *Lesnícky časopis*, 54: 69–70.
- ŠMELKO, Š. (1983): Variabilita hlavných taxačných veličín v lesných porastoch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 25: 179–193.
- ŠMELKO, Š. (1997): Veľkoplošná variabilita porastových veličín v lesoch Slovenska a faktory, ktoré ju ovplyvňujú. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 39: 187–199.
- ŠMELKO, Š. (1998): Rozbor skutočných a štatistických rámcov presnosti veľkoplošnej inventarizácie lesa pri systematickom rozmiestení skusných plôch. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen XL*: 173–183.
- ŠMELKO, Š. (2007): *Dendrometria*. Vydavateľstvo TU Zvolen, 401 pp.
- ŠMELKO, Š. (2010): Nové metodické postupy na kvantifikáciu mŕtveho dreva a jeho zložiek v lesných ekosystémoch. *Lesnícky časopis*, 56 (2): 155–175.
- ŠMELKO, Š., MERGANIČ, J., ŠEBEŇ, V., RAŠI, R., JANKOVIČ, J. (2006): *Národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2005–2006. Metodika terénneho zberu údajov*. NLC – LVÚ Zvolen, 129 pp.
- ŠMELKO, Š., ŠEBEŇ, V., MERGANIČ, J., BOŠELA, M., JANKOVIČ, J. (2008): *Národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2005–2006. Základná koncepcia a výber zo súhrnných informácií*, NLC Zvolen, 16 s
- ŠMELKO, Š., ŠEBEŇ, V., PRIWITZER, T. (2011): Odvodenie suchej objemovej hmotnosti a zásoby uhlíka v nadzemnej dendromase z výberovej inventarizácie v lesnom horskom ekosystéme Biosférickej rezervácie Poľana. *Lesnícky časopis*, 57, 2: 87–95.
-

Adresa autora:

Prof. Ing. Štefan Šmelko, DrSc., profesor emeritus
TU Zvolen
Lesnícka fakulta
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovenská republika
e-mail: smelko@vslld.tuzvo.sk

Výberová metóda na zisťovanie nadzemnej dendromasy a zásoby uhlíka v lesnom ekosystéme

Abstrakt

Príspevok obsahuje návrh na špeciálne výberové zisťovanie, ktoré umožňuje v konkrétnom lesnom ekosystéme relatívne jednoducho určiť nadzemnú dendromasu a jej zložky v troch merných jednotkách – objeme ($V \text{ m}^3$), suchej objemovej hmotnosti ($DW \text{ kg}$) a zásobe uhlíka ($C \text{ kg}$). Stojace stromy s hrúbkou $d_{1,3} > 7 \text{ cm}$ a pne vyťažených stromov sa inventarizujú pomocou relaskopickej techniky, ležiace odumreté hrubé aj tenké drevo sa meria netradičnou metódou tzv. líniového priesečníkového výberu, iba stromy tenšie ako 7 cm sa zisťujú na klasických skusných plochách (kruhoch alebo štvorcoch). Súčasťou návrhu sú zásady pre plánovanie výberu, regresné rovnice a prevodové koeficienty na odvodenie sušiny a zásoby uhlíka v dreve ako aj algoritmy pre matematicko-štatistické spracovanie a zovšeobecnenie získaných údajov. K všetkým výstupom je možné pripojiť 95 % interval spoľahlivosti (strednú hodnotu $\pm$ dvojnásobok strednej výberovej chyby). Ako príklad praktickej aplikácie metódy sú uvedené výsledky z pokusu v horskom lese CHKO Poľana.

Kľúčové slová: nadzemná dendromasa, objem, hmotnosť, zásoba uhlíka, lesný ekosystém, výberové zisťovanie, relaskopická metóda, líniový priesečníkový výber

ZALOŽENIE POKUSU PRE OVERENIE OBJEKTÍVNOSTI HOSPODÁRSKO-ÚPRAVNÍCKYCH ÚDAJOV O STAVE LESA KONTROLNÝM VÝBEROVÝM MERANÍM NA VŠLP TU ZVOLEN

Jozef F E K E T E – Štefan Š M E L K O – Ľubomír S C H E E R

Fekete, J., Šmelko, Š., Scheer, L.: Establishment of the experiment for objectivity verification of forest condition management data employing control sampling measurement at VŠLP TU Zvolen. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 91–104, 2011.

This paper links to knowledge that forest stand growing stock data, which were assessed with presently used forest management operative procedures in the forests of Slovakia are undervalued with high probability regarding to reality. A new methodological approach of data acquirement for verification of practical forest condition management data as well as for precision evaluation of mid-stem measures, species composition and stocking with ocular estimation is proposed and reasoned. It is based on direct value measurements in small number so called check-stands, whereby whole procedure is optimized. For check-stand sampling the principle with unequal probabilities is applied (proportionally to their size) and all control measurements in them is performed with sample plot survey. Number and size of sample plots are adapted to actual inner stand structure (density and variability). Experience obtained during field experiment at the University forest enterprise TU Zvolen (VŠLP) confirms good usability of proposed procedure. Collected data will be processed with special biometric algorithms, which enable objective examination of differences between forest management data and control measurement. In case of systematic character of differences, these will be eliminated and primary data will be adequately corrected. Proposed procedure is possible to recommend also for regular forest praxis for control of forest management work quality.

Keywords: quality of forest condition management data, control sampling measurement, methodological approach, experimental design and field realization

1. PROBLEMATIKA A CIEĽ PRÁCE

Získavanie údajov o stave lesa je veľmi dôležitou súčasťou prác hospodárskej úpravy lesov. Je veľmi významné, lebo tvorí podklad súhrnných informácií o lese, ktoré bezprostredne ovplyvňujú dôležité rozhodnutia na všetkých úrovniach riadenia, na lokálnej, regionálnej i celoštátnej úrovni.

V súčasnosti je na Slovensku rozpracovaná ucelená sústava metód pre zisťovanie zásob i ostatných charakteristík v lesných porastoch. Je veľmi flexibilná, prispôbena štruktúram porastov Slovenska i požadovaným rámcom presnosti zisťovania. Podľa toho aký je stav a funkčná kategória konkrétnej jednotky priestorového rozdelenia lesa, zvolí

sa zodpovedajúci spôsob zisťovania z týchto možností (Pracovné postupy HÚL 2010, ŠMELKO 2007):

- celoplošné priemerkovanie,
- reprezentatívne metódy (kruhové, pásové, relaskopické skusné plochy, stromové rozstupy),
- rastové tabuľky (všeobecné nediferencované a diferencované podľa troch stupňov zásobovej úrovne),
- taxačné odhady.

Výber vhodnej metódy zisťovania sa riadi podľa oficiálne definovaných zásad, pričom rozhodujúcimi kritériami sú vek, hospodárska významnosť a vnútorná štruktúra porastov a tiež ekonomická náročnosť zisťovania.

Problematickou zisťovania stavu lesa a tvorbou metodík pre jej uskutočňovanie sa na Slovensku dlhodobo zaoberá najmä ŠMELKO (1968, 1985, 1990, 2007). Najnovšie spolu so svojimi spolupracovníkmi na LVÚ – NLC Zvolen získal poznatky, ktoré naznačujú, že údaje o zásobách lesných porastov, ktoré boli zistené v súčasnosti používanými pracovnými postupmi v rámci HÚL sú s veľkou pravdepodobnosťou voči skutočnosti podhodnotené v priemere o 23 % (ŠMELKO, ŠEBEŇ 2010). Potvrdzujú to doterajšie tri zdroje informácií:

- výsledky z Národnej inventarizácie a monitoringu lesov (NIML) SR 2005–2006 (ŠMELKO *et al.* 2008),
- výsledky z monitoringu poškodenia lesov vo Vysokých Tatrách po veternej kalamite za roky 2007–2008 (ŠEBEŇ *et al.* 2008),
- výsledky z výberovej podnikovej inventarizácie vykonanej v roku 2009 v lesoch mesta Banská Bystrica (ŠEBEŇ *et al.* 2010).

Príčiny týchto diferencií nie sú ešte celkom známe, ale predbežne sa predpokladá, že ich spôsobujú najmä tieto faktory (ŠMELKO 2008):

- zmenená štruktúra lesných porastov na Slovensku (zvýšený podiel rôznovekých, zmiešaných a viacetážových porastov, podľa NIML až na 50 %),
- obmedzenie metód priameho merania v praxi HÚL a používanie rastových tabuliek aj v zložitejších porastových štruktúrach, pre ktoré neboli skonštruované,
- subjektívne faktory pri taxačných odhadoch niektorých porastových veličín, najmä zakmenenia, zastúpenia drevín a identifikácie stredného kmeňa v poraste,
- nezohľadnenie podružného porastu (ktorý tvorí cca 10 % zásoby združeného porastu),
- možné celkové zvýšenie prirastavosti lesov, ktoré sa už potvrdilo vo viacerých európskych krajinách (SPIECKER *et al.* 1996).

Predložený príspevok nadväzuje na uvedené, v súčasnosti veľmi aktuálnu problematiku. Opisuje založenie pokusu na Vysokoškolskom lesníckom podniku (VšLP) TU vo Zvolene, ktorého cieľom je:

- overiť vhodnosť použitia metódy kombinácie odhadu a merania dendrometrických veličín pre zisťovanie stavu lesa (ŠMELKO 1990),
- posúdiť kvalitu údajov o porastových charakteristikách lesného hospodárskeho plánu (LHP) vyhotoveného v roku 2009 pre časť územia VšLP TU Zvolen,

- analyzovať údaje o porastoch v novom LHP, urobiť optimálny výber kontrolných porastov a uskutočniť v nich taxačné odhady a výberové meranie všetkých hlavných stromových a porastových veličín.

Výsledky pokusu a všestranné zhodnotenie získanej bázy údajov budú prezentované v nasledujúcich príspevkoch.

2. CHARAKTERISTIKA SKÚMANÉHO OBJEKTU

Pokusný objekt sa nachádza na území lesných celkov Zvolen a Dobrá Niva. V rámci lesného celku Zvolen sa dotknuté porasty nachádzajú v katastri obcí Zvolenská Slatina, Kalinka, Slatinka, Zvolen (mestské časti Sekier, Kráľová a osada Sekier) a Mičalková. V rámci lesného celku Dobrá Niva sú to porasty v katastri obce Breziny.

Na základe údajov prevzatých z nového, práve obnoveného LHP (2009) pozostáva pokusný objekt zo 197 jednotiek priestorového rozdelenia lesa s celkovou výmerou 609,53 ha a s pomerne veľkou drevinovou, vekovou a výstavbovou diferenciáciou. Predmetom nášho zisťovania sú porasty dosahujúce rozmery hrubiny ($d_{1,3} \geq 7\text{cm}$). Z celkového súboru porastov sme z dôvodu výrazných diferencií medzi porastmi vytvorili 4 homogénnejšie vekové a vývojové kategórie (strata):

- stratum A : porasty vo veku 21–40 rokov,
- stratum B: porasty vo veku 41–80 rokov,
- stratum C: porasty vo veku 81 a viac rokov neobnovované,
- stratum D: porasty vo veku 81 a viac rokov obnovované.

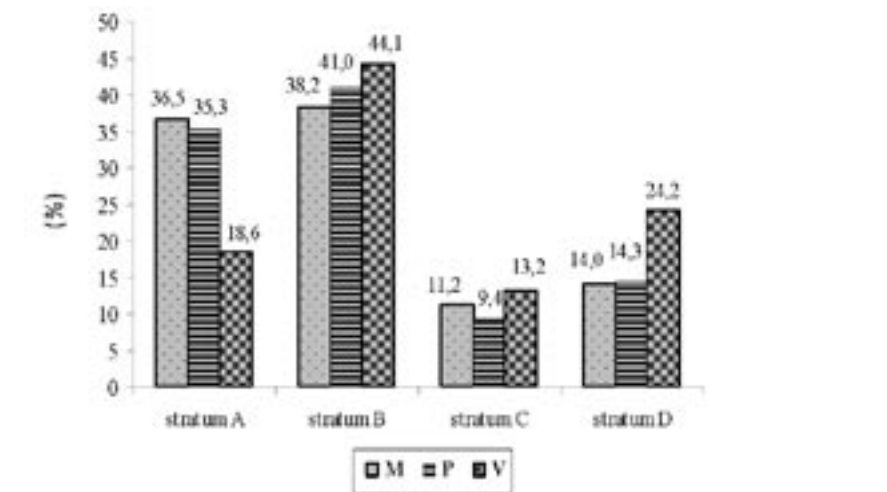
Za porasty sme v týchto stratach považovali tie, ktoré sa vzťahovali na jednoznačne stanovenú plochu lesa, t.j. jednoetážové porasty, čiastkové plochy, porastové skupiny, pri viacetážových porastoch všetky etáže spolu. Tým sa počet porastov v pokusnom objekte znížil na 178 a ich výmera na 583,06 ha. Zastúpenie porastov v jednotlivých stratach podľa početnosti, výmery a zásoby v pokusnom objekte udáva v absolútnych jednotkách tabuľka 1 a relatívne (v %) obrázok 1.

Tab. 1 Počet, výmera a zásoba porastov v jednotlivých stratach pokusného objektu

Tab. 1 Number, area and growing stock of forest stands in single strata of research object

Stratum ¹⁾	A	B	C	D	Spolu
Počet porastov (M) ²⁾	65	68	20	25	178
Výmera porastov (P) ³⁾ v ha	205,85	239,09	54,51	83,61	583,06
Zásoba porastov (V) ⁴⁾ v m ³	28 318	67 201	20 141	36 831	152 491

¹⁾Stratum, ²⁾Number of stands, ³⁾Area of stands, ⁴⁾Stands growing stock



Obr. 1 Relatívne zastúpenie počtu (M), výmery (P) a zásoby (V) porastov v jednotlivých stratách pokusného objektu

Fig. 1 Relative representation of number (M), area (P) and growing stock (V) in single strata of research object

3. VÝBER KONTROLNÝCH PORASTOV

Kontrolné porasty slúžia na zistenie objektívnejších a presnejších informácií o stave lesa a na vzájomné porovnanie údajov získaných odhadom a meraním v rámci pokusu i na posúdenie diferencií voči údajom aktuálneho LHP. Ich výber sme vykonali tak, aby sa reprezentatívne podchytili jednotlivé vekové kategórie (strata) v pokusnom objekte a aby naplánované merania boli prakticky zvládnuteľné. Pôvodne sme zvolili $n = 25$ porastov, ktorých rozdelenie na strata je v tabuľke 2.

Tab. 2 Počet plánovaných kontrolných porastov v jednotlivých stratách

Tab. 2 Number of planned check-stands in single strata

Stratum ¹⁾	A	B	C	D
n ²⁾	7	8	5	5

¹⁾Stratum, ²⁾Number

Pri výbere kontrolných porastov bol uplatnený dôležitý poznatok z teórie výberového zisťovania, že oveľa lepšie výsledky ako bežne používaný jednoduchý výber poskytujú v podobných typoch pokusov výbery s nerovnakými pravdepodobnosťami úmernými buď k veľkosti výberovej jednotky (tzv. PPS výber), alebo k predikovanej veličine (tzv. PPP výber). Bol použitý PPS výber úmerný výmere porastov. Jeho výhodou je, že v pokusnom objekte uprednostní tie porasty, ktoré majú väčšiu výmeru a ktoré v celkovom výsledku

zavážia viac ako porasty malé. Výber sa uskutočnil podľa technológie, ktorú podrobne opisuje ŠMELKO (1990) a realizoval sa pre každé homogénne stratum osobitne. Podkladom boli súčtové hodnoty výmery P všetkých M porastov v strate, napr. pre prvé stratum od 0,17 ha do 205,85 ha a za kontrolné sa zvolili tie porasty, ktoré určilo výberové číslo z celého tohto rozpätia. Výberové čísla sme sa rozhodli určiť dvojako – úplne náhodne (generátorom na počítači) a systematicky s náhodným štartom, aby sme mohli zvoliť optimálne riešenie. Okrem toho bola prijatá zásada, že do výberu nezahrnieme porasty menšie ako 3 ha, lebo výberové meranie v nich by bolo veľmi neefektívne. Výsledky oboch výberov sú zhrnuté v tabuľke 3, kde v každom strate sú uvedené vybrané porasty a ich výmery. Porasty, ktoré boli väčšie ako 3 ha a predstavovali konečný výber sú označené symbolom „x“.

Tab. 3 Výsledky náhodného a systematického PPS výberu porastov s nerovnakými pravdepodobnosťami úmernými k ich výmere

Tab. 3 Results of random and systematic PPS stand sampling with unequal probabilities proportionally to their size

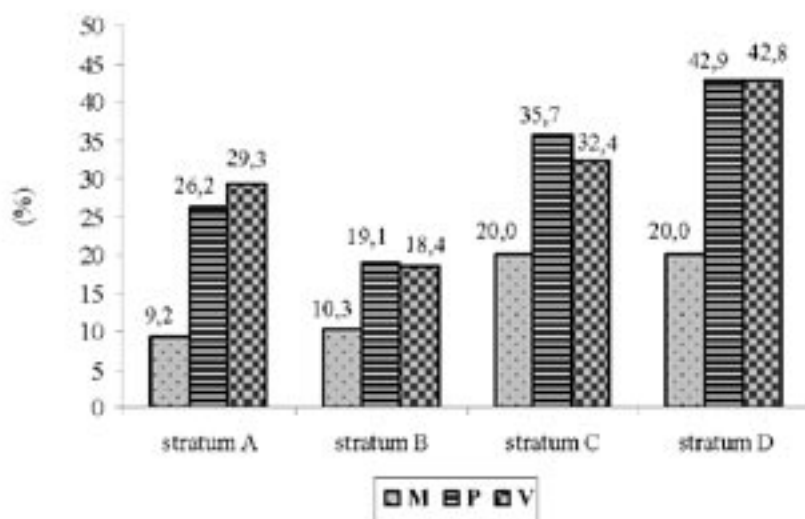
STRATUM ¹⁾	NÁHODNÝ VÝBER ²⁾		Kontrol. porasty ³⁾	SYSTEMATICKÝ VÝBER ⁴⁾		Kontrol. porasty ³⁾
	Porast ⁵⁾	Výmera ⁶⁾		Porast ⁵⁾	Výmera ⁶⁾	
A	18B	15,69	x	131B2	1,39	
	144A	1,98		17	11,7	x
	507	9,76	x	29B	10,56	x
	802	1,43		349A	15,38	x
	366A	7,11	x	497A	6,74	x
	437	5,85	x	437	5,85	x
	290A	6,15	x	718	3,61	x
B	715	4	x	176A	9,17	x
	93	12,97	x	715	4	x
	93	12,97		21B	3,58	x
	185	3,44	x	706	3,86	x
	23	8,98	x	23	8,98	x
	25B	6,19	x	175A	7,24	x
	175A	7,24	x	19D	8,77	x
	349B	1,08		125	1,89	
C	178-1-	3,12	x	179D	3,09	x
	180	3,09	x	182	3,31	x
	179B1	4,74	x	181-1-	9,08	x
	179B1	4,74		704B	1,38	
	179A1	5,92	x	140	3,99	x

Tab. 3 Pokračovanie
Tab. 3 Continued

STRATUM ¹⁾	NÁHODNÝ VÝBER ²⁾		Kontrol. porasty ³⁾	SYSTEMATICKÝ VÝBER ⁴⁾		Kontrol. porasty ³⁾
	Porast ⁵⁾	Výmera ⁶⁾		Porast ⁵⁾	Výmera ⁶⁾	
D	508A1	11,52	x	130	11,14	x
	44- -1	3,86	x	139A-1	6,02	x
	378- -1	1,54		508A1	11,52	x
	46- -1	9,5	x	143- -1	3,91	x
	46- -1	9,5		47- -1	3,25	x
			18 porastov			22 porastov

¹⁾Stratum, ²⁾Random sampling, ³⁾Check-stands, ⁴⁾Systematic sampling, ⁵⁾Stand, ⁶⁾Area

Z tabuľky vidieť, že pri náhodnom PPS výbere splnilo stanovené podmienky 18 z pôvodne plánovaných 25 porastov. Vylúčených bolo 7 porastov, a to 4 porasty kvôli malej výmere pod 3 ha a 3 porasty preto, že v náhodnom výbere sa vyskytli dvakrát. Pri systematickom PPS výbere splnilo podmienky 22 porastov, všetky mali výmeru väčšiu ako 3 ha a žiadny z vybraných porastov sa vo výbere nevyskytol dvojnásobne.



Obr. 2 Relatívny podiel počtu (M), výmery (P) a zásoby (V) vybraných kontrolných porastov (v %) vzhľadom k celému súboru porastov v jednotlivých stratách pokusného objektu

Fig. 2 Relative share of number (M), area (P) and growing stock (V) in selected check-stands (in %) with respect to whole stand population in single strata of research object

Preto sme za kontrolné porasty zvolili 22 porastov vybraných podľa systematického PPS výberu. O tom, ako tieto porasty reprezentujú všetky porasty v stratach na ich počte (M), výmere (P) a zásobe (V) informuje obrázok 2. Údaje jednoznačne potvrdzujú, že v pokuse sa celkom oprávnene väčšia pozornosť bude venovať starším vývojovým štádiám porastov.

4. PLÁN VÝBEROVÉHO ZISŤOVANIA V KONTROLNÝCH PORASTOCH

V kontrolných porastoch sme s ohľadom na účel pokusu zisťovali všetky dôležité porastové veličiny: zastúpenie drevín (ZD %), stredná hrúbka (d_s , cm), stredná výška (h_s , m), vek (t , roky), zásoba drevín (V , m^3) a zakmenenie porastu (Z). Na zisťovanie sme v každom poraste použili dve výberové metódy – kruhové skusné plochy (KSP) a relaskopické skusné plochy (RSP), obidve s optimálnou veľkosťou (15–25 stromové) a s diferencovanou požadovanou presnosťou $E_v\% = \pm 15\%$ pre porasty v mladších stratach A, B a $E_v\% = \pm 10\%$ v starších stratach C, D. Pre každý kontrolný porast sa pripravil optimálny výberový dizajn (ŠMELKO 2007):

- pri terénnej pochôdzke sa na systematicky zvolených taxačných stanoviskách (TS) v rozstupe cca 100×100 m urobil okulárny predodhad porastových veličín a podľa ich premenlivosti na rôznych miestach po ploche porastu sa stanovil stupeň zásobovej rozrôznosti (SRZ) 1 – malý, 2 – stredný, alebo 3 – veľký; rozhodujúcou pomocnou veličinou pritom bol variačný koeficient hodnôt pomocnej veličiny $X = d_s^2 \cdot (N \cdot ha^{-1})$ medzi stanoviskami,
- na základe odhadnutej hustoty (priemerného počtu $N \cdot ha^{-1}$) sa zvolila optimálna veľkosť (výmera p) KSP a optimálna zámerná úsečka ($ZÚ$) RSP,
- potrebný počet skusných plôch n sa prevzal z tabuľky 4 (ŠMELKO 2007) podľa príslušného stupňa rozrôznenia zásoby (SRZ) a požadovanej presnosti určenia zásoby ($E_v\%$),
- naplánované skusné plochy sa po poraste rozmiestnili systematicky v pravidelnej štvorcovej sieti, za tým účelom sa z údajov P a n vypočítala zodpovedajúca rozstupová vzdialenosť medzi nimi $s(m)$ a ich stredy sa zakreslili do porastovej mapy a priebežne očíslovali.

Tab. 4 Tabuľka pre určenie potrebného počtu skusných plôch v kontrolných porastoch

Tab. 4 Table for determination of sample plots number in check-stands

SRZ ¹⁾	1	2	3
SV% ²⁾	15 %	30 %	42 %
$n (E_v 15 \%)^{3)}$	8	18	33
$n (E_v 10 \%)^{3)}$	15	36	70

¹⁾Growing stock variability index, ²⁾Coefficient of variation,

³⁾Number of sample plots for growing stock assessment with precision 15 %, 10 %

Výsledky výberového plánu sú zhrnuté v tabuľke 5. Ako vidieť, vybrané kontrolné porasty majú zväčša stredný stupeň rozrôznenia zásoby (1,5 a 2), homogénnejších porastov so SRZ = 1 je päť a veľmi nehomogénny so SRZ = 3 je iba jeden porast.

Tab. 5 Zoznam kontrolných porastov so základnými údajmi potrebnými pre vykonanie výberového zisťovania

Tab. 5 List of check-stands with necessary basic data for realization of sample measurement

STRATUM ¹⁾	JPRL ²⁾	P ³⁾ (ha)	Vek ⁴⁾ (roky)	V.ha ⁻¹ (m ³) ⁵⁾	TS ⁶⁾ (m)	N.ha ⁻¹ (ks) ⁷⁾	d _s ⁸⁾ (cm)	SRZ ⁹⁾	n ¹⁰⁾	p ¹¹⁾ (áre)	ZÚ ¹²⁾	s ¹³⁾ (m)
A	29B	10,56	30	145	10 × 10	1764	13	2	18	1	4	77
	349A	15,38	30	131	10 × 10	2200	12	2	18	1	2	92
	497A	6,74	30	107	10 × 10	1743	14	1,5	14	1	1	69
	437	5,85	35	261	10 × 10	2633	16	1	8	1	2	85
	718	3,61	35	293	10 × 10	2167	16	1	8	1	2	67
B	176A	9,17	50	226	20 × 20	938	19	2	18	2	2	71
	715	4,0	60	351	20 × 20	500	29	2	18	3	1	47
	21B	3,58	65	282	20 × 20	613	27	1	8	3	1	67
	706	3,86	65	260	20 × 20	563	30	1,5	14	3	2	52
	23	8,98	70	253	20 × 20	700	24	3	33	3	2	52
	175A	7,24	70	325	20 × 20	546	26	1,5	14	3	2	72
	19D	8,77	75	258	20 × 20	588	25	1,5	14	3	2	79
C	182	3,31	95	276	20 × 20	513	30	1	15	3	2	47
	181-1-	9,08	100	385	20 × 20	500	33	1	15	3	2	78
D	130	11,14	100	290	20 × 20	516	29	2	36	3	2	56
	139A-1	6,02	100	353	20 × 20	696	30	2	36	3	2	41
	508A1	11,52	105	653	20 × 20	419	44	2	36	5	2	57
	143- -1	3,91	115	323	20 × 20	504	36	2	36	3	2	33

¹⁾Stratum, ²⁾Forest management unit, ³⁾Area, ⁴⁾Age, ⁵⁾Growing stock per hectare, ⁶⁾Size of forest-
timation stand plot, ⁷⁾Number of the trees per hectare, ⁸⁾Estimation of mean diameter, ⁹⁾Growing
stock variability index, ¹⁰⁾Number of sample plot, ¹¹⁾Optimal area of sample plot, ¹²⁾Relascope basal
area index, ¹³⁾Distance between sample plots

Vysvetlenie symbolov v tab. 5: JPRL – jednotka priestorového rozdelenia lesa (porast), P – výmera
porastu, vek – priemerný vek porastu, V. ha⁻¹ – hektárová zásoba prevzatá z LHP, TS – taxačné
stanovisko pre predodhad veličín, N. ha⁻¹ – priemerný odhadnutý počet stromov na 1 ha, d_s –
odhadnutá stredná hrúbka porastu, SRZ – stupeň rozrôznenia zásoby porastu, n – potrebný počet
skusných plôch, p – optimálna veľkosť kruhovej skusnej plochy, ZU – zámerná úsečka relaskopu,
s – odstup medzi skusnými plochami.

Na zistenie zásoby s požadovanou mierou presnosti $E_v\% \pm 15$ resp. $\pm 10\%$ je potrebné
v jednotlivých porastoch založiť n = 8 až 36 skusných plôch. Ich optimálna veľkosť,
ktorou sa zachytí priemerne 20 stromov, je pomerne malá – väčšinou 1, 2 a 3 áre (iba v po-
raste 508A1 je 5 árová). Tomu celkom logicky zodpovedá aj optimálna zámerná úsečka
relaskopovania (zväčša 1 a 2, výnimočne 4 v poraste 29B). Celkový počet kontrolných
porastov, v ktorých sa vykonal predodhad veličín sa oproti pôvodnému plánu znížil z 22

na 18, pretože počas terénnych prác sa zistilo, že štyri porasty (17, 179D, 140 a 47-1) boli silno celoplošne poškodené vetrovou kalamitou a z pokusu boli vynechané.

5. REALIZÁCIA KONTROLNÉHO ZISŤOVANIA

Zisťovanie všetkých veličín vymenovaných na začiatku kapitoly 3 sa v kontrolných porastoch realizovalo výberovým spôsobom. Sústredilo sa na miesta – body rozmiestnené pravidelne (reprezentatívne) po celej ploche porastu a kvôli vzájomnému porovnávaniu výsledkov sa vykonalo viacerými alternatívami. Výberové miesta – body predstavovali spoločný stred pre všetky zisťovania. Okolo každého sa založila a zmerala jednak kruhová, jednak relaskopická skusná plocha a v najbližšom okolí okolo bodu sa robili ešte aj zisťovania a okulárne odhady ďalších veličín. Postup bol jednotný a obsahoval tieto čiastkové činnosti:

- Príprava terénnych prác. V záujme zabezpečenia dobrej kvality údajov sa vopred vytvorili špecializované pracovné skupiny zložené z kvalifikovaných pracovníkov, jedna päťčlenná pre všetky zisťovania na skusných plochách a dve dvojčlenné pre meranie výšok stromov. Vykonala sa tiež dôsledná kontrola a rektifikácia všetkých na použitie pripravených dendrometrických prístrojov a pomôcok (buzolka, priemerka, výškomer, pásno, zrkadlový relaskop) podľa metodiky, ktorú odporúča ŠMELKO (2007). Súčasne sa uskutočnil tréning pracovníkov vykonávajúcich terénne práce. Osobitná pozornosť sa venovala zakmeneniu porastu a zastúpeniu drevín, ktoré sa na skusných plochách okrem merania určovali aj okulárnym odhadom. Cieľom bolo eliminovať subjektívny vplyv a neistotu v odhadoch.
- Umiestnenie stredov skusných plôch v poraste. Vykonalo sa pomocou naplánovaného rozstupu medzi plochami a pripravenej mapky rozmiestnenia skusných plôch. Azimuty pochodových línií prevzaté z mapky sa vytýčili pomocou ručnej buzolky, vzdialenosti medzi plochami sa krokovali. Stred skusnej plochy sa v teréne stabilizoval kolíkom (s označením jeho čísla) a pomocou GPS sa odmerali a zaznamenali jeho súradnice X, Y.
- Vytýčenie a meranie kruhovej skusnej plochy. Použila sa jedna veľkosť (výmera a polomer), naplánovaná optimálne pre celý kontrolný porast. Kruhy sa vytýčovali pomocou elektronického laserového diaľkomeru. Osobitná pozornosť sa venovala správne zaradeniu stromov do skusnej plochy a posúdeniu hraničných stromov. Dôsledne sa dodržiavalo meranie vodorovnej vzdialenosti a za hraničný strom sa považoval ten, ktorého os vo výške $d_{1,3}$ ležala presne na hranici kruhu. Hrúbky všetkých stromov $d_{1,3}$ patriacich do kruhu sa odmerali kovovou priemerkou s presnosťou na 1 cm v smere kolmom na stred kruhu (aby sa zabezpečil súlad s relaskopickým posudzovaním stromov). Výsledky priemerkovania sa zaznamenávali osobitne pre každú skusnú plochu do vopred pripraveného zápisníka tak, aby sa dali následne automatizovane spracúvať. Hrúbky $d_{1,3}$ sa nezatriedňovali do hrúbkových stupňov, zapisovali sa do riadkov podľa drevín jednotlivito a priebežne v takom poradí ako sa namerali (zapisala sa odmeraná hodnota, napr. 33 a hraničné stromy sa označili symbolom HR, napr. 18 HR). Výšky

stromov sa priamo na skusnej ploche nemerali, potrebné údaje sa získali v osobitnom pracovnom procese.

- Relaskopovanie, čiže optické posudzovanie a výber stromov s hrúbkou $d_{1,3}$ rovnou a väčšou ako zvolená ZU zrkadlovým relaskopom sa vykonalo na tých istých stanoviškách (stredoch) ako kruhové skusné plochy, vynechalo sa iba v tých prípadoch, keď hustý podrast znemožnil optické meranie. Použila sa jedna zámerná úsečka (ZU) zvolená vo výberovom pláne optimálne pre celý kontrolný porast. Ňou sa pri odaretovanom relaskope počínajúc od markantného bodu v smere hodinových ručičiek zacieleno na hrúbku $d_{1,3}$ všetkých okolitých stromov a stromy s $d_{1,3} \geq ZU$ sa vybrali ako patriace do relaskopického kruhu. Veľmi pozorne sa posudzovali „hraničné stromy“ ktorých $d_{1,3} = ZU$, zacielenie sa zopakovalo 2–3-krát a až potom sa rozhodlo, či daný strom je skutočne hraničný (vtedy sa zobral polovicou, počtom 0,5). V neistých prípadoch, alebo kvôli kontrole sa preveril aj odmeraním hrúbky $d_{1,3}$ a vzdialenosti l stromu od stredu kruhu a za skutočne hraničný sa považoval vtedy, ak splnil podmienku

$$l = \frac{50}{\sqrt{ZU}} \cdot d_{1,3}$$

Hrúbky relaskopicky zaujatých stromov sa nemerali. Zvolil sa však nový netradičný postup na určenie rozmerov stredného kmeňa potrebných k výpočtu zásoby drevín na relaskopickom kruhu (návrh ŠMELKO 1990). V okruhu do cca 20 m (na „dohľad“) sa určil najhrubší strom každej dreviny a odmerala sa jeho hrúbka $d_{1,3(max)}$. Tá sa použije na odvodenie hornej hrúbky $d_{10\%}$ drevín v celom kontrolnom poraste a následne sa pomocou regresného modelu prepočíta na pravdepodobnú strednú hrúbku d_s . Výsledky zisťovania sa zaznamenali osobitne pre každý relaskopický kruh, podľa drevín do pripraveného zápisníka.

- Odhad zakmenenia porastu a zastúpenia drevín na stanovisku v okolí stredu skusnej plochy. Do pokusu sa zaradil preto, aby bolo možné posúdiť prakticky dosiahnuteľnú presnosť týchto dôležitých porastových veličín s ohľadom na variabilitu výsledku spôsobenú subjektívnymi vplyvmi odhadcov. Odhad vykonal každý člen pracovnej skupiny nezávisle od seba. Zásady odhadu boli vopred stanovené a odhadcovia si ich dobre osvojili predchádzajúcim tréningom. Zakmenenie sa považovalo za relatívny stupeň hustoty stromov na stanovisku a určilo sa ako pomer redukovanej plochy, ktorú by zaberali stromy pri úplnej hustote (tzv. plnom zakmenení) k posudzovanej ploche stanoviska. Pomôckou pri odhade boli voľné miesta v korunovom zápoji stromov, v ktorých by mohli ďalšie stromy danej úrovne nerušene rásť, a tiež vzorec

$$Z = \frac{m}{m + k}$$

kde m znamená zvolený počet (10–20) posudzovaných stromov na stanovisku a k počet chýbajúcich stromov do plného zakmenenia. Ak napr. bolo $m = 10$ a $k = 3$, Z bolo $10/13 = 0,77 \approx 0,8$. Zastúpenie drevín bolo chápané ako podiel redukovanej (plne zakmenenej) plochy dreviny k celkovej redukovanej (plne zakmenenej) ploche na posudzovanom stanovisku. Pomôckou aj tu boli podiely korunových projekcií stromov

jednotlivých drevín. Pritom sa do úvahy zobrala ďalšia dôležitá skutočnosť, že niektoré dreviny (najmä buk ale aj iné listnáče) majú tendenciu v redších porastoch rozšíriť svoje koruny, medzery vyplniť a zdanlivo zvýšiť hustotu porastu. Výsledok odhadov sa zaznamenal do osobitného zápisníka a to tak (anonymne), aby sa vylúčilo vzájomné ovplyvňovanie odhadcov.

- Zistenie veku drevín na stanovisku. Vykonal sa metódou spočítania ročných kruhov na čerstvých pňoch v najbližšom okolí okolo stredu skusnej plochy, známym dendrometrickým postupom. Na zvýraznenie ročných kruhov sa na pňoch v smere ich spočítavania (tam, kde sú najširšie) urobil zárez črtákom. Dodatočne, podľa potreby sa zisťovanie doplní aj vývrtovou metódou. Výsledky sa zaznamenávali do zápisníka pre každé stanovisko osobitne s týmito údajmi: drevina, počet ročných kruhov, výška pňa a odhadnutý počet rokov potrebných na jej dosiahnutie.
- Meranie výšok stromov, osobitne podľa drevín pre úplný výškový grafikón. Vykonal sa v osobitnom pracovnom postupe, a to až v jeseni po opade listia, aby sa zlepšila viditeľnosť do korún a objektívnosť merania. K meraniu výšok a vzdialeností boli použité elektronické výškomery Forestor Vertex a Vertex Laser VL 400, ktoré pracujú na laserovom a ultrazvukovom princípe. Výber stromov pre meranie sa urobil v taxáčnych líniiach po celom poraste tak, aby boli dostatočne zastúpené všetky hrúbkové stupne (po 3–5 stromov). Na každom strome sa odmerala hrúbka $d_{l,3}$ na 1 cm a výška h na 1 m. Výsledky sa zapisovali do bežného priemerkovacieho zápisníka používaného v HÚL, v ktorom sa vyznačili stĺpce pre dreviny a do riadkov (hrúbkových stupňov) sa zaznamenávali páry odmeraných hodnôt $d_{l,3} / h$, napr. 22/17. Z údajov sa pre každý kontrolný porast a drevinu skonštruuje výškový graf, hodnoty $d_{l,3} / h$ sa vyrovnávajú vhodnou regresnou rovnicou, z ktorej bude možné určiť výšky zodpovedajúce rôznym hodnotám hrúbky individuálnych stromov i horným a stredným kmeňom zisteným na kruhovách i relaskopických skusných plochách.

Poznámka: V jednoetážových porastoch sa zisťovanie a meranie veličín i záznam výsledkov uskutočnilo pre celý súbor stromov na skusnej ploche spoločne, ale v dvoj- a viac etážových porastoch pre každú etáž osobitne. Veľká pozornosť sa venovala objektívnemu odlišeniu jednotlivých etáží (výrazných korunových úrovní), pričom snahou bolo, aby tieto dobre korešpondovali s etážami určenými v LHP.

6. DISKUSIA

Pokus sa podarilo založiť podľa plánu a splniť všetky stanovené požiadavky. Jedinou odchýlkou od pôvodného zámeru bolo to, že štyri kontrolné porasty sa z pokusu museli vylúčiť, pretože v čase od vyhotovenia nového LHP boli silne poškodené vetrovou kalamitou a ich skutočná vnútorná štruktúra bola podstatne zmenená. Tým sa celkový počet kontrolných porastov znížil oproti plánovaným 22 na 18. Táto skutočnosť však nebude mať negatívny vplyv na výsledok pokusu. V ňom pôjde predovšetkým o vzájomné porovnávanie veličín zistených v jednotlivých kontrolných porastoch rôznymi spôsobmi, a to 1) medzi priamym výberovým meraním a údajom HÚL, 2) medzi priamym meraním

a okulárnym odhadom a 3) medzi opakovanými okulárnymi odhadmi viacerých odhadcov. Zmenšený počet kontrolných porastov môže do určitej miery ovplyvniť len celkové porovnanie súboru všetkých porovnávaných porastov a to tým, že zväčší tolerovateľnú diferenciu medzi kontrolou a LHP. Táto tzv. štatisticky významná diferencia sa dá vykalkulovať podľa zákona o prenášaní chýb a pre zásobu dreva (za predpokladu, že v LHP je určená v jednotlivých porastoch s chybou $\pm 15\%$ a kontrolným meraním s chybou ± 10 až 15%) by pri počte kontrolných porastov $n = 22$ bola $\pm 4,3\%$ a pri $n = 18$ by bola $\pm 4,7\%$. Rozdiel je skutočne malý a znamená, že ak sa celková zásoba LHP bude od priameho merania v kontrolných porastoch líšiť menej ako o $\pm 4,7\%$ môže sa diferencia tolerovať a považovať za náhodnú, iba ak tento limit prekročí pôjde o systematické vychýlenie potvrdené s 95% istotou.

Získané údaje umožnia riešiť aj ďalšie aktuálne otázky. Keďže pri kontrolných meraniach sa všetky údaje o zisťovaných veličinách zaznamenávali pre každé výberové stanovisko osobitne, môže sa objektívne určiť ich variabilita po ploche porastu a zhodnotiť, do akej miery sa podarilo túto variabilitu určiť pred vlastným meraním v rámci predodhadu. Rovnako dôležitou informáciou bude porovnanie či plánovaná presnosť určenia zásoby sa skutočne dosiahla a čo ju ovplyvnilo. Skutočnosť, že poloha stredov skusných plôch v teréne je zachytená na súradnice X, Y môže poslúžiť na ich opätovné vyhľadanie a vykonanie dodatočných zisťovaní, ale aj na overenie nových bez kontaktných (snímkových, laserových a iných) technológií vyvíjaných pre zisťovanie veličín stavu lesa, tak ako ich opisuje napr. SCHEER, SITKO (2007, 2009) a iní autori.

Použitý metodický postup v založenom pokuse je v mnohých ohľadoch netradičný. Využíva najnovšie poznatky a skúsenosti z lesníckej biometrie a dendrometrie. Doteraz nebol takto uplatnený ani u nás ani v zahraničí, takže iné riešenia vhodné na porovnanie nie sú k dispozícii.

7. ZÁVERY A ODPORÚČANIA

V príspevku je navrhnutý a zdôvodnený nový metodický postup na získanie podkladov pre overenie kvality údajov praktického hospodársko-úpravníckeho zisťovania stavu lesa a na posúdenie presnosti okulárneho odhadu rozmerov stredného kmeňa, zastúpenia drevín a zakmenenia porastu. Založený je na priamom meraní veličín v malom počte tzv. kontrolných porastov, pričom celý postup je optimalizovaný. Pri výbere porastov pre kontrolu sa uplatňuje princíp s nerovnakými pravdepodobnosťami (úmerne k ich výmere) a všetky kontrolné merania v nich sa vykonávajú výberovým spôsobom na skusných plochách, ktorých počet a veľkosť je prispôbená konkrétnej vnútornej štruktúre (hustote a rozrôznenosti) porastu.

Vykonaný pokus a skúsenosti získané počas terénnych prác potvrdili dobrú použiteľnosť navrhnutého postupu. Na zistené údaje bude nadväzovať nový algoritmus na ich spracovanie, ktorý umožní objektívne posúdiť diferencie medzi údajmi hospodárskej úpravy lesov a kontrolným meraním. V prípade, že sa potvrdí systematický charakter diferencií, budú sa eliminovať a pôvodné údaje sa špeciálnym biometrickým postupom primerane skorigujú. Postup sa bezprostredne využije na zhodnotenie kvality lesného hospodárskeho plánu vypracovaného v roku 2010 pre časť územia VŠLP TU Zvolen. Môže

ho však celkom dobre uplatniť vo svojej činnosti aj Ústav hospodárskej úpravy lesov NLC vo Zvolene, ktorý z titulu svojej kompetencie metodicky usmerňuje a preveruje kvalitu obnovovaných lesných hospodárskych prácach vo všetkých lesoch SR.

Pod'akovanie

Práca je súčasťou riešenia úloh v rámci Centra excelentnosti pre podporu rozhodovania v lese a krajine TU vo Zvolene, aktivita 3.2 „Metódy na získavanie informácií o lese a krajine kombinovanými technológiami pre rôzne veľké územia,, a v rámci projektu VEGA č. 1/0534/09 „Zisťovanie, monitorovanie stavu lesa a prognózovanie jeho vývoja“. Podkladové údaje z lesného hospodárskeho plánu z roku 2010 pre časť územia VŠLP TU Zvolen, použité pri výbere kontrolných porastov, ochotne poskytol v elektronickej forme Ústav hospodárskej úpravy lesov NLC Zvolen. Terénne práce finančným príspevkom a poskytnutím dopravného prostriedku podporil VŠLP TU Zvolen.

Literatúra

- KOLEKTÍV, 2010: Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov. NLC – ÚHUL Zvolen, 147 s.
- SCHEER, L., SITKO, R., 2007: Aplikácie diaľkového prieskumu zeme v lesníctve. – Požiadavky na systém: CD-ROM mechanika; Adobe Reader 6.0. In: Aplikácie GIS v lesníctve [elektronický zdroj]. Ed. Milan Koreň, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 978-80-228-1816-2, s. 37–81.
- SCHEER, L., SITKO, R., 2009: Satelitné snímky a potenciál ich využitia v lesníctve. In: Životné prostredie, revue pre teóriu a tvorbu životného prostredia. Bratislava, Ústav krajinnej ekológie SAV, ISSN 0044-4863, roč. Roč. 43, č. 4, s. 220–223.
- SPIECKER, H., MIELKAINEN, K. KOHL, M., SKOVSGAARD, J. P., 1996: Growth trends in european forests. Springer Verlag, 372 s.
- ŠEBEŇ, V., JANKOVIČ, J., KULLA, L., BOŠEĽA, M., 2008: Stav lesa po vetrovej kalamite zistený z terestrickej monitorovacej siete na sledovanie jeho vývoja, s. 1–12, In: FLEISCHER, P., MATEJKA, F. (Eds), 2008: Pokalamitný výskum v TANAPE, zborník príspevkov.
- ŠEBEŇ, V., 2010: Predbežné výsledky z overovacieho pokusu podnikovej výberovej inventarizácie v lesoch Banská Bystrica. NLC-LVÚ, 25 s.
- ŠMELKO, Š., 1968: Matematicko-štatistická inventarizácia zásob lesných porastov. Vydavateľstvo SAV Bratislava, 224 s.
- ŠMELKO, Š., 1985: Nové smery v metodike a technike inventarizácie lesa. Vedecké a pedagogické aktuality, ES VŠLD Zvolen, 132 s.
- ŠMELKO, Š., 1990: Zisťovanie stavu lesa kombináciou odhadu a merania dendrometrických veličín, Vedecké a pedagogické aktuality, ES VŠLD Zvolen, 80 s.
- ŠMELKO, Š., 2007: Dendrometria, vysokoškolská učebnica. Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 401 s.
- ŠMELKO Š., ŠEBEŇ, V., BOŠEĽA, M., MERGANIČ, J., JANKOVIČ, J., 2008: Národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2005–2006. Základná koncepcia a výber zo súhrnných informácií, NLC Zvolen, 16 s.
- ŠMELKO, Š., ŠEBEŇ, V., 2010: Nové trendy v metódach zisťovania stavu lesa a potreba ich uplatnenia v HÚL na Slovensku. Zborník referátov z odborného seminára ÚHUL, NLC Zvolen, s. 1–9.
-

Adresa autorov:

Ing. Jozef Fekete

Prof. Ing. Štefan Šmelko, DrSc.

Prof. Ing. Ľubomír Scheer, CSc.

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: scheer@vsld.tuzvo.sk

Založenie pokusu pre overenie objektívnosti hospodársko-úpravníckych údajov o stave lesa kontrolným výberovým meraním na VŠLP TU Zvolen

Abstrakt

Príspevok navrhuje a zdôvodňuje nový metodický postup na získanie podkladov pre overenie kvality údajov praktického hospodársko-úpravnického zisťovania stavu lesa a na posúdenie presnosti okulárneho odhadu rozmerov stredného kmeňa, zastúpenia drevín a zakmenenia porastu. Založený je na priamom meraní veličín v malom počte tzv. kontrolných porastov, pričom celý postup je optimalizovaný. Pri výbere porastov pre kontrolu sa uplatňuje princíp s nerovnakými pravdepodobnosťami (úmerne k ich výmere) a všetky kontrolné merania v nich sa vykonávajú výberovým spôsobom na skusných plochách, ktorých počet a veľkosť je prispôbená konkrétnej vnútornej štruktúre (hustote a rozrôznosti) porastu. Vykonaný pokus a skúsenosti získané počas terénnych prác na Vysokoškolskom lesníckom podniku TU Zvolen potvrdili dobrú použiteľnosť navrhnutého postupu. Na zistené údaje nadviaže ich špeciálne biometrické spracovanie, ktoré bude prezentované v ďalších príspevkoch.

Kľúčové slová: kvalita hospodársko-úpravníckych údajov o stave lesa, kontrolné výberové meranie, metodický postup kontroly, plán a realizácia pokusu v teréne

MOŽNOSTI VYUŽITIA LESNÝCH HOSPODÁRSKÝCH CELKOV PRE RIEŠENIE PROBLEMATIKY ŤAŽBOVEJ ÚPRAVY LESA

Anton Ž Í H L A V N Í K – Jozef D Ó C Z Y

Žihlavník, A., Dóczy, J.: Possibilities of using of forest management units for the solving of the forest cutting control. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 105–125, 2011.

The paper deals of forest cutting control in chosen forest management units. This problem was working out by the method of mathematical models and this method was used for age structure comparison in chosen forest management units. Their selection was performed from different regions of Slovakia. The conditions of age structure were evaluated in chosen forest management units by comparison of real and normal age class distribution. Statistical characteristics were used for evaluation of the possibility to apply the mathematical models method. Variability of age structures in forest management units was considered by using of variation coefficients in individual decades. Variation coefficients were reduced at the end of rotation period in many forest management units. The course of variability decrease indexes and indexes of coincidence was balanced in all forest management units. Achieved results confirmed the possibility of using the mathematical models method for equalization of the age structure of forest management units. These results can be apply for current forest units, after modification of the method and making the model of age structures.

Key words: forest cutting control, forest management unit, age structure

1. PROBLEMATIKA CIEĽ PRÁCE

V súčasnosti môžeme ťažbovú úpravu lesa podľa zákona NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov definovať ako určenie objemu a plynulosti ťažby tak, aby sa zabezpečilo optimálne využívanie produkčného potenciálu lesa a trvalé plnenie funkcií lesa. Podľa vyhlášky MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa sa objem dreva určeného na ťažbu určuje diferencovane podľa kategórie lesa, tvaru lesa a hospodárskeho spôsobu. V stručnosti táto vyhláška stanovuje postup určenia objemu obnovnej a výchovnej ťažby.

Ťažbovú úpravu lesa môžeme všeobecne charakterizovať ako súbor poznatkov a postupov na odvodenie a určenie výšky obnovnej a výchovnej ťažby na plánovacie obdobie v rámci základnej jednotky pre ťažbovú úpravu lesa samostatne pre kategóriu a tvar lesa (ŽIHĽAVNÍK 2008).

Riešenie ťažbovej úpravy spočíva predovšetkým v nájdení odpovedí na dve základné otázky – a to, koľko dreva môžeme každoročne ťažiť bez ohrozenia podstaty lesa a jeho

funkcií, a kde sa má toto množstvo dreva vyťažiť? Ďalej k týmto otázkam pristupujú aj ďalšie, a to, kedy ťažiť a ako ťažiť (ŽÍHLAVNÍK 2008). Ide o stanovenie základných prvkov časovej úpravy lesa, a to rubnej a obnovnej doby, ako aj stanovenie najvhodnejšieho hospodárskeho spôsobu a jeho formy podľa skutočného stavu jednotiek používaných na ťažbovú úpravu lesa.

V súčasnosti používaním jemnejších hospodárskych spôsobov sa od ťažbovej úpravy lesa vyžaduje zaistenie nielen vyrovnanosti a trvalosti ťažby, ale aj vytvorenie takých podmienok v lesných porastoch, ktoré by zabezpečili sústavné zvyšovanie ich produktivnosti ako aj stability. Uplatnenie princípu ťažbovej vyrovnanosti je dôležité najmä pri odstránení nežiaducich výkyvov vo výške ťažieb na dlhšiu dobu dopredu, ako aj pri zlepšovaní štruktúry vekových stupňov. Neustále zmeny v poslednom období v priestorovej úprave lesa spôsobené vplyvom obnovených vlastníckych a užívateľských vzťahov k lesu výrazne ovplyvňujú riešenie ťažbovej úpravy lesa. Doterajšie praktické poznatky z oblasti ťažbovej úpravy lesa, vzhľadom na spomínané zmeny jednotiek priestorového rozdelenia lesa, nám neumožňujú vyhodnotiť určité dlhšie obdobie pre nestabilitu týchto jednotiek a nedostatok základných vstupných údajov. Vzhľadom na nepravidelnosť zastúpenia vekových stupňov je potrebné počas prognózovania a regulácie vekovej štruktúry dodržiavať presnosť určenia výmer a jednoznačného stanovenia vlastníckych hraníc (ŽÍHLAVNÍK, Š. 2004a, 2004b).

Vytýčenie a presnosť hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa veľmi úzko súvisí s racionalizáciou mapovacích prác. V súčasnosti sa už väčšina lesníckeho mapovania vykonáva fotogrametrickými metódami. Neznamená to však, že terestrické geodetické metódy budú úplne nahradené fotogrametrickým vyhodnotením leteckých meračských snímok (ŽÍHLAVNÍK, Š., TUNÁK 2010). Potrebné je preto pri novovytvorených jednotkách dodržať pri vytyčovaní ich hraníc predpísanú presnosť, aby nedochádzalo počas riešenia problematiky ťažbovej úpravy lesa k zmene výmer. Keďže lesné hospodárske plány (LHP) obsahujú podklady pre cieľavedomé vypracovanie obhospodarovania lesa, je potrebné pre zladenie záujmov vlastníka s celospoločenskými záujmami zvýšenie náročnosti pri vypracovaní LHP.

Základnou jednotkou pre vypracovanie lesného hospodárskeho plánu, v súčasnosti označovaného ako program starostlivosti o lesy, bol pri podrastovom a holorubnom hospodárskom spôsobe v minulosti lesný hospodársky celok, zložený z hospodárskych skupín. Zmenou právnych predpisov a po zrušení hospodárskych skupín ho tvorili hospodárske súbory. Neskôršie to bol lesný užívateľský celok a v súčasnosti je to lesný celok resp. vlastnícky celok. Pri výberkovom hospodárskom spôsobe sa dlhodobo používa ako základná jednotka dielec.

I napriek tomu, že od 1. 5. 2010 platí zákon č. 117/2010, ktorý zavádza miesto „lesného hospodárskeho plánu“ nový výraz a to „program starostlivosti o lesy“, používame v práci označenie LHP, lebo podkladový materiál sa čerpal z obdobia, kedy tento výraz platil.

Počas vývoja hospodárskej úpravy lesov vznikali celý rad spôsobov riešenia ťažbovej úpravy lesa, ktoré vychádzali z rôznych predpokladov a rôznych hospodársko-úpravníckych prvkov. Ťažbová regulácia sa riešila použitím plochy a veku, neskôr sa zaviedli

d'alsie veličiny, a to zásoba a prírastok. Na základe týchto veličín sa vykonávala ťažbová úprava od sústav lánových, cez sústavy staťové, až po sústavy vekových tried. K riešeniu problematiky ťažbovej úpravy lesa významne prispel KOUBA (1986, 1987, 1989, 2000, 2001) ktorý, vo svojich prácach rieši teóriu normálneho lesa na základe náhodných procesov a modelovania produkcie. V modeloch uvažuje pri konečnom stanovení výšky ťažby aj s kalamitami. Vo svojich prácach využíva teóriu pravdepodobnosti V Čechách sa zabezpečuje hospodárska úprava lesov z právneho hľadiska zákonom o lesoch č. 289/1995 Sb. a vyhláškou o lesnom hospodárskom plánovaní č. 84/1996 Sb. Ako ťažbový ukazovateľ pre obnovnú ťažbu sa používa ťažbové percento po vekových stupňoch a normálne rúbanisko pre lesy s hospodárskym spôsobom podrastovým a holorubným. Pre lesy s hospodárskym spôsobom výberkovým sa stanovuje ťažbový ukazovateľ pre celkovú výšku ťažby použitím celkového bežného prírastku. Uvedené ťažbové ukazovatele sa používajú aj na Slovensku.

Významne prispel k riešeniu problematiky ťažbovej úpravy lesa GREGUŠ (1976, 2008). Vo svojich prácach rieši problematiku ťažbovej úpravy v rúbaňovom lese. Stanovuje základné princípy dlhodobého trvalého rozvoja lesov, ktoré rozhodujúcim spôsobom usmerňujú celý proces obhospodarovania lesa do budúcnosti. Ide o princíp trvalého rozvoja, princíp optimálneho plnenia verejnoprospešných funkcií lesa a optimálnej produkcie, princíp stability, princíp ekologizácie a princíp hospodárnosti. Rieši problematiku použitia základnej jednotky pre ťažbovú úpravu lesa. Presadzuje používanie hospodárskej skupiny a sústavy vekových stupňov. Stanovuje účel hospodárenia, vytyčuje ciele hospodárenia, určuje hospodársky spôsob, stanovuje rubnú dobu a odvodenie ťažbového etátu. (GREGUŠ 2008).

ŽÍHLAVNÍK (2004, 2008, 2009) rieši ťažbovú úpravu lesov novým spôsobom. Pri riešení používa plochové ťažbové ukazovatele, pomocou ktorých zabezpečuje odstraňovanie určitých nepravidelností vo vekových štruktúrach jednotiek priestorového rozdelenia lesa. Na riešenie problematiky ťažbovej úpravy lesa používa metódu matematických modelov. Používa rôzne varianty výpočtu matematických modelov a rôzne jednotky priestorového rozdelenia lesa.

Hodnotením vekových štruktúr jednotiek priestorového rozdelenia lesa a ich vplyvom na ťažbovú úpravu lesa sa zaoberal BAHÝE (2007a, b, 2008). Problematikou výhľadových etátov sa zaoberal v minulosti HERICH (1994).

Z právneho hľadiska je ťažbová úprava lesa v súčasnosti riešená lesným zákonom a vyhláškou o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa .

V Poľsku sa ťažbovou úpravou lesa zaoberali hlavne POZNANSKI (2001a, b, 2004), MIŠ (2001). V uvedených prácach riešia autori stanovenie optimálnej výšky ťažby v určitých základných jednotkách pre ťažbovú úpravu lesa. Zavádzajú do hospodárskej úpravy nové prvky regulácie ťažieb a následne vyrovnanie nepravidelných vekových štruktúr.

V Nemecku sa vzhľadom na členenie štátu do spolkových krajín používa viacero ťažbových ukazovateľov a to: priemerný celkový prírastok, celkový bežný prírastok, ťažbové percento, normálna výmera a zásoba, porovnanie skutočnej a normálnej zásoby. Problematika ťažbovej regulácie bola riešená používaním rôznych modelov. V súčasnosti sa ťažbovou úpravou lesa zaoberá KURTH (1994).

Zmeny a odlišnosti základných jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRP), lesných hospodárskych celkov (LHC), lesných užívateľských celkov (LUC) a lesných celkov (LC) vyplývajú z platných právnych predpisov. Zo zhodnotenia týchto JPRL vyplynul, že najstabilnejšou jednotkou v HÚL je práve LHC.

Ak zhodnotíme vznik a používanie jednotlivých JPRL vidíme, že v minulosti boli pri vytváraní týchto jednotiek zohľadnené predovšetkým prírodné a hospodárske pomery. Tieto majú najväčší vplyv na priaznivý vývoj vekových štruktúr týchto jednotiek a celkový stav JPRL. Ide o LHC, hospodárske skupiny a hospodárske súbory. V LUC, LC, resp. vlastníckych celkoch (VC) sú rešpektované užívateľské a vlastnícke práva. Aby sa skĺbili uvedené odlišnosti týchto jednotiek je potrebné riešiť túto problematiku v rôznych JPRL s následným využitím získaných poznatkov v jednotlivých JPRL.

Cieľom práce je poukázať na možnosť riešenia ťažbovej úpravy lesa v lesných hospodárskych celkoch a na základe získaných výsledkov použiť metódu regulácie ťažieb aj v súčasných JPRL a to v lesných celkoch. Dôvodom použitia LHC je jednak ich dlhodobá stabilita používania a jednak nedostatok spracovaných LC v súčasnom období. Ďalej cieľom práce je poukázať na možnosť využitia metódy matematických modelov pri regulácii vekových štruktúr LHC a následne v LC. Práca je pokračovaním dlhodobého riešenia problematiky ťažbovej úpravy lesa v rôznych jednotkách priestorového rozdelenia lesa

2. PODKLADOVÝ MATERIÁL A METODICKÝ POSTUP PRÁČ

Ako podkladový materiál sa použili údaje o lesných hospodárskych celkoch (LHC) z celého Slovenska, ktoré poskytlo NLC Zvolen. Platnosť lesných hospodárskych plánov, z ktorých boli údaje použité bola rôzna a prevažuje obdobie posledného spracovania LHC 1989–1998 resp. 1999–2008. Problematika sa riešila v rámci LHC v kategórii lesov hospodárskych, tvaru vysokého. Pre výrazne osobitné riešenie ťažbovej úpravy lesa v ochranných lesoch a lesoch osobitého určenia sa s týmito kategóriami lesov v práci neuvvažovalo. Aby sa vystihla rôznorodosť vekových štruktúr vybraných LHC rozdelili sa tieto LHC do niekoľkých skupín, podľa stanovených kritérií.

Vzhľadom na možnosť zneužitia údajov o vlastníctve a majetku príslušných subjektov treťou osobou, sú jednotlivé LHC v uvedenej práci označené číslami. Podrobné identifikačné údaje a podklady jednotlivých LHC sú uložené v archíve KHÚLaG.

LHC č. 1

Výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov, tvaru vysokého je 4 002,91 ha. Celková zásoba predstavuje 813 074 m³, z toho zásoba rubných porastov je 277 277 m³. Výmera rubných porastov je 749,81 ha, čo predstavuje 18,73 % z celkovej výmery lesných porastov.

LHC č. 2

Výmera porastov kategórie hospodárskych lesov, tvaru vysokého je 2 186,09 ha. Celková zásoba porastov je 433 435 m³, z čoho zásoba rubných porastov tvorí 122 956 m³ (34,10 %) z celkových zásob. Výmera rubných porastov je 383,75 ha, čo je 17,55 % z celkovej výmery lesných porastov.

LHC č. 3

Celková výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov, tvaru vysokého je 1 243,35 ha. Celková zásoba lesných porastov predstavuje 251 946 m³. Výška zásob rubných porastov je 90 217 m³ (35,81 %). Výmera rubných porastov dosahuje 271,10 ha, ktorá predstavuje 21,80 % z celkovej výmery.

LHC č. 4

Výmera porastov lesného hospodárskeho celku predstavuje 4 179,91 ha. Celková zásoba lesného hospodárskeho celku má 1 032 912 m³, z toho zásoba rubných porastov predstavuje 413 685 m³ (40,05 %). Výmera rubných porastov je 823,98 ha, čo predstavuje 19,71 % celkovej výmery lesného hospodárskeho celku.

LHC č. 5

Celková výmera lesných porastov kategórie hospodárskych lesov tvaru vysokého je 4 564,25 ha. Celková zásoba lesného užívateľského celku predstavuje 952 936 m³. Zásoba rubných porastov je 385 659 m³ (40,47 %) a ich výmera 1 343,66 ha predstavuje 29,44 % z celkovej výmery lesných porastov.

Jednotlivé LHC sa charakterizovali a zhodnotili na základe získaného podkladového materiálu. V konkrétnych LHC sa uviedol prehľad hospodárskych pomerov a iné dôležité charakteristiky vplývajúce na súčasnú ťažbovú úpravu lesa.

Vyhodnocovala sa veková štruktúra LHC čo sa týka veľkosti, vzájomného usporiadania a pravidelnosti zastúpenia vekových stupňov. Porovnávala sa skutočná veková štruktúra s normálnym zastúpením vekových stupňov.

Pre jednotlivé LHC sa do grafického zobrazenia plôch podľa vekových stupňov vniesli hodnoty normálnych výmer vekových stupňov, pričom normálne zastúpenie obnovených vekových stupňov sa určilo ako súčin normálnej výmery vekového stupňa a percenta normálnej výmery podľa dĺžky obnovnej doby. Na zhodnotenie možnosti použitia plochových ťažbových ukazovateľov v LHC sa použila metóda matematických modelov (ŽIHĽAVNÍK 2001, 2004). Pri výbere príslušnej formácie matematického modelu sa vychádzalo zo stanovených základných podmienok:

1. Počtu vekových stupňov (k), ktorý sa bude považovať pri výpočte v príslušnom i-tom desaťročí.

2. Vzájomného vzťahu medzi hodnotami výmer posledných troch vekových stupňov

$$P_{n,i}, P_{n,i-1}, P_{n,i-2}:$$

a) výmera $P_{n-2,i} \geq P_{n-1,i} \geq P_{n,i}$

b) výmera $P_{n-2,i} < P_{n-1,i} \geq P_{n,i}$

c) výmera $P_{n-2,i} \geq P_{n-1,i} < P_{n,i}$

d) výmera $P_{n-2,i} < P_{n-1,i} < P_{n,i}$

pričom $P_{n,i}$ je výmera n-tého (posledného) vekového stupňa a vekových stupňov starších v i-tom desaťročí, keď $i = 1, 2, \dots, m$; n sa určí zo vzťahu

$$n = \frac{u}{10}$$

kde u je rubná doba.

3. Dodržania vzťahu: $|u_{pl\ i+1} - u_{pl\ i}| \leq \alpha \times u_{pl\ i}$ (10)

pričom

$u_{pl\ i}$ je plochový ťažbový ukazovateľ v i-tom desaťročí,

$u_{pl\ i+1}$ je plochový ťažbový v i-tom desaťročí,

α je koeficient, pomocou ktorého sa sleduje dodržanie plynulosti priebehu plochových ťažbových ukazovateľov v jednotlivých po sebe nasledujúcich desaťročiach a jeho veľkosť nemá presahovať hodnotu 0,25.

4. Zohľadnenie stavu a pomerov základných jednotiek pre ťažbovú úpravu lesa vzhľadom na rozpracovanie obnovy a výchovy i určitú dĺžku obnovnej doby.

Ťažbové ukazovatele sa vypočítali postupne od prvého až po desiate desaťročie. Z dôvodu plynulého vyrovnávania vekovej štruktúry príslušného LHC sme pre rozdelenie ťažbového ukazovateľa do vekových stupňov v postupe výpočtu použili ťažbové percentá. Je však možnosť použitia ďalších alternatív na rozdelenie ťažbového ukazovateľa do vekových stupňov.

3. DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

Zhodnotenie skutočných vekových štruktúr

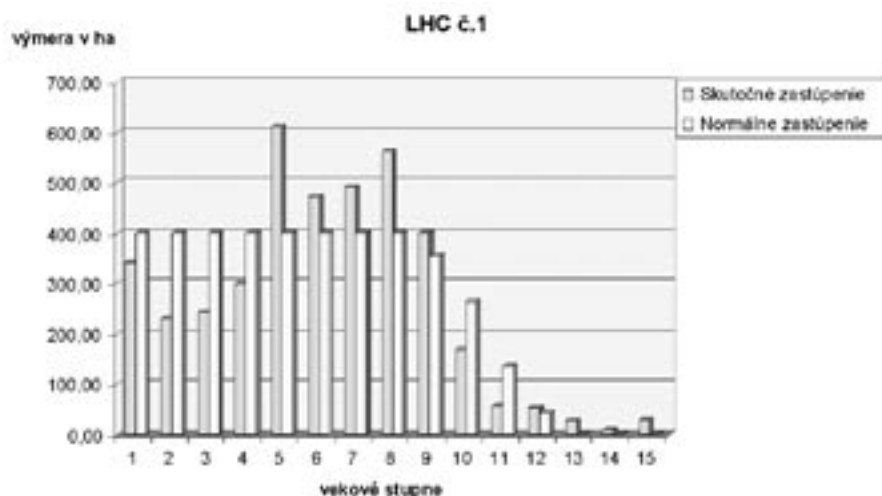
Na zhodnotenie skutočných vekových štruktúr LHC sa použilo normálne zastúpenie vekových stupňov. Na obrázkoch 1–5 je porovnanie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry LHC1 – LHC5.

LHC č. 1

Veková štruktúra je charakteristická vysokou výmerou 5., 6., 7., 8., 9. vekového stupňa a nízkou výmerou 1., 2., 3., 4., 10. a 11. vekového stupňa oproti normálnemu zastúpeniu vekových stupňov. Vekový stupeň č. 12. (54,93 ha) sa svojou výmerou najviac približuje k normálnej výmere (44,03 ha). Najväčšiu výmeru má 5. vekový stupeň

(611,02 ha), čo je 15,26 % z celkovej výmery porastov. Výmery vekových stupňov rubných porastov nemajú rovnaké zastúpenie. Vekový stupeň č. 10 (170,15 ha) čo predstavuje 4,25 %, 11. vekový stupeň (57,54 ha) 1,44 %, 12. vekový stupeň (54,93 ha) 1,37 %, z celkovej výmery porastov.

Rozmiestnenie zásob po jednotlivých vekových stupňoch je zhodné s usporiadaním vekovej štruktúry.

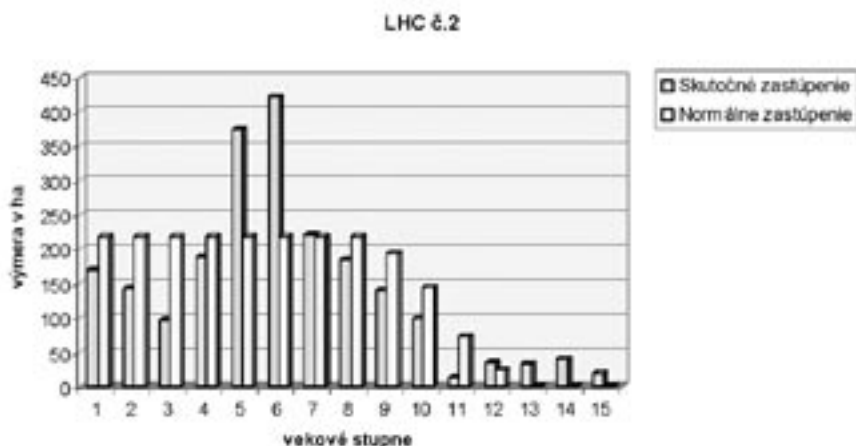


Obr. 1 Porovnanie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry LHC č. 1

Fig. 1 Comparison of actual and normal age structure of the forest management unit 1

LHC č. 2

Veková štruktúra lesného hospodárskeho celku je nevyrovnaná. Najviac sú zastúpené porasty 5., 6. a 7. vekového stupňa, pričom výmera 6. vekového stupňa (421,91 ha) predstavuje až 19,30 % z celkovej výmery lesných porastov. Nízkou výmerou sú zastúpené vekové stupne 3., 10.–12. Najnižšiu výmeru má 11. vekový stupeň (14,16 ha), čo predstavuje 0,65 % z celkovej výmery lesného hospodárskeho celku. Nepravidelnosť v usporiadaní vekových stupňov sa prejavila aj v štruktúre zásob.



Obr. 2 Porovnanie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry LHC č. 2

Fig. 2 Comparison of actual and normal age structure of the forest management unit 2

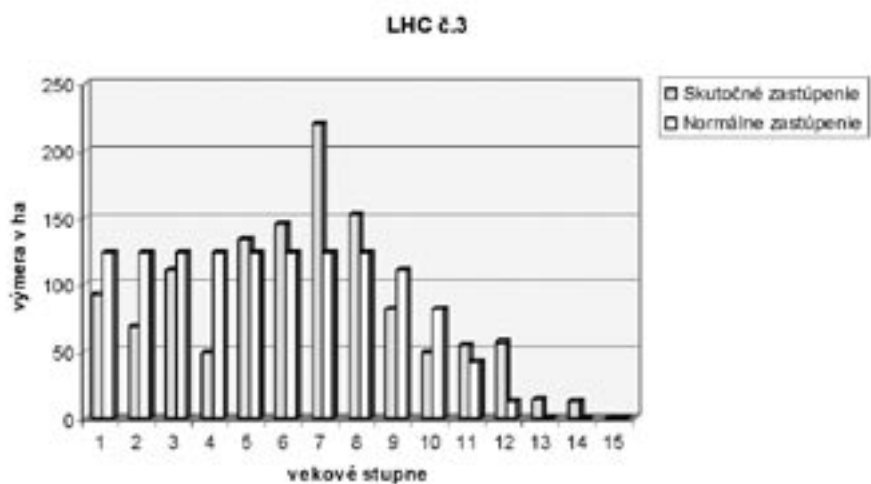
LHC č. 3

Veková štruktúra je nepravidelná. Nadnormálne sú zastúpené porasty vo vekových stupňoch 5., 6., 7., 8., 11. a 12., pričom výmera 7. vekového stupňa (219,40 ha), predstavuje až 176,46 % z normálnej výmery vekového stupňa. Vekové stupne 1., 2., 3., 4., 9. a 10. sú podnormálne zastúpené. Vekový stupeň č. 5. sa svojou výmerou (133,98 ha) najviac približuje k normálnej výmere vekového stupňa (124,34 ha).

Nepravidelnosť vekovej štruktúry sa prejavila aj v rozložení zásob.

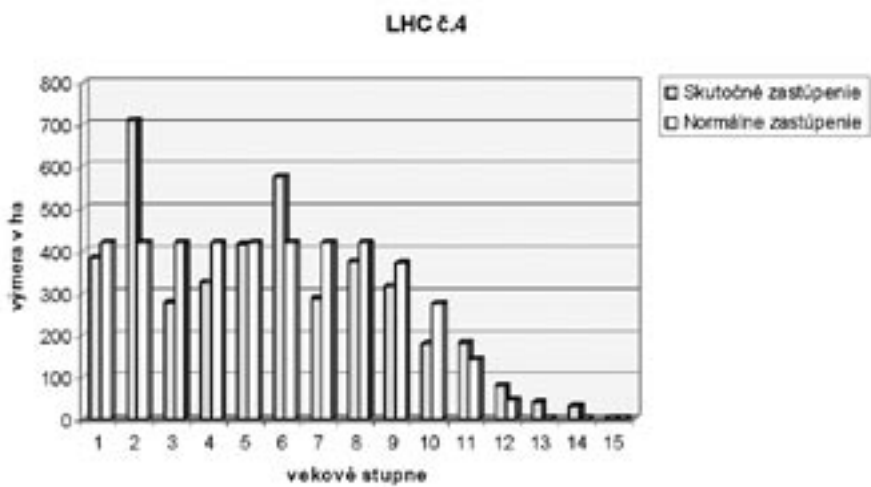
LHC č. 4

Veková štruktúra je charakteristická vysokou výmerou 2., 6., 11., a 12. vekového stupňa, z ktorých najväčšiu výmeru má 2. vekový stupeň (713,07 ha), čo z normálnej výmery vekového stupňa predstavuje až 170,59 %. Nízkou výmeru majú 1., 3.–5. a 7.–10. vekový stupeň. Najbližšie má k normálnej výmere (417,99 ha) 5. vekový stupeň (415,25 ha). Výmery vekových stupňov rubných porastov sú rôzne zastúpené. Vekový stupeň 10. (178,64 ha) predstavuje 64,75 %, 11. (180,10 ha) 126,73 %, 12. (77,81 ha) 169,23 %, z normálnej výmery príslušného vekového stupňa. Rozdelenie zásob podľa vekových stupňov je ovplyvnené nepravidelnosťou vekovej štruktúry.



Obr. 3 Porovnanie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry LHC č. 3

Fig. 3 Comparison of actual and normal age structure of the forest management unit 3

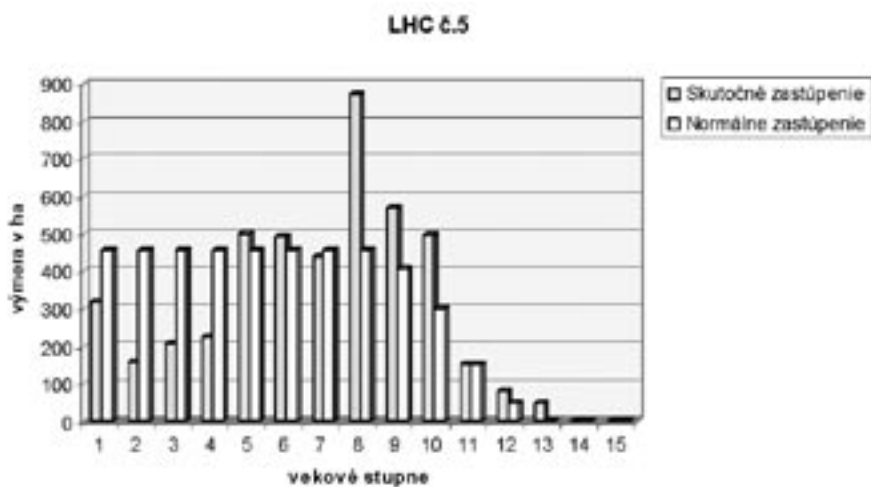


Obr. 4 Porovnanie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry LHC č. 4

Fig. 4 Comparison of actual and normal age structure of the forest management unit 4

LHC č. 5

Veková štruktúra lesného hospodárskeho celku je charakterizovaná veľmi vysokou výmerou v 8., 9. a 10. vekovom stupni, vyššou výmerou v 5., 6., 12. vekovom stupni a nízkou výmerou v 1.–4. a 11. vekovom stupni. Najväčšiu výmeru má 8. Vekový stupeň (871,22 ha), čo tvorí 19,09 % z výmery všetkých porastov a 190,88 % z normálnej výmery vekového stupňa (456,43 ha). Normálnej výmere sa najviac približuje 11. vekový stupeň. Výmera rubných porastov má nerovnomerné zastúpenie. Vekový stupeň 10. (495,37 ha) predstavuje 164,44 %, 11. (151,82 ha) 97,83 %, 12. (79,90 ha) 159,14 % z normálnej výmery prislúchajúceho vekového stupňa. Rozloženie zásob je ovplyvnené výmerami vekových stupňov.



Obr. 5 Porovnanie skutočnej a normálnej vekovej štruktúry LHC č. 5

Fig. 5 Comparison of actual and normal age structure of the forest management unit 5

Preskúšanie metódy matematických modelov vo vybraných LHC vo väzbe na vyrovnanie ich vekových štruktúr

Pre zhodnotenie možnosti použitia metódy matematických modelov sme použili 5 LHC. Postupovali sme podľa stanovenej metodiky s rôznymi možnosťami. V tabuľkách 1–5 sú uvedené vekové štruktúry LHC po jednotlivých desaťročiach. Z možných alternatív použitia metódy na rozdelenie plochového ťažbového ukazovateľa sme použili ťažbové percentá podľa vekových stupňov. Po každom vykonanom výpočte v jednotlivých desaťročiach sme sledovali vývoj vekovej štruktúry, či dochádza k zlepšeniu alebo zhoršeniu vyrovnanosti vekových stupňov oproti normálnemu zastúpeniu.

Ďalej sme sledovali, či dochádza postupne k zlepšovaniu vyrovnanosti oproti pôvodnej vekovej štruktúre. Zo zhodnotenia jednotlivých LHC vyplynulo, že v jednotlivých LHC došlo k zlepšeniu vekovej štruktúry na konci rubnej doby, čiže v 10. desaťročí. Veková štruktúra jednotlivých LHC je na základe zhodnotenia zastúpenia vekových stupňov čiastočne nepravidelná a vzájomne rozdielna aj v tomto desaťročí. Uvedené rozdiely sú v jednotlivých LHC zapríčinené rozdielnym zastúpením vekových stupňov v 1. desaťročí. Vplyv na výslednú vyrovnanosť má veľkosť rozdielov skutočného zastúpenia oproti normálnemu zastúpeniu. Ďalej vplyv na výslednú vyrovnanosť vekovej štruktúry má nadbytok, alebo nedostatok vekových stupňov zapríčinený jednotlivými vekovými stupňami alebo celými skupinami vekových stupňov.

Zo zhodnotenia týchto vekových štruktúr LHC vyplýva, že v 10. desaťročí došlo k zlepšeniu zastúpenia vekových stupňov a vyrovnanosti vekovej štruktúry. To platí aj pre ostatné LHC. Ďalšie zhodnotenie bolo vykonané použitím štatistických charakteristík.

Tab. 1 Veková štruktúra LHC č. 1

Tab. 1 Age structure of the forest management unit 1

Vek. st.	Desaťrošie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Výmera v ha									
1	343,04	353,86	465,58	558,50	459,23	429,38	312,53	477,05	269,08	270,63
2	230,53	373,97	353,86	465,58	558,50	459,23	429,38	312,53	477,05	269,08
3	242,76	343,04	373,97	353,86	465,58	558,50	459,23	429,38	312,53	477,05
4	300,27	230,53	343,04	373,97	353,86	465,58	558,50	459,23	429,38	312,53
5	611,02	242,76	230,53	343,04	373,97	353,86	465,58	558,50	459,23	429,38
6	472,54	300,27	242,76	230,53	343,04	373,97	353,86	465,58	558,50	459,23
7	490,22	611,02	300,27	242,76	230,53	343,04	373,97	353,86	465,58	558,50
8	562,72	472,54	611,02	300,27	242,76	230,53	343,04	373,97	353,86	465,58
9	399,90	475,97	457,63	596,81	287,28	231,30	223,26	334,93	364,74	343,22
10	170,15	446,57	364,11	351,07	499,42	201,34	176,79	162,45	265,77	284,94
11	57,54	152,38	260,14	186,51	188,74	356,18	110,49	75,43	47,18	132,76
12	54,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	196,28	0,00	0,00	0,00

Tab. 2 Veková štruktúra LHC č. 2

Tab. 2 Age structure of the forest management unit 2

Vek. st.	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Výmera v ha									
1	170,14	210,98	226,00	226,21	229,76	285,70	255,75	287,63	112,88	163,71
2	143,57	178,37	210,98	226,00	226,21	229,76	285,70	255,75	287,63	112,88
3	97,14	170,14	178,37	210,98	226,00	226,21	229,76	285,70	255,75	287,63
4	188,58	143,57	170,14	178,37	210,98	226,00	226,21	229,76	285,70	255,75
5	374,84	97,14	143,57	170,14	178,37	210,98	226,00	226,21	229,76	285,70
6	421,91	188,58	97,14	143,57	170,14	178,37	210,98	226,00	226,21	229,76
7	221,14	374,84	188,58	97,14	143,57	170,14	178,37	210,98	226,00	226,21
8	185,02	421,91	374,84	188,58	97,14	143,57	170,14	178,37	210,98	226,00
9	141,65	214,80	413,53	365,54	179,34	90,50	139,53	166,13	173,48	205,49
10	98,36	135,79	151,93	343,81	296,25	129,51	60,22	109,46	129,42	132,25
11	14,16	49,97	31,01	35,74	228,32	213,20	79,04	10,09	48,28	60,71
12	35,10	0,00	0,00	0,00	0,00	82,15	124,38	0,00	0,00	0,00

Tab. 3 Veková štruktúra LHC č. 3

Tab. 3 Age structure of the forest management unit 3

Vek. st.	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Výmera v ha									
1	92,97	140,87	125,69	153,87	140,26	170,85	94,62	82,28	119,88	83,11
2	68,46	144,18	140,87	125,69	153,87	140,26	170,85	94,62	82,28	119,88
3	110,98	92,97	144,18	140,87	125,69	153,87	140,26	170,85	94,62	82,28
4	49,78	68,46	92,97	144,18	140,87	125,69	153,87	140,26	170,85	94,62
5	133,98	110,98	68,46	92,97	144,18	140,87	125,69	153,87	140,26	170,85
6	144,68	49,78	110,98	68,46	92,97	144,18	140,87	125,69	153,87	140,26
7	219,40	133,98	49,78	110,98	68,46	92,97	144,18	140,87	125,69	153,87
8	152,00	144,68	133,98	49,78	110,98	68,46	92,97	144,18	140,87	125,69
9	81,40	215,42	139,71	129,44	46,52	108,16	66,29	90,10	141,13	137,23
10	50,01	120,75	178,13	105,69	104,98	25,38	91,85	44,72	67,25	113,82
11	54,74	21,28	58,61	121,43	64,91	69,75	0,00	55,92	6,65	21,73
12	57,22	0,00	0,00	0,00	49,67	2,91	21,90	0,00	0,00	0,00

Tab. 4 Veková štruktúra LHC č. 4

Tab. 4 Age structure of the forest management unit 4

Vek. st.	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Výmera v ha									
1	382,65	364,20	412,58	397,98	305,21	465,35	514,67	350,78	321,88	453,68
2	713,07	386,20	364,20	412,58	397,98	305,21	465,35	514,67	350,78	321,88
3	279,18	382,65	386,20	364,20	412,58	397,98	305,21	465,35	514,67	350,78
4	325,21	713,07	382,65	386,20	364,20	412,58	397,98	305,21	465,35	514,67
5	415,25	279,18	713,07	382,65	386,20	364,20	412,58	397,98	305,21	465,35
6	578,05	325,21	279,18	713,07	382,65	386,20	364,20	412,58	397,98	305,21
7	286,74	415,25	325,21	279,18	713,07	382,65	386,20	364,20	412,58	397,98
8	375,78	578,05	415,25	325,21	279,18	713,07	382,65	386,20	364,20	412,58
9	315,61	277,44	565,93	403,40	312,50	268,36	700,61	369,54	371,40	353,65
10	178,64	300,54	186,56	477,04	308,11	231,34	174,89	602,32	258,55	292,27
11	180,10	158,12	149,08	38,41	318,22	172,83	75,57	11,08	417,32	126,66
12	77,81	0,00	0,00	0,00	0,00	80,14	0,00	0,00	0,00	185,20

Tab. 5 Veková štruktúra LHC č. 5

Tab. 5 Age structure of the forest management unit 5

Vek. st.	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Výmera v ha									
1	318,90	680,35	589,25	534,35	596,66	390,38	286,37	402,64	250,14	334,73
2	157,78	623,06	680,35	589,25	534,35	596,66	390,38	286,37	402,64	250,14
3	208,66	318,90	623,06	680,35	589,25	534,35	596,66	390,38	286,37	402,64
4	227,44	157,78	318,90	623,06	680,35	589,25	534,35	596,66	390,38	286,37
5	502,13	208,66	157,78	318,90	623,06	680,35	589,25	534,35	596,66	390,38
6	493,59	227,44	208,66	157,78	318,90	623,06	680,35	589,25	534,35	596,66
7	440,87	502,13	227,44	208,66	157,78	318,90	623,06	680,35	589,25	534,35
8	871,22	493,59	502,13	227,44	208,66	157,78	318,90	623,06	680,35	589,25
9	567,59	422,36	475,72	489,70	215,80	199,58	151,99	311,00	611,30	664,41
10	495,37	716,07	288,31	382,52	402,41	147,71	156,14	92,76	222,80	491,75
11	151,82	213,91	492,66	132,97	237,02	288,93	75,31	57,42	0,00	23,56
12	79,90	0,00	0,00	219,26	0,00	37,30	161,49	0,00	0,00	0,00

Zhodnotenie vekových štruktúr vybraných LHC použitím štatistických charakteristík

Na zhodnotenie vekových štruktúr vybraných LHC sme použili variačné koeficienty ($s_x\%$), indexy poklesu variability (i) a indexy zhody (I_{zh}) vekových štruktúr v jednotlivých desaťročiach. Tieto sú uvedené v tabuľkách 6–10. Priebeh variačných koeficientov je znázornený na obrázkoch 6–10.

Pre zhodnotenie vekových štruktúr LHC sa použila čiastočne upravená metóda matematických modelov s výpočtom plochových ťažbových ukazovateľov na desať desaťročí. Zhodnotenie variability jednotlivých LHC sa vykonalo v každom desaťročí.

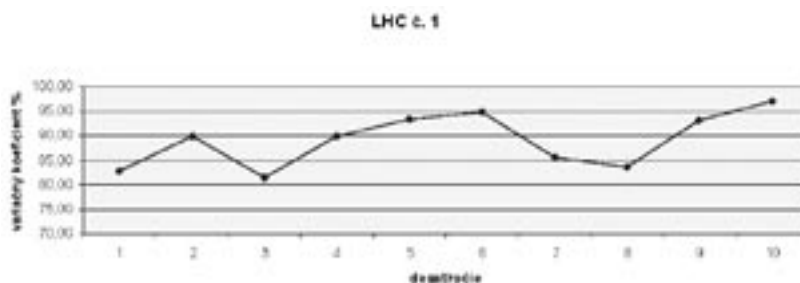
LHC č. 1

Hodnota variačného koeficienta tohto LHC bola v 1. desaťročí 82,84 % a v 10. desaťročí 96,99 %. Priebeh hodnôt v jednotlivých desaťročiach je dosť nevyrovnaný, avšak rozdiely medzi jednotlivými desaťročiami nie sú veľké. Rozdiel medzi maximálnou hodnotou a hodnotou na začiatku desaťročia bol len 14,15 %. Podobný priebeh má aj index poklesu variability.

Hodnota indexu zhody bola v 1. desaťročí 0,84. Priebeh indexu zhody počas jednotlivých desaťročí je vyrovnaný mierne stúpajúci. Na konci 10. desaťročia dosahuje hodnotu 0,90.

Tab. 6 Variačné koeficienty ($s_x\%$), indexy poklesu variability (i), indexy zhody (I_{zh}) LHC č. 1
Tab. 6 Coefficients of variation ($s_x\%$), variability indices decline (i) and conformity index (I_{zh}) in the forest management unit 1

	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$s_x\%$	82,84	89,91	81,37	89,76	93,38	94,74	85,63	83,68	93,03	96,99
i		0,92	1,02	0,92	0,89	0,87	0,97	0,99	0,89	0,85
I_{zh}	0,84	0,85	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,90	0,90	0,90



Obr. 6 Priebeh variačných koeficientov LHC č. 1

Fig. 6 The course of coefficients of variation in the forest management unit 1

LHC č. 2

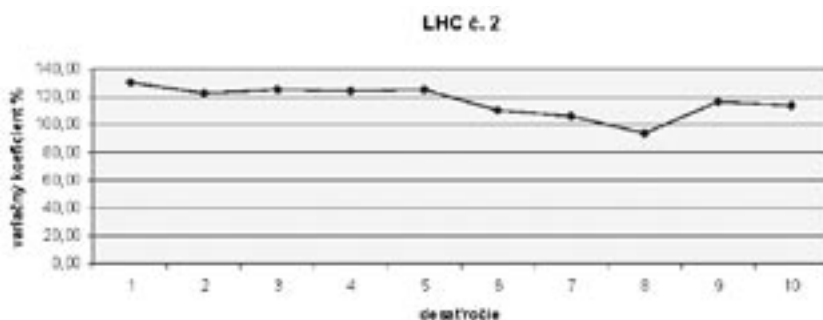
Hodnota variačného koeficienta tohto LHC bola v 1. desaťročí 113,99 %. Priebeh hodnôt oproti predchádzajúcemu LHC je plynulý a má klesajúci charakter. Oproti 1. desaťročiu došlo k poklesu variačného koeficienta na hodnotu 113,53 %. Taktiež ani v tomto LHC nie sú rozdiely medzi jednotlivými desaťročiami výrazné. Nevýrazné rozdiely sú aj v indexe poklesu variability.

Hodnota indexu zhody bola v 1. desaťročí 0,83 a na konci rubnej doby 0,90. Priebeh je dosť vyrovnaný a plynulý. K zlepšeniu vekovej štruktúry dochádza od 5. desaťročia.

Tab. 7 Variačné koeficienty (sx%), indexy poklesu variability (i), indexy zhody (I_{zh}) LHC č. 2

Tab. 7 Coefficients of variation (sx%), variability indices decline (i) and conformity index (I_{zh}) in the forest management unit 2

	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sx%	130,16	122,93	125,43	124,04	124,95	110,61	106,16	93,66	116,53	113,99
i		1,06	1,04	1,05	1,04	1,18	1,23	1,39	1,12	1,14
I_{zh}	0,83	0,83	0,82	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,91	0,90



Obr. 7 Priebeh variačných koeficientov LHC č. 2

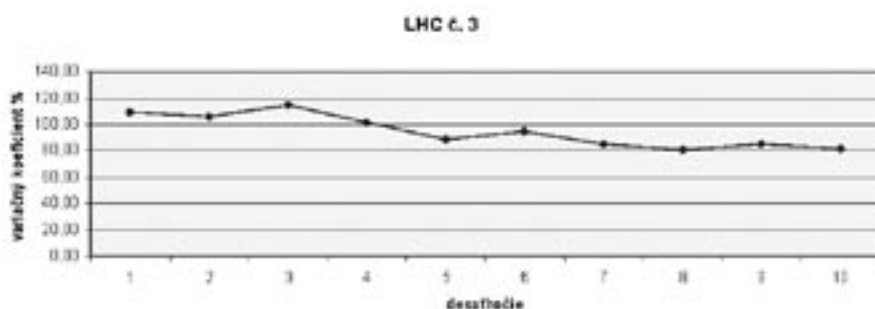
Fig. 7 The course of coefficients of variation in the forest management unit 2

LHC č. 3

Hodnota variačného koeficienta tohto LHC bola v 1. desaťročí 109,88 % a klesla na hodnotu 82,04 %. Priebeh hodnôt variačného koeficienta má klesajúci charakter až na 3. desaťročie. Index poklesu variability odpovedá priebehu variability v jednotlivých desaťročiach. Priebeh indexu zhody je približne na rovnakej úrovni v jednotlivých desaťročiach. Oproti 1. desaťročiu s hodnotou 0,84 sa jeho hodnota na konci rubnej doby zvýšila len nepatrne na hodnotu 0,88.

Tab. 8 Variačné koeficienty (sx%), indexy poklesu variability (i), indexy zhody (I_{zh}) LHC č. 3
 Tab. 8 Coefficients of variation (sx%), variability indices decline (i) and conformity index (I_{zh})
 in the forest management unit 3

	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sx%	109,88	106,28	114,45	102,03	88,49	95,14	85,02	80,58	85,57	82,04
i		1,03	0,96	1,08	1,24	1,15	1,29	1,36	1,28	1,34
I_{zh}	0,84	0,83	0,85	0,85	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,88



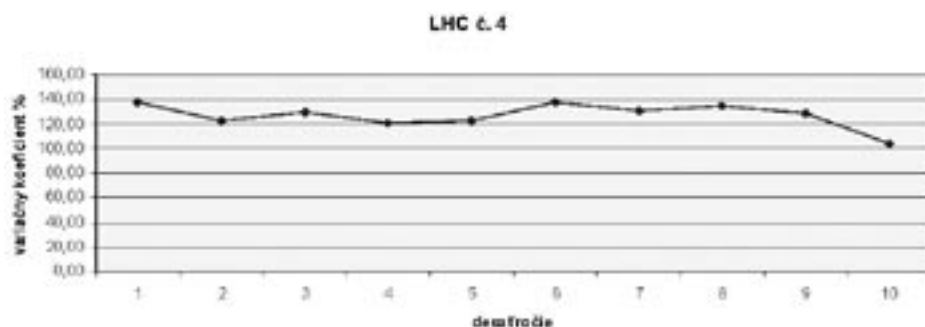
Obr. 8 Priebeh variačných koeficientov LHC č. 3
 Fig. 8 The course of coefficients of variation in the forest management unit 3

LHC č. 4

Hodnota variačného koeficienta z 1. desaťročia 137,27 % sa na konci rubnej doby znížila na 103,54 %. Priebeh hodnôt v jednotlivých desaťročiach je dosť nevyrovnaný so stúpajúcim a následne klesajúcim charakterom v jednotlivých desaťročiach. Index poklesu variability je dosť vyrovnaný a iba v 6. desaťročí dosahuje hodnotu pod 1,00. Priebeh indexu zhody je približne na rovnakej úrovni v jednotlivých desaťročiach. Hodnota z 1. desaťročia 0,89 sa zvýšila v 10. desaťročí na 0,92.

Tab. 9 Variačné koeficienty (sx%), indexy poklesu variability (i), indexy zhody (I_{zh}) LHC č. 4
 Tab. 9 Coefficients of variation (sx%), variability indices decline (i) and conformity index (I_{zh})
 in the forest management unit 4

	Desaťročie									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sx%	137,27	122,69	129,26	120,50	122,57	137,63	130,74	134,72	128,89	103,54
i		1,12	1,06	1,14	1,12	1,00	1,05	1,02	1,07	1,33
I_{zh}	0,89	0,88	0,88	0,87	0,88	0,90	0,89	0,89	0,90	0,92



Obr. 9 Priebeh variačných koeficientov LHC č. 4

Fig. 9 The course of coefficients of variation in the forest management unit 4

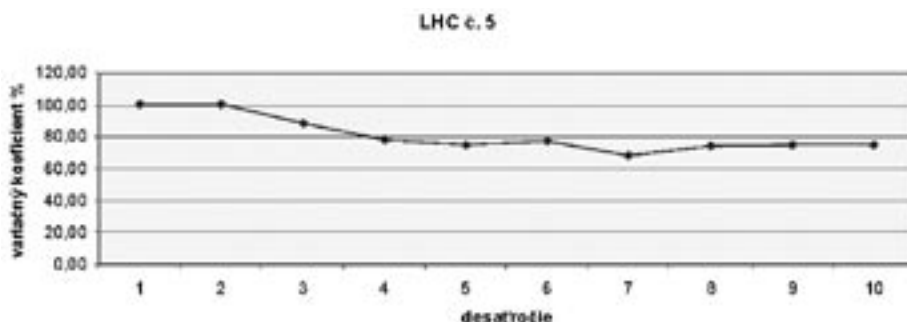
LHC č. 5

V tomto LHC sa hodnota variačného koeficienta 100,59 % z 1. desaťročia výrazne znížila na 74,85 %. Priebeh hodnôt variačných koeficientov má klesajúci charakter. Index poklesu variability má stúpajúci charakter a hodnota vo všetkých desaťročiach nad 1,00. V 7. desaťročí dosahuje hodnotu až 1,47. Index zhody má stúpajúci charakter. Hodnota 0,78 sa zvýšila na 0,82. V tomto LHC sa extrémna veková štruktúra počas jednej rubnej doby vyrovnala.

Tab. 10 Variačné koeficienty (sx%), indexy poklesu variability (i), indexy zhody (I_{zh}) LHC č. 5

Tab. 10 Coefficients of variation (sx%), variability indices decline (i) and conformity index (I_{zh}) in the forest management unit 5

	Desaťročia									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sx%	100,59	100,73	88,79	78,17	74,65	77,24	68,11	74,24	74,85	74,85
i		1,00	1,13	1,29	1,35	1,30	1,48	1,35	1,34	1,34
I_{zh}	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,81	0,81	0,84	0,83	0,82



Obr. 10 Priebeh variačných koeficientov LHC č. 5

Fig. 10 The course of coefficients of variation in the forest management unit 5

4. ZHRNUTIE VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Zo zhodnotenia dosiahnutých výsledkov vyplýva, že metódu matematických modelov, je možné použiť v LHC na vyrovnanie ich vekových štruktúr. Pri jej použití dochádza v jednotlivých desaťročiach postupne k určitej vyrovnanosti vekových štruktúr LHC. Na vyrovnanosť vekových štruktúr LHC pri použití metódy matematických modelov má najväčší vplyv nepravidelné zastúpenie vekových stupňov. Ide o nepravidelnosť zastúpenia rubných vekových stupňov a nepravidelnosť zastúpenia následných predrubných vekových stupňov.

Táto nepravidelnosť sa prejavuje v prvej polovici rubnej doby. Na vyrovnanosť v ďalších desaťročiach majú vplyv aj ostatné vekové stupne. Vplyv sa prejavuje podľa toho, či sa jedná o skupiny vekových stupňov alebo len o jeden vekový stupeň s nadbytkom alebo nedostatkom porastov oproti normálnemu zastúpeniu vekových stupňov. Rozhodujúcim kritériom je stav vekovej štruktúry vo väzbe na veľkosť nepravidelnosti zastúpenia jednotlivých vekových stupňov.

Zhodnotenie vekovej štruktúry v jednotlivých desaťročiach po uplatnení ťažbového ukazovateľa vypočítaného použitím jednotlivých variantov matematických formulácií, nám potvrdilo možnosť použitia týchto variantov aj vo veľmi nepravidelných vekových štruktúrach LHC.

Vysoké percento zastúpenia niektorých predrubných vekových stupňov bolo vo väčšine prípadov znížené počas dlhšieho obdobia. Pri vysokom zastúpení rubných vekových stupňov bolo toto znížené podľa veľkosti extrémnosti v priebehu dvoch až štyroch desaťročí.

Výrazné rozdiely medzi jednotlivými desaťročiami sa vyskytujú v tých LHC, ktoré majú vekové stupne extrémne zastúpené. Uvedený postup použitia metódy matematických modelov zabezpečuje reguláciu vekovej štruktúry a to postupným odstránením nepravidelností vekovej štruktúry. V porovnaní s niektorými prácami (BAHÝL 2008, POZNAŇSKI 2001a, 2001b, 2004, ŽÍHLAVNÍK 2004, 2009, 2010, BAHÝL, ŽÍHLAVNÍK 2009), je možné potvrdiť,

že táto metóda vedie k zdokonaleniu pôvodnej metódy matematických modelov a dáva možnosť využiť dosiahnuté výsledky z LHC aj v nových jednotkách rozdelenia lesa a to lesných celkoch, resp. vlastníckych celkoch, ktorých databáza v súčasnosti ešte nedosahuje dostatočný počet jednotiek na to, aby sa mohli získané výsledky zovšeobecniť a použiť priamo v praktickej hospodárskej úprave lesov.

V jednotlivých LHC došlo k zníženiu variačných koeficientov na konci rubnej doby. Priebeh indexov poklesu variability, ako aj indexov zhody bol v jednotlivých LHC vyrovnaný.

Z uvedeného rozboru vyplynulo, že vytvorením modelových vekových štruktúr, ktoré budú zhodné so sledovanými LHC je daná možnosť zatriedenia všetkých LHC do týchto modelových štruktúr. Následne sa môžu dosiahnuté výsledky z LHC uplatniť aj v súčasných lesných celkoch (LC).

Na základe určitých kritérií a podobnosti vekových štruktúr LHC a LC sa tieto zatriedia do určitého modelu vekovej štruktúry. Ďalšou možnosťou je to, že na vyrovnanie vekovej štruktúry s následným vyrovnaním ťažieb sa použije LHC a vyrovnaná ťažba sa spätne rozdelí do LC tvoriacich príslušný LHC.

5. ZÁVER

V práci bola riešená problematika ťažbovej úpravy lesa vo vybraných lesných hospodárskych celkoch. Na riešenie tejto problematiky bola použitá metóda matematických modelov. V týchto lesných hospodárskych celkoch z rôznych oblastí Slovenska sa zhodnotil skutočný stav ich vekových štruktúr a to porovnaním skutočného zastúpenia s normálnym zastúpením vekových stupňov. Zo zhodnotenia vyplynulo, že sa jedná o LHC z čiastočne nevyrovnaným zastúpením jednotlivých vekových stupňov. Nepravidelnosť sa prejavila nadbytkom resp. nedostatkom niektorých vekových stupňov. Na sledovanie a zhodnotenie možnosti použitia metódy matematických modelov sa použili štatistické charakteristiky. Variabilita vekových štruktúr jednotlivých lesných hospodárskych celkov sa posudzovala použitím variačných koeficientov v jednotlivých desaťročiach po vykonaní vyrovnaní vekových stupňov na základe vypočítaného ťažbového ukazovateľa uvedenou metódou. Vo väčšine lesných hospodárskych celkov došlo k zníženiu variačného koeficienta na konci rubnej doby. Priebeh indexov poklesu variability ako aj indexov zhody bol vyrovnaný vo všetkých lesných hospodárskych celkoch.

Z dosiahnutých výsledkov vyplynulo, že použitím metódy matematických modelov je možné vyrovnať nepravidelnú vekovú štruktúru lesných hospodárskych celkov. Do vytvorených modelových vekových štruktúr, ktoré sa zhodujú s vybranými lesnými hospodárskymi celkami, je možné následne zatriediť rôzne vekové štruktúry lesných hospodárskych celkov. V týchto sa môžu použiť už preskúšané varianty metódy matematických modelov.

Dosiahnuté výsledky z použitých lesných hospodárskych celkov sa môžu uplatniť aj v súčasných jednotkách pre ťažbovú úpravu lesa a to lesných celkoch po určitých úpravách metódy a po vytvorení modelových vekových štruktúr.

Literatúra

- BAHÝL, J., 2008: Ťažbová úprava vo väzbe na reguláciu vekovej štruktúry lesa. Dizertačná práca, TU Zvolen, 117 s.
- BAHÝL, J., 2007a: Hodnotenie vekových štruktúr vlastníckych celkov alternatívnymi metódami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLIX, s. 201–213.
- BAHÝL, J., 2007b: Ťažbové ukazovatele a ich vyjadrenie na základe všeobecnej hodnoty lesných porastov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, LXIX, Suppl. 1, s. 141–152.
- GREGUŠ, C., 1976: Hospodárska úprava maloplošného rúbaňového lesa. Bratislava, 304 s.
- GREGUŠ, C., 2008: Komplexná ťažbová úprava v dlhodobom rozvoji lesného hospodárstva na Slovensku. *NLC Zvolen*, 134 s.
- HERICH, I., 1994: Model regulácie obnovnej ťažby – uplatnenie princípu ťažbovej vyrovnanosti. *Lesnícky časopis*, 40, č. 5, s. 317–333.
- KOUBA, J., 1986: Teorie normálního lesa na základě náhodných procesů. *Lesnictví*, č. 10, s. 915–930.
- KOUBA, J., 1987: Modelování produkce nemocných lesů na základě náhodných procesů. *Lesnictví*, č. 10, s. 915–930.
- KOUBA, J., 1989: Teorie odhadu vývoje kalamit a řízení procesu vyrovnání lesa na normální les. *Lesnictví*, č. 10, s. 925–944.
- KOUBA, J., 2000: Život lesa a jeho nejistota v čase. In: *Zborník referátov. Medzinárodné sympóziu. TU Zvolen*, s. 47–51.
- KOUBA, J., 2001: Vztah prostorové a těžební úpravy na základě skutečných výsledků a praktických hospodářských možností. In: „Súčasná a nové smery rozvoja HÚL“, *Medzinárodné sympóziu, Zvolen*. s. 217–222.
- KURTH, H., 1994: Forsteinrichtung Nachhaltige Regelung des Waldes. *DLV Berlin*, 592 s.
- MÍŠ, R., 2001: Optimalizacja etatu przebudowy w urządzaniu lasu. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCXXXI, Leśnictwo*, 39: 187–193.
- POZNAŃSKI, R., 2004: Nowe metody regulacji w urządzaniu lasu. *Katedra Urządzania Lasu Akademii Rolniczej, Kraków*, 195 s.
- POZNAŃSKI, R., 2001a: A new method of regulation in uneven-aged forests. In: *Medzinárodné sympóziu „Súčasná a nové smery rozvoja HÚL“, TU Zvolen*, s. 25–29.
- POZNAŃSKI, R., 2001b: Metoda optymalnego porządku cięć w przerębnowozrębowym sposobie zagospodarowania z rębnią częściową. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCXXXI, Leśnictwo*, 39: 203–208.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2008: Riešenie praktickej ťažbovej úpravy lesa s použitím jemnejších spôsobov obhospodarovania podrastového lesa. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, L, č. 2, s. 103–113.
- ŽIHLAVNÍK, A., BAHÝL, J., 2009: Možnosti využitia metód ťažbovej úpravy lesa. *Vedecké štúdie 2/2009A, TU Zvolen*, 58 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2004: Regulácia vekovej štruktúry podrastového lesa počas rubnej doby. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 185–195.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2008: Hospodárska úprava lesov. *TU Zvolen*, 389 s.
- ŽIHLAVNÍK, A., 2009: Možnosti regulácie ťažieb metódou matematických modelov v lesných užívateľských celkoch s nepravidelnými vekovými štruktúrami. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, 51(3), s. 139–151.
- ŽIHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D., 2010: Racionalizácia mapovacích prác využitím metódy polygónových ťahov. *Vedecké štúdie 2010, TU Zvolen*, 84 s.
- ŽIHLAVNÍK, Š., 2004a: Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve. *VŠ učebnica, TU Zvolen*, 388 s.
- ŽIHLAVNÍK, Š., 2004b: Problematika vytyčovania hraníc pri reprivatizácii lesných pozemkov. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, XLVI, s. 235–245.
- Výhláška MP SR č. 453/2006 Z.z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa.
- Zákon NR SR č. 117/2010 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov.
- Zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch v znení neskorších predpisov (č. 360/2007 Z. z.).

Adresa autorov:

Prof. Ing. Anton Žihlavič, CSc.
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta TU vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
Slovakia
e-mail: azihlav@vsls.tuzvo.sk

Ing. Jozef Dóczy
Sekcia lesného hospodárstva a spracovania dreva
Ministerstvo pôdohospodárstva
a rozvoja vidieka Slovenskej republiky
Dobrovičova 12
812 66 Bratislava
Slovakia
e-mail: jozef.doczy@land.gov.sk

Možnosti využitia lesných hospodárskych celkov pre riešenie problematiky ťažbovej úpravy lesa

Abstrakt

V práci je riešená problematika ťažbovej úpravy lesa vo vybraných lesných hospodárskych celkoch. Na riešenie tejto problematiky bola použitá metóda matematických modelov. Táto sa použila na vyrovnanie vekových štruktúr vybraných lesných hospodárskych celkov. Výber lesných hospodárskych celkov sa vykonal z rôznych oblastí Slovenska. Zhodnotil sa stav vekových štruktúr vybraných lesných hospodárskych celkov a to porovnaním skutočného zastúpenia vekových stupňov s normálnym zastúpením. Na zhodnotenie možnosti použitia metódy matematických modelov sa použili štatistické charakteristiky. Variabilita vekových štruktúr jednotlivých lesných hospodárskych celkov sa posudzovala pomocou variačných koeficientov v jednotlivých desaťročiach. Vo väčšine lesných hospodárskych celkov došlo k zníženiu variačného koeficienta na konci rubnej doby. Priebeh indexov poklesu variability a indexov zhody bol pri všetkých hospodárskych celkoch vyrovnaný. Dosiahnuté výsledky potvrdili možnosť použitia metódy matematických modelov na vyrovňovanie vekových štruktúr lesných hospodárskych celkov. Uvedené výsledky sa následne môžu uplatniť aj v súčasných lesných celkoch po určitých úpravách metódy a po vytvorení určitých skupín vekových štruktúr.

Kľúčové slová: ťažbová úprava lesa, lesný hospodársky celok, veková štruktúra

DATA BÁZA LESNEJ CESTNEJ SIETE A ÚČELOVÝCH OBJEKTOV NA ÚZEMÍ VYSOKOŠKOLSKÉHO LESNÍCKEHO PODNIKU TECHNICKEJ UNIVERZITY VO ZVOLENE VYTVORENÁ S VYUŽITÍM GEOINFORMAČNÝCH TECHNOLÓGIÍ

Róbert S M R E Č E K – Maroš S E D L I A K

Smreček, R., Sedliak, M.: Database of forest road network and purpose objects on area of the Technical University Forest Enterprise by geoinformation technology. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen, 53(2): 127–142, 2011.

In work is presented building geographical database of forest road network and purpose object in area of the Technical University Forest Enterprise by geoinformation technology. Geographical database was based on stand map ŠLP TU Zvolen from year 2003, roads databank of Slovak republic and paper evidence of purpose objects. In exploration of road network was investigated category of forest road according to STN 73 6108 "Lesná dopravná sieť", roadway, damage of forest road, stability of slope of cutting and slope of embankment, state and function of dewatering, accessories of forest road and objects on forest road. About purpose object was investigated their focus and signing in terrain. Position of every crossroad, object on forest road, position of hauling place and purpose object was measured by GNSS receiver Trimble GeoXH. During terrain research was measured more than 200 km roads and 91 purpose objects. Based on measured points of purpose object was compute base characteristics of measure accuracy. Built databases will be part of the Technical University Forest Enterprise's information system and they can serve for administration, teaching, navigating or solving research tasks.

Keywords: forest road network, purpose object, database, geoinformation technology, GNSS

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy) je spoločné pomenovanie pre navigačné systémy, ktoré poskytujú užívateľovi trojdimenzionálne pozičné riešenie prostredníctvom pasívneho určovania polohy s využitím rádiových signálov vysielaných satelitmi na orbite (GROVES 2008). Poloha meraného bodu je vypočítaná ako poloha priesečníka guľových plôch, ktorých polomer je daný meranými vzdialenosťami medzi družicou a určeným bodom. Z geometrického hľadiska je potrebné poznať polohu aspoň troch družíc na určenie polohy bodu. Pretože určenie vzdialenosti medzi družicou a určeným bodom spočíva vo využití presných časových informácií, je nutné poznať polohu štyroch

družíc. Na dosiahnutie vysokej presnosti určenia polohy je dôležité, aby sa využíval čo najväčší možný počet viditeľných družíc, vhodne rozložených vo sfére (TOMAŠTÍK 2009). Technológia GNSS má pre lesnícke mapovanie niekoľko prínosov (HALVOŇ 2006):

- spojenie problematiky určovania polohy a výšky, využitie metód trojrozsomernej geodézie,
- jednotná mierka pre geodetické diela v rozličných lokalitách,
- vysoká presnosť,
- možnosť prepojenia bodov bez vzájomnej viditeľnosti,
- nezávislosť meraní od meteorologických podmienok,
- významná časová úspora,
- výrazný ekonomický prínos.

Nevýhodou technológie GNSS je potrebný voľný výhľad nad prijímačom, kvôli nerušenému príjmu signálu. Vo všeobecnosti sú dosahované horšie výsledky v teréne porastenom vegetáciou alebo v hustej mestskej zástavbe. GNSS nie je možné využiť v interiéroch a podzemí (STANĚK *et al.* 2007).

Problemátike presnosti merania pomocou technológie GNSS v lesnom prostredí, na lesnom prieseku a voľnej ploche sa venovalo viacero autorov (MELUŠ 2007, TOMAŠTÍK 2009, FAŠKO 2010). Okrem najčastejšie používaného amerického satelitného navigačného systému GPS má v prípade sťažených meračských podmienok významný vplyv na presnosť ruský systém GLONASS. Aj keď tieto systémy využívajú pre určovanie polohy rôzne geodetické systémy, princíp určovania polohy je totožný a je možné využívať systémy aj súčasne. ŠEBEŇ, ŠMELKO a MERGANIČ (2006) uvádzajú na základe ich praktických skúseností v rámci vykonanej Národnej inventarizácie a monitoringu lesov SR, že navigácia pomocou GPS prijímača je dostatočná pre lokalizáciu inventarizačných plôch v teréne. FAŠKO (2010) uvádza, že hlavným prínosom systému GLONASS v kombinácii s GPS je zvýšenie spoľahlivosti výsledkov v neštandardných meračských podmienkach a nie zvýšenie presnosti merania.

Sprístupňovanie lesa je základným predpokladom obhospodarovania lesných celkov (DVORŠČÁK 1994). Lesné cesty sú základným prostriedkom na sprístupnenie lesných celkov (LUKÁČ 1997). Cestná sieť vytvára základ priestorového usporiadania lesa. Cestná sieť zabezpečuje prístup pracovníkov na pracovisko, prístup zariadení a strojov, dopravu dreva a vyrobených produktov. Okrem týchto základných úloh slúži aj na ďalšie úlohy ako sú napr. protipožiarne a záchranné práce, rekreačno-turistické účely a pod. (JURÍK *et al.* 1984). Existujúca lesná cestná sieť výrazne ovplyvňuje ráz krajiny. Dlhodobo ovplyvňuje ekonomickú a prevádzkovú funkčnosť lesov, ich ekologickú a estetickú hodnotu. Nevhodne vybudovaná cestná sieť môže viesť k devastácii krajiny a nízkej efektívnosti hospodárenia. Využívanie lesnej cestnej siete prináša ekonomický úžitok, množstvo pozitívnych a negatívnych efektov, ktoré súvisia s ich výstavbou, existenciou a využívaním (SAUNDERS *et al.* 2002).

Lesné cesty sú súčasťou lesnej dopravnej siete. Do lesnej dopravnej siete patria zariadenia slúžiace na sprístupnenie a prepojenie lesných komplexov so sieťou pozemných komunikácií na dopravu dreva a iných produktov z lesa, na prepravu osôb a materiálu v súvislosti s hospodárením v lese, prípadne na iné ciele. Kategorizáciu dopravnej siete,

systém triedenia a základné parametre jednotlivých druhov komunikácií a účelových zariadení, ako aj základné požiadavky na ich navrhovanie a realizáciu stanovuje norma STN 73 6108 „Lesná dopravná sieť“. Lesné cesty sa na základe tejto normy delia na:

- lesné cesty 1. triedy – odvozné cesty (1L), cesty so spevnenou vozovkou s tvrdým povrchom, vyhovujú celoročnému odvozu dreva,
- lesné cesty 2. triedy – odvozné cesty (2L), cesty s pomedne spevneným povrchom, vyhovujú sezónnemu odvozu,
- lesné cesty 3. triedy – približovacie linky,
- technologické komunikácie a zariadenia – linky slúžiace na vyťahovanie dreva z porastu, bez spevnenia povrchu a zemných prác.

Hustota a kvalita lesnej cestnej siete sú dôležitým ukazovateľom vyspelosti lesného hospodárstva (KLČ a ŽÁČEK 2007). Optimálna hustota lesnej cestnej siete v našich podmienkach je 20 až 25 m.ha⁻¹, z tab. 1 je zrejmé, že aktuálna hustota je nižšia. Pre dosiahnutie optimálnej hustoty je potrebné postaviť približne 6 tis. kilometrov ciest. (KONÓPKA, J. *et al.* 2003). Hustota lesnej cestnej siete na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene (VŠLP TU vo Zvolene) je 46 m.ha⁻¹, pričom odvozných ciest triedy 1L a 2L je 9 m.ha⁻¹. V porovnaní s tab. 1 je táto hodnota vysoká. Vysoká hustota je spôsobená faktom, že na území sa vykonáva vedeckovýskumná a vzdelávacia činnosť Technickej univerzity vo Zvolene.

Tab. 1 Hustota lesných ciest v rokoch 2001–2009

(Zdroj: KONÓPKA, J. *et al.*, 2001–2003 a MORAVČÍK, M. *et al.*, 2004–2010)

Tab. 1 Density of forest roads in years 2001–2009

(Source: KONÓPKA, J. *et al.*, 2001–2003 and MORAVČÍK, M. *et al.*, 2004–2010)

Cestná sieť prechádzajúca lesom / Rok ¹⁾		Hustota ²⁾ [m.ha ⁻¹]								
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cesty -Lesy SR ³⁾	Odvozné lesné cesty 1L ⁵⁾	3,21	3,17	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	Odvozné lesné cesty 2L ⁶⁾	7,43	7,43	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
	Lesné cesty triedy 3L+TPC ⁷⁾	7,95	7,95	8,0	7,9	7,9	7,9	8,0	8,0	7,9
	Spolu ⁸⁾	18,59	18,55	18,6	18,5	18,5	18,5	18,6	18,6	18,5
Ostatné cesty ⁴⁾	Odvozné lesné cesty 1L ⁵⁾	1,61	1,61	1,61	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Spolu ⁸⁾		20,16	20,16	20,2	20,1	20,1	20,2	20,2	20,2	20,1

¹⁾Road network in forest / Year, ²⁾Density, ³⁾Roads – State enterprise Forests of the Slovak Republic,

⁴⁾Another roads, ⁵⁾Main forest road 1L, ⁶⁾Main forest road 2L, ⁷⁾Skidding roads 3L + technological and appliance, ⁸⁾Total

Výstavba lesných ciest v štátnych lesoch je v podstate od roku 1990 zastavená. V rokoch 1990–1999 sa vybudovalo približne 110 km odvozných ciest a 250 km zväžnic. V roku

2000 bola hustota lesnej cestnej siete $18,8 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$, z tejto hustoty bola hustota odvozných ciest $10,9 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výrazne je zanedbaná aj údržba lesnej dopravnej siete. V roku 2000 bolo nutné vykonať opravu na ploche 11–14 mil. m^2 (KONÓPKA *et al.* 2001).

Okrem lesných ciest sa v lesných celkoch nachádzajú aj rôzne účelové objekty. Dôvodom ich zriadenia môže byť pedagogická, vedeckovýskumná činnosť alebo rôzne označenia historických momentov a pod. Účelové objekty sa môžu deliť na:

- Trvalé výskumné plochy (TVP), poloprevádzkové výskumné plochy (PVP) – sú najčastejšie využívané pre vedeckovýskumnú činnosť, za účelom vykonávania praktického výskumu a overenia teoretických poznatkov, na ktorých sa dlhodobo sledujú rozličné vlastnosti lesných ekosystémov a ich zložiek. Ich veľkosť sa určuje podľa požiadaviek výskumu. Rôznorodé je aj označenie výskumných plôch v teréne.
- Demonštračné objekty (DO) – patria sem účelové objekty ako napr. pamätné tabule, informačné tabule, celé alebo časti lesných porastov, lesné stavby, lesné cesty a regulácie vodných tokov, ktoré okrem svojej primárnej funkcie plnia aj funkciu vzdelávaciu.

Ich podrobná evidencia slúži ako podklad pre ich správu, potreby opráv prípadne výstavbu nových účelových objektov. V prípade zverejnenia v mapových podkladoch, na webových portáloch sa môžu významné objekty, napr. informačné tabule, pamätníky, stať vyhľadávaným miestom pre turistov.

Zavádzanie a využívanie nových informačných a komunikačných technológií vyúsťuje do tvorby informačných systémov, ktoré sú napĺňané množstvom údajov. Pre potreby lesného hospodárstva bol vytvorený Informačný systém lesného hospodárstva (IS LH), ktorý definuje zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch. IS LH je súčasťou lesníckeho informačného systému tvoreného komplexom podsystémov zahŕňajúcich objekty a toky informácií v rámci celého lesného hospodárstva spravovaných prostredníctvom rôznych orgánov a organizácií, ktoré majú definovaný vzťah k lesným ekosystémom. Vlastný informačný systém bol vybudovaný aj pre VŠLP TU vo Zvolene, ktorý je priebežne dopĺňaný novými údajmi. V rámci rozhodovacích a organizačných procesov zastávajú informačné systémy významnú úlohu.

2. MATERIÁL A METÓDY

2.1. Experimentálne územie a materiál

Podrobný prieskum lesnej dopravnej siete bol vykonaný na území VŠLP TU vo Zvolene. Väčšina územia, na ktorom bol vykonaný podrobný prieskum cestnej siete sa nachádza v Kremnických vrchoch. Záujmové územie, z ktorého bola vytvorená digitálna mapa tvorí severná časť okresu Zvolen. Na východe siaha až po obce Sampor a Zolná. Experimentálne územie, na ktorom prebehlo mapovanie účelových objektov predstavuje severozápadnú časť územia VŠLP TU vo Zvolene, ktoré sa nachádza v Kremnických vrchoch.

Pre vektorizáciu lesnej cestnej siete boli použité ortofotosnímky z daného územia s rozlíšením až do 12 cm. Snímkovanie prebehlo kamerou UltraCamD od firmy Vexcel. Na vektorizáciu ciest, ktoré neboli na snímkach viditeľné a zároveň ako základ

databázy účelových objektov bola použitá porastová mapa VŠLP TU vo Zvolene v mierke 1 : 10 000 z roku 2003. Ako zdroj atribútových údajov o účelových objektoch slúžila evidencia výskumných plôch na území VŠLP TU vo Zvolene z roku 2002, ktorá obsahovala označenie jednotky priestorového rozdelenia lesa (JPRL), rok založenia plochy, jej výmeru prípadne rozmery, drevinu alebo dreviny, ktoré boli predmetom výskumu, zodpovedného riešiteľa a účel založenia plochy. Spracovanie digitálnej mapy prebehlo v prostredí ArcGIS Desktop 10.

Terénne meranie bolo vykonané pomocou GNSS prijímača TrimbleGeoXH s externou anténou Trimble Zephyr model 2 a softvérom Terrasync 4.1. Post-procesing bol vykonaný pomocou softvéru Pathfinder Office.

2.2. METODIKA

2.2.1. Lesná cestná sieť

Z ortofotosnímok a porastovej mapy v mierke 1 : 10 000 bola vytvorená vektorová vrstva cestnej siete. Vo vrstve boli zahrnuté cesty pod správou VŠLP TU vo Zvolene, štátu, samosprávneho kraja, miestnej samosprávy a pod. Primárnym zdrojom pre vektorizáciu boli ortofotosnímky, porastové mapy boli použité v prípade, že cesta nebola v dôsledku prekrytia porastom viditeľná. Okrem ciest na území VŠLP TU vo Zvolene sa vektorizovali všetky ostatné cesty, čím sa vytvorila kompaktná cestná sieť v severozápadnej časti okresu Zvolen, na juhu siahajúcej po Zvolen a na východe po obec Sampor. Z prevádzkovo-technologickej porastovej mapy z roku 1983 boli prevzaté identifikačné čísla pre lesné cesty. Pre ostatné cesty boli prevzaté identifikačné čísla z Portálu Cestnej databanky Slovenskej správy ciest. Identifikačné čísla pre niektoré cesty nebolo možné získať z týchto zdrojov a preto im nebolo určené identifikačné číslo.

Podrobné zisťovanie stavu ciest prebehlo na spevnených cestách triedy 1L a 2L na území VŠLP TU vo Zvolene. V prípade približovacích ciest, ktoré sa napájali na tieto cesty, bol posúdený ich stav a zistené vlastnosti boli zahrnuté do databázy. V teréne bola každá križovatka zameraná pomocou GNSS technológie. Cesty, ktoré neexistovali, teda neboli nájdené v teréne, boli vymazané z pripravenej vektorovej vrstvy a cesty, ktoré neboli vo vektorovej vrstve, ale nachádzali sa v teréne, sa následne zakreslili do výslednej vektorovej vrstvy. Tieto cesty boli zamerané pomocou GNSS technológie. Rovnako boli zamerané objekty na cestách ako sú napr. dopravné značky, brány a závary, začiatky a konce zvodidiel, priepusty a mosty. Takisto boli zamerané miesta, z ktorých bola vytvorená fotodokumentácia. V prípade, že sa zmenila niektorá kategória, napr. typ vozovky medzi dvomi križovatkami, bola táto zmena rovnako zameraná. Rovnaká technológia bola využitá aj pri určovaní polohy odvozných miest.

Pre cesty, na ktorých prebehlo podrobné skúmanie boli zaznamenávané atribúty popísané nižšie. Zaznamenával sa povrch vozovky, poškodenie, stabilita výkopových a násypových svahov a odvodnenie. Konečnej vektorovej vrstve s atribútmi cestnej siete a odvoznými miestami bola overená správnosť topológie a následne bola uložená do personálnej geodatabázy. Pri tvorbe štruktúry databázy boli využité poznatky a skúsenosti

s databázou cestnej siete, ktorá bola využitá pri spracovaní realizačného projektu Využitie geoinformatiky pre plánovanie ťažbovo-dopravných technológií a sprístupňovanie lesov v podmienkach podniku Lesy SR.

2.2.2. Účelové objekty

Na podklade porastovej mapy prebehla vektorizácia účelových objektov zakreslených v mape. Na základe informácií z písomnej evidencie výskumných plôch z roku 2002 boli naznačené umiestnenia účelových objektov. Výsledky vektorizácie a porastová mapa boli kopírované do GNSS prijímača za účelom navigácie. Terénne podrobné zisťovanie pozostávalo:

- určenie polohy lomových bodov účelových objektov GNSS prijímačom na základe identifikovanej JPRL,
- zistenie popisných informácií mapovaných účelových objektov,
- tvorba fotodokumentácie.

Pre určenie polohy bola použitá statická metóda s využitím fázových meraní na obidvoch frekvenciách a korekcií v reálnom čase pomocou systému EGNOS, ktoré vplyvom terénu nebolo možné vždy využiť. Doba observácie pri samotnom meraní polohy bola 60 sekúnd, pričom hodnoty súradníc sa ukladali každú sekundu. Použitý GNSS prijímač umožňuje pre každý meraný bod okrem samotnej polohy určiť aj presnosť určenia polohy bodu v metroch, prípadne v centimetroch, a hodnotu chyby určenia polohy (angl. Position Dillution of Precision), ktorá závisí od polohy satelitov. Tieto hodnoty slúžili pre výpočet základných charakteristík určenia presnosti bodov. Pri určovaní polohy výskumných plôch, ktoré boli v teréne presne ohraničené ohradou alebo oplotením boli zamerané lomové body ich ohraničenia. V prípade, že výskumnú plochu tvorili len označené stromy, boli zamerané okrajové stromy, ktoré boli zároveň lomovými bodmi virtuálnej hranice plochy. V prípade, že účelovým objektom bol súbor dielcov, dielec prípadne jeho čiastková plocha, hranica objektu vznikla vektorizáciou hraníc JPRL z porastovej mapy. V prípade zamerania polohy účelového objektu bodového charakteru, bola zameraná jeho poloha len jedným bodom.

Aktualizácia zoznamu a informácií o účelových objektoch bola vykonaná oslovením zodpovedných riešiteľov formou dotazníka a následne aj overením v teréne. Cieľom bolo zistiť existenciu nových objektov, ktoré v roku 2002 ešte neboli evidované, zánik objektov alebo aktualizáciu popisných informácií o stále existujúcich objektoch. V teréne bola vyhotovená fotodokumentácia účelových objektov.

2.2.3. Štruktúra databázy cestnej siete

Pre každú cestu bol zaznamenaný zdroj jej zakreslenia. Boli vytvorené tieto kategórie:

- vektorizácia na ortofotosnímke,
- vektorizácia na mape,
- zamerané pomocou GNSS technológie.

Pre každú cestu bol vybraný správca, správca môže byť zároveň aj vlastníkom cesty:

- Štát,
- BB SK – Banskobystrický samosprávny kraj,
- NDS – Národná diaľničná spoločnosť,
- VŠLP TU vo Zvolene,
- miestna samospráva,
- iný.

Cesty boli delené do týchto kategórií:

- štátne cesty 1. triedy,
- štátne cesty 2. triedy,
- štátne cesty 3. triedy,
- diaľnice,
- rýchlostné cesty,
- lesné cesty,
- poľné cesty.

Pre každú lesnú cestu bola vybraná jedna trieda v závislosti na dopravnom význame a účele využitia:

- 1L – odvozná cesta pre celoročný odvoz, vozovka je najčastejšie bitúmenová,
- 2L – odvozná cesta pre aspoň sezónny odvoz, vozovka je najčastejšie štrková,
- približovacia cesta.

Cesty sú na základe materiálu, z ktorého je vozovka delené do týchto kategórií:

- bitúmenový povrch,
- betónový povrch,
- iný povrch (panely a pod.),
- štrkový povrch,
- zemný povrch.

Poškodenie lesných ciest je delené na štyri kategórie:

- cesty v dobrom technickom stave – pre tieto cesty postačuje sezónna údržba a opravy malého rozsahu,
- poškodené cesty – tieto cesty vyžadujú opravu,
- cesty v zlom technickom stave – tieto cesty vyžadujú rekonštrukciu,
- zničené cesty – tieto cesty bolo možné identifikovať v teréne, ale sú natoľko zničené, že rekonštrukcia je neefektívna, alebo nie je z rôznych príčin plánovaná.

Podľa stability výkopových a násypových svahov sa cesty delili do týchto kategórií:

- bez výkopových a násypových svahov – cesty v tejto kategórii nemajú výkopové a násypové svahy, na časti cesty sa môžu nachádzať svahy, ale zemné práce sú malého rozsahu,
- stabilné výkopové a násypové svahy – svahy sú bez lokálnej erózie a zosuvov pôdy, svahy sú porastené vegetáciou, ktorá svah chráni pred eróziou a zosuvmi pôdy,
- čiastočne nestabilné výkopové a násypové svahy – na svahoch sa vyskytujú zosuvy pôdy, ale bezpečnosť dopravy nie je ohrozená a obmedzená, na svahoch sa nenachádza účinný vegetačný kryt, do tejto kategórie nie sú zaradené nové cesty, ktoré nemajú ešte zarastené výkopové a násypové svahy vegetáciou,

- nestabilné výkopové a násypové svahy – pôdna erózia a nestabilita svahov je nebezpečná pre dopravu na týchto cestách.

Na základe odvodnenia a stavu odvodňovacích objektov boli cesty delené do týchto kategórií:

- vyhovujúce – odvodnenie ciest je v dobrom stave, ich rozmiestnenie je vyhovujúce,
- nevyhovujúce – objekty odvodnenia ciest sú v zlom stave, ich funkčnosť je obmedzená, umiestnenie je nevyhovujúce voči štandardom,
- bez odvodňovacích objektov.

V každej kategórii je zahrnutá kategória Neznáme.

2.2.4. Štruktúra databázy odvozných miest

Pre povrch odvozných miest boli vytvorené tieto kategórie:

- bitúmenový povrch,
- štrkový povrch,
- zemný povrch,
- iný (napr. betónový, panelový a pod.).

Pre poškodenie odvozných miest boli vytvorené dve kategórie:

- vyhovujúce,
- nevyhovujúce.

Stav odvodnenia bol hodnotený v dvoch kategóriách:

- existujúce,
- neexistujúce.

V každej kategórii je zahrnutá kategória Neznáme.

2.2.5. Štruktúra databázy účelových objektov

Účelové objekty polygónového charakteru sú definované nasledovnými atribútmi:

- JPRL – číslo JPRL, v ktorej sa nachádza objekt; prázdne pole znamená, že objekt sa nachádza mimo plochy lesných porastov,
- typ objektu – typ účelového objektu (DO – Demonštračný Objekt, PVP – Poloprevádzková výskumná plocha, TVP – Trvalá výskumná plocha),
- rok založenia,
- výmera – výmera účelového objektu v hektároch zistená z evidencie alebo pomocou zamerania objektu GNSS prijímačom,
- drevina – dreviny, ktoré sa nachádzajú na území objektu alebo sú priamo predmetom výskumu,
- účel/stav – popis účelu výskumu prípadne zistený stav objektu,
- riešiteľ – titul a priezvisko zodpovednej osoby,
- pracovisko – názov pracoviska zodpovednej osoby za objekt,
- označenie v teréne – spôsob označenia objektu v teréne,

- určenie polohy – spôsob určenia polohy objektu (mapa – hranice objektu boli určené pomocou vektorizácie z porastovej mapy; GPS – hranice objektu boli zamerané GNSS prijímačom).

Účelové objekty bodového charakteru sú definované nasledovnými atribútmi:

- typ – typ účelového objektu (pamätník, informačná tabuľa),
- názov – názov objektu prípadne jeho opis,
- lokalita – približná poloha objektu podľa názvu lokality zapísanej v porastovej mape,
- určenie polohy – spôsob určenia polohy objektu (GPS – hranice objektu boli zamerané GNSS prijímačom).

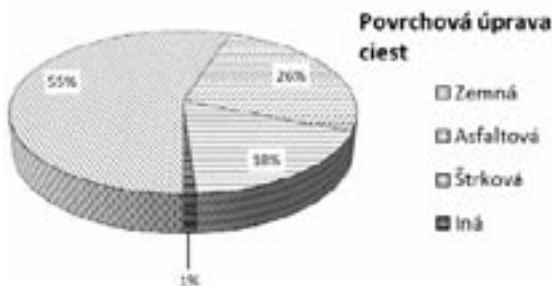
3. VÝSLEDKY

3.1. Lesná cestná sieť

Celá vytvorená cestná sieť má dĺžku viac ako 1 000 km. Detailne bolo preskúmaných takmer 200 km lesných ciest. Na týchto cestách boli zamerané križovatky, cestné objekty a odvozné miesta pomocou GNSS technológie. Celkovo bolo zameraných 112 odvozných miest.

Z podrobne preskúmaných bolo 11 % ciest triedy 1L, 17 % 2L, 52 % bolo približovacích ciest a 20 % boli z inej kategórie ako lesné cesty, ktoré boli podrobne preskúmané nakoľko prechádzali cez záujmové územie.

Z obrázku 1 vyplýva, že najviac sú zastúpené cesty so zemným povrchom, čo korešponduje aj s údajom hustoty lesnej cestnej siete na VŠLP TU vo Zvolene. Len 1%, čo predstavuje 2 km ciest, má panelový povrch.



Obr. 1 Graf povrchovej úpravy podrobne skúmaných ciest
Fig. 1 Graph of explored roads surface

Najviac ciest patrilo do kategórie poškodené cesty, jedná sa o 53 % ciest. 23 % ciest bolo v kategórii cesty v dobrom technickom stave a 20% v kategórii cesty v zlom technickom stave. V kategórii zničené cesty sa nachádzajú 4 % ciest, jedná sa o približovacie cesty.

Väčšina ciest, t.j. 40 % je bez násypových a výkopových svahov, príp. sú svahy len na časti úseku a zemné práce sú malého rozsahu. 34 % ciest má stabilné svahy. 25 % ciest má čiastočne stabilné výkopové a násypové svahy a len na 1 km ciest boli svahy nestabilné.

V prípade odvodnenia bolo najviac ciest bez objektov odvodnenia, jednalo sa o 62 %. V tejto kategórii boli najviac zahrnuté približovacie cesty. 21 % ciest malo stav odvodnenia vyhovujúci a 17 % malo stav odvodnenia nevyhovujúci.

Počas prieskumu cestnej siete bolo zameraných 258 objektov ako mosty, priepusty, značky, závary a pod. Tiež bolo vyhotovených 116 fotografií, ktorých miesto fotografovania bolo zamerané pomocou GNSS technológie.

V prípade odvozných miest mala väčšina zemný povrch. Dve odvozné miesta mali bitúmenový povrch, jedno odvozné miesto malo povrch z panelov a desať odvozných miest malo štrkový povrch. 43% odvozných miest bolo vyhodnotených ako nevyhovujúcich, 57 % odvozných miest bolo vyhodnotených ako vyhovujúcich. Väčšina skladov nemala odvodnenie, prípadne bolo odvodnenie riešené len miernym sklonom, ktorý však nebol vyhovujúci na celej ploche odvozného miesta. Len tri odvozné miesta mali vyhovujúce odvodnenie.



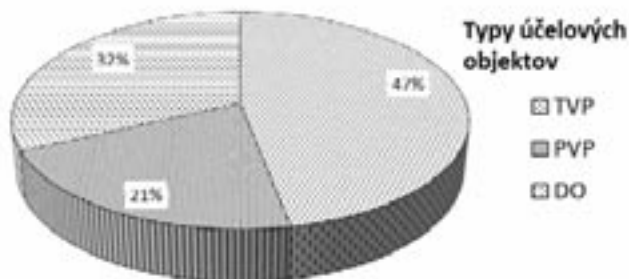
Obr. 2 Cestná sieť a odvozné miesta na skúmanom území

Fig. 2 Road network and hauling places on the explored area

3.2. Účelové objekty

Na území VŠLP TU vo Zvolene bolo identifikovaných 91 samostatných účelových objektov, ktoré boli uložené do geografickej databázy a pre ktoré boli zistené všetky potrebné atribúty. Rozdelenie relatívnej početnosti účelových objektov sa nachádza na obr. 3. V jednom prípade sa na totožnej ploche nachádzajú dve rozličné TVP. 20 účelových objektov má charakter párových trvalých výskumných plôch, ktoré sú určené pre sledovanie vplyvu raticovej zveri na stav a prirodzenú obnovu lesa. Prvá časť plochy je ohradená, prípadne oplotená, aby sa zabránilo vstupu raticovej zveri na jej územie.

Druhá časť plochy nie je žiadnym spôsobom ochránená voči vstupu zveri. Tieto párové plochy boli kvôli prehľadnosti zlúčené do jedného objektu.



Obr. 3 Graf relatívnych početností typov účelových objektov
Fig. 3 Graph of relative frequency of purpose-built objects types

Z porastovej mapy bola zistená poloha 58 objektov. Pomocou GNSS technológie bola zistená poloha 32 objektov, ktoré sú reprezentované 178 bodmi. Pri spracovaní nameraných údajov boli okrem atribútov objektov spracované aj hodnoty presnosti určenia polohy GNSS prijímačom. Tieto hodnoty boli podkladom pre výpočet základných charakteristík presnosti určenia polohy merania pomocou GNSS (tab. 2).

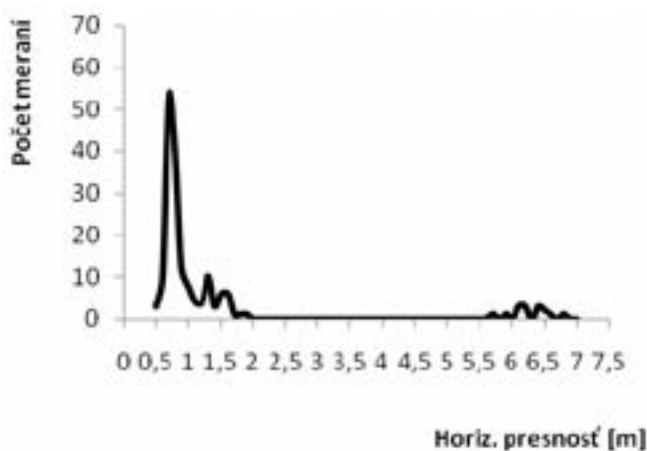
Tab. 2 Presnosť určenia polohy účelových objektov
Table 2 Accuracy of purpose-built object location measurement

Charakteristika ¹⁾	Maximálne PDOP ²⁾	Vertikálna presnosť ³⁾ [m]	Horizontálna presnosť ⁴⁾ [m]
Minimum	1,50	0,60	0,50
Maximum	15,40	15,80	6,80
Arit. priemer ⁵⁾	4,91	2,13	1,35
Smer. odchýlka ⁶⁾	2,85	2,80	1,52
Modus	3,90	0,90	0,70

¹⁾Characteristic, ²⁾Maximal PDOP, ³⁾Vertical accuracy, ⁴⁾Horizontal accuracy, ⁵⁾Arithmetic mean, ⁶⁾Standard deviation

Z vypočítaných hodnôt vyplýva, že najčastejšie dosiahnutá hodnota horizontálnej presnosti, ktorá je pre lokalizáciu v teréne najdôležitejšia, je 0,7 metra. Táto hodnota bola dosiahnutá v 53 prípadoch merania polohy. Druhá najpočetnejšia hodnota hor. presnosti je 0,8 metra, ktorá bola dosiahnutá v 41 prípadoch. Vzhľadom na výskyt

vysokých extrémnych hodnôt je aritmetický priemer dosiahnutej odchýlky takmer dvojnásobný oproti hodnote modusu $\bar{x} = 1,35 \text{ m}$.



Obr. 4 Rozdelenie početností hodnôt horizontálnej presnosti

Fig. 4 Frequency distribution of horizontal accuracy values

Z grafu rozdelenia početností hodnôt presnosti horizontálnych meraní (Obr. 4) vyplýva, že hodnoty presnosti merania sú zoskupené do dvoch samostatných zhlukov hodnôt, tzv. dvojvrcholové rozdelenie početností. Prvý zhluk, charakterizovaný intervalom hodnôt 0,5 až 1,9 m predstavuje merania s využitím korekcií v reálnom čase systému EGNOS. Do tohto intervalu spadá 91,57 % všetkých meraní. Druhý zhluk je charakterizovaný hodnotami 5,7 až 6,8 m. Pri týchto meraniach nebolo možné vzhľadom na charakter reliéfu a lesného porastu využiť systém EGNOS. Tento prípad nastal pri 8,43 % meraní. Až pri 71,35 % meraní sa dosiahla presnosť merania maximálne 1 meter.

Najčastejšie vyskytujúcou sa hodnotou chyby určenia polohy (PDOP) bola 3,9. Rovnako ani aritmetický priemer neprekročil hodnotu 5, čo sa dá považovať za uspokojivé hodnoty pri určovaní polohy.

4. ZÁVER A DISKUSIA

Výsledkom podrobného prieskumu lesnej cestnej siete na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene je znalosť aktuálneho stavu lesnej cestnej siete na území. Podrobne sa preskúmalo takmer 200 km ciest a 112 odvozných miest. Poznatok o aktuálnom stave lesnej cestnej siete môže byť využitý pri plánovaní nákladov na opravy a rekonštrukciu ciest, tiež pri plánovaní ďalšieho sprístupnenia porastov na území a pri plánovaní optimalizácie používaných technológií. Z analýzy vyplýva, že vyše 70 % lesných ciest na území VŠLP vyžaduje opravy. Tieto cesty patria do kategórií ciest poškodených a so zlým technickým stavom. Tento stav je obdobný ako

uvádza KONŮPKA *et al.* (2003), podľa ktorého takmer 80 % lesných ciest na území SR vyžaduje opravu.

Cestná sieť patrí medzi základné vstupy pre mnohé analýzy v lesníctve. Aktuálna cestná sieť môže byť využitá pri zlepšovaní prístupnosti porastov, plánovaní prístupnosti porastov pre rôzne mechanizácie a technológie, pre technologickú šandardizáciu a pod. Znalosť stavu lesnej cestnej siete ako aj jej napojenie na štátnu cestnú sieť je dôležité pre manažment lesného hospodárstva. Pracovníci na úrovni lesných správ zväčša poznajú stav lesnej cestnej siete na svojom území, ktoré majú pod správou. Tento poznatok je využiteľný pre riadiacich pracovníkov na vyšších úrovniach riadenia, na zlepšenie rozhodovacieho procesu. Tiež pre dopravcov dreva, ktorý môžu na základe poznatkov o lesnej cestnej sieti a parametroch objektov (napr. únosnosť mostov a pod.) lepšie rozhodovať o prístupe k drevnej surovine. Znalosť aktuálnej cestnej siete je tiež dôležitá v prípade rôznych krízových situáciách pre potreby záchranných jednotiek. Na území Českomoravskej vysočiny sa prieskumom lesnej cestnej siete podľa metodiky vypracovanej Ústavom hospodárske úpravy lesa a kategorizácie podľa ČSN 73 6108 „Lesní dopravní síť“, ktorá korešponduje s našou normou, zaoberali KLČ *et al.* (2010). Nepoužili prostriedky GIS, ale krokomer, sklonomer, latu na meranie spádu a meter. Táto metodika poskytuje presné a podrobné informácie o lesných cestách, ale na rozsiahlych územiach je použitie tejto metodiky zdĺhavé a neefektívne. Bez využitia prostriedkov GIS sa prieskumu lesnej cestnej siete v západnej časti CHKO Ponitrie venoval SMREČEK (2006). Na záujmovom území s rozlohou 1 715 ha podrobne analyzoval stav lesnej cestnej siete a chodníkov. TOMÁNEK *et al.* (2010) využili pri analýze stavu lesnej cestnej siete na území lesnej správy Ostravice prostriedky GIS a GNSS. Okrem analýzy prístupnosti na menších územiach podrobným prieskumom, vykonali ŽÁČEK a KLČ (2010) analýzu prístupnosti cca 28 % prírodných lesných oblastí v Českej republike na základe existujúcich dátových zdrojov. Pre takéto analýzy je potrebné mať kvalitné vstupné dáta, ktoré odpovedajú skutočnosti.

Na území VŠLP TU vo Zvolene bolo zameraných 91 účelových objektov. Väčšina z nich sa nachádzala v lesnom poraste, alebo na lesnom prieseku. Na základe analýzy horizontálnej presnosti merania, nebola dosiahnutá lepšia presnosť ako 0,5 m. Táto presnosť je spodná hranica presnosti mapovania podľa STN 013410 – Mapy veľkých mierok, hodnoty sú uvedené v tab. 3. V prípade vertikálnej presnosti merania, nedosiahli minimálne hodnoty spodnú hranicu 5. triedy presnosti. Pre účely evidencie účelových objektov a prípadnú navigáciu k nim postačujú dosiahnuté výsledky. Použitím prijímačov GNSS s vyššou presnosťou merania, alebo iných metód sa môžu dosiahnuť lepšie výsledky. MELUŠ (2007) dosiahol pri meraní na lesnom prieseku statickou metódou s dĺžkou observácie 5, 10 a 15 min. stredné súradnicové a výškové chyby, ktoré zodpovedajú 1. až 3. triedy presnosti. Výsledky merania počas a mimo vegetačného obdobia boli porovnateľné. Metódou Stop&Go dosiahol chyby, ktoré zodpovedajú 3. až 5. triedy presnosti, ktoré stanovuje STN 01 3410. V oboch prípadoch sa prejavil pozitívny prínos systému GLONASS. TOMAŠTÍK (2009) z výsledkov dospel k záveru, že merania na bodoch kde bola percentuálne vyjadrená plocha viditeľnej oblohy menej ako 50% neboli splnené podmienky pre 5. triedu presnosti, ktoré stanovuje STN 01 3410. Vo svojej práci sa venoval porovnaniu statickej metódy s krátkou dobou observácie (5 min.)

a metódy RTK v lesnom prostredí s rôznou veľkosťou voľne sledovateľnej oblohy. Pri meraniach použil vlastnú referenčnú stanicu ako aj virtuálnu.

Tab. 3 Triedy presnosti podľa STN 01 3410
Table 3 Accuracy classes by STN 01 3410

Trieda presnosti ¹⁾	u_{xy} (m) ²⁾	u_v (m) ³⁾
1. trieda ⁴⁾	0,04	0,03
2. trieda ⁴⁾	0,08	0,07
3. trieda ⁴⁾	0,14	0,12
4. trieda ⁴⁾	0,26	0,18
5. trieda ⁴⁾	0,50	0,35

¹⁾Accuracy class, ²⁾Horizontal accuracy, ³⁾Vertical accuracy, ⁴⁾class

Vytvorená digitálna mapa s databázou údajov cestnej siete a účelových objektov bude súčasťou informačného systému Vysokoškolského lesníckeho podniku. Komplexný informačný systém obsahujúci aktuálne a presné údaje umožňuje využívať princípy precízneho lesníctva, efektívnejšie rozhodovať v procesoch riadenia lesného hospodárstva, poskytovať informácie rôznym subjektom s možnosťou úprav prístupových práv k nim. Databáza umožní zlepšiť prehľad o súčasnom stave, efektívnejšiu správu lesnej cestnej siete a účelových objektov a zároveň môže slúžiť pre rôzne vedeckovýskumné úlohy pracovníkov Technickej univerzity vo Zvolene. Na digitálnej mape bude prebiehať aj výučba predmetov zaoberajúcich sa využitím GIS, v rámci ktorých prebehne ukážka rôznych analýz, úloh a aplikácií nielen v súvislosti s lesníctvom.

Význam a potrebu budovania informačných systémov dokazuje Slovenská databanka Slovenskej správy ciest, ktorá sa venuje komplexnému riešeniu verejných ciest. Cestná databanka predstavuje bohatú škálu procesov podporovaných najmodernejšími technológiami od zberu vstupných údajov až po nástroje informačných technológií podporujúcich ich spracovanie, využívanie a zverejňovanie. Prostredníctvom portálu informačného systému je zabezpečený unifikovaný vzhľad, správanie, centralizovaná správa používateľov a prístupových práv. Na lepšiu vizuálnu orientáciu a vzhľad sú využívané rôzne mapové podklady.

Podakovanie

Príspevok vznikol na základe výskumu riešeného v projekte Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a Slovenskej akadémie vied 1/0764/10 (VEGA): Výskum princípov a metód precízneho lesníctva.

Literatúra

DVORŠČÁK, P., 1994: Lesnícke stavby a meliorácie. Zvolen, ÚVVZP LVH SR, 66 s.
FAŠKO, M., 2010: Rýchle metódy geodetického určovania polohy bodov statickým meraním GNSS na lesných

- priesekoch. In: Fórum mladých geoinformatikov 2010, [elektronický zdroj]: zborník príspevkov a prezentácií, Zvolen, 2010, ISBN 978-80-228-2119-3, 12 s.
- GROVES, G. P., 2008: Principles of GNSS, Inertial, And Multisensor Integrated Navigation Systems. Artech House, Boston, 2008, ISBN 978-1-58053-255-6, 518 s.
- HALVOŇ, L., 2006: Využitie metód GPS pri lesníckom mapovaní. In: Geodézia v lesníctve, zborník referátov, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 2006, ISBN 80-228-1684-1, s. 26–39.
- JURÍK, L., KOMPAN, F., BENEŠ, J., 1984: Lesné cesty. Bratislava, Príroda, 407 s.
- KLČ, P., BRÁNKA, L., ŽÁČEK, J., 2010: Výzkum struktury lesní dopravní sítě ve vybraném modelovém území. Lesnický časopis – Forestry Journal, 56(3): 295–304. ISSN 0323-10468.
- KLČ, P., ŽÁČEK, J., 2007: Zpřístupnění lesů v České a Slovenské republice. Lesnický časopis – Forestry Journal, 56(2): 185–195. ISSN 0323-10468.
- KONÔPKA, J. et al., 2001: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2001 – Zelená správa. (2001), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Bratislava, 41 s.
- KONÔPKA, J. et al., 2002: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2002 – Zelená správa (2002), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Crocus s.r.o, Nové Zámky, 126 s., ISBN 80-88992-42-1.
- KONÔPKA, J. et al., 2003: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2003 – Zelená správa (2003), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Crocus s.r.o, Nové Zámky, 132 s., ISBN 80-88992-69-9.
- LUKÁČ, T., 1997: Lesné dopravníctvo. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, ISBN 80-228-0563-7, 228 str.
- MELUŠ, J., 2007: Vplyv lesného prostredia na presnosť pri meraniach GNSS. In: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 2007, ISBN 978-80-228-1809-4, s. 61–74.
- MORAVČÍK, M. et al., 2004: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2004 – Zelená správa 2004 (2004), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Lesmedium, Bratislava, 168 s., ISBN 80-88853-75-3.
- MORAVČÍK, M. et al., 2005: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2005 – Zelená správa (2005), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Lesnícky výskumný ústav Zvolen, EM Design, Zvolen, 201 s., ISBN 80-88853-89-3.
- MORAVČÍK, M. et al., 2006: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2006 – Zelená správa (2006), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Renesans, spol. s r.o., Bratislava, 145 s. ISBN 978-80-8093-007-4.
- MORAVČÍK, M. et al., 2007: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2007 – Zelená správa (2007), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Národné lesnícke centrum, Zvolen, 164 s. ISBN 978-80-8093-018-9.
- MORAVČÍK, M. et al., 2008: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2008 – Zelená správa (2008), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Národné lesnícke centrum, Zvolen, 168 s. ISBN 978-80-8093-064-6.
- MORAVČÍK, M. et al., 2009: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike 2009 – Zelená správa (2009), Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Národné lesnícke centrum, Zvolen, 147 s. ISBN 978-80-8093-093-6.
- MORAVČÍK, M. et al., 2010: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2009 – Zelená správa (2010), Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Národné lesnícke centrum, Zvolen, 102 s., ISBN 978-80-8093-122-3.
- SAUNDERS, S.C., MISLIVETS, M.R., CHEN, J., CLELAND, D.T., 2002: Effects of roads on landscape structure with in nested ecological units of the northern Great Lakes region, USA. Biological Conservation, 103 (2): 209–225. ISSN 0006-3207.
- SMREČEK, R., 2006: Sprístupňovanie prímestských lesov v oblasti Zobora pre lesohospodárske a rekreačné účely. [Diplomová práca], Lesnícka fakulta, Zvolen, 86 str.
- STANĚK, V., HOSTINOVÁ, G., KOPÁČIK, A., 2007: Geodézia v stavebníctve. Jaga Group, s.r.o., Bratislava 2007, ISBN 978-80-8076-048-9, 110 s.
- STN 01 3410 Mapy veľkých mierok – základné a účelové mapy, Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, 1990, 20 s.

- STN 73 6108 – Lesná dopravná sieť. Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, Slovakia, Júl 2000, Č. PUB. 14483, 36 s.
- ŠEBEŇ, V., ŠMELKO, Š., MERGANIČ, J., 2006: Skúsenosti z uplatnenia technológie Field-Map v národnej inventarizácii a monitoringu lesov SR a ich zovšeobecnenie. In: Enviroforum – zborník príspevkov. [online]. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2006. str. 175–185. [cit. 2011.05.23.]. Dostupné na internete: <http://enviroforum.sazp.sk/uploads/2008/12/page/prezentacie-2006/Zbornik_EIF_2006.pdf>
- TOMÁNEK, J., VOLNÝ, C., KLČ, P., 2010: Výzkum súčasného stavu porušnosti sítě odvozních cest ve flyšovém území lesní správy Ostravice. Lesnický časopis – Forestry Journal, 53(1): 47–57. ISSN 0323-10468.
- TOMÁŠTÍK, J., 2009: Problematika určovania hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa v lesníckom mapovaní. [Dizertačná práca], Lesnícka fakulta, Zvolen, 2009, 142 s.
- Využitie geoinformatiky pre plánovanie ťažbovo-dopravných technológií a sprístupňovanie lesov v podmienkach podniku Lesy SR. Realizačný projekt, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 2008.
- ŽÁČEK, J., KLČ, P., 2010: Závislost úrovně zpřístupnění na terénních podmínkách ve vybraných oblastech ČR. Lesnický časopis – Forestry Journal, 56(2): 185–195. ISSN 0323-10468.
-

Adresa autorov:

Ing. Róbert Smreček, PhD.

Ing. Maroš Sedliak

Katedra Hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: smrecek@vsld.tuzvo.sk

sedliak@vsld.tuzvo.sk

Databáza lesnej cestnej siete a účelových objektov na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene vytvorená s využitím geoinformačných technológií

Abstrakt

V príspevku je prezentovaná tvorba geografickej databázy lesnej cestnej siete a účelových objektov na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene pomocou geoinformačných technológií. Geografická databáza bola vytvorená na podklade porastovej mapy Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene z roku 2003, Portálu Cestnej databanky Slovenskej správy ciest a evidencie účelových objektov. Prieskumom cestnej siete sa zisťovala trieda lesnej cesty podľa STN 73 6108 „Lesná dopravná sieť“, vozovka, poškodenie lesnej cesty, stabilita výkopových a násypových svahov, stav a funkčnosť odvodnenia a objekty na lesných cestách. V prípade účelových objektov bol zisťovaný ich účel a signalizácia v teréne. Každá križovatka, objekty na lesných cestách, odvozné miesta a účelové objekty boli zamerané pomocou GNSS prijímača Trimble GeoXH. Počas terénneho prieskumu bolo podrobne preskúmaných viac ako 200 km lesných ciest a 91 účelových objektov. Presnosť merania GNSS technológie bola počítaná z bodov, ktoré boli merané na účelových objektoch. Vytvorená geografická databáza bude súčasťou informačného systému Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity vo Zvolene a môže byť použitá na výučbu, navigáciu v teréne alebo riešenie vedeckých úloh.

Kľúčové slová: lesná cestná sieť, účelové objekty, databáza, geoinformačné technológie, GNSS

POLYGONOMETRIA A VEDĽAJŠIE POLYGÓNOVÉ ŤAHY V LESNÍCKOM MAPOVANÍ

Štefan Ž Í H L A V N Í K – Daniel T U N Á K

Žihlavič, Š., Tunák, D.: Polygonometry and side traverses in forest mapping. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 143–153, 2011.

Polygonometry belongs to the most used methods for determining geodetic points. Side traverses show as the most appropriate at measurement of forest land property boundaries. In the variable and unclear terrain in forested area there are often problems to comply with prescribed geometric parameters of the Instructions for work in the positional point fields (1994). Use of electronic tachymeters creates conditions for achieving the required accuracy also for side traverses. The measurements and their analysis showed that even in non-compliance with certain prescribed geometric parameters, required accuracy was achieved at determination of the forest land property boundaries at least for the 4th accuracy class $m_{xy} = 0.26$ m, which is in the conformity with the cadastral mapping in forest land mapping.

Key words: polygonometry, side traverses, property boundaries, forest lands, accuracy

1. ÚVOD A ROZBOR PROBLEMATIKY

Geodetické merania v posledných rokoch výraznou mierou ovplyvnili technológie Globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS), ktoré sú vybudované na báze umelých družíc Zeme. Ide predovšetkým o určovanie polohy a výšky geodetických bodov. Doterajšie merania v rôznych oblastiach a rezortoch, najmä v rezorte geodézie, kartografie a katastra, ukazujú, že využitie GNSS výrazne prispelo k racionalizácii terestrických meračských prác. Aj v oblasti lesníckeho mapovania nachádzajú GNSS stále širšie uplatnenie. Problém je však, že pri meraní s GNSS v lesných porastoch nie je možné určovanie polohových geodetických bodov s vyššími požiadavkami presnosti (podľa STN Geodetické body pre základné body $m_{xy} = 0,015$ m, pre pevné body podrobného poľa – PBPP $m_{xy} = 0,02$ m až 0,20 m). Je to spôsobené tým, že pri vyšších požiadavkách na presnosť určenia polohy bodu, meranie s GNSS si vyžaduje voľný priestor nad prijímačom, čo pri meraní vnútri lesných porastov je väčšinou nemožné. A tak využitie GNSS je možné v dvoch smeroch. Pri nižších požiadavkách na presnosť merania (napr. náhrada za buzolové meranie lesného detailu) možno merať aj vnútri lesných porastov (napr. HRICKO, ŽÍHLAVNÍK, 2003). V druhom prípade, keď je potrebné dosiahnuť vysokú presnosť určovaných geodetických bodov (napr. pri meraní vlastníckych hraníc lesných pozemkov), je potrebné spojiť meranie GNSS s takými metódami, pri ktorých je možno

požadovanú presnosť dosiahnuť aj vnútri porastu. Ide o oblasť pripojenia terestrických meraní na záväzné geodetické systémy, ktoré pri klasických metódach merania (napr. pretínanie napred, pretínanie nazad, a pod.) si vyžadujú prakticky neporovnateľne vyššiu časovú náročnosť ako meranie pomocou GNSS. Je to ovplyvnené blízkosťou, dostupnosťou, resp. viditeľnosťou na okolité geodetické bodov. Možnosť rýchleho určenia geodetických bodov s požadovanou presnosťou pomocou GNSS na voľných priestranstvách, nielen mimo lesných porastov, ale aj v rámci porastu (holiny, rúbaniská, zmladenie a výsadby do 5 rokov, a pod.), dáva predpoklady pre širšie využitie polygonometrie (určovanie polohy bodov metódou polygónových ťahov), resp. polygonizácie (zakladanie a zameranie polygónových ťahov) pre určovanie geodetických bodov vo vnútri lesných porastov. Pôjde o vhodné spojenie metódy GNSS s polygonometriou, t.j. na voľnom priestranstve sa určia pomocou GNSS geodetické body vysokej presnosti, ako východiskové body pre založenie a zameranie polygónových ťahov, pomocou ktorých sa určia geodetické body vnútri lesných porastov.

Vhodnosť polygónových ťahov na určovanie geodetických bodov vo vnútri lesných porastov vyplýva už zo samotnej charakteristiky, ktorú podľa viacerých autorov (napr. BITTERER, 2003, SOKOL *a kol.*, 2003) možno zovšeobecniť: „polygónový ťah je rad stabilizovaných bodov vzájomne spojených dĺžkovo a uhlovo tak, že tvoria lomené čiary, ktoré sa tvarom môžu prispôbiť zameriavanému územiu (napr. hraniciam, komunikáciám, vodným tokom a pod.“ (ŽÍHLAVNÍK, 2004). Z uvedeného vyplýva, že základným rysom polygónového ťahu je zoskupenie bodov spojených uhlovo a dĺžkovo tak, aby sa čo najlepšie prispôbili zameriavanému územiu. Táto skutočnosť je obzvlášť dôležitá pre lesnícke mapovanie, ktoré má svoje zvláštnosti v tom, že meračské práce sa vykonávajú väčšinou v neprehradnom, často veľmi členitom a ťažko schodnom teréne, v ktorom práve polygonizácia nachádza plne svoje uplatnenie. Polygonizácia sa v lesníckej meračskej praxi používa v prevažnej miere pri zameraní obvodu stabilizovaných hraníc lesného fondu, ďalej pri určovaní vlčovacích bodov pre fotogrametrické vyhodnotenie a pri zhusťovaní bodov podrobného bodového poľa, ktoré tvoria podklad pre podrobné meranie lesného detailu. Predpoklady pre široké uplatnenie polygonizácie je najmä pri zameriavaní hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL), ktoré podľa ich rozdelenia (napr. ŽÍHLAVNÍK, A. 2006, 2007) si vyžadujú zameranie ich hraníc s rôznou presnosťou.

V počiatočnej fáze zakladania polygónových ťahov je treba brať do úvahy predpísané geometrické parametre v zmysle Inštrukcie (1994). Lesné prostredie je však do určitej miery nepriaznivé pre založenie polygónových ťahov tak, aby bez problémov vyhovovali predpísaným geometrickým parametrom. Na druhej strane práve polygónový ťah sa javí ako najvhodnejšia metóda pre určovanie pevných bodov podrobného poľa (PBPP). Vykonané merania a rozbor geometrických parametrov však ukazujú, že toto konštatovanie by plne platilo len vtedy, ak by sa nebrali do úvahy ostatné činitele z pohľadu lesného hospodára. Ideálne prispôbenie zameriavanému územiu s dodržaním predpísaných geometrických parametrov by si v zalesnenom území vyžadovalo vyrúbanie priesekov pre zámery na meranie uhlov a dĺžok. Takéto nežiaduce zásahy do porastov majú nepriaznivý vplyv a preto je treba hľadať čo najviac optimálnu cestu.

Nástupom elektronických tachymetrov do lesníckej meračskej praxe sa tento problém čiastočne eliminoval, najmä z pohľadu merania dĺžok. Aby sa vyhovelo kritériám pre krajnú dĺžku strany, počet vrcholov a celkovej dĺžky ťahu možno vnútri porastu prakticky použiť iba ťahy s krátkymi stranami (60, resp. 50–400 m). Aj pri týchto ťahoch najväčším problémom v lesných porastoch je dodržanie parametra odklonu strán od spojnice počiatočného a koncového bodu (S_{pk}). Okrem neprehľadnosti zalesneného územia (vplyvom porastu) tento geometrický parameter je výrazne ovplyvňovaný aj členitosťou terénu. Doterajšie skúsenosti ukazujú, že dodržanie tohto kritéria sa stáva najzložitejším a preto pri jeho nedodržaní musí byť vykonané testovanie presnosti podľa STN 730415 (Geodetické body) rozborom stredných súradnicových chýb. Výsledky týchto testov z viacerých meraní z minulosti (napr. ŽÍHLAVNÍK, TUNÁK, 2006, TUNÁK, 2009) preukázali, že aj napriek nedodržaniu tohto kritéria sa dosiahla presnosť v určení pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov, ktorá vyhovuje min. 4. triede presnosti pre PBPP podľa STN 730415. Tieto priaznivé výsledky pravdepodobne vyplývajú z toho, že pri meraní vrcholových uhlov a dĺžok strán elektronickými tachymetrami sa dosahuje vysoká presnosť (minimálne 4. trieda presnosti, väčšinou však od 1. po 3. triedu presnosti). Veľmi priaznivé výsledky pri meraní elektronickými tachymetrami viedli k tomu, aby sa preskúšali možnosti využitia aj vedľajších polygónových ťahov pre meranie vnútri lesných porastov.

Inštrukcia (1994) o vedľajších polygónových ťahoch uvádza:

- Vedľajšie polygónové ťahy sa pripájajú na PBPP najmenej rovnakej triedy presnosti, určené hlavnými polygónovými ťahmi alebo inými spôsobmi podľa § 94 a na PBPP vyššej triedy presnosti. Na určenie PBPP 1. triedy presnosti nemožno použiť vedľajšie polygónové ťahy.
- Pri dopĺňovaní PBPP 3. a 4. triedy presnosti jednotlivým polygónovým ťahom, keď nejde o budovanie súvislej pripojenej siete (napr. pre mapovanie alebo zameranie rozsiahlych zmien), sa za vyhovujúce považuje aj pripojenie vedľajšieho polygónového ťahu na PBPP najmenej zhodnej triedy presnosti, určené vedľajším polygónovým ťahom.

Pri týchto ťahoch viaceré terajšie platné predpísané geometrické parametre nemožno dodržať, no prv uvedené priaznivé výsledky dávajú predpoklady pre ich využitie aj pri určovaní geodetických bodov s požiadavkami na vyššiu presnosť ($m_{xy} = 0,12$ m, t.j. 4. triedu presnosti), resp. pri meraní lomových bodov vlastníckych hraníc pozemkov ($m_{xy} = 0,24$ m, t.j. 4. triedu presnosti).

Cieľom predloženého príspevku je, na základe experimentálnych meraní a ich rozborov, poukázať na vhodnosť využitia vedľajších polygónových ťahov, s upravenými geometrickými parametrami pri určovaní polohových geodetických bodov vhodných pre určovanie vlastníckych hraníc lesných pozemkov, resp. pre meranie s požadovanou presnosťou pre body min. 4. triedy presnosti.

2. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Experimentálny materiál bol získaný na území Vysokoškolského lesníckeho podniku (VŠLP) TU Zvolen, v rámci ktorého sú zastúpené lesné porasty s rôznym vekom a drevinovým zložením. V prvej fáze terénnych prác boli založené a zamerané štyri polygónové ťahy medzi trigonometrickými bodmi 23-Dibák, 47-Trebuľa. Podrobná charakteristika týchto polygónových ťahov je uvedená v práci TUNÁKA (2010).

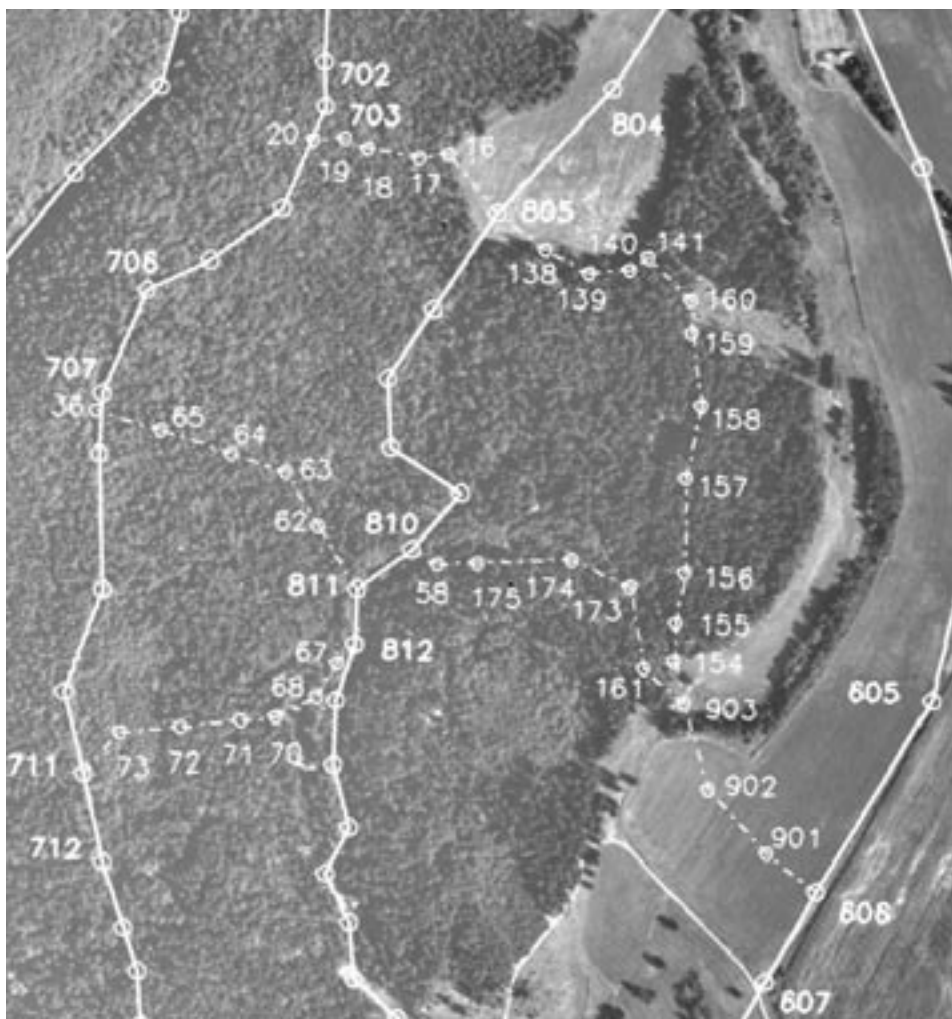
Na meranie bola použitý elektronický tachymeter TPOCON GPT 3002, ktorý je vybavený interným registračným zariadením. Možnosti merania dĺžok sú pomocou odrazového hranolu do vzdialenosti 3 km s presnosťou ± 3 mm, pričom samotné meranie dĺžok je rozšírené aj o bezhranové meranie pomocou pulzného laseru až do vzdialenosti 1 200 m s presnosťou ± 5 mm. Presnosť merania uhlov je dvoj sekundová.

Po zameraní hlavných polygónových ťahov bolo vykonané meranie na doplnenie lomových bodov vlastníckych hraníc a hraníc lesných dielcov. Na porastovej mape boli vyznačené jednotlivé lomové body hraníc. Na podklade takto grafického zobrazenia bolo rozhodnuté o spôsobe ďalšieho merania (polygónový ťah, rajón). Lomové body hraníc týchto pozemkov boli stabilizované drevenými kolíkmi. Z grafického zobrazenia lomových bodov hraníc jednotlivých lesných dielcov vyplynulo, že pre určenie ich pravouhlých súradníc bolo potrebné zmerať 5 polygónových ťahov v tejto štruktúre:

- ťah č. 11 medzi bodmi 805 a 703 (dielce 304 a 305), dĺžka 304,93 m, 6 strán,
- ťah č. 12 medzi bodmi 811 a 707, (dielce 301, 305, 306, 312, 313), dĺžka 432,30 m, 6 strán,
- ťah č. 13 medzi bodmi 606 a 810, (dielce 301, 302, 303, 305), dĺžka 735,30 m, 9 strán,
- ťah č. 14 medzi bodmi 812 a 711, (dielce 301, 306, 307, 311), dĺžka 393,53 m, 7 strán,
- ťah č. 15 medzi bodmi 805 a 606, (dielce 302, 303), dĺžka 1053,60 m, 12 strán.

Každý polygónový ťah bol zameraný dvakrát za účelom možnosti posúdenia presnosti určenia pravouhlých súradníc vrcholových bodov ťahov podľa strednej súradnicovej chyby vrcholových bodov m_{xy} .

Na obr. 1 je časť leteckej snímky, na ktorej sú vyznačené zamerané polygónové ťahy vložené medzi body hlavných ťahov. Hlavné ťahy sú zobrazené plnou čiarou, vedľajšie ťahy sú zobrazené bodkočiarkovane.



Obr. 1. Priebeh vedľajších polygónových ťahov
 Fig. 1 The course of side traverses

3. METODIKA A VYHODNOTENIE EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ

3.1. Posúdenie dodržania geometrických parametrov

Geometrické parametre sú stanovené Inštrukciou (1994) v jej prílohe č. 31 a to podľa druhu ťahu, triedy presnosti, spôsobu pripájania a základných stredných chýb meraných prvkov (uhlov dĺžok). Sú to tieto parametre: krajná dĺžka strany, krajný pomer dĺžok susedných strán, krajný pomer dĺžok v ťahu, maximálne vybočenie ťahu, maximálny odklon strany od spojnice začiatočného a koncového bodu ťahu, maximálny počet vrcholov a maximálny súčet dĺžok strán.

V prípade, že pri určovaní PBPP polygónovým ťahom výnimočne nie je možné splniť niektoré geometrické parametre, je potrebné vykonať ďalší postup výpočtov a testovanie dosiahnutej presnosti podľa týchto zásad:

- nie je dovolené prekročiť krajnú dĺžku strany, maximálny počet vrcholov a maximálny súčet dĺžok strán,
- v každom prípade, ak dôjde k prekročeniu hodnoty vybočenia polygónového ťahu viac ako o 25 %, je potrebné dosiahnutú presnosť individuálne posúdiť podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body, t.j. posúdením stredných súradnicových chýb jednotlivých vrcholových bodov polygónového ťahu,
- ak sa prekročí jediný geometrický parameter najviac o 50 % hodnoty stanovenej (okrem vybočenia ťahu), potom pri splnení kritérií presnosti nie je potrebné testovanie,
- ak sa súčasne prekročia najviac tri geometrické parametre, každý najviac o 50 % stanovených hodnôt, platia kritériá presnosti polygónového ťahu rovnakého druhu porovnateľných geometrických parametrov o triedu presnosti vyššej bez testovania,
- v ostatných výnimočných prípadoch, keď nemožno ani predchádzajúce zásady uplatniť, je potrebné dosiahnutú presnosť individuálne posúdiť podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body, t.j. posúdením stredných súradnicových chýb jednotlivých vrcholových bodov polygónového ťahu.

Pri jednotlivých geometrických parametroch boli dosiahnuté tieto výsledky:

- **krajná dĺžka strany** (povolená: 60–400 m): Hodnoty sa pohybovali od 22 m do 193 m. Ani pri jednom z ťahov nebola dodržaná minimálna hodnota. Horná hranica (max. hodnota) bola dodržaná pri všetkých ťahoch.
- **krajný pomer dĺžok susedných strán** (povolený: pre 1. a 2. tr. presnosti 1 : 2, pre 3. tr. presnosti 1 : 3 a pre 4. tr. presnosti 1 : 4): Dosiahnuté hodnoty – 1-krát 2. tr. presnosti, 3-krát 3. tr. presnosti a 1-krát 4. tr. presnosti.
- **krajný pomer dĺžok v ťahu, t.j. pomer medzi najmenšou a najväčšou dĺžkou** (povolený: pre 1. a 2. tr. presnosti 1 : 4, pre 3. a 4. tr. presnosti 1 : 5): Dosiahnuté hodnoty – 3-krát 1. tr. presnosti a 2-krát 2. tr. presnosti).
- **maximálne vybočenie ťahu** (povolené: 1. a 2. tr. presnosti $0,3 s_{PK}$, 3. tr. presnosti $0,4 s_{PK}$, 4. tr. presnosti $0,5 s_{PK}$, kde s_{PK} je priama spojnica začiatočného a koncového bodu ťahu): Dosiahnuté hodnoty – 3-krát 2. tr. presnosti, 1-krát 4. tr. presnosti, 1-krát kritérium nesplnené).

- **maximálny odklon strany ťahu od priamej spojnice s_{PK}** (povolený: 1. a 2. tr. presnosti 40^o, 3. a 4. tr. presnosti 50^o): Dosiahnuté hodnoty – 2-krát 2. tr. presnosti, 1-krát 3. tr. presnosti, 2-krát kritérium nesplnené).
- **maximálny počet vrcholov** (v závislosti od dĺžky ťahu, napr. pre 2. triedu presnosti je predpísaný počet vrcholov 22, 18, 15 pre súčet dĺžok strán v km 2,0 1,6 1,2): Pre všetky ťahy bola dosiahnutá 2. trieda presnosti.
- **maximálny súčet dĺžok strán – dĺžka ťahu** (uvedené v predchádzajúcom kritériu): Pre všetky ťahy bola dosiahnutá 2. trieda presnosti.

Nakoľko niektoré predpísané geometrické parametre neboli dodržané v zmysle Inštrukcie (1994) bola dosiahnutá presnosť posúdená podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body, podľa stredných súradnicových chýb m_{xy} jednotlivých vrcholových bodov polygónového ťahu. Pre určenie m_{xy} sa použil klasický postup vyrovnávacieho počtu (BÖHM, J. a kol. 1990). Výsledky sú uvedené v kap. 3.3.

3.2. Výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov

Výpočet vložených polygónových ťahov sa vykonal v nadväznosti na body hlavných polygónových ťahov, ktorých poloha bola určená s presnosťou zodpovedajúcou pre určenie PBPP 1. až 3. triedy presnosti. Výpočet súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov bol vykonaný ako pre ťah obojstranne orientovaný a obojstranne súradnicovo pripojený na základe približného vyrovnania v dvoch krokoch (ŽÍHLAVNÍK, 2004): uhlové vyrovnanie ťahu a dĺžkové (súradnicové) vyrovnanie ťahu. Posúdenie správnosti výpočtu sa vykonalo podľa kritérií presnosti stanovené Inštrukciou (1994) a to podľa druhu ťahu a triedy presnosti. Výsledky sú uvedené v kap. 3.3. Výpočet bol vykonaný softvéromi KOKEŠ a GROMA.

3.3. Posúdenie presnosti:

Posúdenie dodržania krajných uhlových a polohových odchýlok $\Delta\omega$ a Δp

Pre posúdenie boli použité kritéria podľa Inštrukcie (1994) pre vedľajšie ťahy a 2. triedu presnosti:

- uhlová odchýlka $\Delta\omega = \sqrt{n+2}$
- polohová odchýlka $\Delta p = 0,0045 \sqrt{\sum s} + 0,04$

kde n je počet vrcholových bodov ťahu a s je dĺžka ťahu.

Všetky ťahy spĺňajú kritéria presnosti pre 2. triedu presnosti.

Posúdenie presnosti určenia pravouhlých súradníc vrcholových bodov ťahov

Pre vedľajšie polygónové ťahy bol zvolený rovnaký postup výpočtu a posúdenia presnosti ako pri hlavných ťahoch (kap. 3.1.2 a 3.1.4).

V jednotlivých polygónových ťahoch boli dosiahnuté tieto výsledky:

- polygónový ťah č. 11, stredné súradnicové chyby vrcholových bodov sa pohybujú v rozpätí od $m_{xy} = 0,04$ m do $m_{xy} = 0,08$ m, priemer $m_{xy} = 0,06$ m,
- polygónový ťah č. 12 stredné súradnicové chyby vrcholových bodov sa pohybujú v rozpätí od $m_{xy} = 0,08$ m do $m_{xy} = 0,12$ m, priemer $m_{xy} = 0,11$ m,
- polygónový ťah č. 13 stredné súradnicové chyby vrcholových bodov sa pohybujú v rozpätí od $m_{xy} = 0,03$ m do $m_{xy} = 0,09$ m, priemer $m_{xy} = 0,05$ m,
- polygónový ťah č. 14 stredné súradnicové chyby vrcholových bodov sa pohybujú v rozpätí od $m_{xy} = 0,08$ m do $m_{xy} = 0,14$ m, priemer $m_{xy} = 0,11$ m,
- polygónový ťah č. 15 stredné súradnicové chyby vrcholových bodov sa pohybujú v rozpätí od $m_{xy} = 0,06$ m do $m_{xy} = 0,20$ m, priemer $m_{xy} = 0,12$ m.

Posúdenie presnosti určenia vrcholových bodov polygónových ťahov sa vykonalo podľa toho, či tieto body sú určené ako body pre ďalšie podrobné meranie, t.j. ako PBPP, alebo ide už priamo o lomové body hraníc. Požadované presnosti predpisujú normy STN 73 0415 Geodetické body a STN 01 3410 Mapy veľkých mierok. Pri PBPP ide o 5. tried presnosti: $m_{xy} = 0,02$ m, $0,04$ m, $0,06$ m, $0,12$ m, $0,20$ m. Pri posúdení presnosti lomových bodov vlastníckych hraníc ide o 3. a 4. triedu presnosti: $m_{xy} = 0,14$ m a $m_{xy} = 0,26$ m.

Experimentálny materiál predstavuje veľmi rozsiahly súbor geodetických bodov. V rámci tohto príspevku sú uvedené len konečné výsledky, ich zhodnotenie a diskusia. Podrobne je celý súbor uvedený v práci TUNÁK 2010.

4. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV A DISKUSIA

Dosiahnuté výsledky pre vedľajšie polygónové ťahy ukazujú, že podľa STN 73 0415 Geodetické body v dvoch prípadoch sa dosiahla priemerná hodnota strednej súradnicovej chyby vrcholových bodov m_{xy} 3. triedu presnosti a v troch prípadoch 4. triedu presnosti. V celom súbore jednotlivých bodov bola päťkrát dosiahnutá len 5. trieda presnosti. Podľa normy STN 01 3410 Mapy veľkých mierok v dvoch prípadoch dosiahla priemerná hodnota strednej súradnicovej chyby vrcholových bodov m_{xy} 2. triedu presnosti a v troch prípadoch 3. triedu presnosti. V celom súbore jednotlivých bodov päťkrát bola dosiahnutá len 4. trieda presnosti.

Posúdenie presnosti podľa strednej súradnicovej chyby vrcholových bodov m_{xy} ukázalo, že aj pri nedodržaní niektorých geometrických parametrov možno pri vedľajších polygónových ťahoch dosiahnuť presnosť, ktorá je vyžadovaná pri meraní vlastníckych hraníc lesných pozemkov (požadovaná 4. trieda presnosti).

Rozbory jednotlivých geometrických parametrov ukazujú, najväčším problémom v lesných porastoch pri polygónových ťahoch je dodržanie krajnej dĺžky strany (jej minimálnej hodnoty, t.j. 60 m) a odklonu strán od spojnice počiatočného a koncového bodu

(S_{PK}). Okrem neprehľadnosti zalesneného územia (vplyvom porastu) tieto geometrické parametre sú výrazne ovplyvňované aj členitosťou terénu. Dodržanie týchto kritérií by si vyžadovalo značné zásahy do porastov vyrúbaním priesekov pre zámery, čo nie je v súlade s hospodárením v lesných porastoch. Pri nedodržaní týchto kritérií musí byť vykonané testovanie presnosti podľa STN 730415 – Geodetické body rozborom stredných súradnicových chýb. Výsledky týchto testov preukázali, že sa dosiahla presnosť v určení pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov, ktorá vyhovuje min. 4. triede presnosti pre PBPP podľa STN 730415. Tieto priaznivé výsledky pravdepodobne vyplývajú z toho, že pri meraní vrcholových uhlov a dĺžok strán elektronickými tachymetrami sa dosahuje vysoká presnosť, ktorá pri požiadavke na nižšie triedy presnosti (4., resp. 5.), túto väčšinou niekoľkonásobne prekračuje.

Výsledky potvrdili možnosti využitia vedľajších polygónových ťahov pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov. Dosiahnuté výsledky vedú k úvahe, do akej miery je potrebné dodržiavať predpísané geometrické parametre podľa Inštrukcie (1994). Od začiatku jej platnosti došlo vo vývoji a používaní geodetických prístrojov k výraznému pokroku. Ide najmä o elektronické tachymetre a samozrejme o GNSS (pri meraní s nimi podľa doterajších výsledkov pre určovanie PBPP vo vnútri porastov sa nedosahujú požadované presnosti). Bude asi žiaduce tieto kritéria prehodnotiť a prispôsobiť ich súčasnému stavu prístrojovej techniky, ale i požiadavkám na konkrétne merania. Ukazuje sa, že úprava geometrických parametrov by značne zjednodušila meračské práce pri určovaní hraníc lesných pozemkov s možnosťou využitia polygónových ťahov s aktuálnym prispôbením ich tvaru hraniciam lesných pozemkov. Ich využitie v súčasnosti je, pri nedodržaní niektorých geometrických parametrov, podmienené dosiahnutú presnosť individuálne posúdiť podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body, t.j. posúdením stredných súradnicových chýb jednotlivých vrcholových bodov polygónového ťahu. To si však vyžaduje opakované merania, čo výrazne znižuje hospodárnosť merania. V tomto smere by bolo vhodné upraviť predpísané geometrické parametre pre vedľajšie polygónové ťahy a novelizovať Inštrukciu (1994) a zároveň začleniť ich do Štandardu digitálneho mapového diela s obsahom LH (2007).

Využitie polygónových ťahov je zvlášť aktuálne pri lesníckom mapovaní vzhľadom na legislatívne predpisy v oblasti priestorovej úpravy lesov, rozmanitosť jednotiek priestorového rozdelenia lesa (napr. ŽÍHLAVNÍK, 2008, 2010) a možnosť kombinácie terestrických meraní navzájom a s fotogrametriou. Ide najmä o kombináciu meraní GNSS na voľnom priestranstve s nadväzujúcim meraním polygonizáciou vo vnútri porastu (napr. ŽÍHLAVNÍK, MELUŠ, 2009), využitie zostavy Fieldmap pri meraní hraníc JPRL (napr. TOMAŠTÍK, 2008) a výrazný nástup digitálnej fotogrametrie (napr. Kardoš, Chudý, 2008, Kardoš a kol. 2010).

5. ZÁVER

Vykonané experimentálne merania, rozboru ich presnosti a dosiahnuté výsledky ukázali, že pri určovaní hraníc lesných pozemkov je výhodne použiť predovšetkým vedľajšie polygónové ťahy. V zalesnených územiach je však problematické dodržanie

niektorých predpísaných geometrických parametrov podľa Inštrukcie (1994). Ide najmä o dodržanie krajnej dĺžky strany (jej minimálnej hodnoty, t.j. 60 m) a odklonu strán od spojnice počiatočného a koncového bodu (S_{PK}). Ideálne prispôsobenie sa zameriavanému územiu s dodržaním predpísaných geometrických parametrov by si v zalesnenom území vyžadovalo vyrúbanie priesekov pre zámery na meranie uhlov a dĺžok. Takéto nežiaduce zásahy do porastov majú nepriaznivý vplyv a preto je treba hľadať také technológie, ktoré by tieto nepriaznivé vplyvy eliminovali.

Dosiahnuté výsledky v tomto príspevku vedú k úvahe do akej miery je potrebné dodržiavať predpísané geometrické parametre pre polygónové ťahy podľa Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach (1994). Od začiatku platnosti tohto predpisu došlo v oblasti mapovacích prác k výraznému pokroku v presnosti merania uhlov a dĺžok využívaním elektronických tachymetrov, ako aj určovaním polohy geodetických bodov pomocou GNSS. Je žiaduce tieto kritéria prehodnotiť a prispôsobiť ich súčasnému stavu prístrojovej techniky a požiadavkám na konkrétne merania. Úprava geometrických parametrov, najmä pre vedľajšie polygónové ťahy, by značne prispela k zvýšeniu hospodárnosti meračských prác pri určovaní hraníc lesných pozemkov.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpory v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA MŠ SR a SAV č. 1/0560/09 s názvom „Racionalizácia lesníckeho mapovania“ na Katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie Lesníckej fakulty TU vo Zvolene.

Literatúra

- BŮHM, J., RADOUCH, V., HAMPACHER, M. 1990. Teórie chýb a vyrovnávacieho počtu. GKP Praha, ISBN 80-7011-056-2, 416 s.
- BITTERER, L. 2003. Geodézia. Interný učebný text. Stavebná fakulta ŽU Žilina, 358 s.
- HRICKO, B., ŽIHĽAVNÍK, Š. 2003. Príspevok k problematike určovania hraníc lesných pozemkov pomocou technológie GPS. In: Acta Facultatis Forestalis Zvolen XLV, ISSN 0231-5785, s. 323–335.
- KARDOŠ, M., CHUDÝ, F. 2008. Problematika tvorby klasických a pravých digitálnych ortofotosnímkov.. In: Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy, TU Zvolen, ISBN 978-80-228-1949-7, s. 101–111.
- KARDOŠ, M., CHUDÝ, F., BEKEŠ, P. 2010. Problematika určovania polohy bodov v podmienkach lesného prostredia. In: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, ISBN 978-80-228-2162-9, s. 40–50.
- MELUŠ, J. 2009. Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní. Dizertačná práca, TU Zvolen, 97 s.
- SOKOL, Š., JEŽKO, J., BAJTALA, M. 2003. Výučba v teréne z geodézie. STU Bratislava, ISBN 80-227-1893-9, 141 s.
- TOMAŠTÍK, J. 2008. Problematika určovania hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa v lesníckom mapovaní. Dizertačná práca. TU Zvolen, 127 s.
- TUNÁK, D. 2009. Polygonizácia v lesníctve. In: Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy: zborník referátov zo sympózia s medzinárodnou účasťou. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. ISBN 978-80-228-1949-7. s. 22–36.
- TUNÁK, D. 2010. Racionalizácia mapovacích prác pri určovaní hraníc lesných pozemkov. Dizertačná práca. Zvolen: TU vo Zvolene, 140 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A. 2006. Problematika priestorového rozdelenia lesa v súčasnom období vo väzbe na lesnícke mapovanie. In: Geodézia v lesníctve. TU Zvolen, ISBN 801-228-1684-1, s. 99–105.
- ŽIHĽAVNÍK, A. 2007. Aktuálne zmeny a nové prvky v priestorovej úprave lesa. In: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-1809-4, s. 125–133.

- ŽIHĽAVNÍK, A. 2005, (2008 reedícia). Hospodárska úprava lesov. VŠ učebnica. TU Zvolen, ISBN 80-228-1542-X, 388 s.
- ŽIHĽAVNÍK, A. 2010. Problematika priestorovej úpravy lesa v súčasnom období. In: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania, TU Zvolen, ISBN 978-80-228-2162-9, s. 163–169.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., TUNÁK, D. 2006. Využitie polygonizácie v lesníckej geodézii. In: Geodézia v lesníctve. TU Zvolen. ISBN 80-228-1684-1, s. 78–88.
- ŽIHĽAVNÍK, Š., MELUŠ, J. 2009. Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní. Vedecké štúdie. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-2013-4, 77 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. 2004. Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve. VŠ učebnica. TU Zvolen, ISBN 80-228-1287-0, 388 s.
- Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach 984 121 I/93, ÚGKK SR, 1994
- tandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva. NLC Zvolen.
- STN 01 3410. Mapy veľkých mierok. Základné ustanovenia.
- STN 73 0415. Geodetické body.
-

Adresa autorov

Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Ing. Daniel Tunák, PhD.

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

TU Zvolen

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: zihlav@vsld.tuzvo.sk

tunak@vsld.tuzvo.sk

Polygonometria a vedľajšie polygónové ťahy v lesníckom mapovaní

Abstrakt

Polygonometria, t.j. určovanie polohy bodov metódou polygónových ťahov patrí medzi najpoužívanejšie metódy pri určovaní geodetických bodov. Príspevok sa zaoberá posúdením možnosti využitia vedľajších polygónových ťahov pri meraní vlastníckych hraníc lesných pozemkov. V členitom a neprehľadnom zalesnenom území sú často problémy s dodržaním predpísaných geometrických parametrov podľa Inštrukcie na práce v polohových bodových poliach (1994). Využitie elektronických tachymetrov dáva predpoklady pre dosiahnutie požadovanej presnosti aj pre vedľajšie polygónové ťahy. Vykonané merania a ich rozbor ukázali, že aj pri nedodržaní niektorých predpísaných geometrických parametrov bola dosiahnutá presnosť požadovaná pri meraní vlastníckych hraníc lesných pozemkov minimálne v 4. triede presnosti $m_{xy} = 0,26$ m, čo je v súlade s katastrálnym mapovaním pri mapovaní lesných pozemkov.

Kľúčové slová: polygonometria, vedľajšie ťahy, vlastnícke hranice, lesné pozemky, presnosť merania.

PROBLEMATIKA TERESTRICKÉHO URČOVANIA VLASTNÍCKYCH HRANÍC LESNÝCH POZEMKOV

Daniel T U N Á K – Štefan Ž Í H L A V N Í K

Tunák D., Žíhlavník Š.: Problems of terrestrial mapping of property boundaries of forest land. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, 53(2): 155–166, 2011.

The permanent forest spatial distribution units include forest units and ownership units. Their borders are also the property boundaries and therefore in their measurements, possibly staking-out, the accuracy criteria of cadastral mapping must be fulfilled. As the most suitable method for the establishment and measurement of a point field during determination of forest land property boundaries seems to be the method of traverses with short lengths of sides. Experimental measurements have shown high accuracy in determining the basic geodetic points and forest land boundary points. According to the mean coordinate errors m_x , there were obtained values corresponding at minimum with the 4th accuracy class for determination of geodetic points and forest land boundary points. Appropriate method of measurement is a combination of electronic tachymetre and the GNSS (for the determination of geodetic points in the open are).

Keywords: forest lands, property boundaries, methods of measurement

1. ÚVOD

Jednou z najdôležitejších úloh lesníckeho mapovania je zisťovanie hraníc lesných pozemkov. Tieto sú podkladom ako pre tvorbu polohopisnej zložky lesníckych máp, tak aj pre zisťovanie výmery lesných pozemkov pre zostavenie plochovej tabuľky, ktorá je rovnako ako lesnícke mapy súčasťou Programu starostlivosti o lesy (PSoL) a uvádza prehľad a sumárne údaje o všetkých lesných pozemkoch, pre ktoré bol vyhotovený PSoL. Prehľad lesných pozemkov obsahuje ich výmery v členení podľa druhu pozemkov, katastrálnych území, vlastníckych vzťahov, parcelných čísel z katastra nehnuteľností, prípadne ďalšie údaje.

V oblasti lesníctva hranice lesných pozemkov tvoria hranice jednotiek priestorového rozdelenia lesa (JPRL), ktoré predstavujú výrazné špecifikum v oblasti lesníckej kartografie. Ide o účelové rozdelenie lesných pozemkov a následné zameranie a zobrazenie ich hraníc. Do takto zostrojeného polohopisu sa dopĺňajú špecifické lesnícke prvky podľa tematického zamerania jednotlivých účelových máp (napr. v porastovej mape farebne vek porastu podľa jednotlivých vekových tried, farebne a šrafovaním etáže lesných porastov, v mape ochrany lesov sa graficky vyznačia návrhy ochranných opatrení, ako sú protipoziarne ochranné pásy, zariadenia proti lavínam a pod.).

Určovanie hraníc lesných pozemkov ako hraníc JPRL je pomerne komplikovanou a špecifickou záležitosťou z hľadiska dodržiavania kritérií presnosti mapovania. Ide jednak o meranie vlastníckych hraníc, kde sa vyžaduje presnosť katastrálneho mapovania, ako aj o meranie ostatných hraníc s nižšími požiadavkami na presnosť.

Cieľom predloženého príspevku je, na základe analýzy súčasného stavu a rozborov experimentálnych meraní, posúdiť vhodnosť meračských metód pri terestrickom určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov a navrhnúť optimálny spôsob pri ich určovaní. Sú v ňom uvedené niektoré výsledky z riešenia vedeckého projektu VEGA č. 1/0560/09 s názvom „Racionalizácia lesníckeho mapovania“.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

Zameriavanie vlastníckych hraníc lesných pozemkov prináša určité komplikácie z hľadiska dodržiavania kritérií presnosti mapovania. Tento problém sa výrazne prejavil po politických zmenách v r. 1989, keď v dôsledku reprivatizačného procesu boli postupne vrátené lesné pozemky pôvodným vlastníkom. Ústavné zrovnoprávenie jednotlivých vlastníckych foriem po novembri 1989 znamenalo zásadnú zmenu vo vlastníckych a užívacích vzťahoch, ktoré sa v období 40-ročného povojnového vývoja výrazne zmenili a narušili jednostranne preferovanou prioritou užívania. V rámci reprivatizácie došlo k výrazným zmenám vo vlastníctve lesných pozemkov a s tým aj k nutnosti ich evidovania v katastri nehnuteľností. Aj keď v minulom období vlastnícke vzťahy formálne neboli dotknuté, právnymi úpravami sa ako prioritné riešili užívacie vzťahy, pričom rozsah oprávnení, ktorý vyplýval z užívania prakticky nahrádzal vlastnícke oprávnenia. Z hľadiska mapovacích prác rozhodujúca je tá skutočnosť, že aj keď majetková podstata formálne zostala nedotknutá a dochádzalo aj k dedičským konaniam, tento stav nebol prenášaný do terénu. Ani hranice pôvodných vlastníkov neboli udržiavané a väčšinou nie sú už v teréne poznateľné. Najprv treba identifikovať hranice z kartografických podkladov a potom ich následne v teréne vytýčiť.

V súčasnosti sa už väčšina lesníckeho mapovania vykonáva fotogrametrickými metódami. Ide o jednoznačnú racionalizáciu v oblasti mapovania. Aj napriek tejto skutočnosti terestrické merania majú svoje dôležité opodstatnenie. Ide hlavne o zameranie tých prvkov, ktoré sú pod clonou lesného porastu a nie je možné určiť ich na leteckých snímkach a o určenie vlícovacích bodov, ktoré sú potrebné na fotogrametrické vyhodnotenie. Aj pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov je potrebné prevažne terestrické meranie, nakoľko v súčasnosti v praxi hospodárskej úpravy lesov používané letecké snímky (mierka 1 : 10 000 až 1 : 15 000) nevyhovujú požiadavkám na presnosť katastrálneho mapovania. Aj pri použití leteckých snímok väčších mierok (mierka cca 1 : 5 000), je určovanie vlastníckych hraníc lesných pozemkov často problematické pre ťažkosti ich priamej identifikácie na snímkach (najmä v porastoch s vysokým zakmenením a zápojom).

Predmetom lesníckeho mapovania je prevažnej miere zameranie a zobrazenie JPRL, ktoré sú vytvorené v rámci priestorovej úpravy lesa a sú prevádzkovými jednotkami pre pestovanie lesa, ochranu lesa, ťažbu a dopravu dreva a pre podchytenie a sledovanie vývoja lesa, t.j. kontrolu plnenia funkcie lesa v širšom zmysle (napr. ŽIHĽAVNÍK, 2006, 2007,

2008). V zmysle vyhlášky MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa sa členia lesné pozemky na nasledujúce JPRL: lesné oblasti a podoblasti, lesné celky, vlastnícke celky (sem patria aj vlastnícke celky malých výmer do 50 ha), dielce a ostatné lesné pozemky. Uvedené JPRL sa odlišujú od seba jednak výmerou, ako aj požadovanou presnosťou pri ich zameraní. Podľa požadovanej presnosti pri lesníckom mapovaní možno terestrické merania rozdeliť do dvoch skupín:

- prvú skupinu predstavujú merania vlastníckych hranice pozemkov, ktoré si vyžadujú meranie s presnosťou podľa katastrálneho mapovania,
- druhú skupinu predstavujú merania lesného detailu, ktorý je podkladom pre tvorbu účelových lesníckych máp s nižšími požiadavkami na presnosť.

Z uvedených JPRL vlastnícke hranice pozemkov predstavujú hranice lesných celkov a vlastníckych celkov. Hranice ostatných JPRL nie sú vlastníckymi hranicami a patria do druhej skupiny. Tieto skutočnosti znamenajú rozdielny prístup pri výbere metód merania.

3. EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

Experimentálny materiál bol získaný na testovacom území geodetického bodového poľa Vysokoškolského lesníckeho podniku TU Zvolen. Ide o zalesnené územie, v rámci ktorého prebieha vlastnícka hranica prezentovaná hranicami viacerých lesných dielcov. Záujmové územie predstavujú prevažne lesné porasty s rôznym vekom a drevinovým zložením. Reliéf terénu je pomerne členitý. Úlohou je posúdiť možnosti určenia tejto hranice vhodnými metódami terestrického merania. Toto územie je zobrazené na obr. 1 na časti leteckej snímky, kde vlastnícke hranice sú vyznačené hrubšou čiarou. Sledovaná vlastnícka hranica prebieha z ľavej strany po hrebeni vnútram lesného porastu v rámci lesných dielcov 304, 305, 306, 307, 308; z pravej strany prebieha hranica okrajom lesného porastu (rozhranie les-pastvina) v rámci lesných dielcov 301, 302, 303, 304, 305, 307 a 308.

Na základe rekognoskácie terénu (prehliadka záujmového územia, vyhľadanie existujúcich geodetických bodov, posúdenie členitosti a prehľadnosti územia) bolo rozhodnuté, že ako najvhodnejšia metóda pre zameranie danej vlastníckej hranice je polygonometria. Polygónovým ťahom sa v danom území možno najlepšie prispôsobiť priebehu vlastníckej hranice, a to buď priamym určením lomových bodov hraníc ako vrcholových bodov ťahu, alebo voľbou vrcholových bodov tak, aby z nich bolo možné lomové body hranice zamerať vhodnou metódou (predovšetkým rajónmi, resp. pretínaním napred z uhlov alebo z dĺžok). Pre riešenie úlohy boli založené dva polygónové ťahy, pričom prvý ťah väčšinou prebieha po hranici lesných pozemkov. Voľba druhého ťahu mimo hraníc lesných pozemkov vyplývala z členitosti terénu s veľmi nepravidelným priebehom hraníc. Obidva polygónové ťahy boli obojstranne orientované a súradnicovo pripojené medzi trigonometrickými bodmi 23-Dibák a 47-Trebuľa.



Obr. 1 Zaujmové územie na leteckej snímke
 Fig. 1 The area of interest on an aerial photograph

Na meranie bola použitý elektronický tachymeter TPOCON GPT 3002, ktorý je vybavený interným registračným zariadením. Možnosti merania dĺžok sú pomocou odrazového hranolu do vzdialenosti 3 km s presnosťou ± 3 mm, pričom samotné meranie dĺžok je rozšírené aj o bezhranolové meranie pomocou pulzného laseru až do vzdialenosti 1 200 m s presnosťou ± 5 mm. Presnosť merania uhlov je dvoj sekundová. Podrobný rozbor (výpočet, posúdenie presnosti) týchto ťahov uvádza TUNÁK (2010).

Vzhľadom na to, že všetky lomové body vlastníckej hranice nebolo možné zamerať ako vrcholové body polygónového ťahu, bola predbežne v teréne posúdená možnosť ich určenia podľa priebehu hraníc lesných dielcov na porastovej mape. Vychádzalo sa z toho, aby pri voľbe vrcholových bodov polygónového ťahu sa nerobili nežiaduce zásahy do porastov vyrúbaním priesekov pre zámery pri meraní dĺžok a uhlov medzi bodmi ťahu. Následne pri kancelárskom spracovaní terénnych meraní (výpočet a zobrazenie polygónových ťahov) sa vykonalo grafické znázornenie tých bodov, ktoré nebolo možné zamerať priamo polygónovým ťahom. Posúdením grafického zákresu sa rozhodne akými metódami ich bude možno zamerať (ako rajóny, metódou pretínania napred z uhlov alebo z dĺžok, vedľajšie a uzavreté polygónové ťahy, ortogonálna metóda a pod.).

4. METODIKA A VYHODNOTENIE EXPERIMENTÁLNYCH MERANÍ

Experimentálne merania boli spracované a vyhodnotené nasledovne:

- Výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov a posúdenie ich presnosti.
- Doplnenie lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov.

4.1. Výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov a posúdenie ich presnosti

Výpočtové práce a posúdenie presnosti polygónových ťahov bolo vykonané v týchto krokoch:

- Výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov.
- Posúdenie dodržania predpísaných geometrických parametrov a kritérií presnosti podľa Inštrukcie (1994).
- Výpočet stredných súradnicových chýb a testovanie dosiahnutej presnosti.

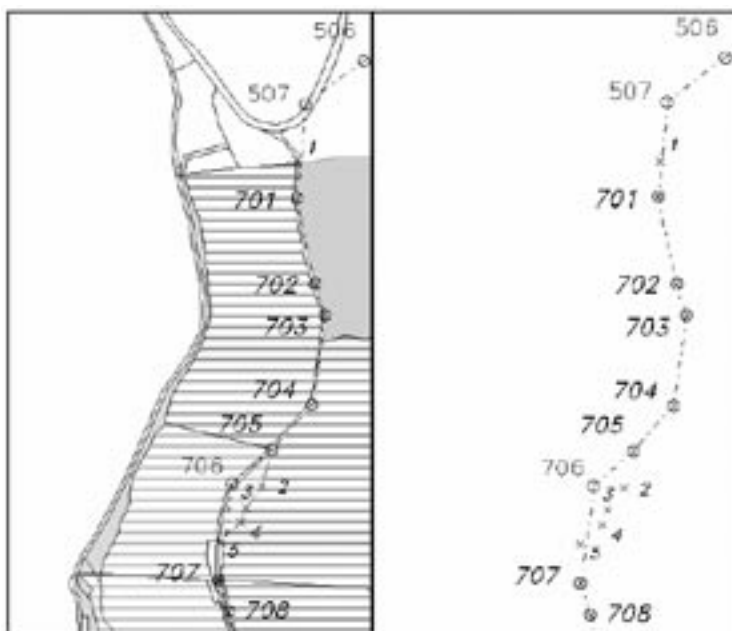
Výsledky sú podrobne uvedené v práci TUNÁKA (2010) a v tomto príspevku sú využité iba na ďalšie grafické rozbor pri určovaní lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov. Vrcholové body polygónových ťahov boli určené s vysokou presnosťou (podľa stredných súradnicových chýb m_{xy} boli dosiahnuté hodnoty odpovedajúce min. 4. triede presnosti pre obidve technické normy STN 73 0415 a STN 01 3410). Tieto výsledky jednoznačne preukázali, že pre určovanie geodetických bodov (PBPP) ako aj pre lomové body v prípade vlastníckych hraníc lesných pozemkov je polygonometria jednoznačne najvhodnejšia metóda v prípade merania priamo v lesných porastoch.

4.2. Doplnenie lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov

Záujmové územie bolo rozdelené na 6 dielov, v rámci ktorých je grafický návrh na zameranie tých lomových bodov, ktoré nebolo možné zamerať priamo ako vrcholy polygónových ťahov. Tie vrcholy polygónového ťahu, ktoré sú zároveň lomovými bodmi vlastníckej hranice, boli na jednotlivých obrázkoch zvýraznené a označené okrem krúžku aj krížikom. Body hranice, ktoré je potrebné domerať sú očíslované a označené krížikom.

Ukážka je na obr. 2, ktorý predstavuje 1. diel záujmového územia, v rámci ktorého boli domerané lomové body 1, 2, 3, 4, 5 nasledovne:

- bod 1 je možné zamerať ako rajón z bodu 507 s orientáciou na bod 506,
- body 2, 3, 4 a 5 je možné zamerať ako vedľajší polygónový ťah medzi bodmi 705 a 707 alebo ako rajóny z bodu 706 s orientáciou na bod 705.



Obr. 2 Lomové body hranice pozemku dielu č. 1

Fig. 2 Boundary points of forest land No.

5. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

5.1. Výber metód merania

Vykonané merania a posúdenie vhodnosti rôznych metód merania pre určenie lomových bodov vlastníckych hraníc lesných porastov ukázali na široké možnosti využitia rôznych metód a technológií meraní s dominantným postavením metódy polygonometrie s meraním vrcholových uhlov a dĺžok strán elektronickými tachymetrami. Určovanie lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov je v súčasnosti veľmi aktuálne a rozhodujúcu úlohu pri výbere metód merania zohrávajú tieto činitele:

- a) členitosť a neprehľadnosť zalesnených území,
- b) reprivatizačný proces a s ním súvisiace meračské práce,
- c) legislatíva lesníckeho a katastrálneho mapovania.

K bodu a)

Záujmové územie, v ktorom boli vykonané experimentálne merania možno považovať za reprezentatívny výber pre väčšinu lesov na území SR z pohľadu nepriaznivých podmienok pre geodetické merania (lesné porasty s rôznou štruktúrou a rastovou fázou porastu, rôzne výškové pomery, okraje lesných porastov), čo umožňuje zovšeobecnenie výsledkov. Vlastnícka hranica lesného pozemku prebieha sčasti vo vnútri porastov, sčasti okrajom porastu (rozhranie les – pastvina). Uplatniť metódu polygónových ťahov na priame určenie lomových bodov hranice ako vrcholových bodov ťahu nebolo možné pre všetky lomové body hraníc pozemku. Všetky vrcholové body polygónových ťahov pre rôzne prekážky nebolo možné stabilizovať priamo na hranici pozemku. Takáto realizácia by si vyžiadala vyrúbanie priesekov pre zámery, čo by boli nežiaduce zásahy do porastu. Preto zvyšné lomové body hranice pozemku bolo navrhnuté riešiť ako rajóny, kolmicou, resp. vedľajším polygónovým ťahom s kratšími dĺžkami strán, pričom pre niektoré body boli možné aj viaceré alternatívy.

Pri meraní vlastníckych hraníc pritom treba rozlišovať pri dve kategórie polohových bodov z pohľadu presnosti. Východiskové body pre podrobné meranie musia byť určené ako pevné body podrobného polohového bodového poľa (PBPP) v zmysle STN 73 0415 Geodetické body, min. v 4. triede presnosti ($m_{xy} = 0,12$ m), lomové body hraníc lesných pozemkov v zmysle STN 01 3410 Mapy veľkých mierok, min. v 4. triede presnosti ($m_{xy} = 0,26$ m). Do úvahy prichádza predovšetkým určenie PBPP pomocou GNSS v tých miestach, kde je voľný priestor a následne určenie lomových bodov hraníc pozemkov vhodnými metódami (polygónové ťahy, rajóny, metóda pravouhlých súradníc, pretínanie z uhlov, resp. dĺžok), z ktorých ako najvýhodnejšia je metóda polygónových ťahov s kratšími dĺžkami strán.

Pri alternatíve určenia lomových bodov polygónovými ťahmi s kratšími dĺžkami strán ide väčšinou o ťahy, ktorých dĺžky strán sú pod minimálnou hranicou predpísanou Inštrukciou (1994), t.j. 50 m a nie je dodržaný ani predpísaný geometrický parameter odklonu strán od spojnice počiatočného a koncového bodu (S_{PK}). Do úvahy prichádza

prípadne aj uzavretý ťah. Tieto návrhy s možnosťou dosiahnutia predpísanej presnosti vychádzajú z rozborov niektorých autorov (napr. WEISS, G. 1996, ŠŤTIL, J. *a kol.* 1998, ŽIHĽAVNÍK, Š. – TUNÁK, D. 2006, TUNÁK, D. 2009, 2010). Práve táto alternatíva je pre zalesnené územia veľmi vhodná, nakoľko polygónové ťahy s krátkymi stranami, resp. uzavreté ťahy sa dobre môžu prispôbiť priebehu hranice a určenia jej lomových bodov.

K bodu b)

Pomerne značné množstvo meračských prác pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov súvisí s reprivatizačným procesom v lesníctve. Proces reprivatizácie lesov, t.j. prinavrátenie lesných pozemkov pôvodným vlastníkom rieši dva základné problémy: právny a technický. Tieto problémy sú navzájom prepojené. Právny problém rieši prinavrátenie vlastníckych a užívacích práv k lesným pozemkom na základe preukázania sa relevantným dokladom o vlastníctve výpisom z pozemkovej knihy alebo z katastra nehnuteľností v spojení s grafickou a písomnou identifikáciou (možno využiť aj prídelové listiny s prídelovými plánmi, ktoré sú archivované v okresných archívoch). Technický problém rieši otázku konkrétneho vydávania pozemku priamo v teréne, spojenú s identifikáciou, vytyčovaním a stabilizáciou jeho hraníc. Ide prakticky o mapovacie práce, ktoré možno rozdeliť do týchto okruhov: identifikácia hraníc z kartografických podkladov, terénne mapovacie práce, priestorové rozdelenie lesa a kritériá presnosti.

Riešenie technického problému môže byť v dvoch rovinách: vytyčenie hraníc lesných pozemkov alebo nutnosť tvorby geometrických plánov. Práve pri vytyčení hraníc pôvodných lesných pozemkov možno uplatniť v tejto práci získané poznatky, najmä v tých prípadoch, kde nie sú originály pôvodných meraní, ale je potrebné vychádzať z kartometrických údajov, t.j. zistenie priebehu hraníc z mapových podkladov. Pred samotným meraním je potrebné urobiť grafický návrh vo viacerých alternatívach.

K bodu c)

Hlavnou úlohou lesníckeho mapovania je zameranie hraníc JPRL a ich následné zobrazenie v lesníckych mapách. V súčasnosti od r. 2005 platí zákon NR SR č. 326/2005 Z. z. o lesoch a podľa vyhlášky MP SR č. 453/2006 Z. z. o hospodárskej úprave lesov a ochrane lesa na účely hospodárskej úpravy lesov sa členia lesné pozemky na nasledujúce jednotky priestorového rozdelenia lesa: lesné oblasti a podoblasti, lesné celky, vlastnícke celky (sem patria aj vlastnícke celky malých výmer do 50 ha), dielce, čiastkové plochy, porastové skupiny a ostatné lesné pozemky. Z týchto jednotiek priestorového rozdelenia lesa vlastnícke hranice pozemkov predstavujú hranice lesných celkov a vlastníckych celkov. Vzhľadom na to, že hranice lesných celkov a vlastníckych celkov sú zároveň vlastníckymi hranicami, musia sa pri ich meraní, resp. vytyčovaní a stabilizácii dodržiavať kritériá presnosti katastrálneho mapovania. Lesnícke mapovanie sa v súčasnosti riadi Štandardom digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva (2007), ktoré vydalo Národné lesnícke centrum vo Zvolene v súlade s § 38 zákona NR SR č. 326/2005 o lesoch v znení neskorších predpisov a § 4 zákona NR SR č. 215/1995 o geodézii a kartografii v znení ne-

skorších predpisov. Štandard definuje kvantitatívny a kvalitatívny obsah mapového diela potrebného pre vyhotovenie súčastí LHP a tvorbu TŠMD. Polohová a výšková presnosť lesníckeho mapového diela vyplýva z použitej metódy obstarania mapovaného prvkú, ktorá je pre potreby lesníckeho mapovania v zmysle Štandardu zaradená do príslušnej kategórie presnosti. Ide o tri kategórie presnosti, ktoré však nie sú špecifikované konkrétnou hodnotou strednej súradnicovej chyby. Pri tvorbe základnej lesníckej mapy (digitálnej lesníckej mapy) a z nej následne tvorby ďalších lesníckych účelových máp, sa používa 5. trieda presnosti ($m_{xy} = 0,50$ m), čo je pre určovanie vlastníckych hraníc nevyhovujúce.

Na vlastnícke hranice lesných pozemkov sa vzťahujú kritéria presnosti katastrálneho mapovania. V zmysle Inštrukcie na tvorbu Základnej mapy SR veľkej mierky 984 211 I/94 sa pri mapovaní súvislých komplexov lesného pôdneho fondu spravidla používa 4. trieda presnosti mapy a základná mapa sa vyhotovuje v mierke 1 : 2 000.

Výsledky viacerých autorov (ŽIHĽAVNÍK, Š., TUNÁK, D. 2006, TUNÁK, D. 2009, 2010) preukázali, že pri súčasnej prístrojovej technike (elektronické diaľkomery, GNSS) a vhodnou kombináciou metód merania je možné aj pri meraniach v zalesnených územiach dosiahnuť požadovanú presnosť pre meranie vlastníckych hraníc lesných pozemkov. Bolo by vhodné túto skutočnosť akceptovať a upraviť legislatívne predpisy pre lesnícke mapovanie (Štandard digitálneho mapového diela) tak, aby výsledky boli využiteľné aj pre účely katastra nehnuteľností.

4.2. Návrh na zameriavanie hraníc lesných pozemkov

Na základe vykonaných experimentálnych meraní, ich rozborov a zhodnotenia výsledkov bol pre zameranie vlastníckych hraníc lesných pozemkov navrhnutý tento postup:

- a) obstaranie podkladov o existujúcom bodovom poli (správa katastra, porastová mapa, lesný hospodársky plán),
- b) rekognoskácia terénu a založenie bodového poľa,
- c) zakreslenie bodového poľa do porastovej mapy (a podľa možnosti aj do leteckej snímky) a grafické znázornenie možných spôsobov pre určenie lomových bodov hraníc lesných pozemkov,
- d) zameranie bodového poľa a všetkých lomových bodov hraníc lesných pozemkov.

Z geodetických metód pri meraní vlastníckych hraníc lesných pozemkov ako najvhodnejšiu metódu možno odporučiť metódu polygónových ťahov s krátkymi dĺžkami strán. Zameranie vrcholových bodov ťahov vo vnútri porastu vykonať elektronickým tachymetrom v kombinácii s GNSS (na určenie geodetických bodov na pripojenie polygónových ťahov na voľnom priestranstve). Efektívne využívanie jednotlivých metód GNSS (Statická, Stop & Go a RTK) je buď samostatne alebo v kombinácii s klasickými terestrickými metódami podľa požadovanej presnosti mapovania. Všetky doterajšie dostupné výsledky merania GNSS v zalesnených územiach jednoznačne preukazujú výrazný vplyv lesného prostredia na presnosť merania a výrazný pokles presnosti v zalesnených územiach do takej miery, že určovanie polohových bodov v presnostiach požadovaných pre vlastnícke hranice (min. 4. trieda presnosti mapovania) je prakticky nemožné (napr. MELUŠ, J. 2009, ŽIHĽAVNÍK, Š.,

MELUŠ, J. 2009). Na druhej strane však technológia merania GNSS (možnosť rýchleho a presného určenia geodetických bodov na voľnom priestranstve v blízkosti mapovaného lesného územia) vedie k tomu, aby sa hľadali optimálne riešenia spojenia metód GNSS a takých geodetických metód, ktorými je možné dosiahnuť aj presnosť pre meranie vlastníckych hraníc lesných pozemkov. Pre tie lomové body, ktoré nie je možné určiť priamo polygónovým ťahom je možno použiť rajóny, metódu pravouhlých súradníc, pretínanie z uhlov, resp. dĺžok).

5. ZÁVER

Vytvorenie trvalých jednotiek priestorového rozdelenia lesa je pre lesné hospodárstvo zásadnou otázkou. Z týchto jednotiek priestorového rozdelenia lesa vlastnícke hranice pozemkov predstavujú hranice lesných celkov a vlastníckych celkov (sem patria aj vlastnícke celky malých výmer do 50 ha). Vzhľadom na to, že hranice lesných celkov a vlastníckych celkov sú zároveň vlastníckymi hranicami, musia sa pri ich meraní, resp. vytyčovaní a stabilizácii dodržiavať kritériá presnosti katastrálneho mapovania.

Ako najvhodnejšia metóda pre založenie a zameranie bodového poľa pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov sa javí metóda polygónových ťahov s krátkymi dĺžkami strán. Experimentálne merania preukázali vysokú presnosť určovania východiskových geodetických bodov ako aj lomových bodov hraníc pozemkov (podľa stredných súradnicových chýb m_{xy} boli dosiahnuté hodnoty odpovedajúce min. 4. triede presnosti podľa STN 73 0415 a STN 01 3410). Vhodná je kombinácia merania elektronickým tachymetrom (vnútri lesného porastu) s GNSS (na určenie geodetických bodov na voľnom priestranstve pre pripojenie polygónových ťahov, príp. na zhustenie bodového poľa). Pre tie body, ktoré nie je možno určiť priamo hlavným polygónovým ťahom ako najvhodnejšia alternatíva sa javí ich určenie pomocou rajónov alebo metódou pravouhlých súradníc, pretínaním z uhlov, resp. dĺžok.

Pri riešení problematiky terestrického určovania vlastníckych hraníc lesných pozemkov treba mať na zreteli, že identifikácia vlastníckej hranice priamo v lesných porastoch je sťažená a často nie je identická ani s hranicami JPRL. Je preto potrebné zachovávať geometriu pozemkov z relevantných dokladov, resp. ich riešiť v rámci vytyčovacieho náčrtu alebo geometrického plánu a pri ich určovaní v teréne využiť metódu polygónových ťahov.

Na základe vykonaných meraní a ich rozborov možno pre meranie vlastníckych hraníc lesných pozemkov navrhnúť postup, ktorý by zosúladiť na jednej strane požiadavku lesného hospodára na obmedzenie nepriaznivých zásahov do lesných porastov meračských prácach a na využitie technológií merania s čo najvyššou hospodárnosťou. Tento postup predpokladá spoluprácu merača s lesným hospodárom, ktorý mu poskytne základné informácie o lesných porastoch, ktorých sa meranie dotýka. Ide najmä o informácie o štruktúre a rastovej fáze porastov a spôsobe hospodárenia. Tieto údaje možno získať aj z porastovej mapy, prípadne aj z leteckej snímky a lesného hospodárskeho plánu a umožnia meračovi po rekognoskácii terénu rozhodnúť o racionálnej voľbe technológie merania. Všetky práce súvisiace so zameraním hraníc lesných pozemkov by bolo vhodné potom rozdeliť

do štyroch častí. V prvej časti by sa získali všetky potrebné podklady (existujúce bodové pole, porastová mapa, letecká snímka, LHP). V druhej časti by sa vykonala rekognoskácia záujmového územia a založilo vhodné bodové pole. V tretej časti by sa na porastovej mape graficky vyznačili alternatívy určenia tých lomových bodov hraníc lesného pozemku, ktoré nie je možné určiť priamo pri založení bodového poľa. V štvrtej časti by sa vykonalo zameranie už stabilizovaného bodového poľa a súčasne z týchto bodov by sa na podklade grafického riešenia vybrala najvhodnejšia alternatíva pre domeranie ostatných lomových bodov.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpory v rámci riešenia vedeckého projektu VEGA MŠ SR a SAV č. 1/0560/09 s názvom „Racionalizácia lesníckeho mapovania“ na Katedre hospodárskej úpravy lesov a geodézie Lesníckej fakulty TU vo Zvolene.

Literatúra

- MELUŠ, J. 2009. Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní. Dizertačná práca, TU Zvolen, 97 s.
- ŠUTTL, J. a kol. 1998. Analýza kvality polygónových ťahov. In. Acta Montanistica Slovaca, roč. 3 (1998), 1, s. 43–50.
- TUNÁK, D. 2009. Polygonizácia v lesníctve. In: Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy: zborník referátov zo sympózia s medzinárodnou účasťou. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. ISBN 978-80-228-1949-7. s. 22–36.
- TUNÁK, D. 2010. Racionalizácia mapovacích prác pri určovaní hraníc lesných pozemkov. Dizertačná práca. Zvolen: TU vo Zvolene, 140 s.
- WEISS, G. 1996. Podporené polygónové ťahy. In. Acta Montanistica Slovaca, roč.1 (1996), 1, s. 55–64.
- ŽIHLAVNÍK, A. 2006. Problematika priestorového rozdelenia lesa v súčasnom období vo väzbe na lesnícke mapovanie. In. Geodézia v lesníctve. TU Zvolen, ISBN 801-228-1684-1, s. 99–105.
- ŽIHLAVNÍK, A. 2007. Aktuálne zmeny a nové prvky v priestorovej úprave lesa. In. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-1809-4, s. 125–133.
- ŽIHLAVNÍK, A. 2008. Hospodárska úprava lesov. VŠ učebnica. TU Zvolen, ISBN 80-228-1542-X, 388 s.
- ŽIHLAVNÍK, Š., TUNÁK, D. 2006. Využitie polygonizácie v lesníckej geodézii. In: Geodézia v lesníctve. TU Zvolen. ISBN 80-228-1684-1, s. 78–88.
- ŽIHLAVNÍK, Š., MELUŠ, J. 2009. Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní. Vedecké štúdie. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-2013-4, 77 s.
-

Adresa autorov:

Ing. Daniel Tunák, PhD.

Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

TU Zvolen

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: tunak@vsld.tuzvo.sk

zihlav@vsld.tuzvo.sk

Problematika terestrického určovania vlastníckych hraníc lesných pozemkov

Abstrakt

Medzi trvalé jednotky priestorového rozdelenia lesa patria lesné celky a vlastnícke celky. Ich hranice sú zároveň vlastníckymi hranicami a preto pri ich meraní, resp. vytyčovaní sa musia dodržiavať kritériá presnosti katastrálneho mapovania. Ako najvhodnejšia metóda pre založenie a zameranie bodového poľa pri určovaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov sa javí metóda polygónových ťahov s krátkymi dĺžkami strán. Experimentálne merania preukázali vysokú presnosť určovania východiskových geodetických bodov ako aj lomových bodov hraníc pozemkov. Podľa stredných súradnicových chýb m_{xy} boli dosiahnuté hodnoty odpovedajúce min. 4. triede presnosti pre určenie polohových geodetických bodov a lomových bodov vlastníckych hraníc. Vhodná je kombinácia merania elektronickým tachymetrom s GNSS (na určenie geodetických bodov na voľnom priestranstve). Body, ktoré nie je možno určiť priamo polygónovým ťahom, je vhodné určiť pomocou rajónov, metódou pravouhlých súradníc, pretínaním z uhlov, resp. dĺžok.

Kľúčové slová: lesné pozemky, vlastnícke hranice, metódy merania