



**MEDZINÁRODNÝ
ROK LEŠOV • 2011**

**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

53, Suppl. 1

2011

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Editori:

Ing. Martin Lieskovský, PhD.
Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc.
Doc. Dr. Ing. Jaroslav Šálka
Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

Redakčná rada:

Prof. Ing. Rudolf Kropil, CSc. – predseda
Prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
Doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.
Prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
Prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
Prof. Ing. Ladislav Paule, PhD.
Prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
Doc. Dr. Ing. Jaroslav Šálka
Prof. Ing. Anton Žihlavník, CSc.
Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Vedecký redaktor:

Doc. Ing. Dušan Gömöry, CSc.

Posudzovatelia:

doc. Ing. Vladimír Kunca, PhD.
RNDr. Ľubica Ditmarová, PhD.
prof. Ing. Július Valtýni, DrSc.
Ing. Marián Böhmer, PhD.
Ing. Jozef Vakula, PhD
Ing. Pavel Ballo
Ing. Bc. Ľuboš Halvoň
Ing. Jozef Meluš, PhD.
Ing. Jozef Šadibol, PhD.
Ing. Marián Faško, PhD.
Ing. Marián Slamka, PhD.
Ing. Igor Olajec
Ing. Ivan Sačkov, PhD.

Vydala Technická univerzita vo Zvolene

Vydanie I. – 2011

Rozsah 183 strán, 10,43 AH, 11,71 VH

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 26. 1. 2011,
číslo EP 170/2011.

Evidenčné číslo 3861/2009

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Turečková, S.: Zimné rekreačné aktivity na vybranej lokalite Chopok-juh a ich negatívny vplyv na pôdu a bylinný kryt lyžiarskych zjazdoviek 7 Winter recreation activities in Chopok-south area and its effect on herbaceous cover of chosen ski slopes 7	
Kovalčíková, D., Střelcová, K.: Transpirácia smreka (<i>Picea abies</i> L. Karst) v podmienkach sucha 19 Transpiration of Norway spruce (<i>Picea abies</i> L. Karst)..... 19	
Kliment, D., Závacká, M.: Posúdenie náchylnosti povodia toku Hučava na výskyt povodňových prietokov 35 The assessment of Hucava water flow catchment susceptibility to the occurrence of flood flows 35	
Hanko, M., Juško, V.: Sprístupnenie lhc rudno za účelom jeho rekreačného využitia 45 Accessing of forest management-plan area Rudno on intension of its recreation utilization 45	
Weisz, R., Pavlík, Š.: P oškodenie smrekovcových mladín kôrovnicami (Sternorrhyncha, Adelgidae) v závislosti od stanovištných a porastových podmienok 57 Damages to young larch stands caused by adelgids (Sternorrhyncha, Adelgidae) in dependence on site and stand conditions 57	
Porubiaková, D.: Etológia a ochrana svišťa vrchovského (<i>Marmota marmota</i>) na vybranom území Západných Tatier 71 Etology and protection of marmot mountain (<i>Marmota marmota</i>) in selected territory of West Tatras 71	
Soľanka, J.: Pravá a tradičná ortofotomapa a ich využitie v lesníckom mapovaní 81 True and traditional orthophotomap and their utilization in forestry mapping 81	
Smažák, L.: Posúdenie vhodnosti polygonometrie pri určovaní geodetických bodov v zalesnených územiach 95 Assessment of suitability polygonometry in determining geodetic points 95 in wooded areas 95	
Vargicová, B.: Kartografické informačné zdroje pre tvorbu lesníckych máp 115 Cartographic information resources for the production of forest maps 115	

Kamenský, P., Žihlavník, Š.: Odhad presnosti rýchlej statickej metódy GNSS v lesnom prostredí	131
Estimate of GNSS rapid static method precision in forest enviroment.....	131
Schürger, J.: Návrh metodických postupov na zhodnotenie negatívneho vplyvu traktorových technológií na pôdu v lanovkových terénoch	141
Evaluation the negative effect of tractor technologies to the soil in cableway terrains	141
Vyskoková, Z.: Návrh metodických postupov na zhodnotenie hospodárnosti aplikačných riešení integrovanej logistiky lesnej biomasy	157
Logistics of forest biomass.....	157
Ivan, M.: Výskyt fibropapilomatózy jeleňovitých na Slovensku so zameraním na srnca lesného (<i>Capreolus capreolus</i>).....	171
The occurrence of the fibropapillomatosis of Cervidae in Slovakia with special emphasis on the roe-deer (<i>Capreolus capreolus</i>).....	171

ZIMNÉ REKREAČNÉ AKTIVITY NA VYBRANEJ LOKALITE CHOPOK-JUH A ICH VPLYV NA BYLINNÝ KRYT LYŽIARSKYCH ZJAZDOVIEK

Slávka TUREČEKOVÁ

Turečková, S.: Winter recreation activities in Chopok-south area and its effect on herbaceous cover of chosen ski slopes. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 7–17.

Land use in term of tourism entails very important factor in biodiversity changes. Mostly, places valuable from nature and landscape protection are exploited most. Skiing is frequented concept of land use in alpine altitude, what accurate increasing of limit factors. We can conceptualize them as an ground cover destruction and consecutive species changes of phytocenose. This contribution deals with phytocenoses changes, abundance and dominance of varied herb cover on chosen ski slopes.

Key words: alpine environment, Low Tatras, ski slopes, species composition change, herbaceous cover

1. ÚVOD

Využitie krajiny je konkrétny prejav ľudskej aktivity v priestore a čase, ktorý v sebe zhromažďuje určitý historický, hospodársky, sociálny a kultúrny potenciál a predstavuje prienik medzi prírodnými danosťami územia, technickými možnosťami a poznatkami človeka (ŽIGRAJ *et al.* 1980 ex SLÁVIKOVÁ *et al.* 2010). Jednou z foriem využitia krajiny je rekreácia. Je prirodzenou súčasťou života a ovplyvňujú ju socioekonomické podmienky a intenzita zahraničného cestovného ruchu. Lyžovanie je frekventovaný spôsob využitia horskej krajiny, ktorý podnecuje rozmáhanie sa limitujúcich faktorov vo vysokohorskom prostredí. Toto prostredie je ovplyvňované rekreačnými aktivitami prostredníctvom pozitívneho ekonomického efektu na jednej strane a prostredníctvom negatívneho ekologického efektu na strane druhej (SLÁVIKOVÁ, TUREČEKOVÁ 2010). Pojem negatívny ekologický efekt predstavuje zníženie ekologickú stabilitu krajiny, jej zmenený obraz a kvalitu. Biodiverzita závisí od zdrojov prostredia (heterogenita abiotických podmienok), ale aj od medzidruhovej konkurencie, predácie, miery disturbancie, atď. (STORCH, MIHULKA 2000 ex SLÁVIKOVÁ *et al.* 2010). Disturbancia sa na plochách lyžiarskych zjazdoviek v krehkých vysokohorských ekosystémoch prejavuje vo forme deštrukcie pôdneho a vegetačného krytu prostredníctvom neustálych terénnych úprav. Medzidruhovú konkurenciu je spôsobená zmenou charakteru pôdneho povrchu a jeho podmienok, čo má za následok nástup ruderalných druhov. Ďalej ju priamo spôsobujú antropogénne vstupy do druchovej skladby ekosystému. V oboch prípadoch je zrejmé, že pôvodné obnovujúce sa druhy sa dostávajú

s novo nastupujúcimi do vzťahu medzidruhovej konkurencie. Zjazdovky vyvolávajú súčasne obavy a záujem orgánov ochrany prírody kvôli významným zmenám ekologických podmienok (Kessler *et al.*, Briggs, Rivera, De Leon, Zhang *ex BURT*, RICE 2009).

Na Slovensku je tejto problematike venovaná pozornosť pri posudzovaní vplyvov na životné prostredie. Priamo devastácii pôdneho povrchu na zjazdovkách sa venoval KOREŇ (1982), revegetácii KIZEKOVÁ *et al.* (2008). Priame a nepriame narušanie alpskej vegetácie zimnými rekreačnými aktivitami, zmeny druhového zloženia, diverzitu a produktivitu sledovali napr. Tilman, Mulder, Uliassi, Doak *ex WIPF et al.* (2005), ARGENTI, FERRARI (2009), TSUYUZAKI (2002), RUTH-BALAGANSKAYA, MYLLYNNEN-MALINEN (2000), ANIC *et al.* (2010), atď.

Za veľmi príbuznú môžeme považovať problematiku únosnej kapacity okolitej vegetácie pozdĺž turistických chodníkov. Venovali sa jej ŠOLTĚS (1985) vo Vysokých Tatrách, ŠOMŠÁK *et al.* (1981) v oblasti Hrebienka a Skalnatého plesa, HRNČIAROVÁ (2000), MIDRIAK (1983) v oblasti Nízkych Tatier. Hustá sieť turistických chodníkov prispieva k silenejšej plošnej, ryhovej a vetrovej erózii a podporuje taktiež kryogénne procesy (BARANČOK, BARANČOKOVÁ 2008).

Štruktúra alpskej vegetácie býva ovplyvnená najmä nadmorskou výškou, sklonom a expozíciou. Niektoré alpske spoločenstvá sú mimoriadne druhovo bohaté, zatiaľ čo spoločenstvá vo vyšších a extrémnych polohách pozostávajú len z niekoľkých prispôbených špecializovaných druhov (Ellenberg 1988 *ex WIPF et al.* 2005). Sú veľmi náchylné na zmeny klímy a spôsoby využívania územia. Na Novom Zélande prebehlo niekoľko štúdií na výskum pôsobenia úpravy lyžiarskych zjazdoviek na ich vegetáciu. Na pozorovanej ploche neboli v priebehu jedného roka zistené žiadne významné zmeny v druhovom zložení (Wardle *ex FAHEY*, WARDLE 2008). Na lyžiarskom svahu Tutora na Islande bolo za 12 rokov výskumu zistené, že ratraky (pásové vozidlá) a lyžiari spôsobili svojou činnosťou značný pokles v hodnotách pokryvnosti vegetačného krytu na kamenitých a balvanitých plochách (Rogers, Kimberly *ex FAHEY*, WARDLE 2008), čo pravdepodobne odráža stratu citlivých rastlinných druhov.

Deštruktívne dopady na vegetáciu tu má pohyb samotných mechanizmov po svahu a tvorba nových lyžiarskych zjazdoviek narušaním a odstraňovaním vrchnej vrstvy pôdy a vegetácie. Podľa štúdií a výpočtov BURTA, RICEHO (2009) veľmi záleží na spôsobe úpravy svahu, t.j. či je po vytvorení planírovaný alebo nie. Vegetácia na svahu špecificky reaguje na každý druh úpravy pôdneho povrchu.

Ďalším faktorom ovplyvňujúcim zmeny druhového zloženia fytocenóz je zhutnenie snehovej vrstvy prejavujúce sa pri úprave snehu na zjazdovke. Utlačený sneh má zníženú izolačnú teplotnú kapacitu, menia sa jeho biochemické cykly, má zníženú priepustnosť pre plyny a pary, je hutnejší a má nižšiu pórovitosť (ARGENTI, FERRARI 2009). Revitalizácia a ekologicky udržateľná obnova zjazdoviek spočíva v používaní vhodných trávnych zmesí a vo výbere prírodných materiálov pre určené technologické postupy. Pri výbere vhodných rastlinných druhov sa má vychádzať z botanického zloženia travinnobylinných spoločenstiev pôvodného porastu a okolitej vegetácie, ktorá je najlepšie prispôbená nepriaznivým prírodným podmienkam. Zostavovanie a výsev zmesí je dôležitý aj preto, lebo väčšina lyžiarskych areálov sa nachádza vo veľkoplošných chránených územiach, kde

má zachovanie pôvodných ekosystémov a zamedzenie znehodnotenia autochtónnej flóry osobitný význam (KIZEKOVÁ *et al.* 2008).

Štruktúra alpínskej vegetácie býva ovplyvnená najmä nadmorskou výškou, sklonom a expozíciou. Spoločenstvá môžu pozostávať z druhov patriacich k špecifickým ekologickým skupinám, indikujúcim osobité prírodné podmienky (zasnežené depresie, exponované náveterné svahy, atď.) a sú veľmi náchylné na zmeny klímy a spôsoby využívania územia. Štúdie Urbanskej, Dingera, Argentiniho, Skottona, Piccinina ukázali, že prípadná revegetácia je obtiažna najmä v nadmorských výškach nad 1800 m (ARGENTI, FERRARI 2009). Deštruktívne dopady na vegetáciu tu má pohyb samotných mechanizmov po svahu a tvorba nových lyžiarskych zjazdoviek narušaním a odstraňovaním vrchnej vrstvy pôdy a vegetácie (obr. 1). Podľa URBANSKEJ (1997) celková distribúcia rastlín je tu nejednotná a počet jedincov na 1m² bol značne vyšší na plôškach chránených pred pôsobením mechanického poškodenia lyžami a mechanizmami, ako priamo na svahu.

Všetky spomínané druhy poškodenia vegetácie majú za následok pôdno-deštruktívne procesy. Z nich sa tu prejavuje najmä vodná erózia, najčastejší z reliéfových procesov vyskytujúci sa vo všetkých vysokých pohoriach Západných Karpát. Intenzitu pôdno-deštruktívnych procesov ovplyvňuje najmä množstvo a účinok dažďových zrážok na pôdny povrch, odtok vody z prívalových zrážok i z rozpúšťajúceho sa snehu, ďalej odpovedajúce procesy pri javoch vodnej a vetrovej erózie, niektoré svahové pohyby a pod. Podľa MIDRIAKA (1972) na záveterných stranách je deštrukcia pôdy značne menšia a sporadicky tu vzniká snehová erózia.



Obr. 1: Pôdne podmienky pre vegetáciu po úprave svahu. Výmole na rozširovanej zjazdovke medzi Jeleňou lúkou a Krúpovou, september 2010. (Autor: S. Turečeková)

Fig. 1: Soil conditions for vegetation after ski slope preparation. Pothole on extended ski slope between Jelenia lúka and Krúpová, september 2010. (Author: S. Turečeková)

2. METODICKÝ POSTUP

Základným kritériom výberu plôch pre fytocenologické (FC) zápisy bolo priestorové rozloženie vegetácie, ktorej abundancia je ovplyvnená uvedenými pôdno-

deštrukčnými javmi. Rozhodujúci bol taktiež vek lyžiarskej zjazdovky. Niektoré vznikli v roku 2009, alebo boli rozširované, iné sú staré desiatky rokov.

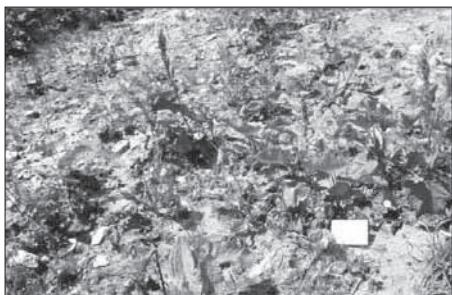
FC zápisy v rastlinných spoločenstvách sú robené podľa pôvodnej Braun-Blanquetovej sedemčlennej stupnice abundancie a dominancie. Rozlišovali sme 4 etáže. Je to klasický prístup podľa Zürišsko-montpelliarskej školy. Na sledovaných plochách je vlastný FC výskum uskutočnený od 8. 7. 2010 do 11. 8. 2010. Zozbierané dáta v podobe FC zápisov sú momentálne v štádiu spracovania v programe TURBOVEG 2.0.

Kvôli úzkemu profilu lyžiarskych svahov a nášmu zámeru zmapovať reálnu prítomnosť fytocenóz boli pri výbere plochy zásady výberu FC zápisu publikované KRIŽOVOU, NIČOM (2000) mierne upravené. Upustili sme od zásady vzdialenosti plochy od porastového okraja, zásady rôzneho veku fytocenóz a čiastočne od zásady existencie neďalekých turistických chodníkov. Veľkosť a tvar jednotlivých plôch bola stanovená podľa miery homogenity bylinného krytu, ktorá je veľmi nízka (obr. 2, obr. 3). Bez uvedených úprav by mapovanie fytocenóz na lyžiarskych svahoch pravdepodobne nebolo možné. Rozmery FC plôch sú 2×2 m a 4×4 m na lyžiarskych svahoch, a 25×25 m v lese. Každý FC zápis má tieto náležitosti: číslo zápisu, GPS súradnice v jednotnej trigonometrickej sieti katastrálnej (JTSK), dátum, plocha (m^2), nadmorská výška (m), inklinácia, expozícia, charakteristika miesta, celková pokryvnosť (E_c) ako aj pokryvnosť v etážach E_0 až E_3 , počet druhov v zápise.



Obr. 2: Rozmanitosť fytocenóz na svahu, júl 2010. (Autor: S. Turečková)

Fig. 2: Diversity of phytocoenosis on ski slope, July 2010. (Author: S. Turečková)



Obr. 3: Nehomogénny bylinný kryt na lyžiarskej zjazdovke, júl 2010. (Autor: S. Turečková)

Fig. 3: Inhomogeneous herbaceous cover on ski slope, July 2010. (Author: S. Turečková)

4. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Sledované územie v celku Nízke Tatry, časť Chopok-juh, možno vymedziť na okolie hotela Srdiečko (1 213 m n. m.) smerom ku chate Kosodrevina (1 494 m n. m.) na priamom svahu v súčasnosti využívanom, aj vedľajšom zarastajúcom a tiež svahy v spodnej časti Krúpovej (1 080 m n. m.). Nízke Tatry patria medzi jadrové pohoria. Sú budované kryštálickým jadrom a obalom z druhohorných sedimentov. Rôzna geomorfologická hodnota hornín tu má vplyv na pestrosť reliéfu. Podľa Atlasu krajiny Slovenskej republiky (ŠÁLY, ŠURINA 2002) na ploche sledovaného územia prevládajú podzoly a rankrové a surové pôdy, podrobnejšie podľa práce ČESNAKOVEJ (2010), sa tu z pôdných typov nachádzajú litozeme modálne silikátové a rankre, z pôdných druhov pôda hlinito-piesčitá. Podľa fyto geografického členenia Slovenska patrí územie do oblasti západokarpatskej flóry (*Carpaticum occidentale*), obvodu flóry vysokých centrálnych Karpát (*Eucarpaticum*). Dominantným spoločenstvom sú tu zmiešané lesy s bukom lesným (*Fagus sylvatica*), jedľou bielou (*Abies alba*) a smrekom obyčajným (*Picea abies*). Sledované územie patrí do 5. (bukového) a 6. (smrekovo-bukovo-jedľového) lesného vegetačného stupňa, ktoré sú kvôli južnej expozícii posunuté do vyšších polôh. Smrekové lesy tvoria na južných svahoch len úzky pás nad zónou bučín a zasahujú až k prirodzenej hornej hranici lesa. Podľa Geobotanickej mapy ČSSR (1986) tu prevládajú smrekové lesy čučoriedkové (*EU-Vaccinio piceeton*), do nadmorskej výšky približne 1650 m sú na sledovanom území lesy bukové (*Eu – Fagenion*).

5. VÝSLEDKY

Čiastkové výsledky výskumu zloženia fytocenóz na vybraných svahoch lokality Chopok-juh preukázali prítomnosť ruderalných druhov a umelo vysadených trávnych druhov. Môžeme teda povedať, že intenzívne zásahy do pôdneho krytu, neustály pohyb mechanizmov na úpravu svahov a vysoko frekventovaná návštevnosť počas celého roka spôsobujú nie len zmeny v pokryvnosti, ale aj druhovom zložení fytocenóz (obr. 2, obr. 3). Pre spracovanie a porovnanie bolo zo 70 FC zápisov z lokality vybraných 6 reprezentatívnych. Výber bol uskutočnený na základe rozdielov v druhovom zastúpení.

Lyžiarsky svah v oblasti Jelenej lúky (obr. 4 [štvorec č. 2]) bol rozšírený a upravovaný planírovaním. Zarastanie travinnobylinnou vegetáciou je tu v počiatočnom štádiu. Ruderálne druhy tu zatiaľ nastupujú len sporadicky, aj napriek badateľnej erózii. Môžeme však očakávať ich skorý nástup v najbližších vegetačných obdobiach a konkurenčný boj s pôvodnými lesnými travinnobylinnými druhmi, ktorých zemné časti a semená zotrvali v pôde, a objavujú sa tu zatiaľ len sporadicky (tab. 1, zápis č. 22). Výsev trávnych druhov tu ešte nebol realizovaný, preto je tu zatiaľ dominantným druhom *Rumex acetosa* L. s pokryvnosťou 25 % až 50 %.

FC zápis č. 7 (tab. 1), (obr. 4 [prostredný bod štvorca č. 1]), je lokalizovaný na odkrytých miestach zjazdovky, najmä pozdĺž turistického chodníka vedúceho popri vleku Lúčka. Objavujú sa tu ruderálne druhy ako *Taraxacum officinale* auct. non Weber, *Geum urbanum* L., *Tussilago farfara* L., *Plantago media* L., atď. Umelé zvyšovanie počtu

rastlinných druhov spôsobujú správcovia strediska vysieváním tráv na miesta, kde bola obnažená pôda, upravovalo sa planírovaním, pričom sklon svahu (28°) podmienil extrémne silnú eróziu pôdy. V zápise č. 55 (tab. 1) badať dominanciu vysievaných druhov tráv ako je *Festuca rubra* L., *Lolium perene* L., *Bromus erectus* Huds., *Calamagrostis epigeios* L. Roth.. Ich koreňová sústava je spevnená protieróznymi rohožami a pre lepšiu rast sú pridávané do pôdy hnojivá. To však platí len pre úsek od Horizontnu po staničnú budovu lanovky pri hoteli Srdiečko (nad Trangoškou). Trávne druhy na stanovištne podobných miestach mimo lyžiarskeho svahu sú podobné ako tie vysievané, v zápisoch však možno pozorovať ich nižšiu početnosť.



Zdroj mapy: Google Earth

Obr. 4: Lokalizácia fytocenologických zápisov

Fig. 4: Location of phytosociological records

Tab. 1: Vybrané FC zápisy

Tab. 1: Selected phytosociological records

	obr. 4, štvorec 1			obr. 4, štvorec 2	obr. 4, štvorec 3	
číslo zápisu	6	7	8	22	46	55
dátum	9. 7. 2010	9. 7. 2010	9. 7. 2010	11. 7. 2010	31. 7. 2010	3. 8. 2010
plocha (m)	2 × 2	2 × 2	2 × 2	2 × 2	10 × 10	2 × 2
nadmorská výška (m)	1374	1370	1376	1403	1319	1240
inklinácia (°)	22	22	19	13	16	28
expozícia	JJZ	JJZ	JJZ	JJV	JJV	JJV
charakteristika miesta	lyž. svah	lyž. svah	lyž. svah	lyž. svah	nevyuž. l. svah	lyž. svah, výs.
celk. pokryvnosť Ec (%)	100	50	100	70	100	60
pokryvnosť E0 (%)	0	0	0	0	0	60
pokryvnosť E1 (%)	100	50	100	70	90	0
pokryvnosť E2 (%)	0	0	0	0	40	0
pokryvnosť E3 (%)	0	0	5	0	20	0
počet druhov v zápise	16	12	10	8	17	24
E3 <i>Picea abies</i>					+	
<i>Fagus sylvatica</i>					3	
<i>Sorbus aucuparia</i>						+
E2 <i>Picea abies</i>					2	
<i>Salix silesiaca</i>					+	
<i>Sorbus aucuparia</i>					+	
E1 <i>Achillea millefolium</i>						+
<i>Achyrophorus uniflorus</i>	r					
<i>Agrostis</i> sp.						+
<i>Ajuga reptans</i>						
<i>Anhyllis vulneraria</i>						+
<i>Athyrium filix-femina</i>					2	
<i>Artemisia vulgaris</i>						+
<i>Bromus erectus</i>						+
<i>Calamagrostis epigeios</i>				+		1
<i>Calamagrostis villosa</i>					4	
<i>Campanula patula</i>				r		
<i>Cruciata glabra</i>						r
<i>Dactylis glomerata</i>						+
<i>Dryopteris dilatata</i>	+					
<i>Dryopteris filix-mas</i>					1	
<i>Epilobium angustifolium</i>					1	
<i>Equisetum fluviatile</i>						
<i>Festuca rubra</i>				+		1

Tab. 1: Pokračovanie

Tab. 1: Continued

	obr. 4, štvorec 1			obr. 4, štvorec 2	obr. 4, štvorec 3	
číslo zápisu	6	7	8	22	46	55
dátum	9. 7. 2010	9. 7. 2010	9. 7. 2010	11. 7. 2010	31. 7. 2010	3. 8. 2010
plocha (m)	2 × 2	2 × 2	2 × 2	2 × 2	10 × 10	2 × 2
nadmorská výška (m)	1374	1370	1376	1403	1319	1240
inklinácia (°)	22	22	19	13	16	28
expozícia	JJZ	JJZ	JJZ	JJV	JJV	JJV
charakteristika miesta	lyž. svah	lyž. svah	lyž. svah	lyž. svah	nevyuž. l. svah	lyž. svah, výs.
celk. pokryvnosť Ec (%)	100	50	100	70	100	60
pokryvnosť E0 (%)	0	0	0	0	0	60
pokryvnosť E1 (%)	100	50	100	70	90	0
pokryvnosť E2 (%)	0	0	0	0	40	0
pokryvnosť E3 (%)	0	0	5	0	20	0
počet druhov v zápise	16	12	10	8	17	24
<i>Galeopsis tetrahit</i>				+		r
<i>Galium sp.</i>	1	1	+			
<i>Genciana asclepiadea</i>					1	
<i>Geum urbanum</i>		+	1			
<i>Gnaphalium sylvaticum</i>						r
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	+	r				
<i>Hieracium sp.</i>	+					
<i>Hesperis matronalis</i>					+	
<i>Homogine alpina</i>	r					
<i>Huperzia selago</i>	1	+				
<i>Hypericum maculatum</i>					2	
<i>Larix decidua</i>	1	r				
<i>Leucanthemum vulgare</i>						+
<i>Lolium perenne</i>						2
<i>Lupinus polyphyllus</i>						+
<i>Luzula luzuloides</i>				r		
<i>Luzula sylvatica</i>					1	
<i>Milium effusum</i>	+	+				r
<i>Nardus stricta</i>	+					
<i>Phegopteris connectillis</i>	r					
<i>Plantago media</i>	r	r				+

Tab. 1: Pokračovanie
Tab. 1: Continued

	obr. 4, štvorec 1			obr. 4, štvorec 2	obr. 4, štvorec 3	
číslo zápisu	6	7	8	22	46	55
dátum	9. 7. 2010	9. 7. 2010	9. 7. 2010	11. 7. 2010	31. 7. 2010	3. 8. 2010
plocha (m)	2 × 2	2 × 2	2 × 2	2 × 2	10 × 10	2 × 2
nadmorská výška (m)	1374	1370	1376	1403	1319	1240
inklinácia (°)	22	22	19	13	16	28
expozícia	JJZ	JJZ	JJZ	JJV	JJV	JJV
charakteristika miesta	lyž. svah	lyž. svah	lyž. svah	lyž. svah	nevyuž. l. svah	lyž. svah, výs.
celk. pokryvnosť Ec (%)	100	50	100	70	100	60
pokryvnosť E0 (%)	0	0	0	0	0	60
pokryvnosť E1 (%)	100	50	100	70	90	0
pokryvnosť E2 (%)	0	0	0	0	40	0
pokryvnosť E3 (%)	0	0	5	0	20	0
počet druhov v zápise	16	12	10	8	17	24
<i>Pleurosium schreberi</i>	+					
<i>Polygonatum verticillatum</i>	+					
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	r	r				
<i>Rubus caesius</i>		+	2			
<i>Rubus ideaus</i>	+	1	+			
<i>Rumex alpestris</i>			r	+	+	
<i>Rumex acetosa</i>	+		+	3		r
<i>Salix silesiaca</i>						+
<i>Senecio nemorensis</i> , <i>ssp. Fuchsii</i>					+	
<i>Silene dioica</i>						r
<i>Solidago virgaurea</i>	+			r	1	
<i>Sorbus aucuparia</i>			r			
<i>Taraxacum officinale</i>	+	+				+
<i>Trifolium pratense</i>						+
<i>Trifolium repens</i>						1
<i>Tussilago farfara</i>	+	1				1
<i>Vaccinium myrtilloides</i>	2	+	5		2	
<i>Veronica officinalis</i>						+

GPS súradnice JTSK pre uvedené FC zápisy:

Zápis č. 6: 48°55'45,71" 19°36'1,48", zápis č. 7: 48°55'45,07" 19°36'01,36", zápis č. 8: 48°55'45,0" 19°35'58,28", zápis č. 22: 48°55'37,23" 19°35'09,16", zápis č. 46: 48°55'39,60" 19°36'04,50", zápis č. 55: 48°55'33,06" 19°36'06,22".

6. DISKUSIA A ZÁVER

Úprava zjazdových tratí prináša so sebou mnoho technických problémov a nerešpektovanie zásad revitalizácie prírodného prostredia. Ide hlavne o protierózne preventívne a nápravné opatrenia určené spravidla pri vypracovávaní dokumentu Posudzovanie vplyvov na životné prostredie (podľa zákona NR SR 26/2004 o posudzovaní vplyvov na životné prostredie). Predkladaná práca a jej čiastkové výsledky poukazujú na aktuálny stav prítomnosti pôvodných a ruderálnych bylinných druhov na sledovaných lyžiarskych zjazdovkách. Na základe fytocenologického snímkovania boli zistené rozdiely druhového zloženia na zjazdovkách s rôznymi formami a intenzitou úprav. Intenzívny zásah do ich pôdneho krytu znamená deštrukciu pre kryt bylinný. Na odkrytom pôdnom substráte ako prvé začínajú rásť odolnejšie ruderálne druhy, ktoré sa sem rozšírili vďaka postupnej urbanizácii oblasti a intenzívnemu pohybu rekreatantov, ako aj druhy, ktoré osídľovali dané stanovište pred terénnymi úpravami a ich korene zotrvali v pôde. Jedným z hlavných cieľov výskumu je prispieť k rozvoju poznatkov o zmenách ekologických podmienok v prípade antropického zaťaženia vysokohorského prostredia. Nejde o dôsledky pohybu turistov (zošľapávanie vegetácie, rozširovanie turistických chodníkov, vytváranie skratiek, atď.). Ide predovšetkým o vplyvy umiestňovania stavieb, lanových dráh, vnášanie alochtónnych rastlinných druhov a neustále mechanické zásahy do pôdneho krytu.

Na rozdiel od trás turistických chodníkov, zjazdovky majú plošný a nie líniový charakter, a v prípade záujmovej lokality sú v tesnom susedstve s lesným porastom. Ich tvaru bol prispôsobený metodický postup výberu plôch. Na sledovanie antropických vplyvov na vegetáciu je vhodne volená a dokázateľná metóda deštrukčných zmien celých ekosystémov (nejde len o kvantitatívne a kvalitatívne premeny jednotlivých rastlín, ale i o štrukturálne dôsledky celých rastlinných spoločenstiev a vegetačných celkov).

7. Použitá literatúra

- ARGENTI, G., FERRARI, L. 2009: Plant cover evolution and naturalisation of revegetated ski runs in an Apennine ski resort (Italy). *iForest* 2: s. 178–182.
- BARANČOK, P., BARANČOKOVÁ, M. 2008: Evaluation of the tourist path carrying capacity in the Belianske Tatry Mts., *Ekológia* (Bratislava), Vol. 27, No. 4, s. 401–420.
- BURT, J., RICE, K. 2009: Not all ski slopes are created equal: Disturbance intensity affects ecosystem properties *Ecological Applications*, 19 (8), s. 2242–2253.
- CESNAKOVÁ, K. 2010: Spustnuté pôdy nad hornou hranicou lesa v Ďumbierskych Tatrách. Diplomová práca. KAE FEE, TU Zvolen, s. 71.
- FAHEY, B., WARDLE, K. 1998: Likely impacts of snow grooming and related activities in the West Otago ski fields. Published by Department of conservation, Wellington, New Zeland. s. 51.
- HRNČIAROVÁ, T., 2000: High-mountain landscape load due to the hiking trails. *Ekológia* (Bratislava), Vol. 19, Supplement 2/2000, s. 222–233.
- KIZEKOVÁ, M., ČUNDERLÍK, J., HANZES, E. 2008: Praktická revitalizácia zjazdoviek v Európe a na Slovensku. *Enviromagazín* č. 6, s. 10–11.
- KOREŇ, M. 1982: Krajinnoeekologická optimalizácia Demänovskej doliny z hľadiska ďalšieho rozvoja cestovného ruchu, *Les – Drevo – Spoločnosť*, A. Biologické základy, Vysoká škola lesnícka a drevárska, Zvolen, s. 89–94.
- KRIŽOVÁ, E., NIČ, J. 2000: Fytocenológia a lesnícka typológia. Návod na cvičenia. TU Zvolen, 106 str.
- MIDRIAK, R. 1972: Deštrukcia pôdy vo vysokohorskej oblasti Belanských Tatier, Výskumný ústav lesného hospodárstva vo Zvolene, *Príroda*, Bratislava, s. 188.

- MIDRIAK, R., 1983: Morfogenéza povrchu vysokých pohorí, VEDA, Bratislava, s. 516.
- MICHÁLKO, J. *et al.* 1986: Geobotanická mapa ČSSR, Veda Bratislava.
- SLÁVIKOVÁ, D. 2010: Disturbanca lesných ekosystémov v dôsledku realizácie rekreačných aktivít, v tlači.
- SLÁVIKOVÁ, D., OLAH, B., GALLAYOVÁ, Z., GALLAY, I. 2010: Krajinná ekológia, Vysokoškolská učebnica, Technická univerzita vo Zvolene, FEE, s. 197.
- SLÁVIKOVÁ, D., TUREČEKOVÁ, S., 2010: Vplyv úpravy lyžiarskych svahov na zloženie fytocenóz na vybraných lyžiarskych svahoch lokality Chopok-juh. TU vo Zvolene, Fakulta ekológie a environmentalistiky, Katedra environmentálneho inžinierstva, Zborník, Monitoring a hodnotenie životného prostredia (v tlači).
- ŠÁLY, R., ŠURINA, B. 2002: Pôdy, Mapa 1 : 1 000 000. In Miklós, 2002 (ed.) Atlas krajiny SR, SAŽP Banská Bystrica, MŽP SR Bratislava, s. 399.
- ŠOLTĚS, R., 1985: Únosná kapacita okolia turistických chodníkov vo Vysokých Tatrách z hľadiska vegetačného krytu. Zborník prác Tatranského Národného Parku 26, s. 97–152.
- ŠOMŠÁK, L. *et al.* 1981: Vplyv zošľapovania na vegetáciu okolia Skalnatého plesa a Hrebienka vo Vysokých Tatrách. Zb. prác o TANAPe č. 22, s. 145–292.
- TSUYUZAKI, S. 2002: Vegetation development patterns on skislopes in lowland Hokkaido, northern Japan. Biological Conservation 108, s. 239–246.
- URBANSKA, K., M. 1997: Restoration ecology research above the timberline: colonization of safety islands on a machine-graded alpine ski run. Biodiversity and Conservation, Vol.6, Number 12, s. 1655–1670 (16).
- WIPF, S., RIXEN, CH., FISCHER, M., SCHMIDT, B., STOECKLI, V. 2005: Effects of ski piste preparation on alpine vegetation, Journal of Applied Ecology, 42, online ISSN: 1365-2664, s. 306–316.
-

Adresa autora:

Ing. Slavka Turečeková

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Ul. T. G. Masaryka 20

960 53 Zvolen

e-mail: sturecekova@yahoo.com

Zimné rekreačné aktivity na vybranej lokalite Chopok-juh a ich negatívny vplyv na bylinný kryt lyžiarskych zjazdoviek

Abstrakt

Využívanie krajiny človekom za účelom turizmu znamená dôležitý prvok v zmenách biodiverzity. Využívané sú najmä miesta hodnotné z hľadiska prírody a krajiny. Lyžovanie je frekventovaný spôsob využitia horskej krajiny, ktorý podnecuje rozmáhanie sa limitujúcich faktorov vo vysokohorskom prostredí. Rozumieme pod nimi deštrukciu pôdneho krytu zjazdoviek a nadväzujúce zmeny druhového zloženia fytocenóz.

Príspevok pojednáva o zmenách v druhovom zložení, abundancii a dominancii nepôvodného vegetačného krytu sústavy lyžiarskych zjazdoviek lokality Chopok-juh.

Kľúčové slová: vysokohorské prostredie, Nízke Tatry, lyžiarske zjazdovky, zmena druhovej skladby, bylinný kryt

TRANSPIRÁCIA SMREKA (*PICEA ABIES* L. KARST) V PODMIENKACH SUCHA

Dana KOVALČÍKOVÁ – Katarína STŘELCOVÁ

Kovalčíková, D., Střelcová, K.: Transpiration of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) under the conditions of drought. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 19–33.

The presented work is aimed at evaluation of reactions of *Picea abies* in two growth stages to drought stress on the level of physiological processes. Experimental plots were established out of the original distribution of spruce in our area in order to achievement of aims: Hriňová (pole stage) and Iviny (maturing stage). Six tree patterns out of the 12 on the both plots were selected for the drought stress and the remaining six patterns were irrigated due to creating a suit conditions for course of physiological and growth processes. The chosen characteristic, which provides observation of differences in reactions of variants, was transpiration, measured by tree-trunk heat balance method. Simultaneously meteorological characteristics and volume soil moisture were measured. In Iviny-plot mean transpiration of drought stressed trees represented 57% of potential transpiration in course of 35 days, in Hriňová-plot 40% in 48 days. In Iviny-plot statistically significant difference in transpiration between variants was observed, when volume soil moisture reached values 15.58–18.89%, in Hriňová-plot 10.38–13.73%. Higher volume soil moisture in Iviny-plot is caused by higher content of clay and so higher ability to keep water from precipitation, but water availability for trees is lower.

Keywords: drought stress, *Picea abies*, transpiration, soil moisture

ÚVOD

Deficit vody výrazne limituje fyziologickú aktivitu lesných drevín a tvorbu biomasy. V našich klimatických podmienkach nie sú rastliny vybavené natoľko účinnými obrannými mechanizmami alebo stratégiami, aby dokázali silné suchá prežiť bez negatívneho vplyvu na ich fyziologické procesy a následne i na rast a produkciu. Práve smrek bol v minulosti umelo zavádzaný do oblastí mimo jeho ekologického optima, kde trpí okrem iného i nedostatkom vlhkosti. Sledovanie fyziologických charakteristík smreka v polohách nižších a teplejších ako je jeho prirodzené rozšírenie poskytuje ideálnu príležitosť na priame zisťovanie jeho reakcie na suchu.

Významnou fyziologickou veličinou, reagujúcou na suchu veľmi citlivo je transpirácia. Práce viacerých autorov potvrdzujú priame prepojenie sucha a transpirácie (LU *et al.* 1995, CIENCIALA *et al.* 1999, MATEJKA *et al.* 2002). Vplyv sucha na transpiráciu smreka vo vzťahu k prebierkam vo svojich prácach opisuje LAGERGREN (2008).

Kombinácia nízkej dostupnosti pôdnej vody a vysokého sýtostného doplnku vodnej pary je často považovaná za indikáciu stresu suchom (VERBEEK *et al.* 2007). Vysoký

sýtostný doplnok zrýchľuje transpiráciu hlavne v obdobiach, keď je les dostatočne zásobený pôdnou vodou (MATEJKA *et al.* 2009). Ak je drevina optimálne zásobená vodou, potom vnútorný vodný deficit nie je ovplyvňovaný vodným deficitom pôdy, ale predovšetkým evaporačnými požiadavkami ovzdušia (MASAROVICHOVÁ *et al.* 1989). Skutočná evapotranspirácia okrem energetických činiteľov veľmi silne závisí od množstva zrážok a ich rozloženia počas roka (TOMLAIN 1996). Funkcia zrážok nespočíva iba v akumulácii vody v pôde a jej dostupnosti pre stromy. Zrážky sú tiež zachytávané v korunách stromov vo forme intercepcie. Podľa FABRIKU *et al.* (2009) predstavuje hranica 1 mm zrážok za deň štatisticky významný rozdiel v úrovni transpirácie stromov. HERZOG *et al.* (1998) uvádzajú, že zrážky zachytávané korunami stromov poskytujú vlhkosť k listom priľahlej vrstve. Pri výpare je táto vlhkosť spotrebúvaná skôr ako voda obsiahnutá v rastline, čím je transpirácia potlačená a požiadavka výparu zredukovaná.

Objem vody v pôde medzi poľnou vodnou kapacitou a bodom vädnutia je intervalom, v ktorom je voda v pôde dostupná pre rastliny na danom stanovišti (MATI 2004). Nedostatok pôdnej vody v periódach s extrémne suchou pôdou je dominantným faktorom zapríčiňujúcim redukciiu transpirácie (MATEJKA *et al.* 2009). So zásobou pôdnej vody je spojená aj doba predlžovania ciev xylému, na ktorej závisí výsledný radiálny priemer ciev. Vplyv environmentálnych faktorov na vývoj xylému u smreka zisťovali HORÁČEK *et al.* (1997).

Povrch asimilačných orgánov nie je v priamom kontakte s okolitou atmosférou. K listom priľahlá vrstva vzduchu sa vyznačuje vlastnosťami pozmenenými v porovnaní s okolitým vzduchom. Tieto hraničné vrstvy umožňujú transpirovanej vodnej pare zvlhčovať vzduch blízko listov a tak oddeľovať tlak vodnej pary na povrchu listov od tlaku okolitého vzduchu. Veľkosť tohto efektu významne závisí od pomeru medzi stomatálnou vodivosťou a vodivosťou hraničnej vrstvy vzduchu. „Decoupling coefficient“ medzi sýtostným deficitom na povrchu jednotlivého listu a sýtostným deficitom v ostatnom ovzduší dosahuje najnižšie hodnoty pri ihličnanoch, vzhľadom na ich malé listy, veľkú vodivosť hraničnej vrstvy a relatívne nízke hodnoty stomatálnej vodivosti (JARVIS & McNAUGHTON 1986). Odolnosť hraničnej vrstvy sa stáva narastajúcou mierou limitovaná s rastúcou stomatálnou vodivosťou (WULLSCHLEGER *et al.* 1998).

Ciele práce boli nasledovné:

- poznanie reakcií smreka v dvoch rôznych vekových štádiách (30-ročný porast v rastovej fáze žrdoviny, 90-ročný porast v rastovej fáze kmeňoviny) na rôzne úrovne zásobenia vodou a charakteristika následkov pôsobenia sucha v súvislosti s transpiráciou jedincov,
- stanovenie kumulatívneho transpiračného deficitu ako rozdielu medzi potenciálnou transpiráciou, reprezentovanou transpiráciou zavlažovaných jedincov a aktuálnou transpiráciou, reprezentovanou transpiráciou jedincov ponechaných na stres suchom v dňoch, kedy sa transpirácia variantov štatisticky významne líšila,
- stanovenie bodu zlomu, kedy sa začne transpirácia suchom stresovaných jedincov významne líšiť od potenciálnej transpirácie a jeho definícia z hľadiska vlhkostných charakteristík pôdy,

MATERIÁL A METÓDY

Experimentálne plochy Hriňová a Iviny boli založené v rovnorodých porastoch smreka mimo areálu prirodzeného výskytu smreka obyčajného na našom území. Charakteristiku porastov, v ktorých sú lokalizované experimentálne plochy Hriňová a Iviny, spolu so stručnými informáciami o klimatických pomeroch sú uvedené v tab. 1.

Za účelom skúmania vplyvu sucha na fyziologické charakteristiky smreka bolo z 12 vzorníkov na každej ploche 6 vzorníkov ponechaných na vplyv stresu suchom (Hriňová: strom č. 27–32, Iviny: strom č. 7–12) a 6 vzorníkov zavlažovaných za účelom vytvorenia vhodných podmienok pre priebeh fyziologických a rastových procesov (Hriňová: strom č. 21–26, Iviny: strom č. 1–6). Na ploche Hriňová sme na variant zavlažované aplikovali v čase 16. 7.–27. 8. 2009 23 m³ vody v 19-tich zálievkach, na ploche Iviny v čase 28. 7.–27. 8. 2009 18 m³ vody v 6-tich zálievkach.

Meranie transpirácie na experimentálnych plochách sme zabezpečili systémom Sap Flow EMS 51, určenom pre kmene s minimálnou hrúbkou 12 cm. Hodnoty transpiračného prúdu boli zaznamenávané v 20-minútových intervaloch [l.hod⁻¹.cm⁻¹], z ktorých sme vypočítali priemerné denné úhrny transpirácie [l.deň⁻¹.cm⁻¹]. Na plochách prebiehal kontinuálny záznam globálnej radiácie [W.m⁻²], teploty vzduchu [°C], relatívnej vlhkosti vzduchu [%] a úhrnu zrážok [mm].

Kontinuálne meranie pôdnej vlhkosti bolo v 2-týždňových intervaloch dopĺňané gravimetrickým meraním (HRAŠKO *et al.* 1962). Pre experimentálnu plochu Iviny sme z dôvodu poruchy senzora použili iba hodnoty zistené gravimetricky. Meranie vodného potenciálu pôdy (SWP) bolo zabezpečené Datalogermi MicroLog SP3 – s 3 sadrovými bločkami produkovanými firmou EMS Brno. Pre účely práce boli použité hodnoty pôdnych charakteristík z hĺbky 15 cm. Z nameraných meteorologických veličín sme v programe MINI 32 vypočítali sýtostný doplnok (SOBIŠEK *et al.* 1993) a potenciálnu evapotranspiráciu (PENMAN 1948). Pre účely práce sme použili denné úhrny globálnej radiácie [kWhod.m⁻²] a potenciálnej evapotranspirácie [mm] a priemerné denné hodnoty sýtostného doplnku [Pa; kPa]. Štatistická významnosť rozdielov medzi variantom zavlažovaným a nezavlažovaným bola vyhodnotená na základe výsledkov jednofaktorovej analýzy variancie a Duncanových párových testov. Štatistické analýzy sme realizovali v programovom balíku Statistica 7.

Kumulatívny transpiračný deficit (KTD) bol vypočítaný ako rozdiel medzi potenciálnou a aktuálnou transpiráciou podľa vzorca:

$$KTD_n = PT_n - AT_n + KTD_{n-1} \quad (1)$$

kde KTD_n predstavuje priemerný kumulatívny transpiračný deficit priemerného stromu v deň n [l.cm⁻¹], PT_n potenciálnu transpiráciu priemerného stromu v deň n [l.cm⁻¹], AT_n aktuálnu transpiráciu priemerného stromu v deň n [l.cm⁻¹] a KTD_{n-1} kumulatívny transpiračný deficit priemerného stromu v predchádzajúcom dni [l.cm⁻¹]. Kumulatívny transpiračný deficit, prepočítaný na hektár porastu [mm] použitím rastových tabuliek (HALAJ & PETRÁŠ 1998), sme počítali iba pre dni, v ktorých sa prejavil štatisticky významný rozdiel v transpirácii variantov.

Tab. 1 Charakteristika výskumných plôch Iviny a Hriňová. Údaje reprezentujú celý porast (JPRL).
Zdroj údajov: NLC–LVÚ Zvolen, platnosť LHP 2001–2011

Table 1. Description of experimental plots „Iviny“ and „Hriňová“. Data represent whole stand.
Source of data: NFC-FRI Zvolen, validity of FMP 2001–2011.

Výskumná plocha	Hriňová	Iviny
Dielec JPRL	porast 283_2	porast 219a
Zemepisná dĺžka	19° 31'	19° 23'
Zemepisná šírka	48° 35'	48° 35'
Nadmorská výška	655 m n. m.	484 m n. m.
Expozícia	juhovýchodná	južná
Sklon	5 %	5 %
Reliéf terénu	mierny svah	mierny svah, balvanitý
Geologický podklad	vulkanity	vulkanity
Pôdne pomery	kambizem modálna	kambizem pseudoglejová
Priemerná ročná teplota	6,2 °C	7,3 °C
Priem. ročný úhrn zrážok	768 mm	631 mm
Klimatická oblasť	mierne chladná	mierne chladná – mierne teplá
Skupina lesných typov	Ft (<i>Fagetum typicum</i>)	FQ (<i>Fageto-Quercetum</i>)
Lesný vegetačný stupeň	4. – bukový	2. – bukovo-dubový
Priemerný vek porastov	30 rokov	90 rokov
Zastúpenie drevín	SM 70%, BK 15%, JS 5%	SM 97 %, DB 3 %
Etáž	jednoetážový	jednoetážový
Zakmenenie	0,8	0,5

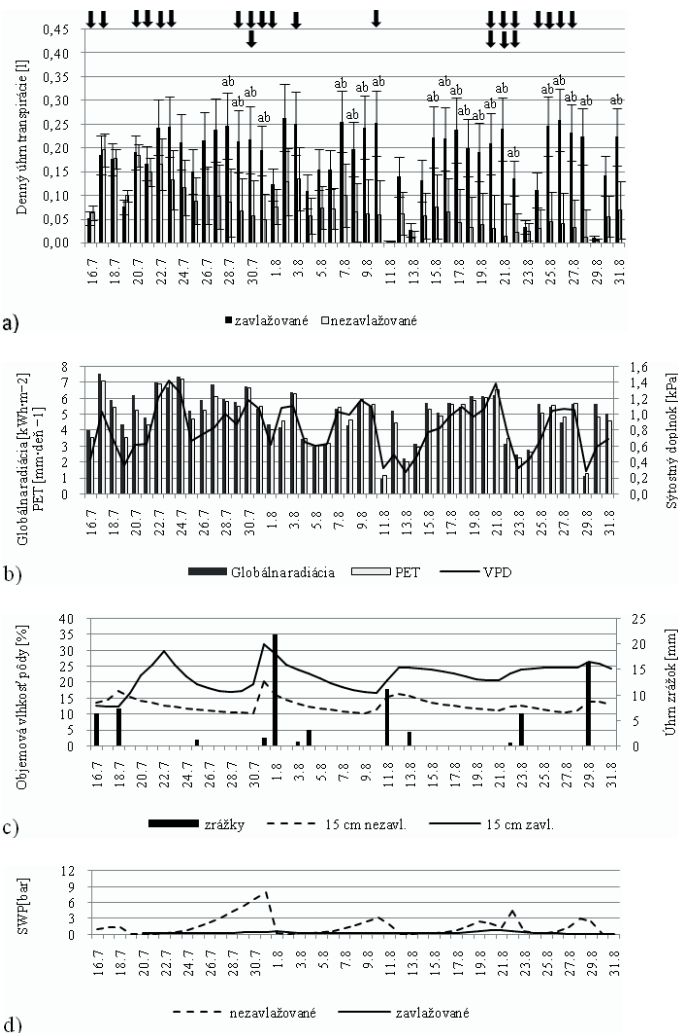
VÝSLEDKY

Vyhodnotenie vplyvu vlhkosti pôdy na transpiračné straty smreka v rastovej fáze žrdoviny v podmienkach sucha

Za pozorovacie obdobie 16. 7–31. 8. 2009 (48 dní) sa na experimentálnej ploche Hriňová prejavilo sucho na dennom úhrne transpirácie počas 21 dní. Prvá zálievka bola na variant zavlažované aplikovaná 16. 7. (obr. 1). Aktuálna transpirácia sa od potenciálnej štatisticky významne odlišovala pri hodnotách objemovej vlhkosti pôdy 10,38–13,73 %. Objemová vlhkosť pôdy zavlažovaných dosahovala za pozorované obdobie priemernú hodnotu 21,86 %. V dňoch 21. 7.–27. 7. bola vlhkosť pôdy nižšia ako 13,54 %, 27. 7. klesla až na 10,88 %. Dňa 21. 7. nedosahoval sýtosťný doplnok vysokú hodnotu (636 Pa), čo spôsobilo nízke úhrny transpirácie oboch variantov počas dňa a teda aj nevýznamný rozdiel medzi nimi. V dňoch 22.–27. 7. sa už prejavil rozdiel v priemernej transpirácii

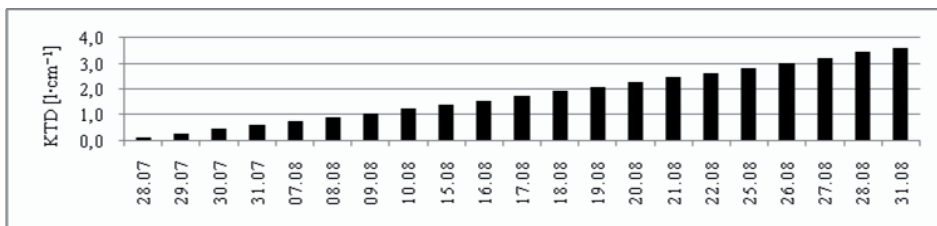
variantov, z dôvodu vysokej variability v rámci variantov však nebol štatisticky významný. Od 28. 7. do 31. 7. trvalo obdobie, počas ktorého sa prejavil štatisticky významný rozdiel medzi zavlažovaným a nezavlažovaným variantom. Hodnoty priemerného denného sýtoštného doplnku sa v týchto dňoch pohybovali medzi 875–1185 Pa. Obdobie ukončili zrážky (1,6 mm) dňa 31. 7. v nočných hodinách, ktoré spôsobili nárast priemernej dennej objemovej vlhkosti pôdy na 20,33 %, nemohli však ovplyvniť transpiráciu jedincov počas uvedeného dňa. V dňoch 1. 8.–6. 8. neboli rozdiely medzi potenciálnou a aktuálnou transpiráciou štatisticky významné. V prvých dvoch dňoch vlhkosť pôdy neklesla pod 14,56 %, aj vďaka úhrnu zrážok (22 mm) dňa 1. 8. Od 2. 8. do 3. 8. bol už rozdiel v priemerných hodnotách transpirácie značný, ale kvôli veľkej variabilite sa ešte neprejavil ako štatisticky významný. V dňoch 4. 8.–6. 8. boli hodnoty vlhkosti pôdy nízke, no keďže evaporačné požiadavky v týchto dňoch neboli vysoké, stromy transpirovali menšie množstvá vody (VPD: 602–662 Pa). Dňa 7. 8. začalo 4-dňové obdobie štatisticky významne rozdielnej transpirácie variantov. Bolo podmienené zvýšením priemerného denného VPD (1039 Pa) a udržaním vyšších hodnôt počas 4 dní. Nasledovalo 4-dňové obdobie štatisticky nevýznamných rozdielov v transpirácii variantov (11. 8.–14. 8.). VPD v týchto dňoch sa pohybovalo v rozmedzí 277–496 Pa a transpirácia oboch variantov bola nízka. Prejavilo sa to najmä 11. 8. a 13. 8., kedy priemerná transpirácia zavlažovaných nevystúpila nad $0,03 \text{ l.cm}^{-1}$. V týchto dňoch bol zaznamenaný aj úhrn zrážok (11,2 mm; 2,8 mm). Štatisticky signifikantný rozdiel v transpirácii variantov sa prejavil 15. 8.–22. 8. Začal 15. 8. s priemerným denným VPD 777 Pa. Najväčší rozdiel medzi priemernou transpiráciou variantov sa prejavil 21. 8. pri VPD 1384 Pa. Išlo o 8-dňové bezzrážkové obdobie, ktoré ukončili nočné zrážky (0,6 mm) 22. 8., nasledované 23. 8. množstvom 6,4 mm. V dňoch 23. 8.–24. 8. boli hodnoty vlhkosti pôdy 12,12–12,75 %. Vzhľadom na nízke hodnoty VPD (322–442 Pa) sa však neprejavili štatisticky relevantné rozdiely v transpirácii variantov. Dňa 24. 8. bol však už rozdiel v priemernej transpirácii variantov zjavný, no kvôli vysokej variabilite jedincov v rámci variantov štatisticky nevýznamný. Nasledovalo 4-dňové bezzrážkové obdobie (25. 8.–28. 8.) s priemerným denným sýtoštným doplnkom 680–1066 Pa. Rozdiely v transpirácii variantov boli v týchto dňoch štatisticky významné a transpirácia zavlažovaných dosahovala vysoké hodnoty ($0,22\text{--}0,26 \text{ l.cm}^{-1}$). V nasledujúcich 2 dňoch (29. 8.–30. 8.) bol rozdiel medzi variantmi štatisticky irelevantný. Dňa 29. 8. bola transpirácia oboch variantov nízka vzhľadom na nízky sýtoštný doplnok (292 Pa) a úhrn zrážok počas dňa v množstve 16,6 mm. Dňa 30. 8. bol už rozdiel medzi variantmi zjavný, nie však štatisticky signifikantný (VPD = 597 Pa). Dňa 31. 8. bol rozdiel v transpirácii variantov štatisticky relevantný, aj keď priemerný denný sýtoštný doplnok stúpol v porovnaní s predchádzajúcim dňom iba o 93 Pa.

Kumulatívny transpiračný deficit (KTD) sme počítali pre dni, kedy sa prejavil štatisticky významný rozdiel v transpirácii medzi variantmi. Na experimentálnej ploche Hriňová sme zachytili 21 takýchto dní. Dňa 31. 8. dosiahol KTD hodnotu $3,60 \text{ l.cm}^{-1}$ (obr. 2). Po prepočte výsledného KTD (l.cm^{-1}) obvodom kmeňa priemerného vzorníka 55,2 cm (tab. 2) sme zistili transpiračnú stratu 198,89 l za 21 dní ($9,47 \text{ l.deň}^{-1}$). Po prepočte tejto straty na hektár smrekovej žrdoviny sme získali hodnotu 449085 l.ha^{-1} ($44,91 \text{ mm.ha}^{-1}$) a po redukcii zakmenením $35,93 \text{ mm.ha}^{-1}$ (tab. 3).



Obr. 1 Grafické znázornenie priebehu: a) priemerných denných úhrnov transpirácie s chybovými úsečkami predstavujúcimi strednú chybu priemeru a označením „ab“ pre dni, kedy sa prejavil štatisticky významný rozdiel v transpirácii variantov, šípka znamená zavlaženie v množstve 1 m³ vody; b) meteorologických charakteristík: denných úhrnov globálnej radiácie a potenciálnej evapotranspirácie (PET) a priemerných denných hodnôt sýtoštného doplnku (VPD); c) vlhkostí pôdy a zrážkových úhrnov; d) potenciálu pôdnej vody (SWP) v hĺbke 15 cm; na experimentálnej ploche Hriňová.

Fig. 1 Graphical illustration of course of: a) mean daily totals of transpiration; standard deviations represent standard error of average; „ab“ is mark for days with statistically significant differences in transpiration between variants; arrow means irrigation about 1 m³; b) meteorological characteristics: daily totals of global radiation and potential evapotranspiration and mean daily values of evaporation demand; c) soil moisture and precipitation totals; d) soil water potential in 15 cm of depth; in Hriňová – experimental plot.



Obr. 2 Grafické znázornenie kumulatívneho transpiračného deficitu (KTD) pre dni so štatisticky významnými rozdielmi medzi potenciálnou a aktuálnou transpiráciou na experimentálnej ploche Hriňová.

Fig. 2 Graphical illustration of cumulative deficit of transpiration for days with statistically significant differences between potential and actual transpiration in Hriňová-plot

Tab. 2 Prehľad obvodov kmeňa vzorníkov na experimentálnej ploche Hriňová

Table 2 Review of trunk circumferences of sample trees in Hriňová-plot

číslo zavlažovaného vzorníka ¹	obvod vo výške sapflow-metra (cm) ²	číslo nezavlažovaného vzorníka ³	obvod vo výške sapflow-metra (cm) ²
21	61,0	27	52,5
22	vylúčený ⁴	28	56,5
23	49,5	29	60,0
24	47,0	30	43,5
25	62,5	31	56,0
26	65,0	32	51,5
priemer [cm] ⁵	57,0	priemer [cm] ⁵	53,3

¹number of irrigated sample tree, ²circumference in height of sapflow-meter, ³number of nonirrigated sample tree, ⁴excluded, ⁵average

Tab. 3 Prehľad vstupných veličín pre výpočet kumulatívneho transpiračného deficitu (KTD)

Table 3 Review of entrance values for calculation of cumulative deficit of transpiration

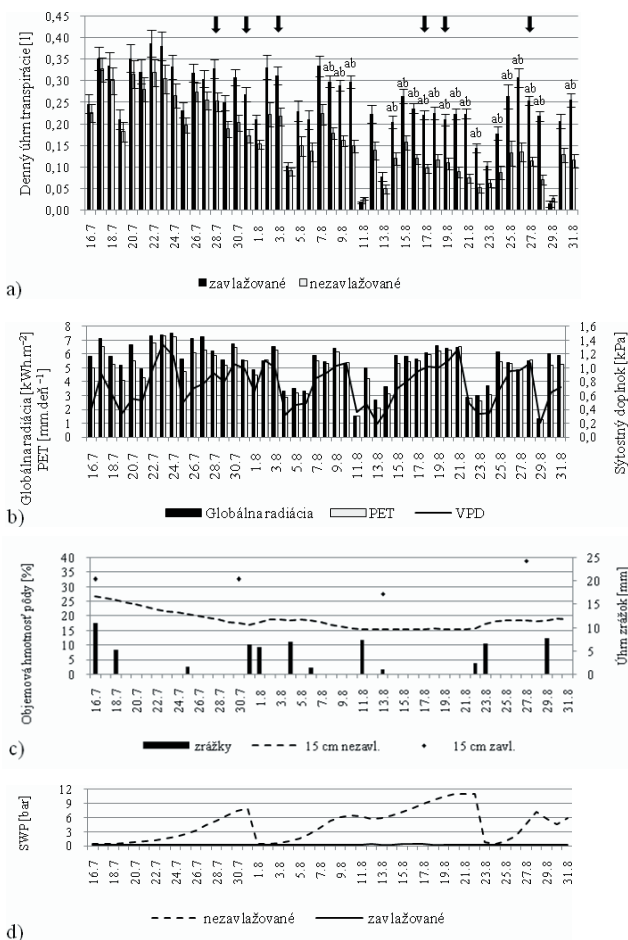
výška [m] ¹	vek ²	bonita ³	počet stromov [ks.ha ⁻¹] ⁴	KTD [l.ha ⁻¹] ⁵	KTD [mm.ha ⁻¹] ⁵	zakmenenie ⁶	výsledný KTD [mm.ha ⁻¹] ⁷
15	30	38	2258	449 085	44,91	0,8	35,93

¹height, ²age, ³site quality, ⁴number of trees, ⁵cumulative deficit of transpiration, ⁶stand density, ⁷resultant CDT.

Vyhodnotenie vplyvu vlhkosti pôdy na transpiračné straty smreka v rastovej fáze kmeňoviny v podmienkach sucha

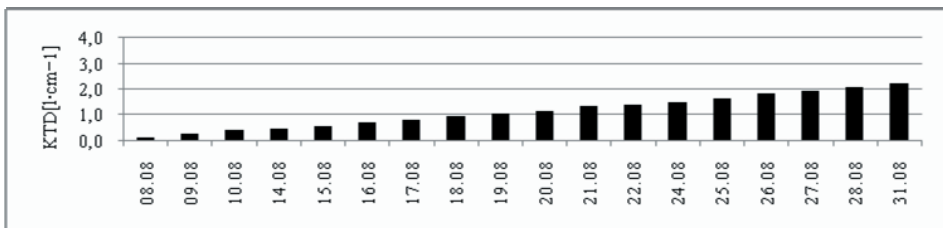
Za pozorovacie obdobie 28. 7.–31. 8. 2009 (35 dní) sa na experimentálnej ploche Iviny prejavilo sucho na dennom úhrne transpirácie počas 18 dní. Prvá zálievka bola na variant zavlažované aplikovaná 28. 7. (obr. 3). Aktuálna transpirácia sa od potenciálnej štatisticky významne odlišovala pri hodnotách objemovej vlhkosti pôdy 15,58–18,89 %. Vzhľadom na technickú poruchu senzora zaznamenávajúceho objemovú vlhkosť pôdy zavlažovaných, bolo možné priemernú vlhkosť pôdy za sledované obdobie určiť iba ako priemer z troch gravimetrických meraní počas zavlažovacieho obdobia (33,03 %). Už v dňoch 28. 7.–3. 8. sa medzi variantmi prejavil rozdiel v priemernom dennom úhrne transpirácie, nebol však ešte vzhľadom na variabilitu medzi jedincami v rámci variantu štatisticky významný. Dňa 4. 8. bola transpirácia oboch variantov nízka, vzhľadom na nízky priemerný denný sýtosťný doplnok (318 Pa) a úhrn zrážok (7 mm) v priebehu dňa. V dňoch 5. 8.–7. 8. už priemerná transpirácia zavlažovaných zjavne prevyšovala nezavlažované, kvôli variabilite v rámci variantu však tieto rozdiely neboli štatisticky signifikantné. Štatisticky významné rozdiely v transpirácii variantov sa prejavili v období od 8. 8. do 10. 8., v bezzrážkových dňoch s VPD v rozmedzí 933–1067 Pa. Obdobie bolo ukončené 11. 8., dňom s úhrnom zrážok 7,4 mm. V období od 11. 8. do 13. 8., s priemerným denným sýtosťným doplnkom 194–483 Pa boli transpiračné rozdiely medzi variantmi štatisticky nevýznamné. Deväť dní trvajúce obdobie štatisticky významných rozdielov v transpirácii variantov začalo 14. 8., priemerným denným sýtosťným doplnkom iba 404 Pa a bolo ukončené 22. 8. s priemerným denným VPD 488 Pa a nočným úhrnom zrážok (2,4 mm) v tomto dni. Deň 23.8. môžeme označiť ako zrážkový deň, s úhrnom 6,6 mm v ranných hodinách a priemerným denným VPD iba 341 Pa. Rozdiel v transpirácii variantov nebol v tento deň štatisticky signifikantný. Už 24. 8. s VPD iba o 8 Pa nižším v porovnaní s predchádzajúcim dňom bol rozdiel v transpirácii medzi variantmi štatisticky signifikantný. Štatisticky relevantné rozdiely sa prejavili aj v nasledujúcich dňoch (25. 8.–28. 8) pri priemernom dennom VPD 680–1067 Pa. Dňa 29.8. bol počas dňa zaznamenaný úhrn zrážok 7,8 mm a priemerný denný VPD iba 205 Pa. Transpirácia oboch variantov bola v tomto dni nízka, priemerný denný úhrn transpirácie nezavlažovaného variantu dokonca mierne prevyšoval zavlažovaný variant. Podobne 30.8. bol rozdiel medzi variantmi štatisticky nevýznamný, vyššia priemerná transpirácia zavlažovaných však už bola v tomto dni viditeľná. Štatisticky významný rozdiel v transpirácii variantov sa dostavil 31.8. pri priemernom dennom VPD 721 Pa.

Kumulatívny transpiračný deficit (KTD) sme počítali pre dni, kedy sa prejavil štatisticky významný rozdiel v transpirácii medzi variantmi. Na experimentálnej ploche Iviny sme zachytili 18 takýchto dní. Dňa 31. 8. dosiahol KTD hodnotu $2,25 \text{ l.cm}^{-1}$ (obr. 4). Po prepočte výsledného KTD (l.cm^{-1}) obvodom kmeňa priemerného vzorníka 125,5 cm (tab. 4) sme zistili transpiračnú stratu 282,32 l za 18 dní ($15,68 \text{ l.deň}^{-1}$). Po prepočte tejto straty na hektár smrekovej kmeňoviny sme získali hodnotu $147\,088 \text{ l.ha}^{-1}$ ($14,71 \text{ mm.ha}^{-1}$) a po redukcii zakmenením $7,35 \text{ mm.ha}^{-1}$ (tab. 5).



Obr. 3 Grafické znázornenie priebehu: a) priemerných denných úhrnov transpirácie s chybovými úsečkami predstavujúcimi strednú chybu priemeru a označením „ab“ pre dni, kedy sa prejavil štatisticky významný rozdiel v transpirácii variantov, šípka znamená zavlažovanie v množstve 3 m³ vody; b) meteorologických charakteristik: denných úhrnov globálnej radiácie a potenciálnej evapotranspirácie (PET) a priemerných denných hodnôt sýtosťného doplnku (VPD); c) vlhkosti pôdy a zrážkových úhrnov; d) potenciálu pôdnej vody (SWP) v hĺbke 15 cm; na experimentálnej ploche Iviny.

Fig. 3 Graphical illustration of course of: a) mean daily totals of transpiration; standard deviations represent standard error of average; “ab” is mark for days with statistically significant differences in transpiration between variants; arrow means irrigation about 3 m³; b) meteorological characteristics: daily totals of global radiation and potential evapotranspiration and mean daily values of evaporation demand; c) soil moisture and precipitation totals; d) soil water potential in 15 cm of depth; in Iviny – experimental plot.



Obr. 4 Grafické znázornenie kumulatívneho transpiračného deficitu (KTD) pre dni so štatisticky významnými rozdielmi medzi potenciálnou a aktuálnou transpiráciou na experimentálnej ploche Iviny.

Fig. 4 Graphical illustration of cumulative deficit of transpiration for days with statistically significant differences between potential and actual transpiration in Iviny-plot.

Tab. 4 Prehľad obvodov kmeňa vzorníkov na experimentálnej ploche Iviny

Table 4 Review of trunk circumferences of sample trees in Iviny-plot

číslo zavlažovaného vzorníka ¹	obvod vo výške sapflow-metra (cm) ²	číslo nezavlažovaného vzorníka ³	obvod vo výške sapflow-metra (cm) ²
1	152,0	7	104,0
2	127,0	8	128,0
3	124,0	9	115,0
4	117,0	10	128,0
5	137,0	11	114,0
6	129,0	12	130,5
priemer [cm] ⁴	131,0	priemer [cm] ⁴	119,9

¹number of irrigated sample tree, ²circumference in height of sapflow-meter, ³number of nonirrigated sample tree, ⁴average

Tab. 5 Prehľad vstupných veličín pre výpočet kumulatívneho transpiračného deficitu (KTD)

Table 5 Review of entrance values for calculation of cumulative deficit of transpiration

výška [m] ¹	vek ²	bonita ³	počet stromov [ks.ha ⁻¹] ⁴	KTD [l.ha ⁻¹] ⁵	KTD [mm.ha ⁻¹] ⁵	zakmenenie ⁶	výsledný KTD [mm.ha ⁻¹] ⁷
34	90	36	521	147 088	14,71	0,5	7,35

¹height, ²age, ³site quality, ⁴number of trees, ⁵cumulative deficit of transpiration, ⁶stand density, ⁷resultant CDT

DISKUSIA

Poznanie hraníc deficitu vody, vyvolávajúceho stres v rastlinách, je dôležité pre vedeckých výskumníkov všetkých oblastí, zaoberajúcich sa ekofyziologickými procesmi rastlín, no i oblastí, ktoré priamo nadväzujú na potreby praxe. Tak ako je pre poľnohospodárov dôležité zabezpečiť čo najväčšie množstvo potravinárskych plodín, cieľom lesníkov je vysoká a kvalitná drevná produkcia. Na zabezpečenie týchto cieľov je nevyhnutné poznať nároky rastlín na pôdnu a vzdušnú vlhkosť. Iba tak sa môže rastlina neobmedzene vyvíjať a poskytovať spoločnosti úžitky.

Smrek obyčajný je z ekonomického hľadiska najdôležitejšia ihličnatá drevina v Európe (SKRØPPA 2003) a preto sa jeho výskumu venuje značná pozornosť. Naše experimentálne plochy boli zámerne založené v oblastiach nepôvodného výskytu smreka na území Slovenska, s ročným úhrnom zrážok pod hranicou jeho optima, v 3. a 4. lvs. V týchto oblastiach je vysoký predpoklad výskytu suchých periód, s negatívnym dopadom na smrekové porasty, čím vzniká možnosť sledovania vplyvov sucha na fyziologické a rastové procesy smreka. ZÚBRIK *et al.* (2008) považujú za príčinu stresu suchom smreka v nižších nadmorských výškach deficit zrážok a ochladenia, ktoré sú prirodzene rôzne v nížinách a v horskom prostredí.

Smrek patrí medzi plytko koreniace druhy, ktoré reagujú na sucho zmenou transpirácie ako prvé, ak však sucho prežijú, môžu obnoviť transpiráciu po zrážkach rýchlejšie (PRIWITZER *et al.* 2003). Rýchla obnova transpirácie spočíva vo vysokej účinnosti plytko koreniacich druhov v zachytávaní vlhky zo zrážok počas vegetačného obdobia. Nevýhodou sú však rozsiahle fluktuácie pôdnej vlhkosti vo vrchných vrstvách pôdy, ktoré limitujú fotosyntézu na obdobia, kedy je voda ľahko dostupná (HANSON & WELTZIN 2000). Stavba a udržiavanie rozsiahleho koreňového systému je však energeticky náročnejšia ako u plytko koreniacich druhov (HANSON & WELTZIN 2000), v čom spočíva určitá výhoda smreka v porovnaní s bukom. Aj z nášho pozorovania vyplýva schopnosť smreka po zrážkach obnoviť transpiráciu pomerne rýchlo, pri nasledujúcich vysokých hodnotách sýtostného doplnku však neboli nezavlažované schopné transpirovať porovnateľne so zavlažovanými.

S drevinou smrek sa veľmi často spája škodlivý účinok sucha (DOHRENBUSCH *et al.* 2002, MAUER *et al.* 2008). PETRÁŠ *et al.* (1985) uvádzajú, že smrek má v porovnaní s bukom vyššiu listovú biomasu a rozdiel je dokonca významnejší so zvyšujúcim sa priemerom stromu. ROBERTS (1983) predpokladá, že smrek má nižšiu minimálnu rezistenciu povrchu ihlíc ako borovica a preto transpiruje v rovnakých klimatických podmienkach viac. Väčšia plocha asimilačných orgánov by mohla byť spolu so zníženou rezistenciou povrchu ihlíc voči výparu vysvetlením zvýšenej náchylnosti smreka na stres suchom v porovnaní s inými drevinami.

Účinkom pôdneho sucha na transpiráciu mladej horskej smrečiny sa zaoberali MATEJKA *et al.* (2002). Transpirácia porastu citlivo reagovala na zmeny pôdnej vlhkosti. Počas 30 dní sa transpirácia vplyvom suchej pôdy znížila na 77 % v porovnaní s prípadom vlhkej pôdy. LU *et al.* (1995) uvádzajú pokles dennej transpirácie smrekov na nezavlažovanej ploche na hodnotu, predstavujúcu menej ako 25 % z transpirácie smrekov na zavlažovanej ploche.

Na Hriňovej počas 48 dní klesla priemerná transpirácia suchom stresovaných jedincov na 40 % z hodnoty potenciálnej transpirácie, reprezentovanej zavlažovanými jedincami. V dňoch, kedy bol rozdiel v transpirácii variantov štatisticky významný (21 dní), predstavovala aktuálna transpirácia iba 23 % z potenciálnej. Na Ivinách počas 35 dní klesla transpirácia na 57 % z hodnoty potenciálnej transpirácie, reprezentovanej zavlažovanými jedincami. V dňoch, kedy bol rozdiel v transpirácii variantov štatisticky významný (18 dní), predstavovala aktuálna transpirácia iba 48 % z potenciálnej.

Na Hriňovej bol rozdiel v transpirácii variantov štatisticky významný pri objemovej vlhkosti pôdy 10,38–13,73 %. Pri priemernom dennom sýťstnom doplnku 671 Pa a nižšom sa rozdiel neprejavil ani pri vlhkosti pôdy pod 13,73 %. Na Ivinách bol rozdiel v transpirácii variantov štatisticky významný pri objemovej vlhkosti pôdy 15,58–18,89 %. Pri priemernom dennom sýťstnom doplnku 341 Pa a nižšom sa rozdiel neprejavil ani pri vlhkosti pôdy pod 18,89 %.

RUTTER (1968) zistil, že k zmenám v rýchlosti prijímania vody drevinami nedošlo, až kým nebolo odčerpaných 60–75 % dostupnej vody. ROBERTS (1983) vyvodil z tohto zistenia záver, že kontrola transpirácie prostredníctvom dostupnej pôdnej vody je zanedbateľná, alebo len veľmi malá. CALDER (1978) uvádza, že rezistencia povrchu ihlič smreka je nezávislá od vodného potenciálu pôdy, nachádzajúceho sa v rozmedzí 0–0,6 MPa. Na Ivinách počas obdobia zavlažovania klesol priemerný denný potenciál pôdnej vody v hĺbke 15 cm pod –0,6 MPa (6 barov) počas 16 dní, pričom 12 z nich zodpovedá štatisticky významnému rozdielu v transpirácii medzi variantmi. Na Hriňovej došlo k poklesu potenciálu pôdnej vody pod –0,6 MPa iba 30.–31. 7., v dňoch štatisticky významného rozdielu v transpirácii variantov.

HERZOG *et al.* (1998) uvádzajú, že pri výpare je intercepcia spotrebovávaná skôr ako voda obsiahnutá v rastline, čím je transpirácia potlačená a požiadavka výparu zredukovaná. Takýto prípad sme zaznamenali na oboch plochách. Na Ivinách boli ranné zrážky 23. 8. (6,6 mm) zachytené v korunách smreka ako intercepcia. Vplyvom evaporačných požiadaviek ovzdušia bola intercepcia, predstavujúca fyzikálny výpar, spotrebovávaná skôr než došlo k transpirácii. To by mohlo byť vysvetlením vyššej transpirácie zavlažovaných jedincov smreka 24. 8. oproti 23. 8. pri takmer rovnakom VPD (rozdiel 8 Pa) a tým zapríčineniu štatisticky významného rozdielu medzi variantmi. Na experimentálnej ploche Hriňová sa 30.8. pri priemernom dennom sýťstnom doplnku 597 Pa a vlhkosti pôdy 14,09 % štatisticky významný rozdiel v transpirácii neprejavil. Dňa 31. 8. pri VPD vyššom iba o 93 Pa a vlhkosti pôdy 13,95 % sa už rozdiel v transpirácii ukázal ako štatisticky signifikantný. Dôvodom by mohol byť rovnako ako v predchádzajúcom prípade prednostný výpar intercepce, ktorá bola zachytená v korunách smreka počas zrážkového dňa 29. 8. (16,6 mm) a 30. 8. tak bola transpirácia zavlažovaných 1,6-krát nižšia ako 31. 8.

Vzhľadom na čoraz viditeľnejšie prejavy klimatických zmien adaptácia na stres suchom naberá na vážnosti. KRAJMEROVÁ (2007) uvádza, že z dlhodobého hľadiska nemusí mať na pestovanie smreka rozhodujúci vplyv objem produkcie, ale práve adaptabilita.

Práca je zameraná na hodnotenie transpirácie, ako vybraného fyziologického parametra, považovaného za jednu z odoziev smreka na stres suchom a je súčasťou projektu

APVV-0022-07 „Hodnotenie úrovne stresu suchom lesných porastov z aspektu vodnej bilancie stromu a porastu“, ktorého cieľom je kvantifikácia vplyvu sucha, ako stresového a predispozičného faktora, na poškodenie lesných drevín a porastov, pomocou novo navrhnutého jednoduchého indexu sucha a fyziologickej odozvy drevín.

ZÁVER

Na Ivinách bola objemová vlhkosť v povrchových vrstvách pôdy nezavlažovateľného variantu v porovnaní s Hriňovou vyššia v priemere o 4,35 %. Pôda na Hriňovej je kyprejšia, hlinitá, v spodných horizontoch piesočnato-hlinitá a a jej lokalizácia v strede svahu zapríčiňuje vyšší odtok ako na ploche Iviny, ktorá je umiestnená na úpätí svahu, je plytká, s vyšším obsahom ílu. Pôda na Ivinách má teda vyššiu schopnosť udržať vodu zo zrážok, dostupnosť vody pre dreviny je však nižšia, o čom svedčia aj hodnoty potenciálu pôdnej vody. Dôvodom vyšších transpiračných strát suchom stresovaných jedincov žrdoviny v porovnaní s kmeňovinou je rozdiel v kapacite zásobných pletív. Jedince kmeňoviny sú schopné kompenzovať deficit vody v pôde dlhšiu dobu ako jedince kmeňoviny.

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0022-07.

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum excelentnosti: Adaptívne lesné ekosystémy, ITMS: 26220120006, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Práca vznikla s finančnou podporou projektu APVV-0436-10.

Zoznam citovanej literatúry

- CALDER, I. R., 1978: Transpiration observations from a spruce forest and comparisons with predictions from an evaporation model. *Journal of Hydrology* 18: 33–47.
- CIENCIALA, E., KUČERA, J., LINDROTH, A., 1999: Long-term measurements of stand water uptake in Swedish boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 98–99: 547–554.
- ČERMÁK, J., KUČERA, J., NADEZHINA, N., 2004: Sap flow measurements with some thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Trees* 18: 529–546.
- DOHRENBUSCH, A., JAEHNE, S., BREDEMEIER, M., LAMERSDORF, N., 2002: Growth and fructification of a Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) forest ecosystem under changed nutrient and water input. *Annals of Forest Science* 59: 359–368.
- FABRIKA, M., STŘELCOVÁ, K., MAGOVÁ, D., 2009: Empirický model transpirácie buka v rastovom simulátore SIBYLA. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen* 51 (3): 99–112.
- HALAJ, J., PETRÁŠ, R., 1998: Rastové tabuľky hlavných drevín. Bratislava, 325 s.
- HANSON, P. J., WELTZIN, J. F., 2000: Drought disturbance from climate change: response of United States forests. *The Science of the Total Environment* 262: 205–220.
- HERZOG, K. M., THUM, R., KRONFUB, G., HELDSTAB, H. J., HÄSLER, R., 1998: Patterns and mechanisms of transpiration in a large subalpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). *Ecological Research* 13: 105–116.
- HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J., GANDELOVÁ, L., 1997: The effect of environmental factors on cambial activity and xylem development in Norway spruce. In: *Les – Drevo – Životné prostredie '97: Working group N 5: Structure and Properties of Wood in Technological Utilization*: 93–100.
- HRAŠKO, J., ČERVENKA, L., FACEK, Z., KOMÁR, J., NĚMEČEK, C., POSPÍŠIL, F., SÍROVÝ, V., 1962: *Rozbory pôd*. Bratislava, 342 s.

- JARVIS, P.G., McNAUGHTON, K.G., 1986: Stomatal control of transpiration: Scaling up from leaf to region. *Advanced in ecological research* 15, 49 p.
- KRAJMEROVÁ, D., 2007: Vyhodnotenie niektorých rastových a adaptačných charakteristík poľských a slovenských proveniencií smreka obyčajného. Dizertačná práca, Zvolen, 168 s.
- KUČERA, J., 2010: EMS 51 Sap Flow System for large tree trunks. Instruction Manual. Dostupné na: <http://www.emsbrno.cz/r.axd/pdf_v_EMS51_userman_u_pdf.jpg?ver=>>
- LAGERGREN, F., LANKREIJER, H., KUČERA, J., CIENCIALA, E., MÖLDER, M., LINDROTH, A., 2008: Thinning effects on pine-spruce forest transpiration in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 255: 2312–2323.
- LU, P., BIRON, P., BRÉDA, N., GRANIER, A., 1995: Water relations of adult Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst) under soil drought in the Vosges mountains: water potential, stomatal conductance and transpiration. *Annals of Forest Science* 52: 117–129.
- MASAROVICHOVÁ, E., NAVARA, J., POŽGAJ, J., 1989: Využitie kompenzačných lyzimetrov na stanovenie príjmu vody mladými stromami duba (*Quercus cerris* L.). *Lesnictví* 35 (5): 405–414.
- MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., HURTALOVÁ, T., JANOUŠ, D., 2002: Effect of soil drought on evapotranspiration of a young spruce forest. *Journal of Forest Science* 48 (4): 166–172.
- MATEJKA, F., STŘELCOVÁ, K., HURTALOVÁ, T., GÖMÖRYOVÁ, E., DITMAROVÁ, L., 2009: Seasonal changes in transpiration and soil water content in a spruce primeval forest during a dry period. In: STŘELCOVÁ, K., MATYAS, C., KLEIDON, A., LAPIN, M., MATEJKA, F., BLAŽENEC, M., ŠKVARENINA, J., HOLÉCY, J. (eds.), *Bioclimatology and Natural Hazards*. Springer, 298 p.
- MATI, R., 2004: Vlhkostný režim pôd na Východoslovenskej nížine. Dostupné na: <http://www.cbks.cz/SbornikVinicky04/bpd.2004/content/07Sekcia_agrohydrologie_a_ochrany_pody/Mati.pdf>
- MAUER, O., BAGÁR, R., PALÁTOVÁ, E., 2008: Response of the Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) root system to changing humidity and temperature conditions of the site. *Journal of Forest Science* 54 (6): 245–254.
- PENKA, M., 1985: Transpirace a spotřeba vody rostlinami. *Academia Praha*, 256 s.
- PENMAN, H.L., 1948: Natural evaporation from open water, bare soil, and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A* 193: 120–146.
- PETRÁŠ, R., KOŠÚT, M., OSZLANYI, J., 1985: Listová biomasa stromov smreka, borovice a buka. *Lesnícky časopis* 31: 121–136.
- PIÑOL, J., SALA, A., 2000: Ecological implications of xylem cavitation for several *Pinaceae* in the Pacific Northern USA. *Functional Ecology* 14: 538–545.
- PRIWITZER, T., STŘELCOVÁ, K., KMEŤ, J., 2003: Ekofyziologické procesy lesných drevín. In: MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J. (eds.), *Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny*. EFRA Zvolen, Lesnícky výskumný ústav Zvolen: 44–49.
- ROBERTS, J., 1983: Forest transpiration: a conservative hydrological process? *Journal of Hydrology* 66: 133–141.
- RUTTER, A.J., 1968: Water consumption by forests. In: KOSLOWSKI, T. T. (ed.), *Water Deficits and Plant Growth* 2: 23–84.
- SKRÖPPA, T., 2003: EUFORGEN technical guidelines for genetic conservation and use of Norway spruce (*Picea abies*). International Plant Genetic Recourses Institute, Italy, 6 p.
- SOBIŠEK, B., BEDNÁŘ, J., ČERNAVA, S., FLUX, J., FRÜHBAUER, J., GOTTWALD, A., HODAN, L., JURČOVIČ, P., KAKOS, V., KALVOVÁ, J., KOLDOVSKÝ, M., KOPÁČEK, J., KREJČÍ, J., KRŠKA, K., MUNZAR, J., NEDELKA, M., OTRUBA, A., PANENKA, I., PAPEŽ sen., A., PÍCHA, J., PODHORSKÝ, D., POPOLANSKÝ, F., PRETEL, J., PRIBIŠ, J., REIN, F., SETVÁK, M., SCHOBEROVÁ, E., SLABÁ, N., SLÁDEK, I., STRACHOTA, J., ŠTEKL, J., TÁBORSKÝ, Z., TREFNÁ, E., TRHLÍK, M., VESECKÝ, A., ZEMAN, M., ZIKMUNDA, O., 1993: Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Ministerstvo životního prostředí České republiky, Praha, 594 s.
- STŘELCOVÁ, K., MATEJKA, F., KUČERA, J., 2004: Beech stand transpiration assessment – two methodical approaches. *Ekologia* 22 (suppl. 2): 147–162.
- TOMLAIN, J., 1996: Dôsledky očakávanej klimatickej zmeny na zmeny potenciálnej a skutočnej evapotranspirácie na Slovensku. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (eds.), XII. Česko-slovenská bioklimatologická konferencia, Velké Bílovice.
- VERBEEK, H., STEPPE, K., NADEZHDINA, N., OP DE BEEK, M., DECKMYN, G., MEIRSONNE, L., LEMEUR, R., ČERMÁK, J., CEULEMANS, R., JANSSENS, I. A., 2007: Model analysis of the effects of atmospheric drivers in storage water use in Scots pine. *Biogeosciences* 4: 657–671.
- WULLSCHLEGER, S. D., MEINZER, F. C., VERTESSY, R. A., 1998: A review of whole-plant water use studies in trees. *Tree Physiology* 18: 499–512.
- ZÚBRIK, M., KUNCA, A., NOVOTNÝ, J., 2008: Hmyz a huby – atlas poškodení lesných drevín. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 178 s.

Adresa autorov:

Ing. Dana Kovalčíková

Doc. Ing. Katarína Štřelcová, PhD.

Technická Univerzita vo Zvolene

Lesnícká fakulta

Katedra prírodného prostredia

Masarykova 24

960 53 Zvolen

e-mail: kovalcikova@vsld.tuzvo.sk

Transpirácia smreka (*Picea abies* L. Karst) v podmienkach sucha

Abstrakt

Práca je zameraná na hodnotenie reakcie smreka obyčajného (*Picea abies* Karst L.) v rastovej fáze žrdoviny a kmeňoviny, na stres zo sucha na úrovni fyziologických procesov. Pre dosiahnutie cieľov boli mimo oblasti prirodzeného výskytu smreka na našom území založené experimentálne plochy Hriňová (žrdovina) a Iviny (kmeňovina). Z 12 vzorníkov na každej ploche 6 vzorníkov ponechaných na vplyv stresu suchom a 6 vzorníkov zavlažovaných za účelom vytvorenia vhodných podmienok pre priebeh fyziologických a rastových procesov. Vybranou fyziologickou charakteristikou, umožňujúcou sledovanie rozdielov v reakciách variantov, bola intenzita transpirácie, stanovená metódou tepelnej bilancie. Súčasne prebiehalo kontinuálne meranie meteorologických veličín a objemovej vlhkosti pôdy. Na Ivinách za sledované obdobie (35 dní) predstavovala priemerná transpirácia suchom stresovaných jedincov 57 % z hodnoty potenciálnej transpirácie, na Hriňovej za 48 dní 40 %. Kým na Ivinách sa prejavil štatisticky významný rozdiel v transpirácii variantov pri objemovej vlhkosti pôdy 15,58–18,89 %, na Hriňovej pri 10,38–13,73 %. Vyššia objemová vlhkosť pôdy na Ivinách je podmienená najmä vyšším obsahom ílu a teda vyššou schopnosťou udržať vodu zo zrážok, dostupnosť vody pre dreviny je však nižšia.

Kľúčové slová: stres suchom, *Picea abies*, transpirácia, pôdna vlhkosť

POSÚDENIE NÁCHYLNOSTI POVODIA TOKU HUČAVA NA VÝSKYT POVODŇOVÝCH PRIETOKOV

Daniel K L I M E N T – Miriam Z Á V A C K Á

Kliment, D., Závacká, M.: The assessment of Hucava water flow catchment susceptibility to the occurrence of flood flows. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 35–43.

In my work I deal with the assessment of Hucava water flow catchment susceptibility to the occurrence of flood flows. Studied catchment of Hucava is located at the Polana Protected Landscape Area – Biosphere Reserve and has an area of 41.45 square kilometers. The analysis of the problems was identified and described factors that have to assess the impact on the susceptibility of the territory (particularly for forest and non-forest land) to the flood. It is the geology, soil types, slope, a group of forest types, the degree of ecological stability, the use of non-forest landscape and the potential runoff. The methodology was based on developing a five-digit rating scale for each factor, depending on how they affect individual components of the scale to create surface runoff and thus of the possibility of floods. The whole methodology was a practical implemented in GIS environment (Idrisi Taiga, ArcGIS Desktop, Definiens Professional, NetWeaver, etc). The result vulnerability assessments are maps showing the spatial and areal representation of different categories in the catchment of Hucava water flow. Maps were created specifically for individual factors, for forest plantations, non-forest land and for the whole catchment. The results of the susceptibility to flood assessment showed that there are the followed categories of vulnerability to flooding in the catchment: low susceptibility (2) on 1.05 square kilometers, medium susceptibility (3) on 40.17 square kilometers, high susceptibility (4) on 0.23 square kilometers of the catchment area. The above methodology can be applied in any catchment. It is limited only with the availability of data about the area. The results can be further applied in the forest – hydrological research in the framework of integrated river basin management and also in forestry practice.

Key words: catchment, flood, susceptibility, Hucava, GIS

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Už snáď nikto dnes nepochybuje o tom, že vplyv globálnych klimatických zmien sa prejavuje v každodennom živote všetkých ľudí. V našich zemepisných šírkach síce zatiaľ nehrozia tornáda, či výbuchy sopiek, ale čoraz viac nás trápia povodňové situácie.

Ako uvádza VALTÝNI (1995): „Na území Slovenska sú hlavným zdrojom vody atmosférické zrážky“. Z toho možno usúdiť, že sú aj hlavným predpokladom vzniku povodní, najmä zrážky z príliových dažďov. Predovšetkým jarné mesiace roku 2010 boli zrážkovo nadpriemerne výdatné, čo zapríčinilo vyliatie viacerých bystrín, potokov a riek po celom území Slovenska.

Práve otázka vplyvu lesa z pohľadu jeho hydrického potenciálu zamestnávala nielen hydroológov, ale predovšetkým lesníkov. To podnietilo viacerých špičkových odborníkov rozvinúť oblasť tzv. lesnícko-hydrologického výskumu, ktorého začiatok sa datuje zhruba od roku 1900.

V súčasnosti sa čoraz viac dostáva do povedomia pojem integrovaného manažmentu povodí (IMP). Prostredníctvom neho sa reprezentuje prístup k riadeniu zdrojov v povodiach integráciou environmentálnych, ekonomických a sociálnych otázok. Jeho hlavnými úlohami sú ochrana prírodných zdrojov, najmä vôd, minimalizovanie možných nepriaznivých vplyvov a zabezpečenie udržateľného prospechu pre budúce generácie (LEPEŠKA 2010).

Takisto aj rozvoj informačných technológií, konkrétne geografických informačných systémov (GIS), priniesol možnosti analýzy rôznych atribútov krajiny, ktoré vstupujú do zložitého systému obehu vody v krajine. Spôsob akým možno dané softvérové prostriedky použiť prezentovali vo svojich prácach GALLAY (2009), LEPEŠKA (2010) a LUBINSZKÁ (2010).

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Popis prírodných pomerov v oblasti

Vodný tok Hučava pramení v geomorfologickom celku Poľana, v podcelku Vysoká Poľana v nadmorskej výške 1 330 m. Plocha povodia je 41,45 km², z toho zalesnená plocha 32,33 km² (78 % z plochy povodia). Uzavierajúcim prietokovým profilom skúmaného povodia je limnigraf neďaleko Hrochotského mlynu v riečnom km 13,80 v nadmorskej výške 522,54 m.

Geologickú stavbu územia Poľany tvoria horniny kryštalinika, neovulkanitov, sedimentov pliocénu a kvartéru. Kryštalinikum je tvorené granodioritmi a metamorfitmi, sedimenty pliocénu sú celkom prekryté kvartérnymi útvarmi (SLÁVIK *et al.* 2004).

Charakter pôdnej prikrývky je predurčený materskými horninami, na ktorých tunajšie pôdy vznikli. Okrem pôdotvorných substrátov diferencovali pôdy najmä klimatické pomery a skeletnatosť (ŠÁLY 2000). V rámci povodia Hučavy sú z pôdných druhov plošne najviac zastúpené hlinité pôdy (88 %), piesočnatohlinité pôdy (9 %), ílovitohlinité pôdy (2 %) a najmenej hlinitopiesočné pôdy (1 %). Z pôdných typov sú plošne najviac zastúpené hnedé lesné pôdy (75 %), ďalej dominujú hnedé andosolové pôdy (10 %) pred šedými andosolovými pôdami (6 %), nasledujú glejové pôdy (5 %) a rankrové pôdy (4 %).

Povodie Hučavy je oblasť klimaticky veľmi diferencovaná s rozpätím priemerných ročných teplôt 6,7–2,5 °C. Priemerné júlové teploty majú rozsah 16,5–11,5 °C, vegetačné obdobie ($\bar{\varnothing}$ denná teplota nad 10 °C) v povodí Hučavy trvá od 65 do 155 dní. Priemerné denné úhrny zrážok sú v intervale 720–1200 mm, priemerné ročné úhrny zrážok za vegetačné obdobie sú 475–630 mm. Snehová pokrývka v sledovanom období trvá v priemere od 135 do 190 dní.

V zastúpení lesných vegetačných stupňov v skúmanom povodí prevláda na väčšine plochy 4. bukový les. veg. st. V južnej časti povodia sa vyskytuje 2. bukovodubový les. veg. stupeň a najvyššie polohy v povodí na severe zaberá 5. jedľovo-bukový les. veg. st.

2.2 Získanie potrebných údajov (zdroje dát)

V rámci popisu orografických pomerov povodia Hučavy boli použité údaje získané z turistickej mapy Poľany v mierke 1 : 50 000 a zo základnej mapy SR v mierke 1 : 25 000. Na popis geologických pomerov bola použitá geologická mapa Poľany v mierke 1 : 50 000. Popis základných hydrologických charakteristík a určenie sklonových pomerov územia (povodia) sa robilo využitím digitálneho modelu reliéfu (DMR), s priestorovým rozlíšením 10 m, získaný z Topografického ústavu v Banskej Bystrici. Z neho boli odvodené tzv. gridy (rastrové vrstvy) nadmorských výšok, sklonových pomerov, hlavného toku, rozvodnice a pod.

Pre popis prírodných pomerov (vodné toky, cesty, pôdne pomery a iné) a porastových charakteristík (JPRL, skupiny lesných typov, stupne ekologickej stability a pod.) boli použité vektorové vrstvy vo formáte súborov geometrických elementov (tzv. shapes), ktoré poskytlo Národné lesnícke centrum – Ústav lesných zdrojov a informatiky (NLC – ÚLZI). Spomenuté vektorové vrstvy boli spracované pomocou špeciálneho softvérového prostredia ArcGIS.

Údaje pre určenie klimatických pomerov (dlhodobé priemerné ročné teploty, zrážky a hodnoty potenciálnej evapotranspirácie) boli získané z Atlasu krajiny Slovenskej republiky (2002).

Pre vylištenie a identifikáciu atribútov nelesnej krajiny boli použité ortofotomapy, ktoré boli získané z produkcie spoločností Geodis Slovakia a.s. a Eurosense, a.s.

2.3 Práca so získanými údajmi využitím softvérových prostriedkov

V prvotnej fáze bolo potrebné vytvoriť rastrové súbory (tzv. gridy) lesných typov, pôdných druhov, geológie, stupňov ekologickej stability a sklonov svahov na základe priestorových parametrov digitálneho modelu reliéfu (DMR). Vektorový súbor geologického podložia bol vytvorený vektorizáciou na podklade georeferencovanej skenovanej geologickej mapy.

Na klasifikáciu krajinnej pokrývky boli použité ortofotomapy z oblasti povodia Hučavy, pričom samotná klasifikácia sa realizovala v prostredí Definiens Professional ver. 5 prostredníctvom klasifikátora maximálnej pravdepodobnosti.

Pre účely vyjadrenia potenciálu odtoku boli vytvorené gridy zrážok a teplôt na základe výsledkov regresnej analýzy v prostredí Idrisi Taiga. Nezávislá premenná v regresnej analýze bola charakterizovaná nadmorskou výškou, závislá premenná bola charakterizovaná dlhodobými zrážkami a teplotami, ktoré boli získané z Atlasu krajiny SR. Mapy rozloženia teplôt a zrážok v danom území boli vytvorené využitím nástroja Mapovej algebry.

Extrakcia údajov pre jednotlivé porasty a prvky nelesnej krajiny sa robila z gridových vrstiev v prostredí ArcGIS použitím nástrojov pre zonálnu štatistiku (Spatial Analyst Tools/Zonal/Zonal Statistics). Extrahované boli všetky údaje, ktoré tvorili bázu dát vybraných faktorov posudzovaných v rámci náchylnosti územia voči povodni.

2.4 Stanovenie a klasifikácia jednotlivých faktorov vplývajúcich na náchylnosť územia na výskyt povodňových prietokov

Stanovenie a následnú klasifikáciu jednotlivých faktorov bolo potrebné vykonať osobitne pre lesné porasty a takisto aj pre nelesnú krajinu. V rámci lesných porastov bolo posúdených spolu šesť faktorov (geologické podložie, pôdne druhy, sklon svahov, potenciál odtoku (Zz), skupiny lesných typov (slt) a stupeň ekologickej stability (SES)). Pri nelesnej krajine bolo spolu posudzovaných päť faktorov (geologické podložie, pôdne druhy, sklon svahov, potenciál odtoku (Zz) a atribúty nelesnej krajiny).

Pre každý faktor bola vypracovaná päťmiestna klasifikačná stupnica podľa toho, aký vplyv majú jednotlivé zložky stupnice na vytváranie povrchového odtoku a tým na možný vznik povodňových prietokov. Zložky klasifikované na 1. pozícii v rámci stupnice majú najlepšie vlastnosti, naproti tomu zložky klasifikované na 5. pozícii v rámci stupnice majú najhoršie vlastnosti z pohľadu vytvárania povrchového odtoku a možného vzniku povodňových prietokov. Každému faktoru bola priradená váha (od 0 do 1,0) podľa jeho významnosti pri posudzovaní jednotlivých zložiek prostredia z hľadiska ich hydrickej účinnosti a vplyvu na vodný režim v krajine.

2.5 Hodnotenie náchylnosti územia (povodia)

Samotné hodnotenie celkovej náchylnosti povodia toku Hučava voči povodni je založené na multikriteriálnom hodnotení vyššie uvedených faktorov. Pred vypracovaním modelu bolo potrebné urobiť kombinatoriku hodnôt jednotlivých faktorov, ktoré vstupujú do hodnotenia. Pre účely hodnotenia bol vytvorený model v prostredí NetWeaver, v ktorom sa vykonalo hodnotenie pomocou váženého aritmetického priemeru na základe vzťahu:

$$náchylnosť = \frac{faktor\ geológia \cdot váha + faktor\ pôda \cdot váha + faktor\ sklon \cdot váha + +}{\sum váh} \quad (1)$$

Výsledné hodnoty vzťahu boli klasifikované do 5 kategórií – stupňov náchylnosti na vznik povodne (Tab. 1).

Tab. 1 Kategórie náchylnosti územia na výskyt povodňových prietokov
Table 1 Categories of overall susceptibility to the occurrence of flood flows

Kategória	Názov	Charakteristika
1	veľmi nízka	nepravdepodobný výskyt povodňových prietokov, časti povodia (územia v povodí) s výnimočnou schopnosťou infiltrácie a retencie zrážok
2	nízka	nízka pravdepodobnosť vzniku povodňových prietokov, časti povodia (územia v povodí) s výbornými (veľmi dobrými) podmienkami pre infiltráciu a zadržanie zrážkovej vody
3	stredná	pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov, časti povodia (územia v povodí) s dobrými podmienkami pre vsakovanie a zadržiavanie zrážkovej vody
4	vysoká	veľmi pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov, časti povodia (územia v povodí) s obmedzenými podmienkami pre infiltráciu a retenciu zrážkovej vody
5	veľmi vysoká	vysoko pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov, časti povodia (územia v povodí) so značne obmedzenými infiltračnými a retenčnými schopnosťami krajiny

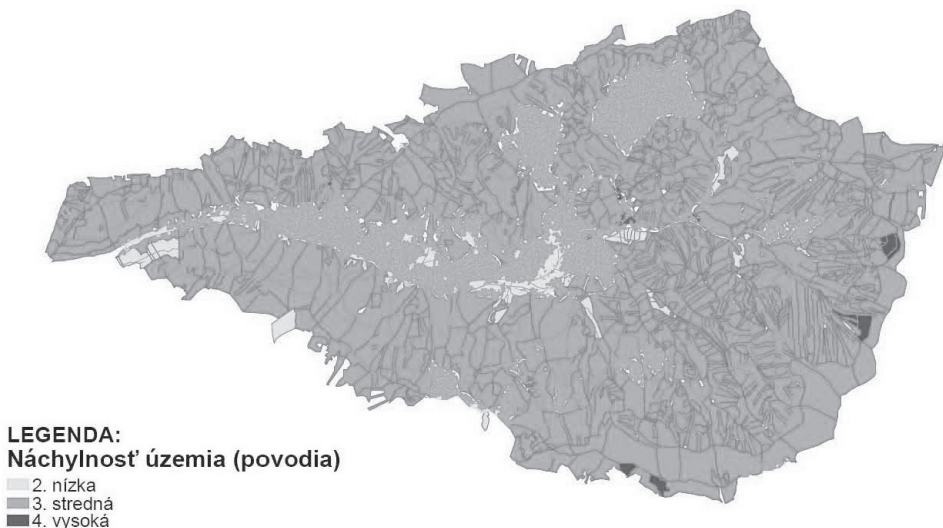
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Mapa celkovej náchylnosti povodia toku Hučava na výskyt povodňových prietokov vznikla zlúčením mapy náchylnosti lesných porastov a mapy náchylnosti nelesnej krajiny povodia toku Hučava na výskyt povodňových prietokov.

Z mapy (Obr. 1) možno určiť, že najväčšiu plochu (40,17 km²) zaberá územie patriace do 3. – strednej kategórie náchylnosti územia na výskyt povodňových prietokov. To znamená, že časti povodia, resp. územia v povodí sú svojimi vlastnosťami predurčené na pravdepodobný vznik povodňových prietokov. Tieto územia sú takisto charakteristické dobrými podmienkami pre infiltráciu a retenciu zrážkovej vody.

Menší plošný (1,05 km²) podiel predstavujú územia patriace do kategórie č. 2 – nízkej náchylnosti na výskyt povodňových prietokov, čo značí nízku pravdepodobnosť vzniku povodňových prietokov. Tieto časti povodia sa vyznačujú výbornými (veľmi dobrými) podmienkami pre infiltráciu a zadržanie zrážkovej vody.

Sporadicky sa v povodí toku Hučava vyskytujú územia (0,23 km²) patriace do kategórie č. 4 – vysokej náchylnosti na výskyt povodňových prietokov. Na týchto územiach je veľmi pravdepodobný výskyt vzniku povodňových prietokov a sú tu obmedzené podmienky pre infiltráciu a retenciu zrážkovej vody.



Obr. 1 Náchylnosť povodia vodného toku Hučava na výskyt povodňových prietokov
 Figure 1 Hucava water flow catchment susceptibility to the occurrence of flood flows

Vo všeobecnosti možno posudzované faktory rozdeliť do dvoch kategórií. V prvej by boli faktory, ktoré sú dané a nemožno ich nijako meniť, či ovplyvňovať (geologické podložie, pôdy, sklon svahu, skupiny lesných typov (slt)). Všetky tieto faktory sú pomerne dobre zmapované a ich platnosť je overená dlhodobým monitoringom a podložená množstvom výskumov.

V druhej kategórii by sa nachádzali faktory, ktoré možno cieľenou ľudskou činnosťou do určitej miery meniť a ovplyvňovať (stupeň ekologickej stability (SES), zastúpenie typov nelesnej krajiny). Z lesníckeho hľadiska nás zaujíma predovšetkým možnosť ovplyvňovať vývoj a stav lesných ekosystémov a následne pozorovať zmeny ich hydrického potenciálu. V rámci rozvoja metodiky by bolo vhodné uvažovať nad rozšírením posudzovaných faktorov, ktoré sa týkajú lesných porastov.

Osobitnú (tretiu) kategóriu by mohol tvoriť faktor potenciálu odtoku (Zz), ktorý je zo všetkých faktorov v čase najviac premenlivý. Vďaka tomu môžeme posudzovať náchylnosť územia nielen v dlhodobom meradle, ale aj pre konkrétne roky, mesiace, či dni. Avšak k tomu je potrebné získať údaje o zrážkach, teplotách a iných klimatických charakteristikách (slnečný svit, vlhkosť vzduchu, rýchlosť vetra a i.), prostredníctvom ktorých sme schopní dopočítať množstvo potenciálnej evapotranspirácie ako výdajovej zložky vodnej bilancie.

Osobitne treba posudzovať skúmané územie (povodie) s ohľadom na výskyt zvýšených až maximálnych prietokov. Vo všeobecnosti je známe, že povodia nachádzajúce sa v horských a podhorských oblastiach sú v zimnom období (nevegetačnom období) zásobované z väčšej časti pevnými (snehovými) zrážkami. Okrem toho teploty pod bodom

mrazu napomáhajú k postupnej koncentrácii snehovej pokrývky a tým pádom aj zásob vody v nej. Z toho možno usúdiť, že v takomto povodí sa vyskytujú zvýšené prietoky nielen po privalových letných zrážkach, ale aj v období topenia zásob snehu.

4 ZÁVER

Ako už bolo spomínané v úvode, vplyv lesa i nelesnej krajiny na odtok a celkovo na vodný režim v krajine študuje vedný odbor hydrológia už viac ako 100 rokov. Je dokázateľné a mnohými výskumami podložené, že les svojimi vlastnosťami priaznivo vplyva na odtokové pomery v rámci povodia. Avšak je potrebné zdôrazniť, že les dokáže ovplyvniť vznik a priebeh povodne len do určitej miery. A práve nájdením tejto miery sa zaoberá lesnícko-hydrologický výskum už spomínaných viac ako 100 rokov. Takisto aj človek môže významne vstupovať a ovplyvňovať vodný režim v krajine, a to predovšetkým vhodným alebo nevhodným obhospodarovaním lesov, prípadne podielom a typom urbanizácie. Na jednej strane môže človek priaznivo ovplyvňovať proces odtoku zo zalesneného povodia systémom takých opatrení, ktoré smerujú k podpore trvale udržateľného lesného hospodárenia v súlade so zásadami prírody blízkeho obhospodarovania lesov. Na druhej strane však môže nevhodnými opatreniami zapríčiniť akcelerovanú eróziu pôdy, zvýšiť tak podiel vodnej erózie a tým zintenzívniť zhoršenie odtokových pomerov.

Celá problematika v rámci posudzovania náchylnosti územia voči povodni je zložitá po odbornej stránke z titulu posúdenia množstva činiteľov, ktoré ju priamo či nepriamo ovplyvňujú. Netreba zabúdať ani na časovú, finančnú a personálnu náročnosť pri zisťovaní potrebných údajov a realizovaní kompletného lesnícko-hydrologického výskumu. A práve navrhnutá metodika v rámci tejto práce počíta s využitím informačných technológií s podporou rôznorodých aplikácií GIS, ktoré dokážu výrazne zjednodušiť a zefektívniť prácu. Práve preto si myslím, že je potrebné, aby sa použitá metodika rozvíjala, prípadne dopĺňala o nové faktory, prostredníctvom ktorých by sa dal objektívnejšie posúdiť vplyv lesných porastov a takisto aj zložiek nelesnej krajiny na celkový vodný režim v krajine. Je to v záujme nielen odborníkov v danej oblasti, ale aj celej spoločnosti. Tá si čoraz viac uvedomuje význam vodohospodárskej a vodoochranej funkcie lesa. Les, ako významná zložka životného prostredia človeka, je schopný poskytnúť kvalitnú vodu v primeranom kvantitatívnom množstve a takisto je schopný za určitých podmienok efektívne eliminovať zvýšené prietoky.

Treba však opätovne zdôrazniť, že lesný ekosystém nemá neobmedzený hydrický potenciál, nedokáže účinne eliminovať extrémne úhrny zrážok, ktoré nás v posledných rokoch čoraz viac zasahujú. Preto je namieste uvažovať aj nad technickými úpravami vodných tokov všade tam, kde je to aspoň trochu možné. Bez toho ťažko dokážeme zabrániť škodám, ktoré povodne dokážu napáchať. Avšak k tomu je potrebná dôkladná analýza prostredia a súčinnosť všetkých zložiek počnúc od štátnej správy, cez vodohospodárov, lesníkov, ochranárov až po samosprávy a v neposlednom rade aj samotných občanov. K tomu má dopomôcť pokračovanie lesnícko-hydrologického výskumu, vypracovanie protipovodňových plánov a opatrení, implementovanie integrovaného manažmentu povodí do praxe a vzdelávanie kompetentných osôb v rámci systému manažmentu rizík.

5 Literatúra

- Atlas krajiny Slovenskej republiky*. 1. vydanie. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR; Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, 2002. 344 s. ISBN 80-88833-27-2.
- GALLAY, I. Krajinnoeologické hodnotenie abiotického komplexu CHKO BR Poľana. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 142 s.
- KLIMENT, D. *Posúdenie náchylnosti povodia toku Hučava voči povodni*. Zvolen, 2011. 69 s. Diplomová práca. Technická univerzita vo Zvolene.
- LEPEŠKA, T. *Integrovaný manažment povodí v horských a podhorských oblastiach*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. 115 s. ISBN 978-80-228-2079-0.
- LUBINSZKÁ, Z. *Operačné postupy pri riešení krízových situácií na vodných tokoch*. Zvolen, 2010. 254 s. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene.
- SLÁVIK, D. et al. *Chránená krajinná oblasť – Biosférická rezervácia Poľana* . štvrté aktualizované. Zvolen: ŠOP SR, S-CHKO Poľana vo Zvolene, 2004. 46 s.
- ŠÁLY, R. *Pôdy Chránenej krajinnnej oblasti – biosférickej rezervácie Poľana*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, 2000. 44 s. ISBN 80-85361-76-0.
- VALTÝNI, J. *Základy hydrológie a lesníckej hydrológie*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 1995. 102 s. ISBN 80-228-0484-3.
-

Adresa autorov:

Bc. Daniel Kliment

Ing. Miriam Závacká, PhD.

Katedra lesníckych stavieb a meliorácií

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

e-mail: daniel.kliment@brnet.sk

zavacka@vslid.tuzvo.sk

Posúdenie náchylnosti povodia toku Hučava na výskyt povodňových prietokov

Abstrakt

V mojej práci sa zaoberám posúdením náchylnosti povodia vodného toku Hučava na výskyt povodňových prietokov. Skúmané povodie vodného toku Hučava je situované na území CHKO – BR Poľana a má plochu $S_p = 41,45 \text{ km}^2$. V rámci rozboru problematiky boli stanovené a popísané faktory, u ktorých sa posudzoval vplyv na náchylnosť územia (osobitne pre les a nelesnú krajinu) voči povodni. Jedná sa o geologické podložie, pôdne druhy, sklon svahu, skupiny lesných typov, stupeň ekologickej stability, využívanie nelesnej krajiny a potenciál odtoku. Metodika bola založená na vypracovaní päťmiestnej klasifikačnej stupnice pre každý faktor podľa toho, aký vplyv majú jednotlivé zložky stupnice na vytváranie povrchového odtoku a tým na možný vznik povodňových prietokov. Celý metodický postup bol po praktickej stránke realizovaný v prostredí GIS (Idrisi Taiga, ArcGIS Desktop, Definiens Professional, NetWeaver a iné). Výsledkom posúdenia náchylnosti sú mapy zobrazujúce priestorové a plošné zastúpenie jednotlivých kategórií v povodí vodného toku Hučava. Mapy boli vytvorené osobitne pre jednotlivé faktory, pre lesné porasty, nelesnú krajinu a pre celé povodie. Z výsledkov

hodnotenia náchylnosti na vznik povodne vyplýva, že na hodnotenom území sa nachádzajú nasledovné kategórie náchylnosti: nízka náchylnosť (2) na ploche 1,05 km², stredná náchylnosť (3) na ploche 40,17 km², vysoká náchylnosť (4) sa vyskytuje na 0,23 km². Uvedenú metodiku je možné aplikovať v ktoromkoľvek povodí. Limitovaná je len dostupnosťou dát o tomto území. Získané výsledky možno ďalej aplikovať v lesnícko-hydrologickom výskume, v rámci integrovaného manažmentu povodí a takisto aj v lesníckej praxi.

Kľúčové slová: povodie, povodeň, náchylnosť, Hučava, GIS

SPRÍSTUPNENIE LHC RUDNO ZA ÚČELOM JEHO REKREAČNÉHO VYUŽITIA

Milan H A N K O – Vladimír J U Š K O

Hanko, M., Juško, V.: Accessing of forest management-plan area Rudno on intension of its recreation utilization. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 45–55.

Thesis solves problems of accessing interest area, which is forest management-plan area LHC Rudno, located in central Slovakia, in north-east part of range Žiar and appropriate part of Turčianska kotlina. Area of LHC Rudno is 3 145,85 ha. On the basis of terrain measures of parameters particular roads there was status of accessing interest area evaluated, namely from the view of road type division, functional status of roads, concentration of road network and other characteristics. Total length of roads is 149,9 km, that the forest roads are 65%, the other roads are 35% and forest road network density is 30,77 m.ha⁻¹. It was very important to find out and consider accessorising of the roads by small forestry constructions, namely for reason, that these constructions increase attractivity of area for tourists, that is basically aim of this thesis. After analysis of present status of road network in interest area there was made project of trace for particular sorts of tourism. Traces for hiking, cycling, riding tourism, to be specific. Providing of these traces by forestry constructions to increase attractivity and also competition ability of interest area was also projected.

Keywords: accessing, forest roads, forestry constructions, recreation

1 ÚVOD A CIEĽ

V súčasnej dobe sa stretávame so stále väčším záujmom o rekreáciu ľudí v lesnom prostredí. Ľudia si túžia po práci oddýchnuť práve v prírode, či sa jedna o obyčajné prechádzky, náročnejšiu pešiu turistiku, cykloturistiku, modernú a stále populárnejšiu hipoturistiku, alebo si chcú odpočinúť pri rybačke či poľovaní. Mnohých láka spoznávanie prírodných a kultúrnych zaujímavostí na určitom území.

Na to, aby sa turisti mohli v prírode bezpečne a pohodlne presúvať z miesta na miesto, musí sa v území nachádzať dostatočné množstvo vhodných ciest a chodníkov, jednoducho líniových stavieb, ktoré by sa okrem iného dali využiť aj na tento účel, rekreáciu ľudí v prírode.

Pre rozvoj turizmu je sprístupnenie územia veľmi dôležité. Bez vhodne vybudovaných pozemných komunikácií by prakticky turizmus ako taký nemohol existovať. Cesty okrem tejto funkcie plnia aj mnoho iných funkcií spojených hlavne s lesníckou prevádzkou.

Druhou podmienkou, aby bolo územie dostatočne lákavé pre turistov, je vybavenie stavbami, ktoré im umožnia orientovať sa, či spríjemniť si pobyt v prírode. Na tento účel

slúžia mnohé drobné lesnícke stavby, ako napr. informačné tabule, orientačné tabule, lavičky, altánky, chaty a iné stavby slúžiace k rekreácii ľudí.

Je veľmi dôležité, aby takéto stavby zapadali do prostredia, aby nenarúšali estetický charakter krajiny. Z toho dôvodu je ich potrebné správne situovať do krajiny, na stavbu používať vhodný materiál (z estetického hľadiska a životnosti v daných podmienkach) a zvoliť vhodný spôsob výstavby.

Cieľom práce bolo zhodnotenie sprístupnenia záujmového územia – LHC Rudno lesnou dopravnou sieťou a zmapovanie daného územia a jeho potenciálu z hľadiska rekreačného využitia. Na základe zhodnotenia súčasného stavu bolo ďalším cieľom navrhnutie optimalizácie existujúcich a doplnenia nových líniových trás určených pre rôzne turistické pohybové aktivity aj s vhodným vybavením drobnými lesníckymi stavbami.

2 MATERIÁL A METÓDY

Riešená problematika je lokalizovaná v lesnom hospodárskom celku (LHC) Rudno, ktorý obhospodarujú Lesy SR, š. p., OZ Žilina, LS Turčianske Teplice. Územie má výmeru 3 145,85 ha, zasahuje do 18 katastrálnych území. Záujmové územie spadá do severozápadnej časti pohoria Žiar a juhovýchodnej časti Turčianskej kotliny.

Pohorie Žiar sa tiahne od severozápadu k juhovýchodu medzi Hornonitrianskou a Turčianskou kotlinou. Geomorfologicky patrí pohorie Žiar do Fatransko-tatranskej oblasti. Pohorie sa delí na štyri podcelky: Sokol, Vyšehrad, Horeňovo a Rovne. Pohorie Žiar susedí na severe a severozápade s Malou Fatrou, na juhozápade s Hornonitrianskou kotlinou na juhu s pohorím Vtáčnik, na juhovýchode s Kremnickými vrchmi, a na východe s Turčianskou kotlinou. V pohorí sa nachádza NPR Vyšehrad. Je to najvyšší vrchol strednej časti Žiaru (829,1 m) s výskytom skalnej vápnomilnej vegetácie. Vegetačný kryt je zložený z bukových, na juhozápade čiastočne dubovo-hrabových lesov. Geologické pomery na prevažnej väčšine územia tvoria hlbinné magmatity, porfýrické granodiority až granity, v severnej časti sa nachádza mezozoikum vnútorných Karpát s tmavými vápencami a dolomitmi a okrajovo s pestrými fľovitými bridlicami a pieskovecami. Pôdne pomery sú charakterizované predovšetkým kambizemami, a to v strednej časti kambizemami modálnymi kyslými, sprievodne kultizemami a rankrami, v severnej a južnej časti kambizemami modálnymi a kultizemami nasýtenými až kyslými, sprievodne rankrami a kambizemami pseudoglejovými. Z hľadiska klimatických pomerov je územie zaradené do mierne chladného okrsku chladnej oblasti.

V práci bolo zhodnotené sprístupnenie záujmového územia lesnou dopravnou sieťou. Bol vykonaný terénny prieskum, kde boli zmapované všetky lesné cesty ako i cudzie cesty nachádzajúce sa v záujmovom území. Zisťovali sa základne charakteristiky týchto objektov, a to z hľadiska kategorizácie ciest, sklonových pomerov, dĺžkových charakteristík, priečného usporiadania, typu povrchu vozovky, odvodňovacích zariadení. Jednotlivé cesty boli ďalej hodnotené z hľadiska stavu poškodenia a prevádzkyschopnosti, estetického začlenenia do krajiny, či vybavenosťou ciest estetickými prvkami charakteru drobných lesníckych stavieb.

Pri hodnotení stavu ciest z hľadiska stavu poškodenia a následnej potreby starostlivosti o ne bola použitá metodika pre vypracovanie lesných hospodárskych plánov (Technologické postupy prác hospodárske úpravy lesů, 1963). V zmysle danej metodiky sa stav ciest hodnotí štvorstupňovou stupnicou. Pre presnejšie ohodnotenie stavu ciest bola daná stupnica rozšírená o medzistupne.

Pri hodnotení ciest z hľadiska estetickkej príťažlivosti a vybavenosti ciest estetickými prvkami (drobnými lesníckymi stavbami) bola použitá metodika podľa KLČA, ŽÁČKA (2008). V zmysle danej metodiky sú cesty zatriedované do päťstupňovej stupnice so zohľadnením kategorizácie lesov a kvantifikovaním rozsahu vybavenosti a prác potrebných na zabezpečenie starostlivosti o dané objekty.

Na hodnotenie stavu sprístupnenia záujmového územia bol použitý ukazovateľ – priemerná hustota ciest počítaná podľa vzťahu (JURÍK a kol. 1984):

$$H_c = \frac{L}{P}$$

kde: H_c – hustota ciest v m.ha⁻¹,

L – celková dĺžka ciest v danom území v m,

P – plocha územia v ha.

Súčasťou terénneho prieskumu bolo taktiež zmapovanie turistických a rekreačných aktivít, existencie jestvujúcich turistických trás a špecifikovaní potenciálu záujmového územia.

Na základe daných výstupov terénneho prieskumu bol spracovaný návrh riešenia rekreácie v záujmovom území z hľadiska návrhu jednotlivých turistických trás a drobných lesníckych stavieb. Trasy podľa jednotlivých pohybových aktivít boli navrhované podľa Príručky pre prípravu interpretačných chodníkov (GEBHARD a kol., 2006).

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Zhodnotenie stavu sprístupnenia záujmového územia

Dopravné sprístupnenie záujmového územia sa vyznačuje v rámci Slovenska pomerne veľkou hustotou ciest. Celkove sa tu nachádza 47 ciest o celkovej dĺžke 149,9 km (tab. 1). Z celkovej dĺžky 35 % tvoria cudzie cesty, a to štátne cesty II. a III. triedy (9 ciest) a poľné cesty (7 ciest), ktoré sú využívané aj lesníckou prevádzkou. Lesných ciest je v záujmovom území cca 65 % o celkovej dĺžke 96,8 km. V rámci lesnej dopravnej siete prevažujú cesty 3L s 54 % podielom. Ich podiel čiastočne zvyšuje aj zaradenie turistickej trasy E8 (Cesta hrdinov SNP) o dĺžke 18,5 km do tejto kategórie, keďže je budovaná v parametroch cesty 3L. Odvozné cesty kategórie 1L a 2L tvoria 46 %. Celkove je hustota lesných ciest 30,77 m.ha⁻¹, čo predstavuje teoretický rozstup lesných ciest 325 m. Pri započítaní aj cudzích ciest hustota ciest stúpne až na 47,65 m.ha⁻¹. Daná hustota ciest vysoko prekračuje slovenský priemer 20 m.ha⁻¹ (ZELENÁ SPRÁVA, 2009) a je dostačujúca.

Tab. 1 Analýza kategórií ciest
Tab. 1 Analysis of road categories

cesty	kategória cesty	dĺžka (m)	podiel (%)
cudzie	štátne	41 350	27,59
	poľné	11 750	7,84
	spolu cudzie	53 100	35,42
lesné	1L	18 900	12,61
	2L	25 600	17,08
	3L	52 300	34,89
	spolu lesné	96 800	64,58
spolu		149 900	100,0

Z terénneho prieskumu vyplýva niekoľko všeobecných záverov týkajúcich sa základných charakteristík ciest. Z hľadiska krytu vozovky je polovica všetkých ciest zemných (50,8 %), cesty so štrkovým krytom vozovky tvoria 10,4 %. Pomerne vysoký je podiel ciest s najkvalitnejším, bitúmenovým, krytom vozoviek – 39,0 %, tento podiel je však spôsobený faktom, že 2/3 týchto ciest predstavujú štátne cesty II. a III. triedy.

Pri analyzovaní všetkých ciest z hľadiska rozsahu poškodení a ich prevádzkyschopnosti (tab. 2) treba rozlišovať výsledky zovšeobecnené pre všetky cesty a špecifikované len pre lesné cesty. Štátne cesty sú v dobrom až veľmi dobrom stave. To skresľuje celkové výsledky a predovšetkým stav lesných ciest, keď situácia sa zdá byť menej vážna ako v skutočnosti je. Až 87 % lesných ciest je zaradený do stupňov poškodenia 2/3, 3 a 3/4, čo si vyžaduje potrebu rozsiahlejších opráv, 8 % ciest potrebuje rekonštrukciu a len 5 % z lesných ciest je vo vyhovujúcom stave. Z hľadiska poškodenia v prípade vozoviek s bitúmenovým krytom jednalo sa najmä o výskyt výtlkov či mozaikových trhlín. V prípade ciest so štrkovým krytom a zemných ciest sa jednalo hlavne o erodovanie povrchu vozovky spojené s vytváraním erózných rýh, najmä v koľajových stopách. Okrem štátnych ciest, ktoré sú pravidelnou údržbou v dobrom stave, je potrebné vykonať opravy takmer u všetkých ciest, či už v menšom alebo väčšom rozsahu. Väčšinou sa jedná o opravu odvodnenia ciest, či už priečného alebo pozdĺžneho, opravy a stabilizácie výkopových a násypových svahov, opravy erodovaných povrchov štrkových vozoviek a pomiestne opravy bitúmenových vozoviek. Z pohľadu rekreačného využitia ciest je potrebná čiastočná rekonštrukcia úsekov dvoch ciest (l. c. Miliansko navrhnutá ako súčasť trasy pre horskú cyklistiku a p. c. Slov. Pravno – Kaľamenová navrhnutá ako súčasť hipotrazy). Z lesníckeho hľadiska by si vyžadovalo celkovú rekonštrukciu, príp. asanáciu 5 ciest (l. c. Veľká Jasenica, Sokol dolina, Briešte – salaš, Slov. Pravno – Murovaná skala a Briešte – škôlka).

Pri hodnotení ciest z estetického hľadiska a ich potenciálu na rekreačné využitie sú cesty esteticky zaujímavé, väčšinou zapadajú do prostredia, sú vhodne umiestnené, nepredstavujú veľký zásah do prostredia. Esteticky dojem čiastočne naruša ich technický stav. Výsledky hodnotenia vybavenosti ciest, a to predovšetkým lesných ciest, drobnými lesníckymi stavbami (tab. 3) poukazujú na nevyhovujúci stav. V prípade lesných ciest išlo

len o stupne vybavenosti ciest 1. a 2., teda nulovú a nedostatočnú vybavenosť, čo predstavovalo v prípade hospodárskeho a ochranného lesa početnosť drobných lesníckych stavieb 0–1 ks na 1 km dĺžky cesty. Zriedkavý výskyt drobných lesníckych stavieb mal väčšinou charakter poľovníckych stavieb, čiže by sa dalo skonštatovať, že vybavenosť územia stavbami v rekreačnom využití je nulová. Dostatočnou (2–3 ks.km⁻¹) až výbornou (> 5 ks.km⁻¹) vybavenosťou stavbami sa vyznačovali iba štátne cesty, išlo prevažne o stavby charakteru smerovačov, príp. prístreškov.

Tab. 2 Analýza stavu ciest z hľadiska stupňa poškodenia
Tab. 2 Analysis of the forest states from damage viewpoint

všetky cesty			lesné cesty	
stav cesty	dĺžka (m)	podiel (%)	dĺžka (m)	podiel (%)
1	41 350	27,59	0	0,00
1/2	0	0,00	0	0,00
2	5 100	3,40	5 100	5,27
2/3	33 300	22,21	28 700	29,65
3	45 050	30,05	41 600	42,98
3/4	14 900	9,94	14 000	14,46
4	10 200	6,80	7 400	7,64
spolu	149 900	100,0	96 800	100,0

Tab. 3 Analýza vybavenosti ciest stavbami
Tab. 3 Analysis of facilities of buildings on the roads

stupeň	vybavenosť	všetky cesty		lesné cesty	
		dĺžka (m)	podiel (%)	dĺžka (m)	podiel (%)
1	nulová	100 900	67,31	83 900	86,67
2	nedostatočná	22 900	15,28	12 900	13,33
3	dostatočná	8 600	5,74	0	0,00
4	dobrá	0	0,00	0	0,00
5	výborná	17 500	11,67	0	0,00
spolu		149 900	100,0	96 800	100,0

3.2 Zhodnotenie turistického využitia územia

Pohorie Žiar je turisticky málo využívané územie. Tento fakt je spôsobený predovšetkým polohou, keďže dané pohorie je obkolesené turisticky atraktívnejšími pohoriami (Veľká Fatra, Malá Fatra, Kremnické vrchy, Vtáčnik). Tie sú turisticky

lepšie sprístupnené, marketingovo spropagované a komerčne atraktívnejšie s vybudovanými mnohými rekreačnými strediskami, či už pre zimnú alebo letnú turistiku.

Výsledkom terénneho prieskumu mapovania turistických aktivít v záujmovom území bolo zaznamenanie existencie turistických trás a cyklotrás.

Nachádzajú sa tu tri turistické trasy, ktoré sú vytýčené v rámci koncepcie Slovenského zväzu turistov a sú zaznačené v turistických mapách:

- červená trasa – trasa európskeho významu E8 – Cesta hrdinov SNP prechádzajúca hrebeňom pohoria,
- modrá trasa – diaľková trasa číslo 2603 Nedožery – Jasenovo,
- zelená trasa – trasa s číslom 5403 Jasenovo – Čičmany.

V rámci cyklotrás sa na záujmovom území nachádzajú 4 značené trasy:

- modrá trasa Južný Turiec: dĺžka 38,5 km, prevýšenie 65 m, trasa nevedie priamo pohorím Žiar, ale je vedená priľahlou časťou Turčianskej kotliny,
- zelená trasa Slovenské Pravno – Hadvigy: dĺžka 5 km, prevýšenie 100 m, nenáročná trasa,
- zelená trasa Veľká Jasenica – Budiš: dĺžka 29 km, prevýšenie 230 m,
- trasa Slovenské Pyreneje: dĺžka: 50 km, okružná trasa určená najmä pre cestné bicykle, kopíruje severnú hranicu pohoria Žiar.

3.3 Návrh turistického sprístupnenia záujmového územia

Pri návrhu turistického sprístupnenia záujmového územia LHC Rudno sa vychádzalo z viacerých východísk a špecifik záujmového územia. Na území sa nenachádza žiadne rekreačné stredisko, ktoré by mohlo byť východiskovým bodom pri navrhovaní jednotlivých turistických trás. Záujmové územie je relatívne početne osídlené, zasahuje tu až 18 katastrálnych území. Z toho vyplynula požiadavka navrhnuť viaceré nástupné miesta, z ktorých sa bude nastupovať na jednotlivé trasy a ktoré by mali byť rozmiestnené tak, aby obsiahli celé územie. Z hľadiska návrhu trás pre rôzne pohybové aktivity podľa sezónnosti dané klimatické ako i morfológické podmienky do značnej miery obmedzovali využitie územia na zimnú turistiku, ako napr. lyžiarske trate pre zjazdové alebo bežecké lyžovanie. Z tohto dôvodu boli navrhované turistické trasy predovšetkým pre letnú turistiku.

Návrh turistického sprístupnenia záujmového územia obsahuje jedno turistické centrum, 4 nástupné miesta pre pešiu turistiku – dva náučné chodníky a dve prepojavacie turistické trasy o celkovej dĺžke 28 km, 4 cyklotrasy o celkovej dĺžke 48 km, 1 chovateľskú stanicu s 2 hipotrasami o celkovej dĺžke 32 km a 1 trasu pre kolieskové korčuľovanie s dĺžkou 5 km. V rámci jednotlivých trás bolo navrhnutých a do prostredia vhodne zakomponovaných 25 oddychových zón ako odpočinkových miest pre turistov s príslušným vybavením tvoreným rôznymi drobnými lesníckymi stavbami na rekreačné využitie.

Rekreačné centrum – ako najvhodnejšia lokalita sa javí lúčny komplex (bývalý salaš) obkolesený lesnými porastmi pri obci Brieštie s turisticky atraktívnymi výhľadmi a dobrou dostupnosťou dopravnými prostriedkami. Táto lokalita je navrhovaná ako križovatka trás

pre každú formu turistiky. Súčasťou navrhovaného rekreačného centra je návrh zrubových stavieb vhodne zakomponovaných do koloritu prostredia, záchytného parkoviska, či ihrisk pre deti a športové aktivity ako i stajňa s možnosťou dočasného ustajnenia koní.

Nástupné miesta – je potrebné vytvoriť skupinu východiskových miest, z ktorých by turisti mohli nastupovať na jednotlivé trasy. Pri týchto nástupných miestach je dôležitá ich vhodná poloha vzhľadom na možnosť nástupu na trasy, dostupnosť autom. či možnosť bezpečného odstavenia auta na dlhšiu dobu. Boli navrhnuté 4 nástupné miesta: prvé je z navrhnutého rekreačného centra, druhé sa nachádza v obci Jasenovo, tretie je pri obci Polerieka na odpočívadle a napokon štvrté, určené hlavne pre korčuliarov, je v obci Moškovec.

Trasy pre pešiu turistiku – pozostávajú z dvoch náučných chodníkov Briešte a Polerieka a dvoch turistických rás. Trasy pre pešiu turistiku sú navrhnuté tak, aby v kombinácii s už existujúcimi turistickými trasami a navrhnutými náučnými chodníkmi tvorili súvislú sieť a tým poskytovali možnosť turistom si navoliť väčšiu variabilitu rôznych kombinácií trás.

- **náučný chodník Briešte** – nenáročný náučný chodník vedúci príjemným leso-lúčnym prostredím s viacerými vyhlídkami o celkovej dĺžke 11 km. Chodník je tematicky zameraný na krajinu, jej osídľovanie, využívanie a pretváranie. Na trase chodníka sú navrhnuté okrem nástupného miesta štyri odpočinkové miesta. Návrh chodníka obsahuje 8 stanovišť vybavených informačnými tabuľami s obsahovou náplňou:
 1. popis územia a informácie o náučnom chodníku,
 2. info o obci Briešte, história a súčasnosť,
 3. lesnícka tematika,
 4. flóra územia,
 5. využívanie krajiny z pohľadu pastvy dobytky,
 6. kosenie a obrábanie polí aj vo vysokých polohách,
 7. fauna,
 8. osídľovanie územia a história obce Hadviga.
- **náučný chodník Polerieka** – nenáročný okružný náučný chodník vedúci lesným prostredím o celkovej dĺžke 6 km, lokalizovaný pri obci Polerieka. Tematicky je chodník zameraný na hospodárenie v lese zachytávajúce celý cyklus od založenia lesa, cez pestovanie až po ťažbovo-dopravný proces a je rozvrhnutý do 5 stanovišť. Chodník vychádza z nástupného miesta Polerieka – odpočívadlo a je zokruhovaný využitím 5 lesných ciest.
- **turistická trasa č. 1 Repeš – Vandráčka** – je navrhnutá ako prepojenie medzi náučným chodníkom Briešte a náučným chodníkom Polerieka, trasa vedie lúčno-lesným prostredím, dĺžka trasy 4 km, šírka trasy 3 až 4 m, max. sklon 12 %, kryt povrchu zemný a bitúmenový.
- **turistická trasa č. 2 Polerieka – Moškovec** – trasa spájajúca nástupné miesto Polerieka – odpočívadlo a obec Moškovec, vedúca nenáročným terénom leso-lúčnym prostredím, dĺžka trasy 5 km, šírka 3 až 4 m, max. sklon 9 % kryt povrchu štrkový a zemný.

Cyklotrasy. Vychádzajúc zo skutočnosti, že územím prechádza niekoľko cyklotrás určených pre cestnú cyklistiku, návrh bol zameraný na horskú cyklistiku a taktiež krátke prepojavacie trasy na vytvorenie siete navzájom poprepájaných cyklotrás. Boli navrhnuté štyri cyklotrasy:

- trasa č. 1 Polerieka – Repeš – Slovenské Pravno – nenáročná trasa prechádzajúca leso–lúčnym prostredím, ktorá v kombinácii s ďalšími trasami môže mať charakter okružnej trasy, dĺžka trasy 14,5 km, šírka 3–4 m, max. sklon 12 %. Táto trasa v prípade priaznivých snehových podmienok v zimnom období môže byť využívaná ako trasa na bežecké lyžovanie,
- trasa č. 2 Polerieka – Vricko – Kláštor – stredne náročná trasa vedúca od obce Polerieka k západnej hranici záujmového územia, dĺžka trasy 7,6 km, šírka 4 m, max. sklon 12 %, povrch štrkový a bitúmenový,
- trasa č. 3 Liešno – Kaľamenová – Budiš – ide o jednoduché prepojenie dvoch štátnych ciest, ktoré sú súčasťou existujúcich cyklotrás, formou nenáročnej trasy o dĺžke trasy 10 km, šírke 3 až 8 m, max. sklone 8 % a bitúmenovým a zemným krytom povrchu,
- trasa č. 4 Moškovec – Ivančina – Polerieka – nenáročná trasa začínajúca na nástupnom mieste v obci Moškovec vyznačujúca sa peknými výhľadmi na Turčiansku kotlinu, dĺžka trasy 15,5 km, šírka 8 m, max. sklon 6 %, bitúmenový kryt povrchu.

Trasa pre kolieskové korčuľovanie – začína v obci Moškovec, je to jednosmerná trasa tvorená z 2 ciest s kvalitným bitúmenovým povrchom vhodným na takúto trasu, s maximálnym sklonom do 3 % a celkovou dĺžkou trasy 5,25 km. Ide o nenáročnú trasu vhodnú aj pre začínajúcich korčuľiarov.

Hipotrasy. Ich návrh vychádza z lokality obce Kaľamenová, kde sa nachádza chovná stanica koní Farma Gireth, ale oficiálne žiadne hipotrasy sa v jej blízkosti nenachádzajú. Z tohto východiskového bodu boli navrhnuté dve okružné trasy s možnosťou prepojenia s ďalšími chovnými stanicami, ktoré sa nachádzajú mimo záujmového územia.

- trasa č. 1 Kaľamenová – Hadviga – trasa vedie po poľných a lesných cestách, vychádza z farmy v obci Kaľamenová a vedie do obce Hadviga. Odtiaľ je možné trasu prepojiť už mimo záujmového územia do obce Vyšehradné, kde sa nachádza chovná stanica Monty Ranč. Parametre trasy sú: dĺžka 18 km, šírka 3 m, max. sklon 12 % a zemný kryt povrchu vozovky.
- trasa č. 2 Kaľamenová – Kláštor pod Znievom – vedenie trasy je navrhnuté poľno–lúčnym prostredím po poľných a lesných cestách do Kláštora pod Znievom do chovnej stanice Ranch Amadeus v rámci uvažovanej siete chovných staníc. Parametre trasy sú: dĺžka 14 km, šírka 3 m, max. sklon 13 % a zemný kryt povrchu vozovky.

Drobné lesnícke stavby. Na zvýšenie atraktivity územia a jednotlivých turistických trás boli vypracované koncepčné návrhy drobných lesníckych stavieb na rekreačné účely, ako aj návrhy ich rozmiestnenia po jednotlivých trasách. Tieto stavby sú prostriedkom na orientáciu, poskytnutie potrebných informácií, miestom oddychu či relaxu turistu pohybujúceho sa po prírodnom prostredí. Bolo navrhnuté rozmiestnenie niekoľkých typov

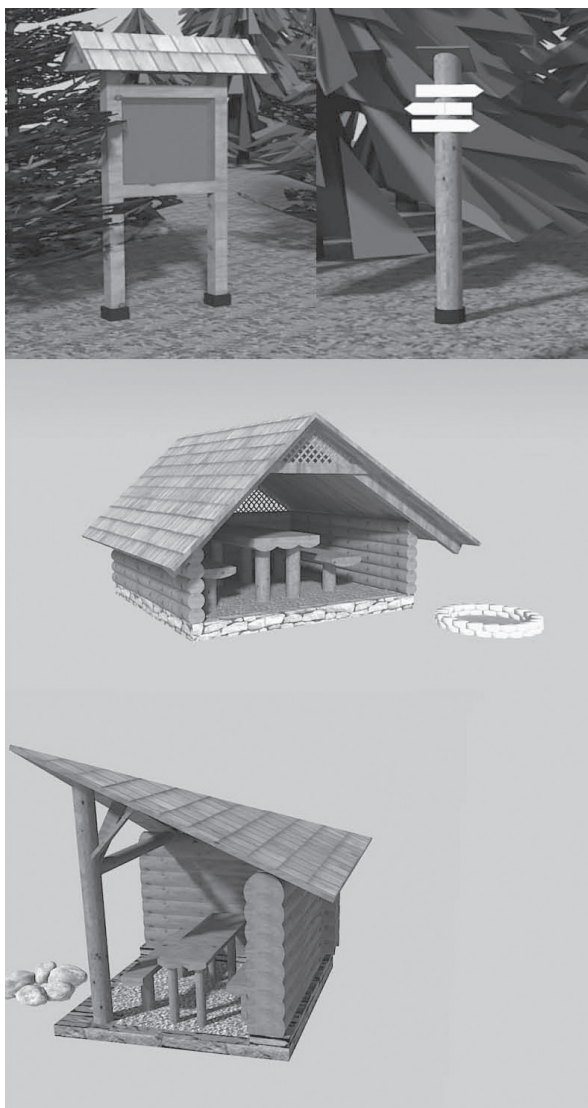
stavieb, ktoré môžu byť umiestňované buď samostatne, alebo v skupinách, v rámci tzv. oddychových zón. Základnými typmi takýchto drobných stavieb sú napr. altánok, lavička, ohnisko, studnička, informačná tabuľa, smerovač, odpadkový kôš, sociálne zariadenie, a pod.). Jednotlivé druhy stavieb by mali byť architektonicky jednotné, a to hlavne z dôvodu prezentovania územia ako jednotného celku. Z hľadiska použitého materiálu pri takýchto stavbách bolo navrhnuté najmä drevo a kameň. Z dreva je to najmä smrek a borovica vo forme predovšetkým guliačov, príp. hranolov. Ako strešná konštrukcia bola navrhnutá sedlová strecha so strešnou krytinou – dreveným šindľom. Spôsob osadenia nosnej konštrukcie stavby do terénu je riešené formou oceľových pätiék z dôvodu odsadenia dreva od pôdy, a tým jeho ochrany pred pôsobením pôdnej vlhkosti a predĺžením životnosti. V prípade náročnejších stavieb (altánky) sa navrhuje založiť stavbu kamenným (príp. betónovým) soklom. Príklady návrhu takýchto stavieb sú na obr. 1.

5 ZÁVER

Na základe zistených charakteristík záujmového územia, súčasného stavu turistického sprístupnenia a vybavenia územia drobnými lesníckymi stavbami, možno skonštatovať, že v území sa nenachádza dostatok turistických trás a cyklotrás, nehovoriac o úplnej absencii hipotrás, či korčuliarskych trás. Aj napriek tomu, že pohorie Žiar je turisticky menej známe, je do značnej miery nedocenené, najmä kvôli svojej polohe. Okrem vlastných zaujímavostí, môže turistom poskytnúť blízkosť turistických zaujímavostí rôzneho druhu, napr.: vodná rekreácia (aquapark Turčianske Teplice), lyžovanie (Martinské hole, Jasenská dolina, Valčianska dolina), horská turistika (Veľká Fatra), návšteva pamätihodnosti či kultúrne vyžitie (Martin, Bojnice), ap.

V rámci LHC Rudno bol na základe získaných charakteristík sprístupnenia územia a údajov o jednotlivých cestách vykonaný návrh trás pre jednotlivé druhy turistiky. Boli navrhnuté dva náučné chodníky, dve turistické trasy, štyri cyklotrasy, dve hipotrasy a trasa pre kolieskové korčuľovanie. Trasy boli navrhnuté tak, aby spolu s už existujúcimi trasami tvorili ucelenú sieť tak, aby si turista mohol navoliť takú trasu, ktorá mu najviac vyhovuje. Bol vykonaný aj návrh vybavenia trás drobnými lesníckymi stavbami, za účelom zvýšenia úrovne a tým aj konkurencieschopnosti záujmového územia. Takto turistické sprístupnenie a vybavenie trás stavbami poskytuje turistom komfort a bezpečnosť, čo im umožní vychutnať si krásy ktoré tunajšia príroda poskytuje.

Pri spoločnom využívaní jednej cesty (trasy), či križovaní jednotlivých trás môže dochádzať k neželaným konfliktom a stretom (napr. kôň – cyklista, cyklista – turista, či cyklista – korčuliar, ap.). Ďalšia skupina konfliktov je medzi turistami a obhospodarovateľmi lesov, a to najmä z dôvodu častých stretov turistov s odvoznými súpravami, ktorými sa využívajú lesné cesty pre odvoz dreva. Problematické sú aj názory poľovníckych organizácií na pohyb turistov v lese, najmä z hľadiska plašenia zverí, či iného obmedzovania práva poľovníctva. Takéto konflikty je možné odstrániť len spoločnými dohodami, prostredníctvom komunikácie medzi zainteresovanými jednotlivými stranami a vhodnou kombináciou s legislatívnymi opatreniami.



Obr. 1. Konceptné návrhy drobných lesníckych stavieb
Fig. 1. Conception designs of midget forest buldings

6 Literatúra

GEBHARD, a kol., 2006: Príručka pre prípravu interpretačných chodníkov. In: Ekologický turizmus v Európe, Bonn, dostupné na: www.oete.de/dokumente/36_trail_planning_guide_sk.pdf
JURIK, Ľ. a kol., 1984: Lesné cesty. Bratislava: Príroda, 414 s. ISBN 64-030-84.

- KLČ, P., ŽÁČEK, J., 2008: Funkcie lesných ciest. In: Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie: Lesnícke stavby v krajine a ich rekreačné využitie., Katedra lesníckych stavieb a meliorácií, Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene. ISBN: 978-80-228-1924-4.
- STN 73 6108 – Lesná dopravná sieť.
- KOLEKTÍV, 1963: Technologické postupy práce HÚL. Ústav pre Hospodársku úpravu lesov, Zvolen.
- ZELENÁ SPRÁVA, 2009: Správa o lesnom hospodárstve v Slovenskej republike za rok 2008, Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky Bratislava, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen.
-

Adresa autora:

Ing. Milan Hanko

Ing. Vladimír Juško, PhD.

Katedra lesníckych stavieb a meliorácií

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: minohanko23@azet.sk

jusko@vsld.tuzvo.sk

Sprístupnenie LHC Rudno za účelom jeho rekreačného využitia

Abstrakt

Práca rieši problematiku sprístupnenia záujmového územia, ktorým je LHC Rudno, nachádzajúci sa na strednom Slovensku, v severovýchodnej časti pohoria Žiar a príslušnej časti Turčianskej kotliny. Výmera LHC Rudno je 3145,85 ha. Na základe v teréne vykonaných meraní parametrov jednotlivých ciest sa hodnotil stav sprístupnenia záujmového územia a to z pohľadu typového rozdelenia ciest, funkčného stavu ciest, hustoty cestnej siete a ďalších charakteristík. Celková dĺžka posudzovaných ciest bola 149,9 km, z toho bolo 65 % lesných ciest a 35 % cudzích ciest, a hustota lesných ciest 30,77 m.ha⁻¹. Bolo veľmi dôležité taktiež zistiť a posúdiť vybavenie ciest drobnými lesníckymi stavbami a to predovšetkým z dôvodu, že takéto stavby zvyšujú atraktivitu územia pre turistov. Po analyzovaní súčasného stavu cestnej siete v záujmovom území bol vypracovaný návrh trás pre jednotlivé druhy turistiky. Konkrétne trasy pre pešiu turistiku, cykloturistiku, hipoturistiku, kolieskové korčulovanie. Taktiež bolo navrhnuté vybavenie týchto trás drobnými lesníckymi stavbami na zvýšenie atraktivity a tým aj konkurencieschopnosti záujmového územia.

Kľúčové slová: sprístupnenie, lesné cesty, drobné lesnícke stavby, rekreácia

POŠKODENIE SMREKOVCOVÝCH MLADÍN KÔROVNICAMI (STERNORRHYNCHA, ADELGIDAE) V ZÁVISLOSTI OD STANOVIŠTNÝCH A PORASTOVÝCH PODMIENOK

Richard WEISZ – Štefan PAVLÍK

Weisz, R., Pavlík, Š.: Damages to young larch stands caused by adelgids (*Sternorrhyncha*, *Adelgidae*) in dependence on site and stand conditions. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 57–69.

Based on the research of damages to young larch stands caused by the adelgids *Sacchiphantes viridis* and *Adelges laricis*, which was carried out in 29 forest stands at the management-plan areas Gelnica and Smolník in 2010, we have found that site and stand conditions had great influence on the mean infestation rate of larches by adelgids. As most important ones were tree species composition, slope orientation and inclination, site quality, management forest type group and a way of stand regeneration. The most damaged were larches from artificial regeneration growing in mixture with spruces on SE and SW slopes with medium inclination at poor or rich soils in the fifth forest altitudinal zone.

Keywords: adelgids (*Adelgidae*), larch, damages, young stands, stand and site conditions

1 ÚVOD

Kôrovnice sú významní škodcovia ihličnatých drevín, pretože cicaním poškodzujú ihlice drevín. V dôsledku cicania dochádza k deformáciám a nekrózam ihlíc. Permanentné poškodzovanie drevín vedie k znižovaniu prírastku a fyziologickému oslabovaniu (KAPITOLA, 2000). Takto oslabená drevina je náchylnejšia na poškodenie ďalšími škodlivými činiteľmi. I keď v mnohých prípadoch sa kôrovnice nepovažujú za nebezpečných hmyzích škodcov, môžu sa významne podieľať na znižovaní stability lesných ekosystémov. Na smrekovci škodia na Slovensku hlavne dva druhy diekných kôrovnic – kôrovnica zelená (*Sacchiphantes viridis*) a kôrovnica smrekovcová (*Adelges laricis*). Pre oba druhy je smrekovec sekundárnym hostiteľom, primárnym hostiteľom je smrek. Z hľadiska veku porastu najviac ohrozené sú predovšetkým porasty 1.–3. vekovej triedy (ZÚBRIK 1996). V minulosti sa tejto problematike podrobnejšie venovali PAVLÍK a MAJERNÍK (2002), ktorí analyzovali činitele ovplyvňujúce dispozíciu smrekovcov k napadnutiu kôrovnicami.

Cieľom práce bolo analyzovať vplyv stanovištných a porastových podmienok na priemerný stupeň napadnutia smrekovcových mladín kôrovnicou zelenou (*Sacchiphantes*

a LHC Smolník. Skúmali sa zákonitosti napadnutia smrekovca v závislosti od veku porastu, zastúpenia smrekovca, smreka a ostatných drevín v poraste, expozície a sklonu svahu, bonity stanovišťa, HSLT a spôsobu obnovy.

2 MATERIÁL A METÓDY

2.1 Charakteristika výskumných plôch

Porasty, v ktorých sa uskutočňoval výskum, sa nachádzali v LHC Gelnica a LHC Smolník. Výskum sa uskutočňoval v 29 porastoch (tab. 1) počas vegetačného obdobia roku 2010. Porasty vo veku 3–10 rokov mali charakter zmiešaných smrekovo-smrekovcových mladín s primiešaním ostatných druhov drevín. Porasty boli rôzne exponované na svahoch s rôznym sklonom, rástli na plochách s rôznou bonitou stanovišťa a nachádzali sa v rôznych HSLT. Porasty vznikli prevažne umelou obnovou bez mechanickej prípravy pôdy, ale aj kombinovanou a prirodzenou obnovou. V porastoch bola dôsledne vykonávaná ochrana voči poškodeniu zverou a pravidelné vyžínanie. Stav zveri zodpovedali normovaným kmeňovým stavom a v porastoch nebolo zaznamenané výrazné poškodenie drevín zverou. Pôdy boli stredne hlboké až hlboké s dobrou úrodnosťou.

Tab. 1 Charakteristika výskumných plôch
Tab. 1 Characteristics of the study plots

JPRL	Vek (roky)	Zastúpenie (%)		Expozícia	Sklon (%)	Bonita	HSLT	Spôsob obnovy
		SC	SM					
42 20	5	20	35	SZ	50	32	505	U
52 20	4	30	35	S	50	32	505	U
56 30	5	30	40	SZ	40	30	516	K
57 20	5	20	45	SZ	45	30	505	K
65 20	4	40	40	V	50	38	516	U
215 20	5	30	5	JZ	80	26	571	U
217 20	10	30	50	JZ	45	30	511	U
219B00	5	20	30	JZ	40	30	511	P
254A20	5	20	40	SZ	50	28	505	P
527A02	10	50	30	JZ	70	20	498	K
224B00	5	20	30	JZ	40	34	511	U
225 20	10	20	40	JZ	40	30	505	U
227 20	10	20	40	SZ	40	24	505	U
237 20	7	25	60	SZ	50	30	505	U
239 20	7	30	25	SV	55	30	505	U
490 30	5	20	0	Z	40	28	505	U
491 30	3	20	10	Z	40	30	426	U
672A20	10	20	45	JZ	45	20	405	U

Tab. 1 Pokračovanie

Tab. 1 Continued

JPRL	Vek (roky)	Zastúpenie (%)		Expozícia	Sklon (%)	Bonita	HSLT	Spôsob obnovy
		SC	SM					
673 20	10	20	10	JZ	50	20	416	U
68 A 20	3	20	0	SZ	40	28	511	U
300 30	5	20	25	JZ	50	22	511	U
306 C 00	5	30	10	JV	55	20	516	U
309 A 20	4	20	50	J	60	20	505	U
311 40	5	20	10	J	40	28	511	U
174 30	6	20	10	SZ	10	26	416	U
175 B 00	5	20	30	SV	40	20	405	U
107 30	5	20	20	JV	40	26	416	U
103 A 20	4	50	0	JV	30	24	410	U
126 A 20	10	20	65	SZ	55	26	435	U

Vysvetlivky: JPRL – jednotka priestorového rozdelenia lesa, SC – smrekovec, SM – smrek, HSLT – hospodársky súbor lesných typov, spôsob obnovy: U – umelá, K – kombinovaná, P – prirodzená.

2.2 Spôsob hodnotenia poškodenia

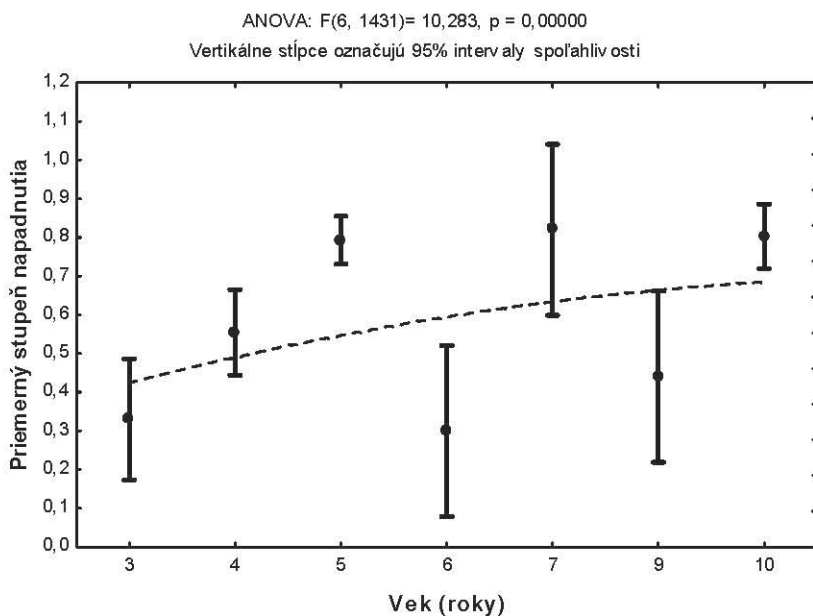
Zisťovanie údajov bolo vykonávané formou pochôdzok v mesiacoch jún, júl, august a september 2010. Vo vybraných porastoch bolo náhodným výberom vybraných 50 smrekovcov. Vybrané stromy sa označili a bolo im pridelené poradové číslo. Na označených stromoch sa hodnotil stupeň napadnutia kôrovniciami na základe klasifikačnej stupnice podľa percentuálneho podielu napadnutia asimilačných orgánov (0 – bez napadnutia, 1 – slabé napadnutie, rozsah napadnutia do 20 % asimilačnej plochy, 2 – stredné napadnutie, rozsah napadnutia 21–50 % asimilačnej plochy, 3 – silné napadnutie, rozsah napadnutia nad 50 % asimilačnej plochy). Hodnotenie napadnutia kôrovniciami sa vykonávalo komplexne bez ohľadu na jednotlivé druhy kôrovníc podľa prítomnosti lariev, vatovitých chumáčikov alebo žltnutia a usychania ihlíc.

Získané údaje sa spracovali to tabuliek, ktoré slúžili ako podklady pre následné matematicko-štatistické vyhodnotenie. Významnosť vplyvu jednotlivých faktorov na priemerný stupeň napadnutia smrekovca sa testoval pomocou jednofaktorovej analýzy variancie (ANOVA). Štatistická významnosť rozdielov v priemernom stupni napadnutia medzi jednotlivými úrovňami daného faktora sa testovala na základe Tuckeyovho HSD testu s nerovnakým počtom opakovaní (SCHEER 2010). Pri štatistickej analýze sa využíval software STATISTICA 7.0.

3 VÝSLEDKY

Vek porastu

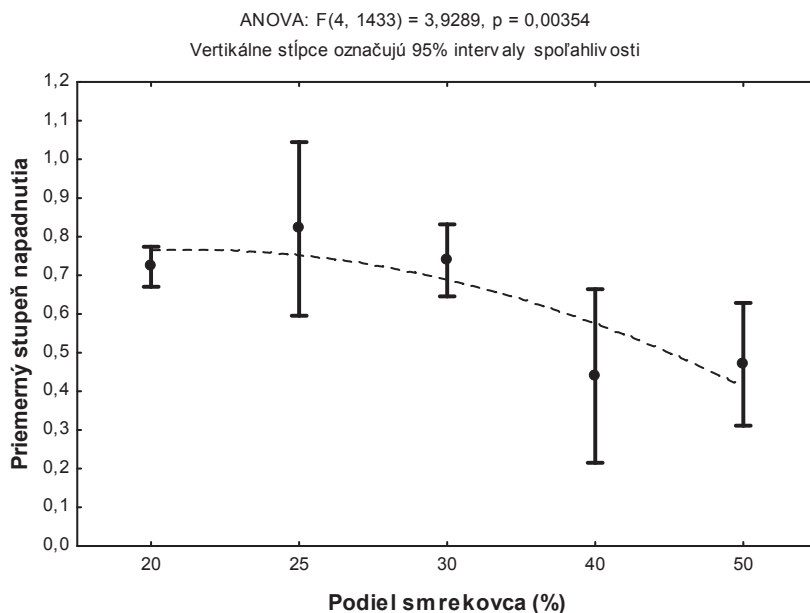
Vplyv veku na napadnutie porastov znázorňuje obr. 1. So stúpajúcim vekom sa priemerný stupeň napadnutia zvyšoval, aj keď priemerný stupeň napadnutia značne varíroval. Najvyššie hodnoty napadnutia boli zaznamenané vo veku 10 rokov. Najnižšie hodnoty boli zaznamenané vo veku 3 rokov.



Obr. 1 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od veku porastu
Fig. 1 Mean infestation rate in dependence on age of a forest stand

Podiel smrekovca v poraste

Krivka znázorňujúca závislosť priemerného stupňa napadnutia od podielu smrekovca v poraste mala klesajúcu tendenciu (obr. 2). So zvyšujúcim sa podielom smrekovca v porastoch sa priemerný stupeň napadnutia znižoval. Štatisticky preukazne vyšší stupeň napadnutia bol zaznamenaný pri 20–30 % podiele smrekovca v porastoch v porovnaní s porastami s podielom smrekovca 40–50 %.



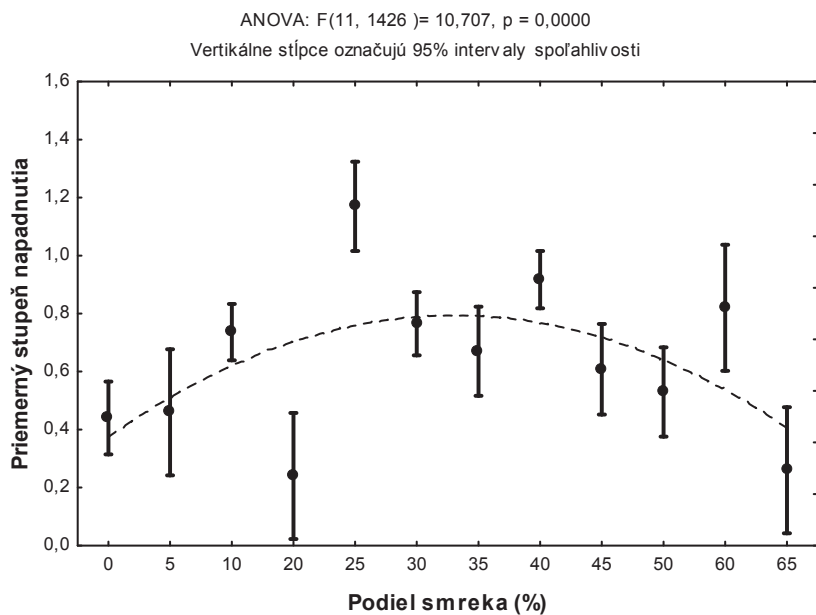
Obr. 2 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od percentuálneho podielu smrekovca v poraste
 Fig. 2 Mean infestation rate in dependence on percentage of larch in a forest stand

Podiel smreka v poraste

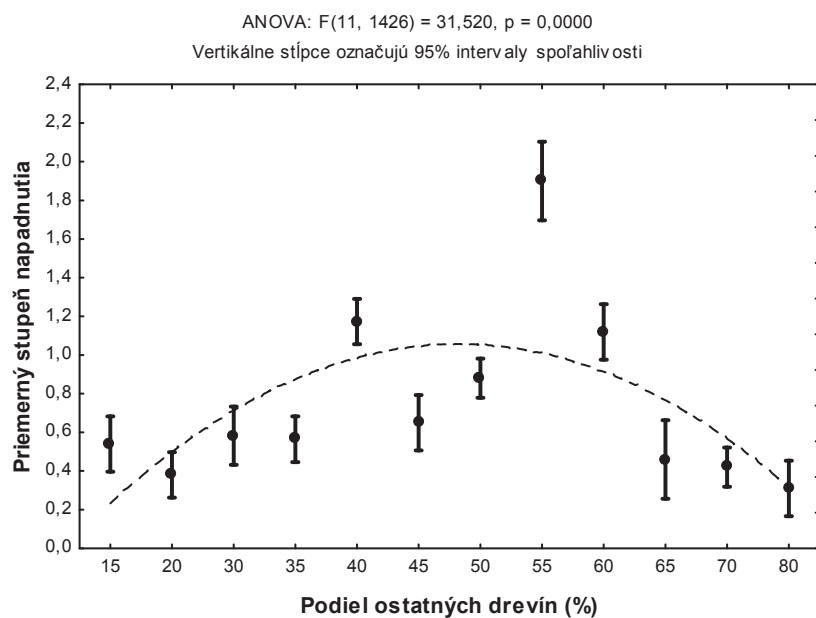
Krivka znázorňujúca závislosť priemerného stupňa napadnutia od podielu smreka v poraste (obr. 3) má svoj vrchol pri zastúpení smreka okolo 25–40 %. Najnižšie hodnoty napadnutia boli zaznamenané pri zastúpení smreka do 20 %, resp. nad 60 %. Priemerný stupeň napadnutia však v závislosti od podielu smreka v poraste značne varíoval.

Podiel ostatných drevín v poraste

Krivka znázorňujúca závislosť priemerného stupňa napadnutia od podielu ostatných drevín v poraste (obr. 4) dosahuje svoje maximum pri hodnotách 40–60 %. V rámci tohto rozpätia boli aj hodnoty priemerného stupňa napadnutia štatisticky preukazne vyššie v porovnaní s porastami s podielom ostatných drevín do 35 %, resp. nad 60 % (obr. 4).



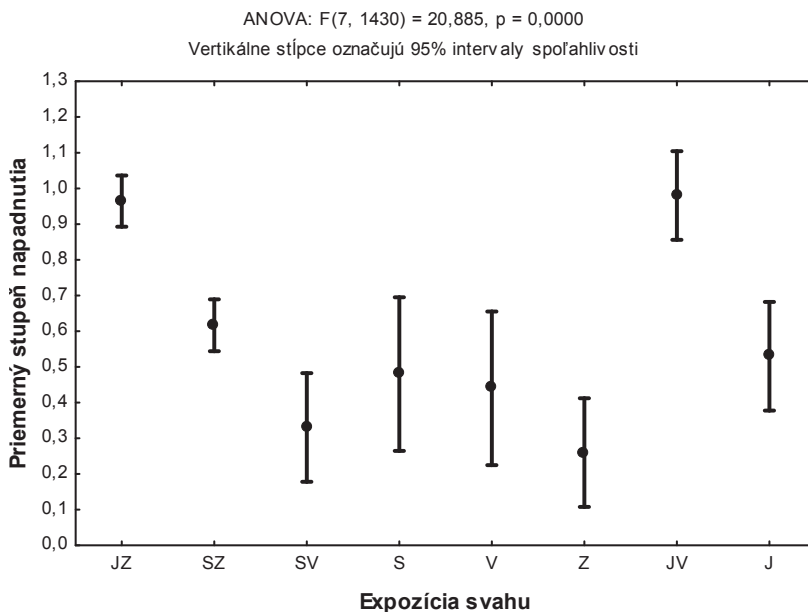
Obr. 3 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od percentuálneho podielu smreka v poraste
Fig. 3 Mean infestation rate in dependence on percentage of spruce in a forest stand



Obr. 4 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od percentuálneho podielu ostatných drevín v poraste
Fig. 4 Mean infestation rate in dependence on percentage of other tree species in a forest stand

Expozícia svahu

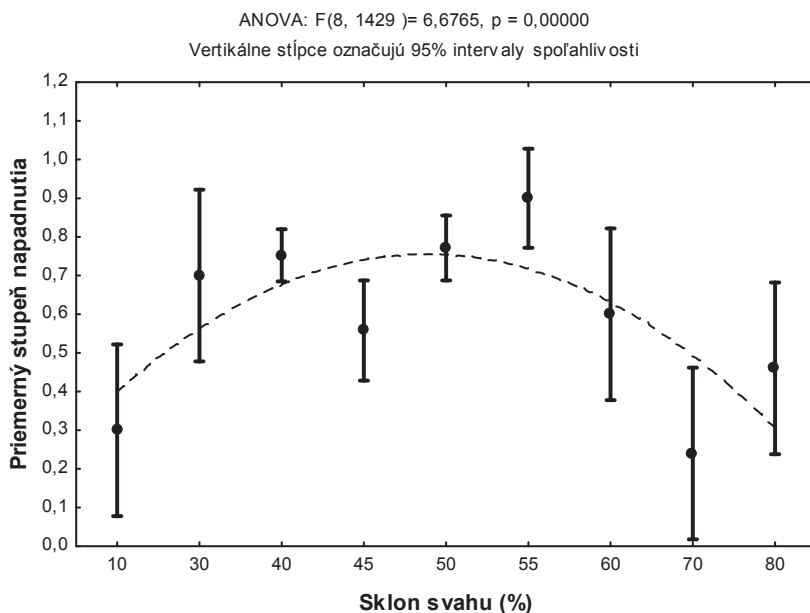
Dôležitým faktorom ovplyvňujúcim stupeň napadnutia bola expozícia svahu. Priemerný stupeň napadnutia bol štatisticky preukazne vyšší na JV a JZ expozícií v porovnaní s ostatnými expozíciami (obr. 5).



Obr. 5 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od expozície svahu
Fig. 5 Mean infestation rate in dependence on slope orientation

Sklon svahu

Krivka závislosti priemerného stupňa napadnutia od sklonu svahu (obr. 6) dosahovala svoj vrchol pri 40–60 % sklone svahu. Štatisticky preukazne viac boli poškodené porasty práve pri tomto rozpätí sklonov v porovnaní so sklonmi do 30 %, resp. nad 60 % (obr. 6).



Obr. 6 Priemerný stupeň poškodenia v závislosti od sklonu svahu

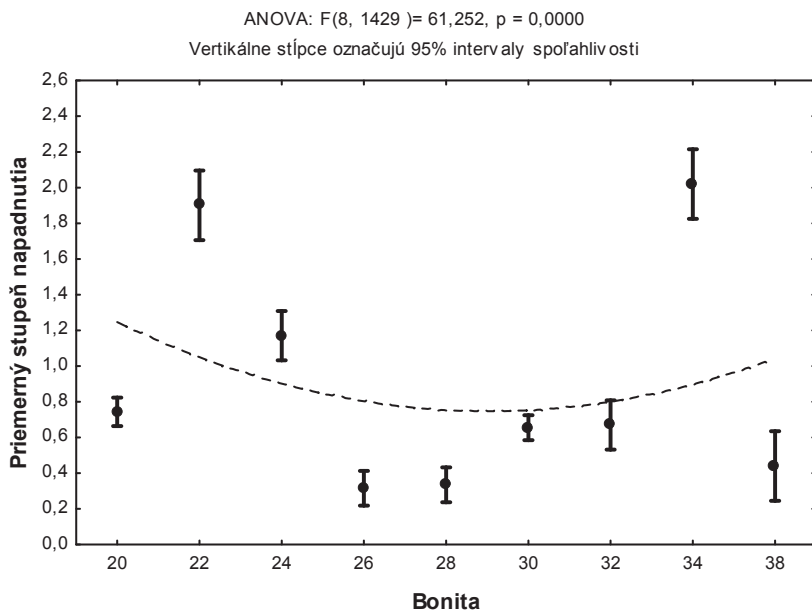
Fig. 6 Mean infestation rate in dependence on slope inclination

Bonita stanovišť'a

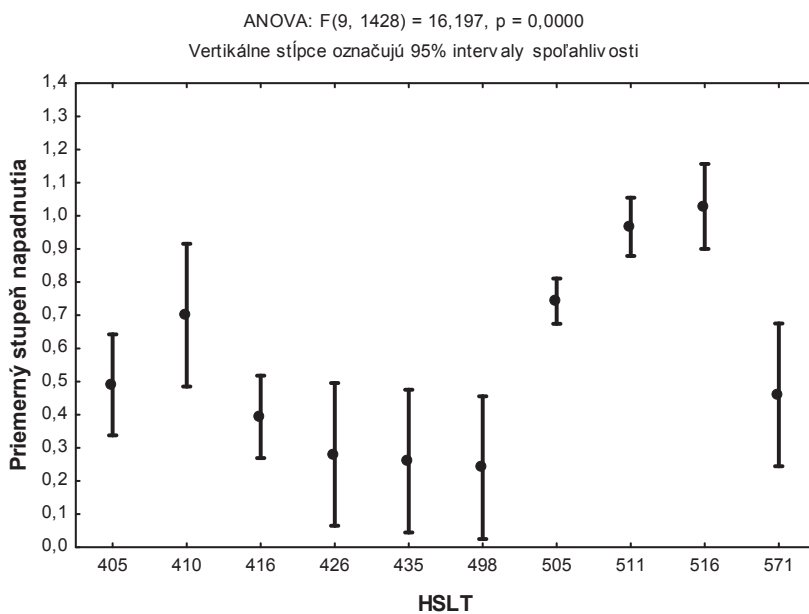
Najvyšší priemerný stupeň napadnutia bol zaznamenaný v porastoch s nízkou bonitou (22), ale tiež v porastoch s vysokou bonitou (34). Najnižší priemerný stupeň napadnutia bol zaznamenaný v porastoch s priemernou bonitou (obr. 7).

HSLT

Sledované porasty sa nachádzali v 4. a 5. lesnom vegetačnom stupni. Štatisticky preukazne najvyšší priemerný stupeň napadnutia bol zaznamenaný v HSLT 511 (živné jedľové bučiny) a 516 (kamenité jedľové bučiny) v porovnaní s ostatnými HSLT. Porasty v 4. lesnom vegetačnom stupni boli štatisticky preukazne menej atakované kôrovcami ako porasty v 5. lesnom vegetačnom stupni (obr. 8).



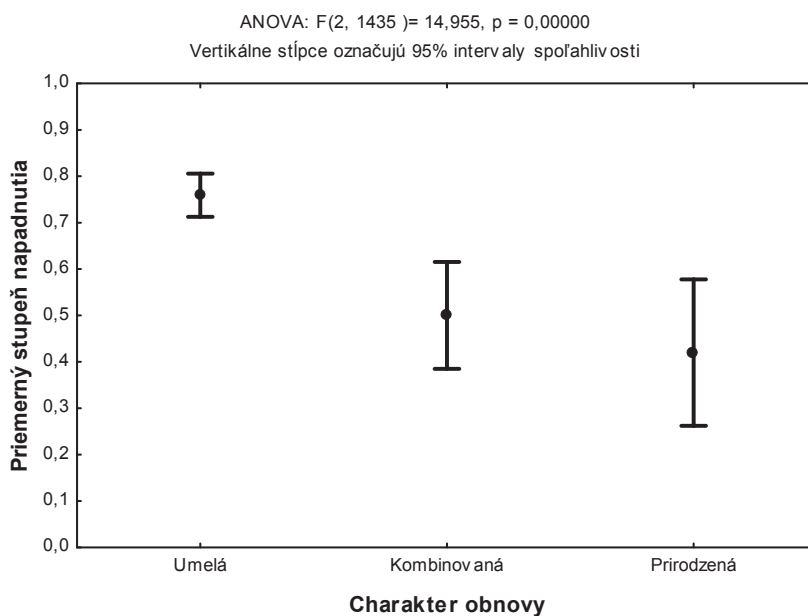
Obr. 7 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od bonity stanovišťa
 Fig. 7 Mean infestation rate in dependence on site quality



Obr. 8 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od HSLT
 Fig. 8 Mean infestation rate in dependence on management forest type group

Spôsob obnovy

Priemerný stupeň napadnutia porastov založených umelo výsadbou bol štatisticky preukazne vyšší v porovnaní s porastami založenými kombinovanou obnovou alebo porastami z prirodzenej obnovy (obr. 9).



Obr. 9 Priemerný stupeň napadnutia v závislosti od spôsobu obnovy

Fig. 9 Mean infestation rate in dependence on a way of regeneration

4 DISKUSIA

Z uvedených výsledkov vyplýva, že zastúpenie jednotlivých drevín v porastoch predstavovalo významný faktor ovplyvňujúci priemerný stupeň napadnutia smrekovca kôrovniciami. Najvyššie napadnutia bolo zaznamenané pri 20–30 % zastúpení smrekovca v porastoch (obr. 2), 25–40 % zastúpení smreka (obr. 3) a 40–60 % zastúpení ostatných drevín (obr. 4). Z uvedených údajov vyplýva, že pre aktivitu kôrovnic bol vyhovujúci nižší podiel smrekovca v porastoch, ale pri približne rovnakom zastúpení smreka. Priemerné napadnutie bolo vyššie v porastoch so spoločným výskytom smreka a smrekovca. Najvyššie priemerné napadnutie bolo u smreka aj smrekovca zaznamenané pri 25 % zastúpení v porastoch. Z toho vyplýva, že pre kôrovnice je optimálny približne rovnaký podiel smreka a smrekovca v porastoch. So zvyšujúcim sa podielom uvedených drevín sa priemerné napadnutie porastov znižovalo. Skutočnosť, že pri spoločnom výskyte smre-

ka a smrekovca v poraste sa riziko jeho poškodenia v poraste významne zvyšuje, je všeobecne známa (NOVOTNÝ, ZÚBRIK a kol., 2004). Súvisí to s tým, že oba druhy kôrovníč sú v rámci svojho generačného cyklu viazané na oba druhy drevín a pri spoločnom výskyte týchto drevín v jednom poraste sú podmienky pre ich rozmnožovanie lepšie.

Zároveň priemerný stupeň napadnutia môže byť ovplyvnený aj formou zmiešania drevín. V porastoch so skupinovou alebo ostrovčekovitou formou zmiešania môže byť priemerné napadnutie vyššie. V prípade, ak je skupina, resp. ostrovček tvorený smrekom a smrekovcom bez prímiesy listnatých alebo iných drevín, môže dôjsť v rámci tejto skupiny k rovnakému napadnutiu ako v porastoch zmiešaných z týchto drevín. Ako konkrétny príklad je možné uviesť dielec 306 C 00. V tomto dieleci aj napriek 60 % podielu ostatných drevín a iba 10 % podielu smreka došlo k silnejšiemu napadnutiu smrekovcov. Priemerný stupeň napadnutia bol 1,98. Pravdepodobnou príčinou mohlo byť ostrovčekovité zmiešanie smrekovca a smreka.

Významným faktorom, ovplyvňujúcim hodnotu priemerného napadnutia, je vek. Kôrovnice ohrozujú porasty nižšieho veku. PAVLÍK (2005) uvádza, že kôrovnice ohrozujú najmä porasty vo veku do 20 rokov. Podľa ZÚBRIKA (1996) boli najväčšie škody zaznamenané v porastoch 1.–3. vekovej triedy. Vek sledovaných porastov sa pohyboval v rozpätí od 3 do 10 rokov, čiže tieto porasty spadajú do uvedeného rozpätia optima výskytu kôrovníč. Pre objektívne posúdenie vplyvu veku porastov na poškodenie kôrovnícami by bolo potrebné rozšíriť súbor sledovaných porastov o porasty vyššieho veku.

Expozícia je faktor, ktorý ovplyvňuje osvetlenie svahov slnečným žiarením. Pre aktivitu kôrovníč viac vyhovujú svahy s priemerným slnečným osvetlením. Tieto svahy sa nachádzajú na prechodoch medzi južnou, východnou a západnou expozíciou. Podobné závery uvádzajú aj PAVLÍK a MAJERNÍK (2002). Pre aktivitu kôrovníč sú nepriaznivé svahy prudko osvetlené slnečným žiarením s vyššou priemernou dennou teplotou. Rovnako nepriaznivé sú aj svahy nedostatočne osvetlené slnečným žiarením. Z hľadiska mikroklimatických podmienok sa svahy na severných expozíciách vyznačujú nižšími priemernými dennými teplotami a zvýšeným prúdením vzduchu. Expozícia ako faktor tak mohla do značnej miery ovplyvniť priemerný stupeň napadnutia.

Rovnako ako expozícia aj sklon je faktorom ovplyvňujúcim osvetlenie svahov slnečným žiarením. Sklon zároveň vplýva aj na pôsobenie tieňa. Zo získaných údajov vyplýva, že pre aktivitu kôrovníč je vyhovujúci terén so strednými sklonmi svahov. Svahy s nižšími sklonmi nie sú intenzívne osvetľované slnečným žiarením, a preto aj priemerná denná teplota je nižšia.

Významným faktorom ovplyvňujúcim priemerné napadnutie porastov je bonita. Nízky priemerný stupeň napadnutia bol zaznamenaný pri priemerných hodnotách bonity a najvyšší priemerný stupeň napadnutia bol zaznamenaný pri hodnote bonity 20, ale aj 34. Smrekovec je drevina, ktorá nemá vysoké nároky na obsah živín (PAGAN 1997). Nevyhovujúce stanovišťa s veľmi nízkym obsahom živín, resp. naopak s nadbytkom živín spôsobujú fyziologické oslabovanie smrekovca, ktorý je potom náchyľnejší na napadnutie kôrovnícami (PAŠEK 1954, KULA 1997).

Zo získaných údajov vyplýva, že aktivita kôrovníč bola vyššia v 5. lesnom vegetačnom stupni v porovnaní so 4. stupňom. ZÚBRIK (1996) uvádza, že optimum rozšírenia

oboch kôrovnic spadá do nadmorskej výšky 300–600 m n. m. PAVLÍK a MAJERNÍK (2002) však zistili, že napadnutie smrekovca kôrovnicami bolo silné aj v nadmorských výškach nad 600 m n. m.

Z hľadiska spôsobu, akým porasty vznikli, bol najvyšší priemerný stupeň napadnutia zaznamenaný v porastoch založených umelou obnovou. Príčinu tohto stavu je možné vysvetliť tým, že po umelej výsadbe sú sadenice stresované (šok z presadenia), a takto oslabené stromy sú náchylnejšie na následné poškodenie inými škodlivými činiteľmi, včítane napadnutia kôrovnicami. Naopak, v porastoch vzniknutých prirodzenou obnovou pod clonou materského porastu sú iné mikroklimatické podmienky ako na voľnej ploche, a smrekovcový nálet je vitálnejší a lepšie odrastá. Takéto podmienky sú pre aktivitu kôrovnic nevyhovujúce, a preto je aj priemerný stupeň napadnutia v týchto porastoch nižší. Podobne NOVOTNÝ, ZÚBRIK a kol. (2004) uvádzajú, že porasty vyrastajúce pod clonou materského porastu vykazujú nižší stupeň napadnutia ako porasty založené umelou obnovou.

5 SÚHRN

Na základe výskumu poškodenia smrekovcových mladín kôrovnicami *Sacchiphantes viridis* a *Adelges laricis*, uskutočneného v rámci 29 porastov na LHC Gelnica a LHC Smolník v roku 2010, možno konštatovať, že na priemerný stupeň napadnutia smrekovcov kôrovnicami mali stanovištné a porastové podmienky významný vplyv. Ako významné sa ukázalo predovšetkým drevinové zloženie porastu, expozícia a sklon svahu, bonita stanovišťa, HSLT a spôsob obnovy. K najväčšiemu napadnutiu smrekovca kôrovnicami dochádzalo pri spoločnom zmiešaní smreka a smrekovca z umelej obnovy na JV a JZ exponovaných svahoch so strednými sklonmi na zlých, resp. veľmi dobrých bonitách v 5. lesnom vegetačnom stupni.

6 Literatúra

- KAPITOLA, P. 2000. Lesnícky významné korovnice. In: Lesnícká práca, 79 (6), s. 260–261.
- KULA, E. 1997. Mšice a červci na jehličnanech pod vlivem imisí. In: Les, 53, s. 16–18.
- NOVOTNÝ, J. – ZÚBRIK, M. a kol. 2004. Biotické škodcovia lesov Slovenska. 2. vyd. Bratislava: Polnochem a.s., 2004. 208 s. ISBN 80-969093-2-0.
- PAGAN, J. 1997. Lesnícka dendrológia. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 1997. 378 s.
- PAŠEK, V. 1954. Vošky našich lesných drevín. Bratislava: Vydavateľstvo SAV, 1954. 322 s.
- PAVLÍK, Š. 2005. Lesnícka entomológia. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2005. 182 s. ISBN 80-228-1257-9.
- PAVLÍK, Š. – MAJERNÍK, D. 2002. Činitele ovplyvňujúce dispozíciu smrekovcov k napadnutiu kôrovnicami (Stern., Adelgidae). In HLAVÁČ, P. (ed.): Ochrana lesa 2002. Zborník z medzinárodnej konferencie usporiadanej pri príležitosti 195. výročia lesníckeho vysokoškolského štúdia na Slovensku a 50. výročia pôsobenia Technickej univerzity vo Zvolene. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2003. s. 65–70. ISBN 80-228-1297-8.
- SCHEER, E. 2010. Biometria. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. 334 s. ISBN 978-80-228-2103-2.
- ZÚBRIK, M. 1996. Rámcové pokyny pre boj proti kôrovniciam na smrekovci. In: Les, 52 (12), s. 11–12.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vĎaka finanĎnej podpore grantového projektu VEGA MŠ SR č. 1/0484/11 s názvom „Riziko dopadu biotických a antropogénnych škodlivých Ďiniteľov na ekologickú stabilitu lesných rezervácií v meniacich sa ekologických podmienkach“.

Adresa autorov:

Ing. Richard Weisz

Ing. Štefan Pavlík, PhD.

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 20

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: richard19@post.sk

spavlik@pobox.sk

Poškodenie smrekovcových mladín kôrovnicami (Sternorrhyncha, Adelgidae) v závislosti od stanovištných a porastových podmienok

Abstrakt

Cieľom práce je oboznámiť čitateľov s problematikou poškodzovania smrekovcových mladín kôrovnicami. Na základe analýzy variancie sa identifikoval vplyv jednotlivých podmienok prostredia na priemerný stupeň napadnutia smrekovca kôrovnicami. Pre účel výskumu bolo vybraných 29 porastov na LHC Smolník a LHC Gelnica. V porastoch bolo náhodným výberom vybraných 50 jedincov smrekovca. Na označených jedincoch sa hodnotil stupeň napadnutia asimilačných orgánov kôrovnicami. V jednotlivých porastoch sa vypočítal priemerný stupeň napadnutia. Vplyv vybraných stanovištných a porastových Ďiniteľov na priemerný stupeň napadnutia sa vyhodnocoval v programe STATISTICA 7.0 pomocou jednofaktorovej analýzy variancie. Medzi sledované stanovištné a porastové Ďinitele patrili: vek porastu, podiel smrekovca, podiel smreka, podiel ostatných drevín, bonita stanovišťa, expozícia a sklon svahu, HSLT a charakter obnovy. K najväčšiemu napadnutiu smrekovca kôrovnicami dochádzalo pri spoločnom zmiešaní smreka a smrekovca z umelej obnovy na JV a JZ exponovaných svahoch so strednými sklonmi na zlých, resp. veľmi dobrých bonitách v 5. lesnom vegetaĎnom stupni.

Kľúčové slová: kôrovnice (Adelgidae), smrekovec, poškodenie mladín, porastové a stanovištné podmienky

ETOLÓGIA A OCHRANA SVIŠŤA VRCHOVSKÉHO (*MARMOTA MARMOTA*) NA VYBRANOM ÚZEMÍ ZÁPADNÝCH TATIER

Denisa P O R U B I A K O V Á

Porubiaková, D.: Etology and protection of marmot mountain (*Marmota marmota*) in selected territory of West Tatras. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 71–80.

There are own results from observations of the marmots (*Marmota marmota*) in this thesis, which was done from 22. 7. 2009 to 4. 10. 2009 in Žiarske saddle, in the Western Tatras, where is a link between marmots from Žiarska Valley (Malé Závraty) on the western side and Jamnicka Valley (Kokavské záhrady) on the eastern side of Žiarske saddle. Observations were divided into four different habitats, differentiated altitude and distance from the tourist trail, the hour of observation was between 11.00 to 14.00. No.1 unit- Suťovisko under Homolka: 1 790 m. n. m and distance from the tourist trail from 250 to 270 meters, ST2-South side between Homolka and the northern slope of Smrek: 1 810 m. n. m., ST3-Suťovisko under the ridge of Smrek: 1 820 m. n. m, 380 to 420 meters from the tourist trail, ST4-Colony under the trail to Žiarske saddle: 1870 m. n. m, 150 to 200 meters from the tourist trail. ST1 was the most numerous unit, where juvenile marmots escape distance was 54 meters in diameter and subadult and adult ones were on average 63 meters. Unit with at least observed marmots was ST2: 9 subadult and adult and no juvenile. Minimum escape distance was at ST1, for example adult and subadult 3 meters and 5 meters juvenil. and the largest juvenile escape distance was at ST4: 200 m adult and subadult and 150 m juvenil. During field research, were also reported negative anthropogenic impact, for example. wild dogs released, bilberries, non-powered aircraft and also predators, ie golden eagle (*Aquila chrysaetos*) and black raven (*Corvus corax*). The last output to the marmots' habitat I made 4.October 2009 when wasn't observed any marmot, but the dens weren't buried. From 12 October the snow fell down so the next observations with regards to winterize weren't possible. In the future I would recommend to the outcomes for the protection of the mountain marmot in the Western Tatras increasing numbers of guardians of nature, which should regulate negative anthropogenic impact on the marmot colonies.

Keywords: marmont, mountain, etology, west Tatras

1. ÚVOD

Svišť vrchovský tatranský (*Marmota marmota latirostris*), náš najväčší alpský hlodavec, obýva najvyššie položené alpske lúky a suťoviská v Tatranskom národnom parku (obrázok č. 2). Tatranská populácia tvorí endemický poddruh *Marmota marmota latirostris*, prvýkrát taxonomicky hodnotený Kratochvílom v roku 1961. Koncom 19. storočia svišťom v Tatrách hrozilo vyhuby. V súčasnosti sa vyskytuje na území Západných a Vysokých Tatier. V Belianskych Tatrách bol posledný svišť vidieť v roku 2006 (BALLO, 2007).

Menej početná populácia svišťa vrchovského sa vyskytuje aj v Nízkych Tatrách, kde sú dve populácie svišťov. V západnej časti Ďumbier – Prašivá sú pôvodné. Do Kráľovo-hofskej časti Nízkych Tatier boli umelo introdukované (BALLO, 2007).

V aktuálnom červenom ekosoologickom zozname cicavcov (*Mammalia*) z roku 2001, je svišť vrchovský tatranský zaradený do kategórie EN (Endangered – ohrozený taxón). Jeho status vyžaduje nielen druhovú, ale aj územnú ochranu druhu. Jedným z predpokladov zabezpečenia kvalitnejšej ochrany *Marmota marmota latirostris* je zmapovanie jeho súčasného výskytu, podrobnejšie poznanie jeho ekologických a etologických charakteristík, zhodnotenie všetkých negatívnych vplyvov v lokalitách jeho výskytu a následne vypracovanie návrhov starostlivosti a manažmentu územia s jeho výskytom (BALLO, 2007).

Jeho spoločenská hodnota je 3 300 EUR podľa Vyhlášky MŽP SR č. 24/2003 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení vyhlášky č. 492/2006 Z. z.

Podľa prvého celoplošného sčítania, ktoré sa uskutočnilo v roku 2008 po zimnej hibernácii pre oblasť Západných Tatier, bolo zistených 474 jedincov svišťa s odhadovanou toleranciou +/- 5–7 % na monitorovanej ploche 3 312,5 ha (BALLO, 2008).

Cieľom tejto práce je na základe poznatkov a preštudovanej literatúry o biológii, ekológii, etológii a ochrane svišťa vrchovského (*Marmota marmota*) vyhodnotiť vlastné výsledky z pozorovaní uskutočnených na západnej a východnej strane Žiarskeho sedla, Západné Tatry v lete 2009, ako aj priblížiť život tohto jedinečného glaciálneho reliktu do povedomia okolitej spoločnosti.

Tiež rozoberiem problematiku opatrení, ktoré sa týkajú manažmentu, resp. prežívania svišťa vrchovského v našich Tatrách, kde sústavne podlieha vplyvu predátorov ako aj nepriaznivému, čoraz viac sa rozširujúcemu vplyvu človeka.

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

2.1 Morfológia

Svišť má zavalitú postavu, krátke končatiny a huňatý chvost, zafarbenie sivohnedé s odtieňmi plavej a béžovej, malé uši a silné zuby (KRATOCHVÍL, 1960).

Pri pohybe sa svišť prevaľuje z boka na bok, pričom v jeseni pri nahromadení tukových rezerv sa mu bruško vláči po zemi. Pri chôdzi často zaujíma vztýčenú polohu – panáčkuje (BLAHOUT, 1964).

Vpredu na líčnej časti hlavy vo výške spojenia pier má kožné žľazy, tzv. jarmové. Výlučok slúži na rozoznávanie jedincov v kolónii (CHOVANCOVÁ – KACEROVÁ, 2008).

Chrup tvorí 22 zubov, zubný vzorec 1023/1013.

Pohlavný dimorfizmus je ťažko rozoznateľný, ťažko je tiež rozlíšiť dvojročné jedince od starších. Trus je podlhovastý (1,5 × 5 cm). Svišť sa dožíva 11–18 rokov (CHOVANCOVÁ – KACEROVÁ, 2008).

2.2 Ekológia

Svištiu rodinu tvorí pár dospelých jedincov rôzneho pohlavia s dospievajúcimi a minuloročnými mláďatami žijúcimi spoločne v jednej nore. Za predpokladu nenarušeného vývoja rodiny môže takto spoločne žiť a zimovať 4–10 jedincov. Z rodín vzniká voľnejšie spoločenstvo – kolónia – po osamostatnení párov, privedením samčiek alebo samičiek z cudzích rodín a usadením sa v blízkosti rodičov (HALÁK, 1984).

Trofické nároky svišťov zaistujú vysokosteblové trávnaté spoločenstvá, najmä *Luzuletum alpino-pilosae*, *Festucetum pictae* a *Calamagrostietum villosae* s pestrým druhovým zložením rastlinných komponentov, kde nachádzajú výživnú, na bielkoviny bohatú potravu (BLAHOUT, 1964).

Vlhké žľaby, okolie plies a potokov s výskytom šťavnatých bylín, napríklad mačucha cesnačkovitá (*Adenostyles alliariae*), kamzičník chlpatý (*Doronicum styriacum*), hadovník väčší (*Bistorta major*) poskytujú týmto herbivorom pre organizmus potrebnú vodu, a preto typické svištie lokality sa nachádzajú v blízkosti vlhkých stanovišť alebo v blízkosti snehových výležísk. Doposiaľ bolo zistených vyše 40 rastlinných druhov – komponentov trofickej základne svišťov (CHOVANCOVÁ – ŠOLTÉSOVÁ, 1988).

2.3 Etológia

Dominantným zmyslom svišťov je výborný zrak, ale aj čuch, ktorý im slúži na rozpoznávanie jedincov v kolónii.

U svišťov môžeme pozorovať niekoľko typov zvukových a chvostových prejavov (KARČ – BALLO – HORVÁTH, 2007):

- krátky useknutý hvizd značí nebezpečie, po ktorom sa svište rýchlo skryjú do nory,
- monotónne pískanie značí spokojnosť, či už po pastve alebo po párení,
- vztýčený chvost znamená vo svišťom jazyku pozdrav,
- pohyby chvosta hore-dole zase značia nebezpečenstvo,
- pohyb chvosta v tvare osmičky je znak toho, že svišť je vzrušený, čo sa uplatňuje v období párenia.

Svište opúšťajú brlohy po hibernácii v tatranských oblastiach v druhej polovici apríla. Prvé 1–2 týždne vykazujú nepatrnú aktivitu. Prevažne odpočívajú a slnia sa na skalách. (CHOVANCOVÁ – KACEROVÁ, 2008).

Sexuálna aktivita svišťov sa začína v druhom týždni po opustení nôr. V tomto období dochádza k intenzívnym sexuálnym hrám, ako aj k iným osobitným prejavom, ktoré súvisia so sexuálnym vzrušením (BLAHOUT, 1971).

Samica privádza na svet 2–6 mláďat po 35–40 dňoch gravidity. Narodené mláďatá zostávajú v brlohu asi 40 dní a sú vyživované materským mliekom. Mláďa, ktoré opúšťa brloh je 20–25 cm veľké, s hmotnosťou 0,25–0,35 kg. Sú veľmi pohyblivé, rýchlo rastú a vyvíjajú sa. Postupne sa aj u nich vyvíja pud ostražitosti (KRATOCHVÍL, 1960).

Prežiť nepriaznivé zimné obdobie umožňuje svišťom pravý zimný spánok – hibernácia, ktorý trvá približne od polovice októbra do polovice apríla.

Počas spánku teplota klesá na 3–5 stupňov. Pre prežitie počas hibernácie je najpodstatnejšia dostatočná zásoba tuku. Nástup a prerušenie hibernácie reguluje osobitná žľaza zimného spánku, ktorá je lokalizovaná medzi lopatkami a jej úlohou je regulácia metabolismu tukov (NOVACKÝ, 1981).

Za obdobie hibernácie hmotnosť svišťov klesá na 1/3 (BALLO, 2007).

3. METODIKA

Pozorovania som uskutočnila v termíne od 22. 7. 2009 do 4. 10. 2009 v lokalite Žiarske sedlo, Západné Tatry, kde existuje prepojenie medzi svišťami zo Žiarskej doliny (Malé Závraty) na západnej strane a so svišťami z Jamnickej doliny (Kokavské záhrady) na východnej strane Žiarskeho sedla.

Okrem terénneho oblečenia a obuvi som do výbavy pribalila mapu Západných Tatier – časť Roháče (mierka 1 : 50 000), binokulárny pozorovací ďalekohľad (8 × 32), digitálny fotoaparát Olympus (10 megapixel, 7-krát optický zoom), zápisník pozorovaní a písacie potreby.

Výstup do danej lokality som každý pozorovací deň začala približne o 9.15 a na prvé pozorovacie stanovište som vystúpila približne medzi 11.15–11.30.

V prvý pozorovací deň som urobila obhliadku prvých dvoch stanovišť, pričom som sa prechádzala v tesnej blízkosti svišťov, ale ďalšie dni som už nezasahovala do ich blízkeho biotopu, ale vždy som si vytypovala vzdialenú skalu alebo hlúčik kosodreviny, odkiaľ som ich pozorovala. Obdobne som takto postupovala aj pri ST 3 a ST 4.

Do zápisníka som zapisovala informácie o počasí v daný deň, čas príchodu na stanovište, počet pozorovaných svišťov – dospelých jedincov a tohoročných mláďat vrátane ich únikovej vzdialenosti a ďalšie skutočnosti, ktoré sa v ten deň vyskytli.

Jednotlivé pozorovacie stanovištia sú pomenované podľa príznačných charakteristík prostredia. Tieto názvy sa odlišujú od názvov, ktoré uvádzajú vo svojej práci Pavel Ballo a Juraj Sýkora, 2006.

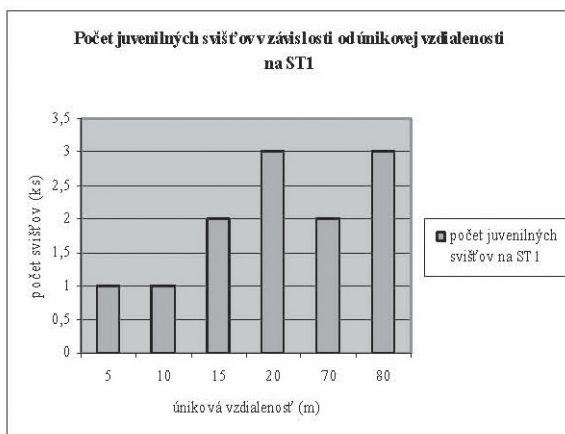
4. VÝSLEDKY

4.1 Stanovište č. 1

Suťovisko pod Homôlkou, v nadmorskej výške 1790 m. n. m., od turistického chodníka, ktorý vedie do Žiarskeho sedla vzdialené približne 250–270 metrov. Zo 14 pozorovacích dní som toto stanovište navštívila v 12 dňoch. Spomedzi pozorovaných stanovišť, toto bolo najpočetnejšie, pričom k pozorovaným svišťom sa dalo dostať na relatívne malú vzdialenosť (21. 8. 2009 na 3 m – adultný svišť pri kosodrevine). Charakteristická bola malá úniková vzdialenosť juvenilných svišťov, ktoré sa často hrávali v tráve a po vyrušení a výstražnom hvizde sa na približne 15 minút schovali do nory – sú menej opatrné ako adultné jedince. Pri príchode sa takmer vždy ozval výstražný hvizd, po ktorom sa

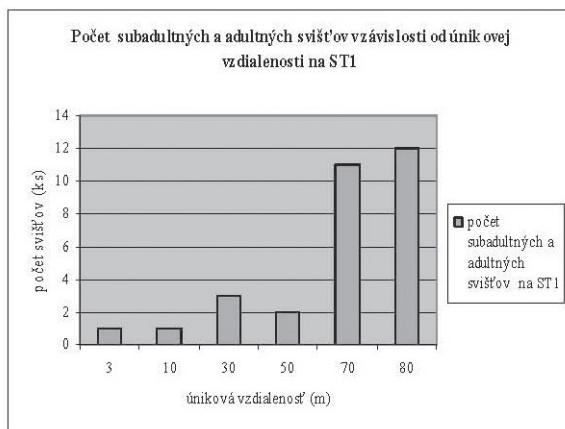
svište schovali do nôr. Na stráži v suťovisku, zostal pozorovať vždy jeden dultný svišť. Často bolo vídať juvenilné svište v blízkosti záchoda. Pre tieto mladé svište bol tiež charakteristický piskľavejší a tenší hvizd ako u dospelých.

Koncom septembra až začiatkom októbra sa svište už len veľmi málo zdržiavali von a ak boli von, tak len na maximálne 5 metrov od nôr. Svojím hrdavým sfarbením dokonale zapadali do jesenného tónu Tatier.



Obr. č. 1 Počet juvenilných svišťov v závislosti od únikovej vzdialenosti na ST1

Fig. 1 Numbers of juvenile marmosets depending on escape distance ST1



Obr. č. 2 Počet subadultných a dultných svišťov v závislosti od únikovej vzdialenosti na ST1

Fig. 2 Numbers of subadult and adult marmosets depending on escape distance ST1

Obrázok č. 1

Počet juvenilných svišťov v závislosti od únikovej vzdialenosti na ST1 (Number of juvenile marmots depending on the distance to escape ST1).

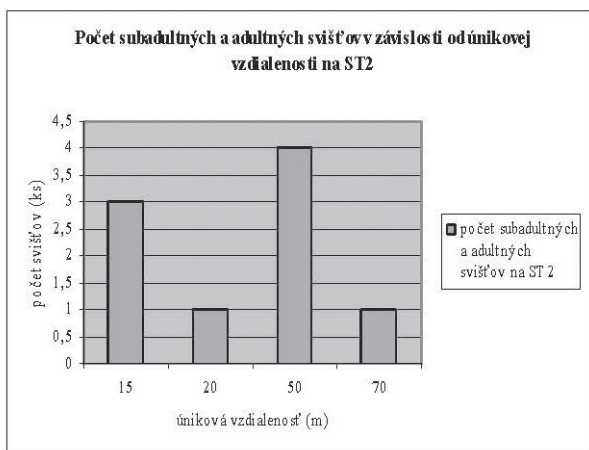
Graf znázorňuje počet juvenilných svišťov na danú únikovú vzdialenosť na stanovišti č. 1. Najviac svišťov bolo pozorovaných pri odhadovanej vzdialenosti 80 a 20 metrov, t.j. 3 jedinci a najmenej pri vzdialenosti 5 a 10 metrov, t.j. 1 jedinec.

Obrázok č. 2

Počet subadultných a adultných svišťov v závislosti od únikovej vzdialenosti na ST1 (Number subadults and adults marmots depending on the distance to escape ST1). Graf znázorňuje počet svišťov (subadultných a adultných) na danú únikovú vzdialenosť na stanovišti č.1. Najviac svišťov bolo pozorovaných pri odhadovanej vzdialenosti 80 metrov (12 jedincov) a najmenej pri vzdialenostiach 3 a 10 metrov (1 jedinec).

4.2 Stanovište č. 2

Stanovište medzi južnou stranou Homôlky a severným svahom Smreka, nadmorská výška 1 810 m. n. m., pričom z jeho pozície nevidno turistický chodník, lebo je krytý Homôlkou. Stanovište bolo charakteristické tým, že svište z ST 1 svojím hvizdom upozornili jedincov z tohto stanovišťa na nebezpečenstvo (pri mojom presune z ST1 na ST2) a teda sa stihli schovať do nôr. Jeden deň sa podarilo spozorovať dva svište, ktoré sa zdržiavali pri pramienku vody a nestihli sa rýchlo schovať. Popis k uvedenému grafu:



Obr. č. 3 Počet subadultných a adultných svišťov v závislosti od únikovej vzdialenosti na ST2

Fig. 3 Numbers of subadult and adult marmots depending on escape distance ST1

Obrázok č. 3

Počet subadultných a adultných svišťov v závislosti od únikovej vzdialenosti na ST2 (Number subadults and adults marmots depending on the distance to escape ST2). Graf zobrazuje počet svišťov (subadultných a adultných) v závislosti od danej únikovej vzdialenosti na stanovišti č. 2. Najviac svišťov bolo pozorovaných pri odhadovanej vzdialenosti 50 metrov (4 jedince) a najmenej pri únikovej vzdialenosti 20 a 70 metrov, t.j. 1 jedinec. Graf početnosti juvenilných svišťov nebol potrebný, lebo na danom stanovišti neboli pozorované žiadne mladé svište.

4.3 Stanovište č. 3

Suťovisko pod hrebeňom Smreka, situované v žľabe pod hrebeňom Smreka, ktorého turistický chodník vedie až na Baranec. Nadmorské výška je 1 820 m. n. m. a vzdialenosť od turistického chodníka vedúcim na Žiarskej sedlo je približne 380–420 metrov. Zo 14 pozorovacích dní som tu strávila 9 dní, počas ktorých som okrem svišťov mala možnosť pozorovať aj jelenicu, ktorá sa tu pravidelne vracala. Zaujímavé je to, že si tieto dva druhy vzájomne neprekážali a čo viac, po zahvízdaní svišťov, jelenica vždy spozornela a rozhliadla sa po okolí, či je na blízku nejaké nebezpečenstvo. Okrem jelenice boli na svahu nad stanovišťom pozorované dva kamzíky (4. 10. 2009). Často tu prelietali krkavce, na ktoré svište reagovali hlasným prenikavým hvizdom a tiež bezmotorové lietadlá, pri ktorých sa svišť ozýval jedným hvizdom. Úniková vzdialenosť svišťou bola v priemere 50 metrov ako u dospelých, tak aj u mláďat.

4.4 Stanovište č. 4

Kolónia pod Žiarskym sedlom, nachádza sa tesne pod Žiarskym sedlom smerom na hrebeň Smreka, v nadmorskej výške 1 870 m. n. m. vo vzdialenosti od turistického chodníka približne 150–200 m. n. m. Na stanovišti boli pozorované svište zväčša pri pasení alebo pri panáčkovaní blízko nory. Tak ako nad ST 3, aj nad týmto stanovišťom lietali krkavce a bezmotorové lietadlá, pričom reakcia svišťov bola rovnaká ako na ST 3 – teda ostrý hvizd. O pár metrov vyššie od tohto stanovišťa (súčasť kolónie ST 4) boli 24. 7. 2009 pozorované dva voľne pustené psy a traja ľudia mimo turistického chodníka. Nezodpovední ľudia nechali psy voľne pobeť po svišťom biotope, pričom sa dostali až k nore, v dôsledku čoho vydal svišť prenikavý, sekaný až vylakaný hvizd. Našťastie bol schovaný a psy po privolaní opustili okolie nory svišťu.

Najpočetnejšie stanovište bolo ST1 – suťovisko pod Homôlkou, kde úniková vzdialenosť juvenilných svišťov bola v priemere 54 metrov a pri subadultných a adultných jedincoch v priemere 63 metrov. Stanovište s najmenej pozorovanými jedincami bolo ST2: 9 subadultov a adultov a žiadny juvenil. Najmenšiu únikovú vzdialenosť mali svište na ST1, napr. 3 m adult a subadult a 5 m juvenil. Najväčšia úniková vzdialenosť bola na ST4: 200m adult a subadult a 150 m juvenil.

4.5 Ostatné pozorovania v blízkosti lokality

22. 7. 2009 – na druhej strane Žiarskeho sedla – Kokavské záhrady – bol pozorovaný adultný svišť pod skalou vedľa turistického chodníka. Pod touto skalou má zrejme únikovú noru, v ktorej si v čase pozorovania „robil poriadok“ – vytláčal z nej skalú. Medzi svišťami z Jamnickej doliny a svišťami zo Žiarskej doliny existuje prepojenie, kde predeľovacím miestom je Žiarske sedlo (1 919 m. n. m.).

2. 8. 2009 – voľne pustený pes na turistickom chodníku smerom do Žiarskeho sedla – 15–20 hvizdov svišťa.

2. 8. 2009 – pozorované dva juvenilné svište 4 metre od turistického chodníka, ktorý vedie do Smutného sedla, v lokalite, ktorá nespadá do pozorovacích stanovišť, ale zaujímavé je to, že tieto svište, vzhľadom na to, že mali noru len niekoľko metrov od frekventovaného chodníka, sa neboja ľudí až tak, ako tie svište, ktoré majú nory niekoľko desiatok metrov od turistických chodníkov. Teda sa dá povedať, že svište žijúce blízko turistických chodníkov sú menej plaché a ostražité, čo sa týka ľudí a sú aj ľahšou korisťou pre pytlákov.

8. 8. 2009 – bezmotorové lietadlo nad Žiarskym sedlo.

26. 8. 2009 – 2 adultné svište na skale blízko turistického chodníka smerom na Žiarske sedlo – 20 metrov od nich turisti – 20–25-krát hvizd, pričom svišť na kopčeku pri plese sa schoval.

Posledný výstup do svištej lokality som uskutočnila 4. 10. 2009. V tomto čase ešte nory neboli zahrabané, ale tiež nebol pozorovaný ani jeden svišť na žiadnom stanovišti a nebolo počuť nijaký hvizd.

Od 12. 10. 2009 napadlo na horách sneh, takže ďalšie pozorovania ohľadom zazimovania neboli možné kvôli neprístupnosti terénu.

5. DISKUSIA

V Západných Tatrách v roku 2008 po zimnej hibernácii bolo napočítaných 474 jedincov svišťa vrchovského tatranského (*Marmota marmota latirostris*) s odhadovanou toleranciou +/- 5–7 % pri veľkosti monitorovacej plochy 3 312,5 ha (BALLO, 2008).

Pod tento stav populácie sa podpisuje veľa skutočností, medzi ktoré patrí vplyv predátorov a rozpinajúci sa vplyv človeka.

Medzi častých návštevníkov biotopu svišťa patria rys ostrovid (*Lynx lynx*) a líška hrdzavá (*Vulpes vulpes*). Nemožno tvrdiť, že sa špecializujú len na lov svišťov, lebo okrem nich tu žije množstvo drobných hlodavcov, kamzičia zver a v letnom období medzi kosodrevinou aj srnčia a jelenia zver. Ďalšími pravidelnými návštevníkmi sú orol skalný (*Aquila chrysaetos*) a krkavec čierny (*Corvus corax*), ktorý vykonáva dennú kontrolu nad areálom svištích kolónií, či už jednotlivo alebo v krdľoch. Narobí tak poplach medzi svišťami, ale väčšinou sú len „cvičného charakteru“ (HALÁK, 1984).

Ďalším negatívnym vplyvom pôsobiacim na stav populácie svišťov je vplyv ľudí, resp. antropogénna činnosť v podobe turistiky, skialpinizmu, závesného lietania, zberu lesných plodov, zaťaženosť ovzdušia ťažkými kovmi a exhalátmi a ešte stále populárne

pytliactvo. Počas rodenia mláďat (od polovice júna), ale tiež v letných mesiacoch (júl, august) sú svište často vyrušované jednak nedisciplinovanými turistami mimo chodníka, a tiež ľuďmi s voľne pustenými psami, ktorý nechápu, že pes môže byť prenášačom rôznych chorôb. Ďalším negatívom turistiky je riziko padajúcich kameňov na frekventovaných turistických trasách. Je zaujímavé, že na takýchto miestach si svište nikdy nevyhrabú nory, ani tam nepošlú svoje mláďatá hrať sa. Koncom augusta až septembra je pomerne dosť rozšírené pytliactvo. Dodnes pretrváva v ľuďoch myšlienka, že sviští tuk má zázračné liečivé vlastnosti. Preto sú svište, krátko pred hibernáciou, kedy sú bohato obalené tukom, lovené, či už pomocou lopát a krompáčov, pascí alebo pytliackych ôk.

Keby sme sa mali zamyslieť, čo je pre svišťov škodlivejšie, či človek alebo jeho prirodzený nepriateľ, odpoveď by sme hľadali ťažšie ako sa na prvý pohľad môže zdať. Je pravda, že človek svojou činnosťou nie veľmi prospieva svištej populácii, ale na druhej strane zabráňuje predátorom svišťa, aby ho ulovili. Vplyv turistiky je v súčasnom období veľmi silný a teda aj predátori, či už je to orol, krkavec alebo liška si rozmyslia, či budú útočiť na svišťa, keď je v jeho blízkom okolí človek alebo sa budú orientovať na iné jedince, ktoré nie sú v blízkom dosahu človeka.

6. Literatúra

- BALLO, P. Stratégia reintrodukcie svišťa vrchovského tatranského (*Marmota marmota latirostris*) do Belianskych Tatier. In NATURAE TUTELA ročník 11. Liptovský Mikuláš: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, 2007. s. 201–211.
- BALLO, P., SÝKORA, J. Monitoring kolónií svišťa vrchovského tatranského (*Marmota marmota latirostris*) v Západných Tatrách 2.úsek (2005). In NATURAE TUTELA ročník 10. Liptovský Mikuláš: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, 2006. s. 159–185.
- BLAHOUT, M. Príspevok k bionómii svišťa vrchovského (*Marmota marmota latirostris*). In Zborník prác o TANAP-e 13. Martin: Správa Tatranského národného parku, 1971. s. 243–285.
- BLAHOUT, M. Ekológia svišťa horského (*Marmota marmota latirostris*): záverečná práca. Tatranská Lomnica: Výskumná stanica a múzeum TANAP-u. 1964. 96 s.
- HALÁK, K. Výskyt svišťa vrchovského (*Marmota marmota latirostris* Kratochvíl, 1961) v Západných Tatrách – Roháčoch. In Zborník prác o Tatranskom národnom parku 25/1984. Tatranská Lomnica: Správa Tatranského národného parku, 1984. s. 47–66.
- CHOVANCOVÁ, B., KACEROVÁ, V. Z výskumov a ochrany svišťa vrchovského tatranského. In Šesťdesiat rokov Tatranského národného parku. Poprad: Štátne lesy Tatranského národného parku, 2008. s. 139–163.
- CHOVANCOVÁ, B., ŠOLTĚSOVÁ, A. Trofická základňa a potravinová aktivita svišťa vrchovského tatranského (*Marmota marmota latirostris*). In Zborník prác o Tatranskom národnom parku 28. Tatranská Lomnica: Správa TANAP-u, 1988. s. 71–137.
- KARČ, P. – BALLO, P. – HORVÁTH, M. Zhovorčivý spachtoš (DVD). Liptovský Mikuláš: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, 2007. Dostupné na DVD nosiči.
- KRATOCHVÍL, J. Poznámky ke znalostem o svišti horském vo Vysokých Tatrách. In Zoologické listy 9. Správa Tatranského národného parku. 1960. s. 273–286.
- NOVÁCKÝ, M. Vplyv antropických faktorov na cirkadiálny cyklus svišťa vrchovského tatranského (*Marmota marmota latirostris*). In Zborník prác o Tatranskom národnom parku 22. Tatranská Lomnica: Správa TANAP-u, 1981. s. 103–120.

Adresa autorov:

Bc. Denisa Porubiaková

Technická univerzita vo Zvolene

Lesnícka fakulta

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: dunce2@azet.sk

Etológia a ochrana svišť'a vrchovského (*Marmota marmota*) na vybranom území Západných Tatier

Abstrakt

V práci sú rozobraté vlastné výsledky z pozorovaní svišť'a vrchovského (*Marmota marmota*), ktoré som uskutočnila v termíne od 22. 7. 2009 do 4. 10. 2009 v lokalite Žiarske sedlo, Západné Tatry, kde existuje prepojenie medzi svišť'ami zo Žiarskej doliny (Malé Závraty) na západnej strane a svišť'ami z Jamnickej doliny (Kokavské záhrady) na východnej strane Žiarskeho sedla. Pozorovania boli rozdelené do štyroch stanovišť odlišených rôznou nadmorskou výškou a vzdialenosťou od turistického chodníka, pričom hodina pozorovania bola medzi 11.00–14.00. Stanovište č. 1 – suťovisko pod Homôlkou: 1790 m. n. m. a vzdialenosť od turistického chodníka 250–270 m, ST2 – medzi južnou stranou Homôlky a severným svahom Smreka: 1 810 m. n. m., ST3 – suťovisko pod hrebeňom Smreka: 1 820 m. n. m., 380–420 m od turistického chodníka, ST4 – kolónia pod Žiarskym sedlom: 1 870 m. n. m., 150–200 m od turistického chodníka. Najpočetnejšie stanovište bolo ST1 – suťovisko pod Homôlkou, kde úniková vzdialenosť juvenilných svišť'ov bola v priemere 54 metrov a pri subadultných a adultných jedincoch v priemere 63 metrov. Stanovište s najmenej pozorovanými jedincami bolo ST2: 9 subadultov a adultov a žiadny juvenil. Najmenšiu únikovú vzdialenosť mali svište na ST1, napr. 3 m adult a subadult a 5 m juvenil a najväčšia úniková vzdialenosť bola na ST4: 200 m adult a subadult a 150 m juvenil. Počas terénneho výskumu boli tiež zaznamenané negatívne antropogénne vplyvy, napr. voľne pustené psy, zberači čučoriedok, bezmotorové lietadlá a tiež predátori, t.j. orol skalný (*Aquila chrysaetos*) a krkavec čierny (*Corvus corax*). 4. 10. 2009 už nebol pozorovaný žiadny svišť', ale nory ešte neboli zahrabané pričom od 12. 10. 2009 napadol sneh. Do budúcnosti by som na základe výsledkov odporučila pre ochranu svišť'a vrchovského v Západných Tatrách zvýšenie počtov strážcov prírody, ktorý by mali regulovať negatívny antropogénny vplyv na svištie kolónie.

Kľúčové slová: svišť' vrchovský, stanovište, Žiarske sedlo, úniková vzdialenosť

PRAVÁ A TRADIČNÁ ORTOFOTOMAPA A ICH VYUŽITIE V LESNÍCKOM MAPOVANÍ

Jakub S O L A N K A

Soľanka, J.: True and traditional orthophotomap and their utilization in forestry mapping.
Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 81–93.

The availability of digital aerial images makes them a good candidate for further use in the field of forestry, especially in forest management, forestry mapping for map composition, and in the field of geographic information systems. The tendencies in map production lead to increased content precision and an increase in their information capacity. This thesis deals with comparison of possibilities of using the true orthophotomaps versus the traditional ones and comparison of their precision. As an experimental material, RGB digital aerial images were used. The photos were taken in the VSLP locality, with 80% longitudinal and 30% transverse overlap. The processing of the photogrammetric project and production of digital terrain models were carried out in photogrammetric system INPHO. The obtained results suggest that true orthophotomaps offer better performance in areas where proper geometric positioning of high objects is necessary, which cannot be achieved by traditional orthophotomaps.

Keywords: orthophoto, true orthophoto, digital terrain model

1 ÚVOD A CIEĽ

Lesnícka prax neustále smeruje k maximálnemu využívaniu metód fotogrametrie a diaľkového prieskumu Zeme (DPZ), čo súvisí predovšetkým so zvýšením hospodárnosti lesníckeho mapovania, uľahčením náročných geodetických prác, najmä v horských oblastiach, ako aj so získavaním väčšieho množstva informácií a najmä údajov, ktoré terénnym meraním a prešetrovaním len ťažko, alebo vôbec nemožno zistiť (TOMAŠTÍK, J., 2007).

Postupnou digitalizáciou a automatizáciou procesov pri spracovaní leteckých snímok sa dosiahlo racionálnejšie a rýchlejšie získavanie výstupov, akými sú presné digitálne modely terénu (DMT), digitálne ortofotomapy s väčšou rozlišovacou schopnosťou. Snímkovanie digitálnymi kamerami umožňuje vytvárať okrem tradičných farebných snímok aj ich multispektrálne syntézy, ktoré je možné využiť aj pri interpretácii objektov, ktoré sú na nich zachytené. V oblasti lesníctva ide predovšetkým o interpretáciu a vytváranie interpretačných kľúčov na zisťovanie druhov drevín, zisťovania zdravotného stavu lesov, určovanie taxačných veličín, zisťovanie vplyvu interpretácie na polohovú presnosť a podobne. (KARDOŠ, M. – ŠADIBOL, J., 2008)

Predložená práca sa zaoberá posúdením polohovej presnosti zobrazených objektov na pravej a tradičnej ortofotomape a zhodnotením vplyvu a vhodnosti rôznych foriem digitálneho modelu terénu pre využitie na tvorbu pravej ortofotomapy.

2 EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

2.1 Snímkový materiál

V práci boli použité snímky z územia VŠLP, vyhotovené pomocou digitálnej kamery UltraCam D s rozlíšením $11\,500 \times 7\,500$ pixelov a s GSD 10 cm. Konštanta fotokamery mala hodnotu 101,40 mm. Fotogrametrický projekt bol spracovaný v súradnicovom systéme WGS-84 / UTM zone 34N. Pozdĺžny prekryt snímok je 80 % a priečny 30 %. K dispozícii boli aj približné prvky externej orientácie snímok z inerciálnej jednoty – IMU dáta.

K vytvoreniu fotogrametrického projektu bolo použitých 67 vlícovacích bodov, ktoré boli teresticky zamerané pomocou GNSS systému a elektronickým tachymetrom. Súradnice bodov sú určené v súradnicovom systéme WGS-84 / UTM zone 34N.

2.2 Softvérové prostredie

K vypracovaniu práce bolo použité nasledujúce softvérové vybavenie:

1. Fotogrametrický softvér Inpho.
2. Summit Evolution 6.0 – stereo vyhodnocovací softvér pre letecké snímky.
3. Microstation V8i – CAD prostredie pre Summit Evolution.
4. ArcGIS 10 – rozsiahle GIS prostredie použité na vizualizáciu DMT.
5. Atlas DMT – program na spracovanie výškopisných údajov.

3 ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Ortofotomapa

Ortofotosnímku môžeme charakterizovať ako mierkovo jednotný raster, na ktorom boli digitálnym diferenciálnym prekresľovaním odstránené skreslenia spôsobené perspektívnym skreslením vyplývajúcim z centrálnej projekcie, ktorými sú radiálne posuny a skreslenie objektívu kamery.

Ortofotosnímka vzniká procesom diferenciálneho prekresľovania vo fotogrametrickom systéme. Pre diferenciálne prekresľovanie je potrebné mať digitálny výškový model, poznať parametre vonkajšej orientácie leteckých snímok a taktiež je potrebné, aby digitálne snímky boli v súradnicovom systéme (WOLF, P. R. – DEWITT, B. A., 2000).

Digitálne diferenciálne prekresľovanie predstavuje postupnú transformáciu každého bodu perspektívne skresleného štvorcového rastra (obrazových elementov) digitálnej snímky do zodpovedajúceho bodu štvorcového rastra ortofotosnímky pomocou perspektívnej priestorovej transformácie s využitím údajov DMT (ŽILHAVNÍK, Š., 2004).

K procesu diferenciálneho prekresľovania snímok je potrebné aby boli snímky správne orientované a bol k dispozícii DMT. V miestach, kde sa DMT nenachádza, zostanú po prekreslení prázdne miesta, prípadne miesta vyplnené príslušnou farbou. Treba pripomenúť, že kvalita výslednej ortofotosnímky silne závisí od kvality použitého DMT.

Je prakticky nemožné používať perspektívne skreslené snímky ako podklad pre analýzy v presných GIS aplikáciách a to najmä kvôli nejednotnej mierke a radiálnym posunom. Nejednotná mierka vyplýva z centrálnej projekcie pri fotografovaní, čo zapríčiňuje, že bližšie objekty ku centru premietania sa javia väčšie ako objekty vzdialenejšie. Radiálny posun predstavuje geometrické skreslenie na leteckých snímkach, ktoré je zapríčinené rôznou výškou terénu a výškou objektov na zemskom povrchu voči centru premietania.

Smerom ku zvýšeniu kvality a presnosti digitálnych ortofotosnímkov a ich následnej aplikácii v lesníctve môžu pomôcť práve digitálne snímky a z nich vytvorené ortofotomapy veľkej mierky s vysokou geometrickou presnosťou (5 cm) a rádiometrickou kvalitou (16 bit dynamický rozsah hodnôt pixla). Problematika nakláňajúcich sa objektov (budov a iných vysokých objektov, ako sú stromy, stožiare, komíny, stĺpy a pod.) je tým výraznejšia, čím je mierka snímkovania väčšia. Na snímkach menšej mierky je tento problém možné čiastočne akceptovať. Ak majú byť takéto snímky s väčšou mierkou použité na automatickú segmentáciu a následnú automatizovanú klasifikáciu v objektovo orientovaných software (napr. Definiens) je potrebné aby tieto objekty boli geometricky správne umiestnené na ich pôdoryse. Tento problém rieši vytvorenie pravej ortofotosnímky (KARDOŠ, M. – CHUDÝ, F., 2008).

Jednou z nevýhod ortofotosnímkov je, že neobsahujú výškovú informáciu. Tento problém sa rieši pripojením vrstevníc, prípadne sa volí 3D vizualizácia s použitím digitálneho modelu.

3.2 Pravá ortofotomapa

Hlavný problém leteckej snímky je, že nezaznamenáva zmeny vo výške terénu na veľmi malom území. Tento problém sa prejavuje predovšetkým pri vysokých budovách v mestách, mostoch, veľkých terénnych zrázoch, lesných priesekoch. Posuny reliéfu môžu byť tak veľké že určité časti terénu a objektov sú skryté a nie je možné ich na ortofotosnímke vidieť.

Pravá ortofotosnímka tvorí oproti tradičnej ortofotosnímke relatívne nový koncept. K jej tvorbe je potrebný veľký prekryt snímok, kde priečny a pozdĺžny prekryt by mal byť väčší ako 60 %.

Všeobecne povedané pravá ortofotosnímka je „pravá“ vtedy ak sa pokúša obnoviť všetky skryté objekty. Pravá ortofotosnímka by mala byť založená na digitálnom povrchu terénu, ktorý zahŕňa všetko, čo je viditeľné na zdrojových snímkach. Vytvoriť ale model, ktorý by zahŕňal všetky objekty na snímkach, vrátane vegetácie, ľudí, áut by bolo neskutočne práčne a nákladné. Preto všeobecne povedané pravá ortofotosnímka, je založená na DMT, ktorý obsahuje terén, budovy a mosty. Treba si ale uvedomiť, že pravosť ortofotosnímkov je viac menej záležitosť rozsahu a možnosti jej realizovateľnosti. Stále budú existovať objekty, ktoré nie sú korektné zobrazené (napr. stromy, autá, veľmi malé a menej dôležité objekty). Z toho pohľadu je ideálna pravá ortofotosnímka fikcia (AMHAR, F. – RIES, CH. – JANSÁ, J., 1998).

Podľa KUZMIN, Y. (2004) „True Ortho“ je technika spracovania pre kompenzáciu efektu dvojitého mapovania, pri ktorom vznikajú skryté oblasti. Skryté oblasti je možné

vyplniť na základe údajov z prekrývajúcich sa leteckých fotografií, prípadne ich označiť danou farbou.

Problémom, ktorý je spojený s využívaním leteckých ortofotomáp pri aplikáciách v GIS je nesprávne zobrazovanie vysokých objektov na teréne. U týchto objektov centrálné premietanie spôsobuje, že spodný okraj je polohovo správne, zatiaľ čo horný okraj budovy je perspektívne zobrazovaný do priemetu, ktorý je posunutý smerom od stredu premietania. (GEODIS BRNO, 2008).

Za účelom obnovenia skrytých oblastí (blind spots), sú potrebné snímky, kde sa tieto časti nachádzajú. Tieto doplnkové obrazy môžu byť vytvorené za pomoci fotografií z rovnakej oblasti vytvorených z rôznych miest. Na to sa využívajú snímky s daným (vysokým) priečnym a pozdĺžnym prekrytom.

Pri vytváraní pravej ortofotosnímky je potrebné vyhľadať skryté oblasti a automaticky ich vyplniť údajmi z iných snímkov, kde sú tieto oblasti viditeľné. Z toho vyplýva že aj počet spojovacích čiar je omnoho vyšší ako pri bežnej ortofotosnímke.

Medzi hlavné výhody použitia pravých ortofotosnímkov podľa NIELSEN, Ø.M., (2004) a GEODIS BRNO, (2008) patria:

- obrysy budov a striech pri pravých ortofotosnímkach zodpovedajú skutočnosti,
- pravé ortofotosnímky sú výborne použiteľné spolu s DMT pre 3D vizualizácie,
- zviditeľňujú oblasti, ktoré na klasických ortofotosnímkach nie sú viditeľné, čo využijú predovšetkým jednotky krízového riadenia, zdravotná záchranná služba, hasiči, verejná správa a ďalší,
- využitie v presných GIS systémoch, hlavne pri správe mesta, kde perspektívne skreslenie objektov je vážnou prekážkou,
- možnosť prekryť pravé ortofotosnímky s vektorovými vrstvami (napr. katastrálna vrstva),
- pre kontrolu a detekciu zmien (porovnávací podklad bude rovnaký a nebude závisieť od pozície kamery pri snímkaní),
- sú vhodným materiálom pre automatickú segmentáciu a automatickú klasifikáciu v objektovo orientovaných softvéroch, pretože objekty sú geometricky správne umiestnené (napr. automatická klasifikácia drevinového zloženia porastov, detekcia odumierania stromov pri hromadnom hynutí smrečín, klasifikácia biotopov atď.),
- využitie v priestorovej úprave lesov v rámci hospodárskej úpravy lesov (identifikácia pozemkov a jednotiek priestorového rozdelenia lesov).

3.2.1 Proces tvorby pravej ortofotomapy

Na tvorbu pravých ortofotosnímkov bolo vyvinutých viacero metód, ktoré sú ale všeobecne postavené na rovnakých pojmoch a princípoch a pozostávajú z týchto krokov:

- prevedenie snímkov na ortogonálnu projekciu pomocou digitálneho modelu terénu, ktorý berie do úvahy náhle zmeny výšok objektov na zemskom povrchu,
- detekcia zakrytých oblastí,
- zlúčenie susedných snímkov za účelom vyplnenia medzier a chýbajúcich častí.

3.2.1.1 Ortoagonálna projekcia pomocou DMT

V prípade, že máme k dispozícii korektný DMT, výškové objekty sú zobrazené na ich korektnej geometrickej pozícii. Môžu však nastať prípady, kedy ani s presným DMT nie je zaručená pravá ortofotosnímka. V skutočnosti, pokiaľ nie sú skryté oblasti identifikované a korektne opravené, sú medzery vyplnené rovnakým obrazom, čo vedie k zdvojnásobeniu obrazu na snímkach.

3.2.1.2 Detekcia zakrytých oblastí

K odstráneniu zdvojených obrazov je potrebné identifikovať zakryté oblasti. Detekcia je založená na základe analýzy sledovania perspektívnych lúčov z vrchnej časti povrchu spať do perspektívneho centra. Všeobecne používanou metódou pre analýzu viditeľnosti je využitie algoritmu Z-Buffer. V tomto algoritme obraz matice s rovnakým rozlíšením ako má snímka, je vytvorený a inicializovaný s preddefinovanou hodnotou pozadia. Každý pixel je naplnený zodpovedajúcou vzdialenosťou Z, ale len v prípadoch ak existujúca hodnota Z je väčšia ako aktuálna. Preto za perspektívne je možné považovať len pixely, ktorých lúče počas návratu do perspektívneho centra nepretínajú iné pixely. Neviditeľné oblasti sú automaticky označené ako časť ortofotosnímkov.

3.2.1.3 Spájanie a mozaikovanie pravých ortofotomáp

Pri tvorbe ortofotosnímkov majú jednotlivé snímky nedostatky a neposkytujú dostatočné informácie o zakrytých plochách na snímkach. Tieto informácie sú však k dispozícii na príslušných ortofotosníkoch, preto je nevyhnutné ich navzájom pospájať. Jeden zo všeobecne používaných prístupov je využitie zorného uhla. Pri využití tohto prístupu je pixelom nachádzajúcim sa v zakrytých oblastiach priradená prevzatá hodnota zo snímok, kde zodpovedajúci bod má najužší zorný uhol (view angle) (ETTARID, M. – M³HAND, A. – ALOUI, R., 2005).

3.3 Digitálne modely terénu a povrchu

Jedným z najdôležitejších produktov digitálnej fotogrametrie sú digitálne modely terénu. Možnosť ich produkcie je podmienená existenciou dostatočne spoľahlivého stereomodelu. Z neho potom možno extrahovať okrem polohopisných aj výškopisné dáta, teda tvoriť digitálne modely terénu. Keďže digitálne modely terénu sú nevyhnutné pri digitálnom diferenciálnom prekresľovaní snímok, treba ich vyhotoveniu venovať dostatočnú pozornosť (KARDOŠ, M., 2006).

V oblasti fotogrametrie sa digitálne modely využívajú pri digitálnom diferenciálnom prekresľovaní, kde sa vyžadujú dobré znalosti o geometrickom tvare objektov, ktoré sa nachádzajú na snímkach. Fotografia a vedomosti o tom ako bola kamera počas expozície orientovaná sú postačujúce pre určenie polohy snímok, no nie je možné určiť ako ďaleko

sú objekty na snímke vzdialené od kamery. S pomocou modelu terénu a snímok, je možné vzdialenosť určiť na základe pretínania lúčov s modelom.

Digitálne modely tvoria neoddeliteľnú súčasť mnohých geograficky orientovaných aplikácií. Ich výroba je čoraz rýchlejšia a jednoduchšia vďaka stále lepšiemu hardvéru a užívateľsky priateľskejšiemu softvéru. Najčastejšie sú DMT používané pre:

- hydrologické modelovanie – vrátane simulácií povodní, vymedzenie a analýzu povodia a kanalizačných sietí,
- modelovanie pôdnej erózie a transport sedimentov,
- vymedzenie a štúdium fyziografických jednotiek,
- geomorfologické hodnotenia reliéfu,
- civilné inžinierstvo a vojenské aplikácie (napr. miesto a výber trasy, zosuv pôdy, posúdenie nebezpečnosti atď.).

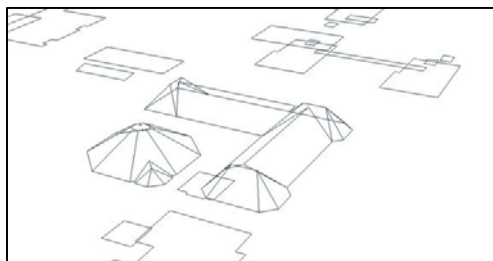
4 METODIKA PRÁCE

4.1 3D vektorizácia objektov

Pri tvorbe pravých ortofotosnímkov bolo nevyhnutné vykonať 3D vektorizáciu výškových objektov na snímkach (napr. strechy budov, porastové steny), pre potrebu odstránenia radiálnych posunov na snímkach. Vektorová vrstva bola doplnená o terénne hranu, ktoré sa použili na spresnenie vygenerovaného DMT.

Pri budovách sa vektorizovali strechy v trojrozmernom prostredí, do .dgn súboru. Vektorový súbor bol vyhotovený v súradnicovom systéme WGS-84/UTM 34N. Pri lesných porastoch bolo potrebné zachytiť výškové členenie porastov, predovšetkým pri porastových stenách po obnovnej ťažbe, kalamiťách a lesných cestách, ktoré vytvárajú priesečky, kde sú radiálne posuny najviditeľnejšie.

Obe tematické vrstvy (zastavané územie, lesné porasty) boli doplnené terénnymi hranami, ktorých úlohou bolo zlepšiť výslednú kvalitu digitálneho modelu terénu. V zastavanom území mesta Zvolen sa ako terénne hranu použili umelé koryto rieky Hron, elektrikárenský kanál, cesty, mosty a iné. V lesnom prostredí sa použili prevažne cesty a prudké zrazy, ktoré bolo možné na snímkach identifikovať.



Obr. 4.1 3D vektorová vrstva budov

Fig. 4.1 3D vector layer of buildings

4.2 Kontrola topológie vektorovej vrstvy

Pred tvorbou DMT sa vykonala kontrola topológie v DTMaster pomocou nástroja CheckObjects a prípadne chyby sa spätne opravili. Vykonanie tohto kroku je nevyhnutné pre následné správne generovanie modelov. V prípade, že sa vo vektorovej vrstve nachádzajú chyby, sú prenesené aj do vygenerovaného DMT, prípadne jeho generovanie môžu úplne zmariť (vygenerovanie prázdneho modelu, nesprávne výškové umiestnenie bodov atď.). Preto je dôležité tomuto kroku venovať náležitú pozornosť.

4.3 Tvorba digitálnych modelov terénu

Všetky digitálne modely terénu použité v práci boli vytvorené automaticky v softvérovom prostredí Inpho pomocou modulu DTM/DSM Generator.

Pre automatickú tvorbu digitálneho modelu je dôležité správne nastaviť parametre výpočtu digitálneho modelu. Konkrétne sa jedná o typ terénu, ktorý vyjadruje členitosť krajiny (rovina, mierne zvlnený terén, hornatý terén, extrémne členitý terén), spôsob filtrácie a definovania vyhľadávania totožných bodov v miestach prekrytu snímok. Pre hornatý terén má byť vyhľadávaná oblasť väčšia ako pre rovinný terén. Z ďalších nastavení je to počet iterácií určenia výškových bodov, ktoré majú vplyv na detekciu hrubých chýb. Na základe definovania jednotlivých nastavení automatickej tvorby digitálneho modelu nám program určí najmenšiu hodnotu rozostupu gridu (ŠADIBOL, J., 2010).

Digitálne modely boli generované zo snímkového materiálu vybraných blokov. Pri tvorbe modelu, ktorý bol použitý ako podklad pre tvorbu pravých ortofotosnímkov boli použité vektorové 3D vrstvy, ktoré obsahovali zvektorizované strechy budov, výškové členenie lesných porastov a terénne hrany. Vektorové vrstvy zabezpečili generovanie DMT vhodného pre tvorbu pravých ortofotosnímkov.

Prvým krokom pri samotnom generovaní je tvorba blokov, pre ktoré sa DMT bude vytvárať. Bloky sú nevyhnutné, pretože zabezpečujú generovanie modelu len pre potrebné (záujmové) územie. V opačnom prípade by sa model generoval pre celé územie projektu (v našom prípade pre územie VŠLP), čo by bolo z časového hľadiska značne náročné a vytvorený model by bol z veľkej časti nepotrebný.

K tvorbe blokov je potrebné použiť Application Master, kde v hlavných nastaveniach projektu vytvoríme príslušné bloky. Samotný blok tvoria vybrané snímky projektu, s ktorými sa bude následne pracovať.

Spolu boli automaticky generované 3 modely:

- DSM ktorý obsahoval všetky objekty na zemskom povrchu s gridom 0,7 metra.
- DTM ktorý vznikol odfiltrovaním objektov na zemskom povrchu (budov, samostatne stojacich stromov atď.). Nemožno ho pokladať za úplný model reliéfu, pretože nedošlo k odfiltrovaní ucelených lesných porastov. Generovaný bol s gridom 2,7 metra.
- Predošlý DTM s domodelovanými budovami za pomoci vektorovej vrstvy v DTM Toolkite. Generovaný s gridom 2,7 metra.

Ako morfológické dáta boli použité terénne prvky, ktoré boli zaradené medzi Border lines – default. Docielilo sa tým zlepšenie kvality DMT. V prípade posledného modelu,

ktorý boli generovaný pre potreby pravej ortofotosnímky, bola medzi morfológické dáta pridaná aj 3D vektorová vrstva budov. Zaradila sa medzi Border Lines – Exclusion Areas, čím sa územie budov vylúčilo z generovania modelu. Následne sa pomocou DTM Tool-kitu vykonalo modelovanie povrchu pomocou zvektorizovaných budov, na miestach kde bolo vynechané generovanie modelu v predošlom kroku. Strechy budov sa zaradia do Object Shapes, čo spôsobí ich vykreslenie v požadovanej výške v DMT.

V projekte bol použitý aj DMR3SR, ako možnosť porovnania výsledkov s automaticky generovanými modelmi. Využitý bol k tvorbe klasickej ortofotosnímky a k porovnaniu jednotlivých modelov.

4.4 Tvorba ortofotosnímkov

Spolu bolo vytvorených 5 typov ortofotosnímkov záujmového územia:

- pravé ortofotosnímky, pri ktorých tvorbe bol použitý automaticky generovaný DTM s domodelovanými budovami pomocou vektorovej vrstvy s gridom 2,7 metra,
- pravé ortofotosnímky, pri ktorých tvorbe bol použitý automaticky generovaný DSM s gridom 0,7 metra,
- klasické ortofotosnímky, pri ktorých tvorbe bol použitý automaticky generovaný DTM s gridom 2,7 metra,
- klasické ortofotosnímky, pri ktorých tvorbe bol použitý automaticky generovaný DSM s gridom 0,7 metra,
- klasické ortofotosnímky, pri ktorých tvorbe bol použitý DMR3SR.

Praktická tvorba ortofotosnímkov prebehla v module OrthoMaster. Pri generovaní pravej ortofotosnímky bolo potrebné v prvom kroku vytvoriť tzv. ortho-areas, ktoré plošne vymedzujú budúcu ortofotosnímku. Pri tvorbe klasickej ortofotosnímky bolo použité manuálne vymedzené územie (Area of Interest) pre ktoré sa ortofotosnímka generovala.

V ďalšom kroku bolo nevyhnutné k projektu priradiť digitálny model. Pre každý typ vytváraných ortofotosnímkov bol priradený príslušný model. Pridaný výškový model sa graficky vyznačí príslušnou farbou. Červené krížiky signalizujú, že sa v danej oblasti model nenachádza, naopak zelené udávajú prítomnosť modelu.

4.5 Tvorba ortofotomozaiky

Pri tvorbe ortofotomozaiky sa jedná o vytvorenie uceleného obrazu z jednotlivých ortofotosnímkov, ktoré boli vygenerované v predošlom postupe. Na vykonanie tohto kroku bol použitý software OrthoVista, ktorý slúži na spracovanie ortofotosnímkov, ich automatické kombinovanie a mozaikovanie do jednej bezošvej farebne vyváženej ortofotomozaiky.

V prvom kroku sa načítali z príslušného adresára všetky vytvorené ortofotosnímky. Následne bolo potrebné z dôvodu veľkosti výslednej ortofotomozaiky rozdeliť ju na 4 menšie časti, podľa dopredu definovaných dlaždíc (tiles). Klad vytváranej ortofotomozaiky sa editoval v textovom ASCII súbore na základe čísla a súradníc ľavého horného a pravého dolného rohu.

Spolu bolo generovaných 5 druhov ortofotomozaiek z ortofotosnímkov vytvorených v predošlom kroku.

5 VYHODNOTENIE VÝSLEDKOV

Presnosť, správnosť a spoľahlivosť ortofotomapy vytvorenej z digitálnych ortofotosnímkov, sa zisťovala štatistickým vyhodnotením podľa ŠMELKA, Š. (2007) na základe meraných rozdielov medzi súradnicami bodov odčítaných z ortofotomáp a súradnicami kontrolných bodov (striech budov) získaných terestrickým zameraním pomocou totálnej stanice Topcon GPT-9003M. Konkrétne bolo zameraných 146 kontrolných bodov, ktoré sme porovnávali s ortofotosnímkami a následne určili súradnicové rozdiely Δx_i a Δy_i . Pre určenie stredných súradnicových chýb bol vypočítaný aritmetický priemer zo všetkých súradnicových chýb, ktoré sú mierou systematickej zložky chyby, respektíve vychýlenia pre osi Y a X. Ďalší krok spočíval vo výpočte smerodajnej odchýlky, ktorá charakterizuje presnosť ortofotomapy (variabilitu hodnôt okolo aritmetického priemeru). Na odhalenie a odstránenie hrubých chýb bol použitý trojnásobok strednej kvadratickej chyby. Následne bolo štatistickým testom preverené, či sú získané údaje zaťažené systematickou chybou. Vypočítané testovacie kritérium sme porovnali s kritickou hodnotou Studentovho t-rozdelenia pre 5 % hladinu významnosti a 146 stupňami voľnosti. V prípadoch kde testovacie kritérium je väčšie ako kritická hodnota, môžeme s 95 % spoľahlivosťou tvrdiť, že namerané údaje sú systematicky vychýlené. Z toho dôvodu museli byť tieto súradnicové rozdiely opravené o opačnú hodnotu aritmetického priemeru. Výsledná stredná polohová chyba (M_{yx}) po odstránení systematickej chyby charakterizuje presnosť ortofotomapy.

Tab. 5.1 Porovnanie súradníc bodov zameraných terestricky s pravou ortofotomapou

Tab. 5.1 Comparison of coordinates of points measured terrestrially to true orthophotomap

Údaje	Rozdiel		Odch. po odstránení systematickej chyby	
	Y	X	Y	X
Suma	-14,065	2,734	0,419	2,734
Aritmetický priemer	-0,099	0,019	0,003	0,019
Smerodajná odchýlka	0,124	0,153	0,124	0,153
Testovacie kritérium	-9,511	1,054	0,283	1,504
Kritická hodnota	1,960		1,960	
Početnosť	142	141	142	141
$M_y M_x$	0,158	0,154	0,124	0,154
M_{yx}	0,156		0,140	

Tab. 5.2 Porovnanie súradníc bodov zameraných terestricky s ortofotomapou vytvorenou s použitím DTM

Tab. 5.2 Comparison of points of coordinates measured terrestrially to orthophotomap made with using DTM

Údaje	Rozdiel		Odch. po odstránení systematickej chyby	
	Y	X	Y	X
Suma	-183,378	28,105	-0,002	28,105
Aritmetický priemer	-1,256	0,194	0,000	0,194
Smerodajná odchýlka	2,441	3,390	2,441	3,390
Testovacie kritérium	-6,195	0,686	0,000	0,686
Kritická hodnota	1,960		1,960	
Početnosť	146	145	146	145
$M_y M_x$	2,745	3,396	2,441	3,396
M_{yx}	3,088		2,957	

Tab. 5.3 Porovnanie súradníc bodov zameraných terestricky s ortofotomapou vytvorenou s použitím DMR3SR

Tab. 5.3 Comparison of coordinates of points measured terrestrially to orthophotomap created using DMR3SR

Údaje	Rozdiel		Odch. po odstášení systematickej chyby	
	Y	X	Y	X
Suma	-43,895	34,602	0,051	34,602
Aritmetický priemer	-0,301	0,237	0,000	0,237
Smerodajná odchýlka	1,243	2,701	1,243	2,701
Testovacie kritérium	-2,913	1,057	0,003	1,057
Kritická hodnota	1,960		1,960	
Početnosť	146	146	146	146
$M_y M_x$	1,279	2,711	1,243	2,711
M_{yx}	2,120		2,109	

Z výsledkov vyplýva, že pravá ortofotosnímka dosahuje najmenšie radiálne skreslenia objektov. Dosiahnutá bola stredná polohová chyba 0,140 m, čo zodpovedá podľa STN 01 3410 Mapy veľkých mierok (základné účelové mapy) 3. triede presnosti. Klasické ortofotosnímky dosiahli po odstránení systematických chýb strednú polohovú chybu 2,957 m pri použití automaticky generovaného DMT a 2,109 m pri použití DMR3 SR. V prípade klasických ortofotosnímkov je výsledok závislý od použitého DMT, no nikdy sa nedosiahnu také hodnoty radiálneho skreslenia, ako pri pravých ortofotosnímках, kde bol k tvorbe použitý DMT s budovami.

Všetky použité digitálne modely, ktoré boli popísané v predošlej časti práce boli navzájom porovnané na základe rezov na vybraných stanovištiach. Porovnávané boli modely v zastavanom území mesta Zvolen na sídlisku Západ a v lesnom poraste neďaleko obce

Kováčová, ktorý bol rozdelený obnovnými prvkami. Záverom je možné konštatovať, že najlepšie sa pre tvorbu pravej ortofotosnímky osvedčil DMT s domodelovanými budovami.

6 ZÁVER

V súčasnej dobe je stále kladený väčší dôraz na presnosť digitálnych rastrových podkladov a údaje získané pomocou digitálnych senzorov sa stávajú dostupnejšie. Čoraz väčšie množstvo inštitúcií nachádza uplatnenie pre kvalitné obrazové údaje. Tieto využívajú pri správe miest, nehnuteľností, krízový manažment, záchranné služby a pod. Ortofotomapy sa prekládajú rôznymi vektorovými vrstvami, napr. z katastra nehnuteľností.

Samozrejme porovnanie medzi údajmi z katastra a ortofotosnímkou je správne len ak všetky vrstvy sú dokonale zosúladené. Toto je v súčasnosti možné vďaka produktom ako sú pravé ortofotosnímky (CHIKHI, M. – BIGNONE, F., 2006).

V súčasnosti je trendom vytváranie pravých ortofotosnímkou a možnosť ich tvorby je už častejšie implementovaná vo fotogrametrických softvéroch. Prvým predpokladom pre správne vytvorené pravé ortofotosnímky, je mať k dispozícii letecké snímky s vysokým pozdĺžnym a priečnym prekrytom, kde sú objekty zachytené zo všetkých strán (NOVÁK, H. – ULZ, M. – DORFSTTER, L. – SCHICKOR, J., (2010) odporúčajú pozdĺžny a priečny prekryt až 80 percentný). To zabezpečí, že objekty sú snímané z viacerých centier a bude možné nájsť takú kombináciu snímok, z ktorej sa budú dať doplniť časti, ktoré na iných snímkach viditeľné nie sú. Najprácejšou časťou pri tvorbe pravých ortofotosnímkou je tvorba DMT, ktorý by bol pre generovanie vhodný. Ručná editácia výškových objektov si vyžaduje veľa času a preto sa ako racionalizačný prvok do budúcnosti predpokladá využitie laserového skenovania, pre tvorbu presných digitálnych modelov.

S narastajúcimi požiadavkami na určenie presnej priestorovej polohy a na zosúladenie rastrových podkladov s hranicami vlastníckych celkov je problematika pravých ortofotomáp aktuálna (KARDOŠ, M. – CHUDÝ, F., 2008). Ich využitie v lesníctve je aktuálne najmä v oblasti priestorovej úpravy lesov v rámci hospodárskej úpravy lesov, v mapovaní lesov a stále viac sa začínajú používať pri automatickej klasifikácii drevinového zloženia, vzácných biotopov a odumieraní smrečín. Pozitívnym vedľajším efektom tvorby pravých ortofotosnímkou je využitie vytvoreného výškového modelu pre ďalšie aplikácie a analýzy.

7 Literatúra

- AMHAR, F. – JANSÁ, J. – RIES, CH. *The generation of true orthophotos using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM*. In GIS-Between Visions and Applications. Stuttgart: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1998, [online]. Dostupné na internete: [cit. 2011-04-18], <<http://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/jansa57.pdf>>
- ETTARID, M. – M'HAND, A., A. – ALOUL, R. *Digital True Orthophoto Generation*. 2005, [online]. Dostupné na internete: [2011-04-04], <http://www.fig.net/pub/cairo/papers/ts_27/ts27_05_ettarid_etal.pdf>
- GEODIS BRNO, *True Ortho* [online]. Brno: Geodis Brno, 2008. Dostupné na internete: <<http://www.geodis.cz/sluzby/trueorto>>

- CHIKHI, M. – BIGNONE, F. *Dense digital surface model and Trueortho image allow supporting versatile and innovative applications*. Beijing China: Asian association on remote sensing, 2006. [online]. Dostupné na internete: [2011-04-12], <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2006/Papers/H-1_H1.pdf>
- KARDOŠ, M. *Nové trendy využitia fotogrametrie pri lesníckom mapovaní*. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, 2006. 130 s.
- KARDOŠ, M. – CHUDÝ, F. *Problematika tvorby klasických a pravých digitálnych ortofotosnímkov*. Lesnícka geodézia a fotogrametria: zborník referátov. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 101–111 s.
- KARDOŠ, M. – ŠADIBOL, J. Farebné digitálne ortofotoplány a ich využitie v lesníctve. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen*, L, 2008, č. 2, 131–139 s.
- KUZMIN, Y., et al. *Polygon-based True Orthophoto Generation*. Proceeding of the 20th ISPRS congress, 2004.
- NIELSEN, Ø., M. *True orthophoto generation*. Lyngby: Technical University of Denmark, 2004. 126 s. ISSN 1601-233X.
- NOVÁK, H. – ULZ, M. – DORFSTTER, L. – SCHICKOR, J. *Production of True Orthophotos in Practice and Various Application Possibilities*. Vienna: ISPRS TC VII – Symposium, 2010. 420–423 s.
- ŠADIBOL, J. *Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní*. Dizertačná práca. Technická univerzita vo Zvolene, 2010. 92 s.
- ŠMELKO, Š. *Štatistické metódy v lesníctve*. Zvolen: Technická univerzita, 1995. 276 s. ISBN 80-228-0389-8.
- TOMAŠTÍK, J. *Vplyv interpretácie na polohovú presnosť v lesníckom mapovaní*. Aktuálne problémy lesníckeho mapovania: zborník referátov. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. 50–59 s.
- WOLF, P. R. – DEWITT, B., A. *Elements of Photogrammetry: With Applications in GIS*. United States of America: R.R Donnelley & Sons Company, 2000. 3. vyd, 608 s. ISBN 0-07-292454-3.
- ŽIHLAVNÍK, Š. *Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004. 388 s. ISBN 80-228-1287-0.
-

Adresa autora:

Ing. Jakub Soľanka
Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 53 Zvolen
e-mail: solanka@vsld.tuzvo.sk

Pravá a tradičná ortofotomapa a ich využitie v lesníckom mapovaní

Abstrakt

Dostupnosť materiálov digitálneho snímkovania ich predurčuje na ich širšie využitie aj v oblasti lesníctva, najmä hospodárskej úpravy lesov, lesníckeho mapovania pri tvorbe máp a v prostredí geografických informačných systémov. Tendencie v oblasti tvorby máp smerujú ku spresňovaniu ich obsahu a zvyšovaniu ich informačnej náplne. Práca sa zaoberá posúdením možnosti využitia pravej ortofotomapy v lesníctve a v ďalších odvetviach národného hospodárstva. Z pohľadu zastavaných území poskytujú pravá ortofotomapa oproti klasickej väčšie možnosti interpretácie. Pre tvorbu klasických a pravých ortofotomáp bolo vybraté záujmové územie v oblasti VŠLP vo Zvolene. Farebné digitálne ortofotomapy sa vytvorili z digitálnych snímkov upravených panchromatickým zaostrovaním. Na digitálne diferenciálne prekršľovanie leteckých snímkov bol použitý automaticky generovaný digitálny model terénu z leteckých snímkov. K tvorbe pravých ortofotomáp bolo nevyhnutné vykonať priestorovú vektorizáciu vysokých objektov (budov, porastov), čím sa zaručila vyššia

presnosť pravých ortofotomáp. Finálna veľkosť obrazového prvku bola pri ortofotomapách zvolená na 22 cm. Spracovanie fotogrametrického projektu, tvorba digitálnych modelov terénu a ortofotosnímkok prebehla vo fotogrametrickom systéme Inpho. Priestorová vektorizácia objektov bola vykonaná na stereo modeli v prostredí Summit Evolution.

Kľúčové slová: ortofotosnímka, pravá ortofotosnímka, digitálny model terénu

POSÚDENIE VHODNOSTI POLYGONOMETRIE PRI URČOVANÍ GEODETICKÝCH BODOV V ZALESNENÝCH ÚZEMIACH

Ľubomír S M A Ž Á K

Smažák, L.: Assessment of suitability polygonometry in determining geodetic points in wooded areas. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 95–114.

The thesis presents, based on theoretical analyses and experimental measurements, a suitability of current terrestrial methods for determination of geodetic points in forested areas focusing on polygonometry. Traverses are the most convenient method for determination of geodetic points in rough and enclosed territory since adjusting of the traverse shape to the given territory is possible. However, there is a problem with keeping the geometric parameters given according to the instruction (1994). The accuracy analyses presented in the thesis showed that this could also be reached by not-keeping some parameters. This is caused by currently using electronic tachymeters, which provide a high accuracy of measured angles and lengths.

Keywords: forestry mapping, polygonal traverse, accuracy

1. ÚVOD A CIEĽ

Pre každé podrobné polohopisné a výškopisné meranie, ktoré sú potrebné pre tvorbu lesníckych máp, resp. sú podkladom pre určité projekčné práce, je potrebné mať k dispozícii potrebný počet geodetických bodov. Tieto body sú potom základom pre jednotlivé metódy podrobného merania (tachymetria, buzolové meranie, vytyčovací práca a pod.), resp. aj pre ďalšie doplnenie bodov podrobného polohového bodového poľa (PBPP), prípadne výškové merania. Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach (984 121 I/93, ÚGKK SR, Bratislava, 1994) uvádza metódy, ktoré je možné pre tieto účely použiť. Osobitosť lesného prostredia (väčšinou členitý a nepriehľadný terén) však obmedzuje ich využitie, najmä ak je potrebné pri meraní obmedziť nepriaznivé zásahy do lesných porastov (nutnosť vykonať výrub priesekov pre zámery). Mimoriadny rozvoj geodézie a fotogrametrie koncom 20. a začiatkom 21. storočia priniesol aj do oblasti určovania geodetických bodov nové metódy (elektronické totálne stanice, globálne navigačné satelitné systémy – GNSS, digitálna fotogrametria), ktoré zaznamenali výrazný pokrok nielen v meraní dĺžok a uhlov ale aj v presnosti prístrojov s ktorými sa viacnásobne prekračujú presnosti predpísané Inštrukciou (1994) a za použitia modernej výpočtovej techniky tak menia charakter mapovacích prác čím výrazne prispievajú k ich racionalizácii. Všetky tieto metódy sú však nie vhodné pre meranie v zalesnených územiach (najmä GNSS pri vyšších požiadavkách presnosti hlavne kvôli zníženiu príjmu signálu z družíc)

a preto je potrebné hľadať optimálne využitie doterajších metód, resp. vhodné kombinácie s metódou GNSS.

V súčasnosti sa už väčšina hlavných úloh lesníckeho mapovania (cca 70–80 %) vykonáva fotogrametrickými metódami. Ide o jednoznačnú racionalizáciu v oblasti mapovania. Takéto dominantné postavenie fotogrametrických metód voči terestrickým sa ešte viac upevnilo nástupom digitálnej stereofotogrametrie, ktorá predovšetkým zvýšila presnosť fotogrametrického vyhodnotenia, ale hlavne jeho produktivnosť. Aj napriek týmto skutočnostiam terestrické merania majú svoje dôležité opodstatnenie. Ide hlavne o zameriavanie tých prvkov, ktoré sú pod clonou porastu a nie je možné ich určiť na leteckých snímkach a taktiež prvkov, ktoré sú priamo potrebné na fotogrametrické vyhodnotenie – vlícovacích bodov. Taktiež pri zameriavaní vlastníckych hraníc lesných pozemkov je potrebné terestrické meranie, nakoľko v súčasnosti používané letecké snímky (mierka 1 : 10 000 až 1 : 15 000) nevyhovujú požiadavkám na presnosť katastrálneho mapovania.

Cieľom predkladanej práce je na základe teoretických rozborov a experimentálnych meraní posúdiť vhodnosť polygonometrie pri určovaní geodetických bodov v zalesnených územiach, s prioritným zameraním na určovanie vlastníckych hraníc lesných pozemkov.

2 EXPERIMENTÁLNY MATERIÁL

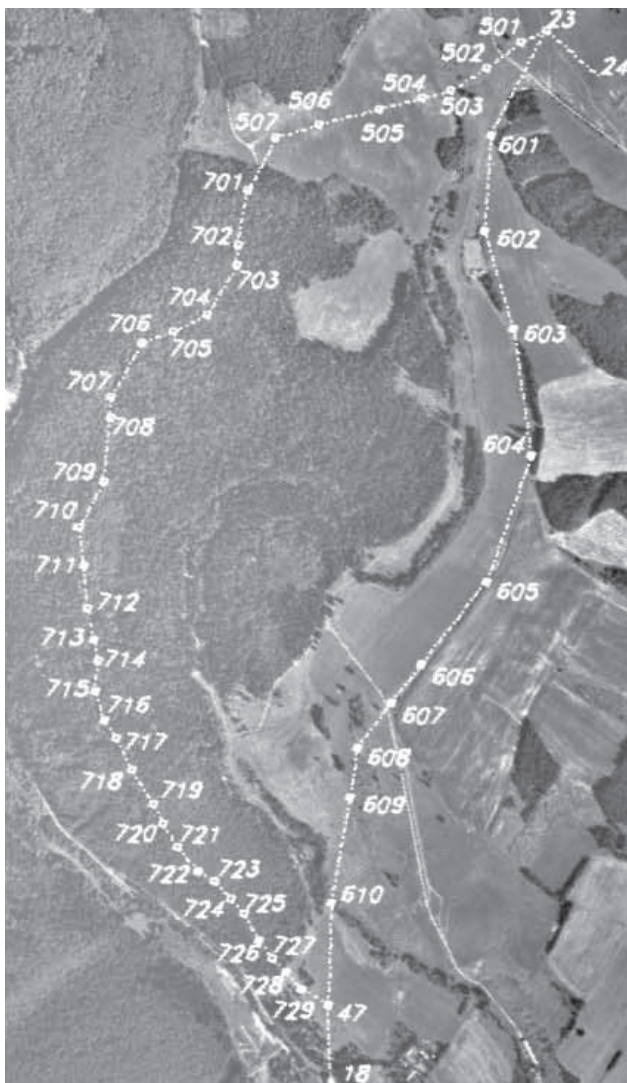
2.1 Záujmové územie – charakteristika

Za účelom podrobného merania polohopisu je potrebné v danom území určiť potrebný počet geodetických bodov. Záujmové územie predstavujú prevažne lesné pozemky s rôznym vekom a drevinovým zložením a časť trvale trávnatých porastov (pastviny) v katastrálnom území Kováčová v oblasti Vysokoškolského lesníckeho podniku (VŠLP) TU Zvolen. Reliéf terénu je pomerne členitý. Záujmové územie je zobrazené na časti leteckej snímky kde je následne vyznačený priebeh polygónových ťahov (obr. č. 1).

2.2. Popis použitého prístrojového a softwarového vybavenia

2.2.1 Charakteristika totálnej stanice GPT 9003 M

Ide o profesionálnu bezhranovú totálnu stanicu s pulzným diaľkomerom a operačným systémom Windows CE a graficky užívateľským rozhraním. Prístroje rady GPT 9003 M sú plne motorizované a schopné merať dĺžkové merania bez hranolu v rozsahu do 2 000 m, na jeden hranol 3000 m, pri zachovaní vysokej presnosti $\pm (2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$. Vďaka Servo-ustanovky Jog-Shuttle systému je umožnené veľmi presné cielenie. Prístroj je vhodný predovšetkým pre potreby hromadného vytyčovania. Veľmi príjemné a intuitívne ovládanie totálnej stanice zabezpečuje program Topsurv. Do internej pamäte jednotky flash disku pre zber dát je možné uložiť až 20 MB meraných alebo súradnicových bodov. Pomocou integrovaného a prístupného CF slotu je možné rozšíriť pamäť prístroja vložением CF karty alebo vložiť modul BleuTooth alebo modul Wi-Fi. Dátová komunikácia prístroja je zabezpečená prostredníctvom USB portu alebo cez kábel s PC, vložением flash



Obr. č. 1 Priebeh polygónových ťahov

Fig. 1 Process of traverses

Prístroje rady GPT 9003 M odolávajú akýmkoľvek vlhkým poveternostným podmienkam, ktoré môžu v teréne nastať, takže nikdy nebude potrebné z dôvodu zlého počasia prerušiť meranie. Jedná sa skutočne o totálnu stanicu do každého počasia. Prístroj disponuje dvoma kusmi batérií, kde každá má výdrž asi 2,5 hodiny čo predstavuje asi 10000 bodov, uhlov a dĺžok.

2.3 Terénne meranie

2.3.1 Rekognoskácia terénu a založenie polygónových ťahov

Určenie nových geodetických bodov v záujmovom území bolo potrebné pre účely zamerania vlastníckych hraníc lesných pozemkov a pre účely podrobného polohopisného a výškopisného merania pre tvorbu lesníckej mapy. Úloha bola riešená spoločne s diplomatmi Bc. Vargicovou a Bc. Šafárikom, rozdelením na čiastkové úlohy (Vargicová – polohopis a výškopis, Šafárik – vlastnícke hranice). Pre tieto účely boli obnovené a zamerané dva zo štyroch polygónových ťahy, ktoré boli založené v rámci výskumných úloh Katedry hospodárskej úpravy lesov a geodézie LF TU Zvolen (TUNÁK 2010). V pôvodných polygónových ťahov bola stabilizácia viacerých bodov poškodená (posunutá), resp. úplne odstránená, najmä pri ťažbe dreva v niektorých lesných dielcoch, a tak bolo potrebné zakladať (stabilizovať) nové body. Prakticky zameranie obidvoch ťahov bolo nezávislé od predchádzajúcich meraní a výsledky neboli s týmito meraniami porovnávané. Preto pre posúdenie presnosti bolo potrebné vykonať každé meranie štyrikrát.

Ťahy č. 1 a č. 2 boli následne využité pre určenie vlastníckych hraníc lesných pozemkov a vrcholové body ťahu č.1 boli podkladom pre podrobné meranie. Na pripojenie obidvoch polygónových ťahov boli využité základné body 23-Dibák, 47-Trebuľa a 18-Zvolen. Pri založení obidvoch polygónových ťahov bolo potrebné dodržiavať predpísané požiadavky na presnosť merania a zároveň (pri ťahu č. 1) obmedziť zásahy do lesných porastov (priesečky pre zámery) na minimum.

Polygónový ťah označený ako č. 1 (číslovanie vrcholových bodov je od 601 do 610) prebieha členitým terénom cez pastviny a v blízkosti lesných pozemkov. Celková dĺžka ťahu je 2701,48 m. Počet strán v ťahu je 11. Ako Začiatočný bod ťahu bol zvolený základný bod 23-Dibák, s orientáciou na základný bod 24-Sielnica. Koncovým bodom ťahu je základný bod 47-trebuľa, orientácia na základný bod 18-Zvolen.

Polygónový ťah označený ako č. 2 (číslovanie vrcholových bodov je od 501 do 507 a následne od 701 do 729) prebieha sčasti cez pastviny (na začiatku vrcholové body 501, 507 na konci ťahu vrcholové body 728, 729, 47) a lesným porastom po hrebeni popri približovacej ceste (vrcholové body č. 701–727). Celková dĺžka ťahu je 3415,92 m. Počet strán v ťahu je 37. Ako začiatočný bod ťahu bol zvolený základný bod 23-Dibák, s orientáciou na základný bod 24-Sielnica. Koncovým bodom ťahu je základný bod 47-Trebuľa, orientácia na základný bod 18-Zvolen.



Obr. č. 2 Totálna stanica GPT-9003M (www.geodis.sk)

Fig. 2 Total station GPT-9003M

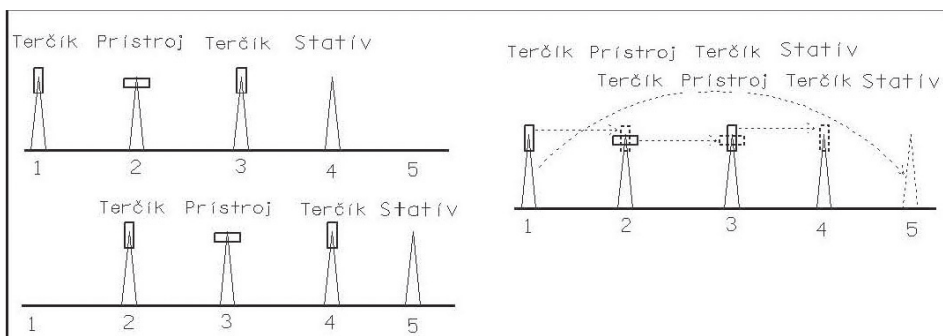
2.3.2 Zameranie polygónových ťahov

Na zameranie potrebných prvkov (vrcholové uhly a dĺžky strán) a pre určenie pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov (body PPBP) sa použil elektronický tachymeter TOPCON GPT 9003 M. Každý polygónový ťah bol zameraný 4-krát.

Vrcholové uhly boli merané v dvoch polohách ďalekohľadu, dĺžky strán sa merali vždy dvakrát (tam aj nazad) a v ďalšom výpočte sa uvažovalo s aritmetickým priemerom z obidvoch meraní.

Meranie sa vykonalo štandardnou metódou pomocou trojpodstavcovej súpravy so závislou centráciou, kde pri meraní polygónových ťahov sa použila aj jej modifikácia s použitím štyroch statívov predovšetkým za účelom možnosti urýchlenia meraní.

Pri použití štyroch statívov je postup merania podobný ako pri meraní metódou trojpodstavcovej súpravy, ale štvrtý (predný) statív je voľný, resp. s terčíkom, ale sa nevyužíva pri meraní predchádzajúcej zostavy (predchádzajúcich troch statívov), je len dopredu pripravený na nasledujúcu zostavu. Merač takto po presune na ďalší bod nemusí čakať na postavenie statívu s terčíkom na nasledujúci bod. Kým sa vykoná meranie na danom bode, pomocník potom opäť presunie zadný statív dopredu, čím sa meranie značne urýchli. Tento postup merania je schematicky znázornený na obr. č. 3



Obr. č. 3 Meranie so zvislou centráciou s využitím 4 statívov (TUNÁK, D., 2010)

Fig. 3 Measurement with vertical centration with using four tripods

3 ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Geodetické body

Geodetické základy v teréne reprezentujú geodetické body. Tieto body sú budované ako integrované, s jednoznačnou meračskou značkou, ku ktorej sú určené jednotlivé geodetické parametre, a to priestorové súradnice, rovinné súradnice, normálna výška, tiažové zrýchlenie, charakteristiky presnosti jednotlivých parametrov a ročné rýchlosti bodov Slovenského kinematického referenčného rámca (SKTRF). Na geodetické

body sa kladie požiadavka najmä na ich dostupnosť (prístup vozidlom), minimálny zákryt okolia bodu nad horizontom, dostatočnú viditeľnosť bodu a jeho bezpečnosť (ochrana bodu) (www.gku.sk).

Nepriaznivým javom pri geodetických meraniach sú nevyhnutelné meračské chyby, ktoré sa pri vzájomne na seba nadväzujúcich meraniach nebezpečne hromadia. Preto pri meraniach na rozsiahlejších územiach sa geodetické práce vykonávajú podľa zásady „z veľkého do malého“. Čo značí, že najskôr je potrebné vybudovať sieť presných polohových a výškových bodov a potom na ich základe vykonávať podrobné merania.

Geodetické body patria medzi meračské body a odlišujú sa od ostatných meračských bodov stabilizáciou, prípadne signalizáciou u trvale stabilizovaných bodov a dokumentáciou geodetických údajov.

Geodetický bod je trvalo stabilizovaný, prípadne trvalo signalizovaný bod, ktorý je v geodetických systémoch určený súradnicami, nadmorskou výškou alebo len niektorým z týchto údajov s predpísanou presnosťou a dokumentáciou. Geodetický bod je zriadený najmä meračskou značkou, meračským signálom a ochranným znakom, slúži na jednoznačné označenie jeho polohy, prípadne výšky, na jeho meranie a ochranu pred zničením alebo poškodením.

Meračský bod je bod z ktoréhokolvek bodového poľa, ktorý tvorí podklad pre ďalšie meranie. Ak spĺňa podmienky stanovené STN 730415 (Geodetické body), nazýva sa geodetický bod (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004).

2.2 Polohové geodetické body

Polohové geodetické body sú dôležitým podkladom pre polohopisné merania. Ich poloha sa v súčasnosti v SR vyjadruje pravouhlými rovinnými súradnicami x , y , v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK). Súradnice bodov sa môžu určovať aj v lokálnych systémoch, ktoré sa tvoria podľa potreby a účelu použitia (ak nie je požiadavka pripojiť meranie na štátne mapové dielo). Súradnice nových bodov sú určované na základe merania uhlov a dĺžok medzi danými bodmi už jestvujúcего bodového poľa so známymi súradnicami a určovanými bodmi (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004).

Geodetické výpočty rôznych úloh polohového charakteru a určovanie vzájomnej polohy bodov na vhodnej výpočtovej a zobrazovacej ploche vyžadujú, aby bola k dispozícii sústava jednoznačne navzájom učených a orientovaných bodov v spoločnom súradnicovom systéme. Tieto body tvoria polohové bodové pole, sú trvalo alebo dočasne stabilizované a určené so stanovenou presnosťou. Polohové bodové pole na Slovensku rozdelujeme na (podľa BITTERER, L., 2003):

- základné polohové bodové pole (ZBPB),
- podrobné polohové bodové pole (PPBP).

Rozdelenie polohových geodetických bodov, ktoré vytvárajú polohové bodové polia je uvedené v tabuľke.

Tabuľka č. 1 Rozdelenie polohových bodových polí (podľa STN 730415)
Table 1 Dividing of position points areas

Základné polohové bodové pole (ZPBP)	Body Štátnej trigonometrickej siete (STS)	
Podrobné polohové bodové pole (PPBP)	Pevné body podrobného polohového bodového pola (PBPP)	Triedy presnosti 1 až 5
	– bez rozdielu v spôsobe určenia	
	Dočasne stabilizované body	Triedy presnosti 2 až 5
	– nie sú predmetom STN 73 04 15	

Presnosť geodetických polohových bodov sa posudzuje podľa základnej strednej súradnicovej chyby m_{xy}

$$m_{xy} = \sqrt{0,5(m_{x^2} + m_{y^2})} \quad (1)$$

kde m_x a m_y sú stredné chyby súradníc x a y.

Stredná súradnicová chyba m_{xy} nesmie prekročiť hodnotu krajnej dovolenej odchýlky, ktorá je stanovená na 2,5-násobok strednej súradnicovej chyby m_{xy} .

Základná stredná súradnicová chyba bodov základného bodového poľa sa stanovuje hodnotou: $m_{xy} = 0,015$ m. Toto kritérium je vyjadrením relatívnej presnosti medzi susednými bodmi trigonometrickej siete V. rádu (ŽIHLAVNÍK, Š., 2004).

Podľa účelu použitia sa body podrobného bodového poľa určujú v 5-tich triedach presnosti. Základné stredné súradnicové chyby bodov m_{xy} podľa tried presnosti stanovuje STN 73 0415 Geodetické body ($m_{xy} = 0,02$ m, 0,04 m, 0,06 m, 0,12 m, 0,20 m).

2.3 Spôsoby určovania bodov PPBP a posúdenie vhodnosti pre meranie v lesných porastoch

Pri tvorbe lesníckych máp sa vždy používali zodpovedajúce meračské metódy, postupy a prístroje. Vzhľadom na charakter a náročnosť prostredia, v ktorom sa lesnícke mapovanie vykonáva najviac bola a je kombináciu polohopisnej a výškopisnej metódy merania, napr. metódou polárnych súradníc spojenou využívaná letecká stereofotogrametria doplnená terestrickým zameraním, na leteckých meračských snímkach neviditeľným detailom. V súčasnosti sa pri tvorbe TŠMD používa digitálna stereofotogrametria a klasické terestrické meranie nahrádzajú metódy založené na globálnych navigačných satelitných systémoch (GNSS) a v poslednej dobe aj GLONASS.

Všetky geodetické merania a práce v teréne sa musia uskutočňovať takým spôsobom a s takou presnosťou, aby sa splnili kritériá presnosti pre jednotlivé triedy presnosti. Súčasťou výpočtových prác je predovšetkým overenie dosiahnutej presnosti určenia bodov. Vykoná sa porovnávaním dosiahnutých výsledkov a geometrickými parametrami a kritériami presnosti. Podľa účelu použitia sa body podrobného polohového poľa určujú

v piatich triedach presnosti. Uvedené kritériá sa vzťahujú na najbližšie body základného bodového poľa (M. VÁCLAVÍKOVÁ – V. BENEŠOVÁ – J. BUSTA, 1993).

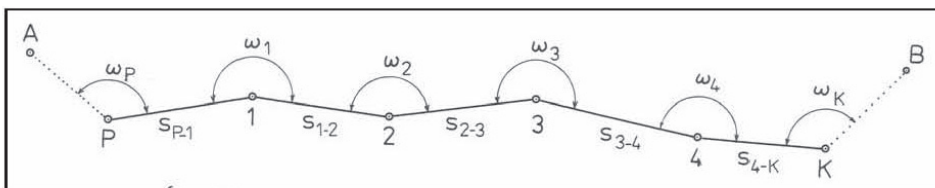
Na určovanie pravouhlých súradníc bodov PPBP sa v jednotlivých triedach presnosti v zmysle inštrukcie (1994) používajú tieto spôsoby:

- polygónovými ťahmi s dlhými stranami meranými elektronickými diaľkomerami,
- smerovým pretínaním napred a kombinovaným pretínaním,
- pretínaním z dĺžok meranými elektronickými diaľkomerami,
- rajónmi meranými elektronickými diaľkomerami,
- pomocou globálneho systému určovania polôh (GNSS),
- trojuholníkovými reťazcami,
- pretínaním nazad (výnimočne),
- polygónové ťahy s kratšími dĺžkami strán,
- fotogrametricky.

Polygónové ťahy

Určovanie bodov podrobného polohového poľa polygónovými ťahmi je najrozšírenejšie. Polygónový ťah je rad stabilizovaných bodov vzájomne spojených uhlovo a dĺžkovo tak, že tvoria lomené čiary, ktoré sa tvarom môžu prispôsobiť zameriavanému územiu (napr. hraniciam, komunikáciám, vodným tokom apod.). Vrcholové body polygónového ťahu predstavujú zároveň stanoviská, z ktorých sa vykonáva podrobné meranie okolitého detailu. Ide vlastne o rad bodov, ktorých myslené spojnice utvárajú mnohoúhelník (polygón) (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004).

Polygónovými ťahmi sa určujú body 1. až 4. triedy presnosti. Používajú sa najmä v území zastavanom alebo členitom a zarastenom.



Obr. č. 3 Polygónový ťah obojstranne orientovaný a súradnicovo pripojený (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2004)
Fig. 3 Polygonal traverse both sides oriented and coordinates connected

Podľa spôsobu pripojenia sa polygónové ťahy delia na:

- hlavné polygónové ťahy: (na určenie PBPP)
 - pre určenie bodov 1. triedy presnosti sa pripájajú na body základného bodového poľa a ich pridružené body,
 - pre určenie bodov 2. až 4. triedy presnosti sa pripájajú na body základného poľa a body podrobného poľa aspoň o triedu presnosti vyššiu.

- vedľajšie polygónové ťahy:
 - pre určenie bodov 2. až 4. triedy presnosti (nedajú sa nimi určovať body 1. triedy presnosti) sa pripájajú na body najmenej zhodnej triedy presnosti určenej hlavnými ťahmi alebo inými spôsobmi.

Z hľadiska dĺžok strán sa polygónové ťahy delia na:

- ťahy s dlhými stranami – 200 až 1 500 m,
- ťahy s krátkymi stranami – 60 až 400 m, výnimočne od 50 m.

Ťahy sa obojstranne pripájajú a orientujú. Kde pod pojmom orientácia polygónového ťahu rozumieme zameranie ľavostranného vrcholového uhla ω_p (ω_k), ktorý zvierá na začiatočnom bode P (na koncovom bode K) prvá (posledná) strana ťahu s príslušnou pripojovacou stranou, ktorej smerník σ je známy. Ide teda o začlenenie smeru prvej (poslednej) strany ťahu do príslušnej súradnicovej sústavy (S-JTSK) uhlomerným prístrojom. Pod pojmom polygónový ťah súradnicovo pripojený rozumieme tú skutočnosť, že začiatočný (koncový) bod ťahu je daný svojimi pravouhlými súradnicami v pravouhlej súradnicovej sústave (S-JTSK) ide o nadviazanie na geodetické základy (na dané geodetické body). Polygónové ťahy s neúplnou orientáciou alebo pripojením je možné použiť pri mapovaní len výnimočne.

Všetky práce spojené so zakladaním a zameraním polygónových ťahov sa nazývajú polygonizácia. Pri voľbe vrcholových bodov ťahu, ktoré môžu slúžiť v ďalšom aj ako stanoviská pre podrobné meranie detailu, je treba pamätať na to, aby z bodu bol dobrý prehľad o okolitom území, možnosť zámery pre meranie dĺžok a uhlov na podrobné body detailu. Pri voľbe vrcholových bodov polygónového ťahu je treba zároveň vychádzať aj z toho, že najpresnejší ťah by bola priama spojnica medzi začiatočným a koncovým bodom ťahu, t.j. vrcholové uhly by sa rovnali $2R$ a dĺžky strán by boli rovnaké. Prakticky je toto kritérium, najmä v členitom, lesnatom teréne nemožné, no mala by byť snaha, o čo najmenšie odklonenie sa od tohto ideálneho ťahu.

Trvalá stabilizácia bodov sa vykonáva podľa predpisov stanovených pre stabilizáciu PBPP opracovaným kameňom, krížikom vytesaným na opracovanej ploche skaly, zabetonovanými železnými rúrkami a pod. Číslovanie sa robí pre každé katastrálne územie osobitne, v rozsahu 501–5 000. Pre každé trvale stabilizovaný PBPP sa vyhotovujú geodetické údaje.

Meranie v polygónovom ťahu pozostáva z merania vrcholových uhlov a z merania dĺžok polygónových strán. Vrcholové uhly v polygónovom ťahu sa merajú v dvoch polohách ďalekohľadu v jednej skupine. Dĺžky polygónových strán sa merajú vždy dvakrát. Dĺžky strán je možné merať priamo pásmom, alebo nepriamo presnými a optickými a elektronickými dĺžkomermi. Rozdiel medzi obidvoma meraniami dĺžky, nesmie prekročiť krajinú dovolenú odchýlku Δs podľa inštrukcie (1994), kde je uvedená pre triedu presnosti PBPP a druh ťahu.

Metóda polygónových ťahov patrí medzi základné metódy pri určovaní bodov PPBP. Jej doterajšie využitie v neprehliadaných a členitých zalesnených územiach možno posúdiť z dvoch hľadísk.

Základným rysom polygónového ťahu je zoskupenie bodov spojených uhlovo a dĺžkovo, tak aby sa čo najlepšie prispôsobila zameriavanému územiu. Táto skutočnosť je obzvlášť dôležitá pre lesnícke mapovanie, ktoré má svoje zvláštnosti v tom, že meračské práce sa vykonávajú väčšinou v neprehliadanom, často veľmi členitom a ťažko schodnom teréne, v ktorom práve polygonizácia plní svoje uplatnenie.

4 METODIKA PRÁCE

Experimentálne merania boli spracované a vyhodnotené nasledovne:

- a) Výpočet pravouhlých súradníc vrcholových bodov polygónových ťahov
- b) Posúdenie presnosti:
 - dodržanie geometrických parametrov,
 - kritéria presnosti,
 - testovanie pri nedodržaní geometrických parametrov.

Výpočet pravouhlých súradníc polygónových ťahov bol vykonaný podľa zásad pre ťah obojstranne orientovaný a obojstranne súradnicovo pripojený a riešený v programovom prostredí pomocou geodetických softwarov GROMA a KOKEŠ. Polohové súradnice počiatočných aj koncových bodov polygónových ťahov boli získané technológiou GNSS. Pravouhlé súradnice vrcholových bodov polygónových ťahov sú uvedené v tabuľkách č. 2, č. 3 (v nich sú uvedené aj hodnoty m_{yx} , ktoré boli určené pri testovaní – podľa kap. 4.1.3).

Tabuľka č. 2 Polygónový ťah č. 1
Table 2 Traverse 1

Č. b	(Priemer zo 4. meraní)		M_{yx}
	Y	X	
601	422881,255	1239590,581	0,00
602	422804,198	1239825,538	0,01
603	422642,243	1240033,087	0,01
604	422476,176	1240312,803	0,01
605	422463,367	1240660,934	0,02
606	422539,873	1240919,908	0,02
607	422571,728	1241042,918	0,01
608	422609,034	1241183,583	0,01
609	422581,277	1241307,716	0,01
610	422521,353	1241578,16	0,01

Priemer $m_{yx} = 0,01$ m

Tabuľka č. 3 Polygónový ťah č. 2
Table 2 Traverse n. 2

Č. b	Priemer		M_{yx}	Č. b	Priemer		M_{yx}
	Y	X			Y	X	
501	422898,873	1239341,34	0,00	712	423389,9348	1241109,71	0,03
502	422956,5483	1239437,18	0,01	713	423349,576	1241179,39	0,02
503	423022,6755	1239521,55	0,01	714	423314,9063	1241226,53	0,02
504	423082,1563	1239567,75	0,01	715	423295,2655	1241298,29	0,04
505	423175,298	1239637,99	0,01	716	423251,2028	1241352,77	0,01
506	423301,9663	1239732,54	0,01	717	423182,9385	1241412,05	0,02
507	423396,6155	1239803,31	0,01	718	423125,893	1241451,22	0,01
701	423422,0963	1239968,23	0,02	719	423044,1765	1241514,73	0,03
702	423386,2263	1240097,89	0,02	720	423002,8993	1241552,28	0,01
703	423366,0543	1240160,45	0,03	721	422947,4648	1241593,74	0,01
704	423383,1923	1240273,99	0,02	722	422873,984	1241630,68	0,01
705	423449,0415	1240357,07	0,02	723	422823,0563	1241638,42	0,02
706	423516,7708	1240423,19	0,02	724	422768,8285	1241667,05	0,02
707	423544,5415	1240557,94	0,02	725	422721,8678	1241692,64	0,02
708	423520,5475	1240629,67	0,02	726	422658,9268	1241738,52	0,02
709	423473,3345	1240787,15	0,03	727	422609,4278	1241768,61	0,01
710	423489,5593	1240922,37	0,02	728	422568,788	1241787,19	0,01
711	423440,7338	1241010,35	0,04	729	422511,8953	1241816,67	0,00

Priemer $m_{yx} = 0,02$ m

4.1. Geometrické parametre a kritéria presnosti

Geometrické parametre sú stanovené podľa inštrukcie (1994) v jej prílohe č. 31 a to podľa druhu ťahu, triedy presnosti, spôsobu pripájania a základných stredných chýb meraných prvkov (uhlov, dĺžok):

1. krajná dĺžka strany,
2. krajný pomer dĺžok susedných strán,
3. krajný pomer dĺžok v ťahu,
4. maximálne vybočenie ťahu,
5. maximálny odklon strany od spojnice začiatočného a koncového bodu ťahu,
6. maximálny počet vrcholov,
7. maximálny súčet dĺžok strán,

V prípade, že pri určovaní PBPP polygónovým ťahom výnimočne nie je možné splniť niektoré geometrické parametre, je potrebné podľa Inštrukcie (1994) vykonať ďalšie výpočty a testovanie dosiahnutej presnosti posúdením strednej súradnicovej chyby m_{xy} .

4.1.1. Posúdenie dodržania geometrických parametrov

A) *krajná dĺžka strany (1a – min., 1b – max.)*

povolená: 60–400 m

Ťah č. 1: 127,07 m, 348,39 m splnená

Ťah č. 2: 44,70 m, 166,87 m nesplnená

B) *krajný pomer dĺžok susedných strán*

povolený: 1., 2. tr. presnosti 1 : 2., 3. tr. presnosti 1 : 3., 4. tr. presnosti 1 : 4

Ťah č. 1: 1 : 2,18 splnená 3. tr.

Ťah č. 2: 1 : 2,17 splnená 3. tr.

C) *krajný pomer dĺžok v ťahu, t. j. pomer medzi najmenšou a najväčšou dĺžkou*

povolený: 1., 2. tr. presnosti 1 : 4, 3., 4. tr. presnosti 1 : 5

Ťah č. 1: 1 : 2,74 splnená 1., 2. tr.

Ťah č. 2: 1 : 3,73 splnená 1., 2. tr.

D) *maximálne vybočenie ťahu*

povolený: 1, 2. tr. presnosti $0,3 s_{PK} = 0,77 \text{ km}$ $s_{PK} = 2574,57 \text{ m}$

3. tr. presnosti $0,4 s_{PK} = 1,03 \text{ km}$

4. tr. presnosti $0,5 s_{PK} = 1,29 \text{ km}$

Ťah č. 1: 0,08 splnená 1., 2. tr.

Ťah č. 2: 0,35 splnená 1., 2. tr.

E) *maximálny odklon strany ťahu od priamej spojnice s_{PK} začiatočného a koncového bodu ťahu* – povolený: 1., 2. tr. presnosti 40 g, 3., 4. tr. presnosti 50 g

Ťah č. 1: 16,9545 g splnená 1., 2. tr.

Ťah č. 2: 81,2126 g nesplnená

F) *maximálny počet vrcholov*

1. trieda presnosti počet vrcholov súčet dĺžok strán v km

10 4,5

8 3,5

2. trieda presnosti počet vrcholov súčet dĺžok strán v km

28 2,4

22 2,0

18 1,5

3. trieda presnosti počet vrcholov súčet dĺžok strán v km

36 3,5

30 2,8

24 2,2

20 1,8

4. trieda presnosti počet vrcholov súčet dĺžok strán v km

60 4,5

50 3,8

40 3,5

17 1,4

Ťah č. 1: 12 splnená 3. tr. (v nadväznosti na dĺžku ťahu)

Ťah č. 2:	38	splnená 4. tr. (v nadväznosti na dĺžku ťahu)
G) maximálny súčet dĺžok strán – dĺžka ťahu		
Ťah č. 1:	2701,48 m	splnená 3. tr.
Ťah č. 2:	3415,92 m	splnená 4. tr.

Výpočet súradníc jednotlivých vrcholových bodov polygónového ťahu bol vykonaný geodetickými softwarom KOKEŠ a GROMA. Keďže pre krajné dovolené odchýlky $\Delta\omega$ a $\Delta\rho$ používajú tieto programy iné hodnoty, boli vypočítané aj hodnoty ω a ρ podľa Inštrukcie (1994).

4.1.2 Posúdenie presnosti

Kritéria presnosti sú dané Inštrukciou (1994) a to podľa druhu ťahu a triedy presnosti:

1. krajná uhlová odchýlka v uzávere ťahu, ktorá je daná podľa vzťahu

$$\Delta\omega = k_1\sqrt{n+k_2} \quad \text{v decimiligradoch,}$$

kde k_1 a k_2 sú koeficienty určené pre druh ťahu a triedu presnosti, n je počet vrcholových uhlov

2. krajná polohová odchýlka v uzávere ťahu $\Delta\rho$, ktorá je daná vzťahom

$$\Delta\rho = k_1\sqrt{(s)+k_2} \quad \text{v metroch,}$$

kde k_1 a k_2 sú koeficienty určené pre druh ťahu a triedu presnosti, $[s]$ je súčet všetkých strán v ťahu,

3. základná stredná chyba v meraní vrcholového uhla Δm_ω ,
4. základná stredná chyba v meraní dĺžky strany Δm_s ,
5. krajný rozdiel z dvoch meraní strany $\max_{\Delta s}$.

Výpočet krajných uhlových a polohových odchýlok $\Delta\omega$ a $\Delta\rho$ pre jednotlivé polygónové ťahy podľa Inštrukcie (1994):

1. **trieda presnosti (hlavné ťahy):**

– maximálny počet vrcholov 10 – nespĺňa ani jeden polygón,

2. **trieda presnosti (hlavné ťahy s krátkymi stranami)**

– maximálnu dĺžku ťahu polygóny nespĺňajú,

3. **trieda presnosti (hlavné ťahy s krátkymi stranami):**

Ťah č. 1:

– *uhlová odchýlka* $50\sqrt{n+0,5} = 176,77\text{cc} (0,0177\text{g}) \quad n = 12$

– *polohová* $0,006\sqrt{\sum s + 0,04} = 0,3118\text{m} \quad \sum s = 2701,48\text{m}$

4. **trieda presnosti (hlavné ťahy s krátkymi stranami):**

Ťah č. 2:

– *uhlová odchýlka* $100\sqrt{n+0,125} = 617,45\text{cc} (0,0617\text{g}) \quad n = 38, \text{dovolený } 28$

– *polohová* $0,015\sqrt{\sum s + 0,04} = 0,8766\text{m} \quad \sum s = 3415,92\text{m}$

4.1.3. Výpočet stredných súradnicových chýb a testovanie dosiahnutej presnosti

Výsledky v kap. 4.1.1 Geometrické parametre ukázali, že viaceré geometrické parametre neboli dodržané. Inštrukcia (1994) pri nedodržaní niektorých predpísaných geometrických parametrov predpisuje dosiahnutú presnosť individuálne posúdiť podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body, t.j. posúdením stredných súradnicových chýb m_{xy} jednotlivých vrcholových bodov polygónového ťahu. Pre určenie m_{xy} sa použil klasický postup vyrovnávacieho počtu (BÖHM a kol. 1990). Výsledky boli zosumarizované do štyroch tabuliek, z ktorých pre názornosť je uvedená tabuľka č. 4 a č. 5. pre prvé meranie ťahu č. 1 a pre prvé meranie ťahu č. 2, tieto údaje boli získané ako aritmetický priemer zo štyroch meraní toho istého ťahu. Podobným spôsobom sú vypočítané aj ostatné merania pre ťah č. 1 aj ťah č. 2.

Tabuľka č. 4. Testovanie dosiahnutých presností ťah č. 1

Table 4 Testing of achieved accuracies traverse 1

č. b.	I. meranie						Priemer (zo 4. meraní)	
	Y	X	Odchýlka od priemeru		Odstránenie systemat. chyby		Y	X
			Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)		
601	422881,25	1239590,58	0,00	0,00	0,00	0,00	422881,25	1239590,58
602	422804,17	1239825,54	0,03	0,00	0,02	0,00	422804,20	1239825,54
603	422642,22	1240033,09	0,02	0,00	0,02	0,00	422642,24	1240033,09
604	422476,19	1240312,81	-0,01	0,00	-0,01	0,00	422476,18	1240312,80
605	422463,33	1240660,94	0,04	-0,01	0,04	-0,01	422463,37	1240660,93
606	422539,83	1240919,91	0,04	-0,01	0,04	0,00	422539,87	1240919,91
607	422571,73	1241042,93	0,00	-0,01	0,00	-0,01	422571,73	1241042,92
608	422609,03	1241183,58	0,01	0,00	0,00	0,00	422609,03	1241183,58
609	422581,28	1241307,72	0,00	0,00	0,00	0,00	422581,28	1241307,72
610	422521,35	1241578,16	0,00	0,00	0,00	0,00	422521,35	1241578,16
suma			0,13	-0,03	0,10	0,00		
aritmetický priemer			0,01	0,00	0,01	0,00		
smerodajná odchýlka			0,02	0,00	0,02	0,00		
testovacie kritérium			2,30	-2,99	1,71	0,00		
kritická hodnota			2,26		2,26			
početnosť			10	10	10	10		
$M_y M_x$			0,00	0,02	0,00	0,00		
M_{yx}			0,02		0,01			

Tabuľka č. 5 Testovanie dosiahnutých presností ťah č. 2
Table 5 Testing of achieved accuracies traverse 2

č. b.	I. meranie						Priemer (4. merania)	
	Y	X	Odchýlka od priemeru		Odstránenie systemat. chyby		Y	X
			Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)		
501	422898,87	1239341,34	0,01	0,00	-0,01		422898,87	1239341,34
502	422956,55	1239437,17	0,00	0,01	-0,01		422956,55	1239437,18
503	423022,67	1239521,55	0,00	0,00	-0,01		423022,68	1239521,55
504	423082,15	1239567,75	0,00	0,00	-0,01		423082,16	1239567,75
505	423175,29	1239637,99	0,01	0,00	0,00		423175,30	1239637,99
506	423301,95	1239732,55	0,02	-0,01	0,01		423301,97	1239732,54
507	423396,60	1239803,32	0,02	-0,01	0,01		423396,62	1239803,31
701	423422,07	1239968,24	0,03	0,00	0,02		423422,10	1239968,23
702	423386,21	1240097,90	0,02	-0,01	0,01		423386,23	1240097,89
703	423366,02	1240160,46	0,03	-0,01	0,02		423366,05	1240160,45
704	423383,17	1240273,99	0,03	-0,01	0,01		423383,19	1240273,99
705	423449,01	1240357,07	0,03	0,00	0,02		423449,04	1240357,07
706	423516,74	1240423,20	0,03	0,00	0,02		423516,77	1240423,19
707	423544,52	1240557,93	0,02	0,00	0,01		423544,54	1240557,94
708	423520,52	1240629,68	0,02	0,00	0,01		423520,55	1240629,67
709	423473,30	1240787,14	0,03	0,01	0,02		423473,33	1240787,15
710	423489,53	1240922,37	0,03	0,00	0,01		423489,56	1240922,37
711	423440,70	1241010,35	0,04	0,00	0,03		423440,73	1241010,35
712	423389,91	1241109,70	0,03	0,01	0,01		423389,93	1241109,71
713	423349,56	1241179,39	0,02	0,00	0,01		423349,58	1241179,39
714	423314,91	1241226,53	0,00	0,00	-0,01		423314,91	1241226,53
715	423295,23	1241298,30	0,03	0,00	0,02		423295,27	1241298,29
716	423251,20	1241352,78	0,01	0,00	-0,01		423251,20	1241352,77
717	423182,94	1241412,05	0,00	0,00	-0,01		423182,94	1241412,05
718	423125,90	1241451,23	0,00	-0,01	-0,02		423125,89	1241451,22
719	423044,17	1241514,72	0,01	0,01	0,00		423044,18	1241514,73
720	423002,91	1241552,28	-0,01	0,00	-0,02		423002,90	1241552,28
721	422947,46	1241593,74	0,01	0,00	-0,01		422947,46	1241593,74
722	422873,98	1241630,68	0,01	0,00	-0,01		422873,98	1241630,68
723	422823,05	1241638,42	0,01	0,00	0,00		422823,06	1241638,42

Tabuľka č. 5 Pokračovanie
Table 5 Continued

č. b.	I. meranie						Priemer (4. merania)	
	Y	X	Odchýlka od priemeru		Odstránenie systemat. chyby		Y	X
			Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)		
724	422768,84	1241667,04	-0,01	0,01	-0,02		422768,83	1241667,05
725	422721,88	1241692,63	-0,01	0,01	-0,03		422721,87	1241692,64
726	422658,92	1241738,52	0,01	0,00	0,00		422658,93	1241738,52
727	422609,44	1241768,60	-0,01	0,01	-0,02		422609,43	1241768,61
728	422568,78	1241787,19	0,01	0,00	-0,01		422568,79	1241787,19
729	422511,90	1241816,67	0,00	0,00	-0,01		422511,90	1241816,67
suma			0,46	-0,01	0,00	-0,01		
aritmetický priemer			0,01	0,00	0,00	0,00		
smerodajná odchýlka			0,01	0,01	0,01	0,01		
testovacie kritérium			5,51	-0,16	-0,04	-0,16		
kritická hodnota			2,03		2,03			
početnosť			36	36	36	36		
M_yM_x			0,02	0,00	0,02	0,00		
M_{yx}			0,01		0,01			

5 VÝSLEDKY

V rozbere problematiky v kap. 3. bolo uvedené, že základným rysom polygónového ťahu je zoskupenie bodov spojených uhlovo a dĺžkovo, tak aby sa čo najlepšie prispôsobila zameriavanému územiu. Táto skutočnosť je obzvlášť dôležitá pre lesnícke mapovanie, ktoré má svoje zvláštnosti v tom, že meračské práce sa vykonávajú väčšinou v neprehliadanom, často veľmi členitom a ťažko schodnom teréne, v ktorom práve polygonizácia plní svoje uplatnenie.

Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach (UGKK SR, 1994) predpisuje pre polygónové ťahy kritéria presnosti a geometrické parametre, ktorých dodržanie je však v zalesnenom území často krát problematické resp. nemožné. Aj vykonané merania a ich rozboru ukázali, že všetky predpísané geometrické parametre nebolo možné dodržať. Pri ich zakladaní treba v prvom rade dbať na to, aby nežiaduce zásahy do porastov (predovšetkým vyrúbavanie priesekov pre zámery) boli obmedzené na minimum. Možno teda povedať, že lesné prostredie je do určitej miery nepriaznivé pre založenie polygónových ťahov tak, aby bez problémov vyhovovali predpísaným geometrickým parametrom. Na

druhej strane práve polygónový ťah vzhľadom na možnosť prispôbiť jeho priebeh zameriavanému územiu sa javí ako najvhodnejšia metóda pre určovanie geodetických bodov v zalesnených neprehľadných územiach.

Najväčším problémom v lesných porastoch je dodržanie parametra odklonu strán od spojnice počiatočného a koncového bodu (S_{pk}). Tento geometrický parameter je výrazne ovplyvňovaný neprehľadnosťou zalesneného územia (v závislosti od štruktúry a rastovej fázy porastov) ako aj členitosťou terénu. Neprehľadnosť a členitosť terénu sú problémom aj dodržania kritéria krajnej dĺžky strany.

V kapitolách 4.1.1., 4.1.2. boli postupne posúdené geometrické parametre, kritéria presnosti a stredné súradnicové chyby.

Výkonané merania a rozboru ukázali, že pre experimentálne polygónové ťahy neboli tieto kritéria dodržané pri ťahu č. 2. Podľa Inštrukcie (1994) nebola dosiahnutá žiadna v nej uvedená trieda presnosti. Pre ostatné kritéria a obidva polygónové ťahy podľa jednotlivých geometrických parametrov boli splnené podmienky pre 1. až 4. triedu presnosti.

V prípade nesplnenia niektorých geometrických parametrov pri určovaní PBPP polygónovým ťahom je podľa Inštrukcie (1994) potrebné vykonať ďalšie výpočty a testovanie dosiahnutej presnosti posúdením strednej súradnicovej chyby m_{xy} .

Výpočet stredných súradnicových chýb a testovanie presnosti v kap. 4 jednoznačne preukázal dosiahnutie presnosti pre určenie PBPP v 1. a 2. triede presnosti. Tieto priaznivé výsledky pravdepodobne vyplývajú z toho, že pri meraní vrcholových uhlov a dĺžok strán elektronickými tachymetrami sa dosahuje vysoká presnosť, čo vyplýva aj z rozborov presnosti v kap. 4.1.2., kde je podľa krajných dovolených odchýlok $\Delta\omega$ a Δp vyhovujú obidva ťahy v 3. a 4. triede presnosti. Ďalšie kritéria presnosti a to: základná stredná chyba v meraní vrcholového uhla Δm_{ω} , základná stredná chyba v meraní dĺžky strany Δm_s a krajný rozdiel z dvoch meraní strany $\max_{\Delta s}$ vyhovujú pri všetkých polygónových ťahoch jednoznačne 1. a 2. triede presnosti. Jednoznačne to potvrdili opakované merania a rozboru ich presnosti. Pre meranie bola použitá totálna stanica TOPCON GPT 9003M, kde výrobca udáva presnosť v meraní dĺžok v bezhranolovom móde 5mm a v hranolovom móde 2mm, pri meraní uhlov presnosť 3.

Pri posudzovaní presnosti určenia vrcholových bodov polygónových ťahov v rámci lesníckeho mapovania sa vychádza z toho, či tieto body sú určené ako body pre ďalšie podrobné meranie, t.j. ako PBPP, alebo ide už priamo o lomové body hraníc lesných pozemkov. Požadované presnosti predpisujú normy STN 73 0415 Geodetické body a STN 01 3410 Mapy veľkých mierok.

Podľa technickej normy STN 73 0415 Geodetické body základné stredné súradnicové chyby m_{xy} sú stanovené v piatich triedach presnosti takto:

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| 1. trieda presnosti | $m_{xy} = 0,02 \text{ m,}$ |
| 2. trieda presnosti | $m_{xy} = 0,04 \text{ m,}$ |
| 3. trieda presnosti | $m_{xy} = 0,06 \text{ m,}$ |
| 4. trieda presnosti | $m_{xy} = 0,12 \text{ m,}$ |
| 5. trieda presnosti | $m_{xy} = 0,20 \text{ m.}$ |

Podľa technickej normy STN 01 3410 Mapy veľkých mierok presnosť mapovania charakterizujú hodnoty stredných súradnicových chýb m_{xy} v piatich triedach presnosti mapovania takto:

1. trieda presnosti $m_{xy} = 0,04$ m,
2. trieda presnosti $m_{xy} = 0,08$ m,
3. trieda presnosti $m_{xy} = 0,14$ m,
4. trieda presnosti $m_{xy} = 0,26$ m,
5. trieda presnosti $m_{xy} = 0,50$ m.

Posúdením vrcholových bodov obidvoch polygónových ťahov podľa stredných súradnicových chýb m_{xy} (boli dosiahnuté hodnoty odpovedajúce 1. a 2. triede presnosti pre obidve technické normy STN 73 0415 a STN 01 3410) jednoznačne preukázal dosiahnutie presnosti pre určenie PBPP v 1. a 2. triede presnosti bolo preukázané, že pre určovanie geodetických bodov (PBPP) ako aj pre lomové body aj v prípade vlastníckych hraníc lesných pozemkov je polygonometria jednoznačne najvhodnejšia metóda v prípade merania priamo v lesných porastoch. Možno odporučiť kombináciu merania GNSS (pre pripojenie ťahu určenie bodov na voľnom priestranstve) a polygónové ťahy s kratšími dĺžkami strán (60–400 m) v zmysle Inštrukcie (1994). Zároveň by bolo potrebné prehodnotiť a upraviť predpísané kritéria pre geometrické parametre, nakoľko od ich ustanovenia došlo k výraznému pokroku v dosahovaní presnosti dĺžkového a uhlového merania elektronickými tachymetrami.

6 ZÁVER

Vykonané merania a rozborý ich presnosti a dosiahnuté výsledky ukázali, že pre určovanie geodetických bodov v zalesnených územiach sa ako najvhodnejšia javí metóda polygonometria, t.j. určovanie polohy bodov metódou polygónových ťahov. V zalesnených územiach je však problémom dodržanie niektorých predpísaných geometrických parametrov podľa Inštrukcie (1994). Súvisí to predovšetkým s neprehľadnosťou zalesneného územia a členitosťou terénu. Najväčším problémom v lesných porastoch je dodržanie parametra odklonu strán od spojnice počiatočného a koncového bodu (S_{PK}) a dodržania kritéria krajnej dĺžky strany. 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.

Posúdenie presnosti zameraných polygónových ťahov, že aj pri nedodržaní niektorých geometrických parametrov sa dosiahla vysoká presnosť určenia geodetických bodov (1. a 2. trieda presnosti), čo vedie k úvahe, či predpísané geometrické parametre Inštrukciou (1994) sú ešte v súčasnosti aktuálne. V súčasnosti používané geodetické prístroje (elektronické tachymetre, GNSS) umožňujú merať uhly a dĺžky s vysokou presnosťou a výsledky aj pri nedodržaní predpísaných geometrických parametrov sú v súlade s požiadavkami pre rôzne účely (určovanie geodetických bodov, meranie lomových bodov vlastníckych hraníc lesných pozemkov). Tieto tvrdenia možno podložiť aj teoretickými rozborami ako aj rozborami terénnych meraní viacerých autorov (napr. ŠŤITL, J. a kol. 1998, ŽÍHLAVNÍK, Š. – TUNÁK 2006, STANĚK, V. a kol. 2007, TUNÁK 2009, 2010). Spoločné pre všetkých uvedených

autorov je poukázanie na problematiku dodržania geometrických parametrov, čo vedie k požiadavke prehodnotiť a upraviť predpísané kritéria pre geometrické parametre.

Dosiahnuté hodnoty stredných súradnicových chýb m_{xy} vrcholových bodov obidvoch polygónových ťahov, ktoré vyhovujú 1. a 2. triede presnosti technické normy STN 73 0415 geodetické body a STN 01 3410 Mapy veľkých mierok preukázali, že pre určovanie geodetických bodov (PBPP) ako aj pre lomové body aj v prípade vlastníckych hraníc lesných pozemkov je polygonometria jednoznačne najvhodnejšia metóda v prípade merania priamo v lesných porastoch. Nakoľko pri meraní v lesných porastoch voľba dlhých strán je obmedzená, pri polygonometrii v zalesnených územiach je treba zakladať ťahy s kratšími dĺžkami strán (60–400 m) v zmysle Inštrukcie (1994). Optimálne riešenie je kombinácia merania GNSS (určenie geodetických bodov na voľnom priestranstve pre následné pripojenie polygónového ťahu, ktorý bude prechádzať lesným porastom) a polygónové ťahy s kratšími dĺžkami strán.

7 LITERATÚRA

- BŮHM, J. – RADOUCH, V. – HAMPACHER, M. 1990. Teorie chýb a vyrovnávacího počtu. GKP Praha, ISBN 80-7011-056-2, 416 s.
- STANĚK, V. – HOSTINOVÁ, G. – KOPÁČIK, A. 2007. Geodézia v stavebníctve. JAGA GROUP, s.r.o., ISBN 978-80-8076-048-9, 110 s.
- ŠŤUTTI, 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.
- BITTERER, L. 2003. Geodézia. Interný učebný text. Stavebná fakulta ŽU Žilina, 358 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. – TUNÁK, D. 2006. Využitie polygonizácie v lesníckej geodézii. In: Geodézia v lesníctve: zborník referátov zo sympózia s medzinárodnou účasťou. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. ISBN 80-228-1684-1, s. 78–88.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. – TUNÁK, D. 2010. Racionalizácia mapovacích prác využitím metódy polygónových ťahov. Vedecké štúdie 2010, TU Zvolen. 84 s.
- Inštrukcia na tvorbu Základnej mapy SR veľkej mierky I 74.20.73.21.00 ÚGKK SR, (984 211 I/1993).
- Inštrukcia na práce v polohových bodových poliach I 74.20.73.12.00 ÚGKK SR, (984 121 I/93).
- STN 01 3410. Mapy veľkých mierok. Základné ustanovenia.
- STN 73 0415. Geodetické body.
- Geodézia v lesníctve. Zborník referátov zo sympózia. 2006 TU Zvolen. ISBN 80-228-1684-1. 132 s.
- Lesnícka geodézia a fotogrametria – trendy. Zborník referátov zo sympózia. TU Zvolen 2008. ISBN 978-80-228-1949-7, 153 s.
- Štandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva. 2007, NLC Zvolen.
- 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. Vysokoškolská učebnica. TU Zvolen, ISBN 80-228-1287-0, 388 s.
- Aktuálne problémy lesníckeho mapovania. Zborník referátov. 2010 TU Zvolen. ISBN 978-80-228-2162-9. 169 s.
- <http://www.gku.sk/predmet-cinnosti/geodeticke-zaklady#nove> [cit 21. 3. 2011]
- http://www.sgs.edu.sk/HTML/geodezia1_5.htm [cit 22. 2. 2011]

Adresa autora:

Ing. Ľubomír Smažák

Lesnícka fakulta

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

960 53 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: lubbar@centrum.sk

Posúdenie vhodnosti polygonometrie pri určovaní geodetických bodov v zalesnených územiach

Abstrakt

V práci je na základe teoretických rozborov a experimentálnych meraní posúdená vhodnosť aktuálnych terestrických metód pri určovaní geodetických bodov v zalesnených územiach s prioritným zameraním na polygonometriu. Polygómové ťahy sú pre určovanie geodetických bodov v členitých a neprehľadných územiach najvhodnejšou metódou, nakoľko je možné prispôbienie tvaru ťahu danému územiu. Vzniká však problém s dodržaním predpísaných geometrických parametrov podľa inštrukcie (1994). Rozbory presnosti uvádzané v práci preukázali, že túto je možné dosiahnuť aj pri nedodržaní niektorých parametrov. Táto skutočnosť je daná tým, že súčasne používané elektronické tachymetre poskytujú vysokú presnosť meraných uhlov a dĺžok.

Kľúčové slová: Lesnícke mapovanie, polygómový ťah, presnosť

KARTOGRAFICKÉ INFORMAČNÉ ZDROJE PRE TVORBU LESNÍCKYCH MÁP

Barbora VARGICOVÁ

Vargicová, B.: Cartographic information resources for the production of forest maps. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 115–129.

At present, there has been significant progress in the field of terrestrial measurements (GNSS, electronic tachymeter, magnetic compass measurement configuration of Field-Map), but also in the photogrammetric evaluation (digital photogrammetry, photo interpretation and remote sensing). The work is based on experimental field measurements and photogrammetric methods from aerial photographs taken of an identical assessment of the accuracy of sources for obtaining information and also to compare the suitability of terrestrial photogrammetric measurement and evaluation of aerial photography for the production of forest maps.

Keywords: forestry mapping, digital photogrammetry, accuracy

1. ÚVOD A CIEĽ

Úlohou mapovania lesov je zabezpečiť a poskytnúť spoľahlivé polohopisné a výškopisné podklady na vyhotovenie lesníckych máp a plánov na rôzne účely, ako zisťovanie polohy a výmery jednotiek priestorového rozdelenia lesa a na evidenciu pozemkov (ŽIHĽAVNÍK, 2003).

Získavanie prvotných informácií patrí k najväčším problémom lesníckeho mapovania, zvlášť v lesoch Slovenska, ktoré sa prevažne nachádzajú v horských a členitých územiach. Používajú sa jednak metódy priameho terestrického merania, ako aj fotogrametrické vyhodnotenie leteckých meračských snímok. Aj keď v súčasnosti fotogrametria už prevažuje v lesníckom mapovaní, terestrické metódy majú v ňom stále dôležité zastúpenie. Ide predovšetkým o určenie potrebného počtu vlícovacích bodov na fotogrametrické vyhodnotenie a najmä doplnenie lesného detailu, ktorý nemožno identifikovať z leteckej meračskej snímky. Určovanie vlícovacích bodov pre fotogrametrické vyhodnotenie sa urýchlilo využívaním Globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS), ktoré síce priamo pod lesným porastom pre presnejšie merania (geodetické body) nemožno využiť, ale vhodnou kombináciou s inými prístrojmi a metódami je možno výrazne prispieť k racionalizácii terestrických prác. Najmä zavedenie elektronických tachymetrov do lesníckej meračskej praxe prispieva k urýchleniu i spresneniu terestrických meračských prác, ako aj k následnému spracovaniu získaných údajov pomocou výpočtovej techniky (napr. TUNÁK, D. – ŽIHĽAVNÍK, Š., 2004).

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Materiál

Experimentálny materiál na riešenie bol získaný v k. ú. Kováčová (v oblasti Vysokoškolského lesného podniku). Záujmové územie je zobrazené na Obr. 1. Ide o okrajové časti lesných pozemkov a trvale trávnaté porasty (pastviny) v členitom teréne (maximálna výška 427 m. n. m., minimálna výška 371 m. n. m.).

Snímkový materiál

Na fotogrametrické vyhodnotenie boli použité panchromatické a multispektrálne snímky z digitálnej kamery UltraCamD od firmy Vexcel. Priemerná výška letu je 1620 m. Snímky majú 35 % priečny a 85 % pozdĺžny prekryt. Konštanta digitálnej fotokamery má hodnotu 101,4 mm. Veľkosť pixla pri panchromatickej snímke: 9.000 μm * 9.000 μm , veľkosť pixla pri multispektrálnej snímke: 28,125 μm * 28,125 μm .

Prístrojové vybavenie

Pre terestrické meranie bola použitá totálna stanica TOPCON GPT-9003M. Body podrobného polohového bodového poľa sú určené v súradnicovom systéme Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK) a výškové súradnice sú vo výškovom systéme Baltskom po vyrovnaní (Bpv) a sú pripojené na Slovenskú nivelačnú sieť.

Totálna stanica TOPCON GPT-9003M (Opis prístroja)

Ide o motorizovanú bezhranovú totálnu stanicu so zvýšeným dosahom diaľkomeru v bezhranovom móde (až do 2000 m). Stanica predstavuje unikátny duálny optický systém a zaisťuje vysokú presnosť i pri väčších vzdialenostiach. Samozrejmosťou je dotykový displej, možnosť skenovania na podklade digitálnej fotografie, operačný systém WindowsCE s balíkom Office Mobile (World Mobile, Excel Mobile, PowerPoint Mobile, mobilný Outlook), aplikačný program TopSURV on Board, rýchle zacielenie a vytýčenie (www.totalni-stanice-topcon.cz). Dátová komunikácia je zaisťovaná pomocou USB portu (prepojenie s PC cez kábel, vloženie flash disku, pripojenie digitálneho fotoaparátu). Presnosť stanice je pri meraní dĺžok bez hranolu na krátky dosah (1,5–250 m) ± 5 mm a na dlhý dosah (5–2 000 m) je presnosť ± 10 mm. Pri meraní uhlov je presnosť 3'' (www.obchod.geometra-opava.com).

Softvérové vybavenie

Pre terestrické meranie. Spracovanie údajov z totálnej stanice sa vykonalo v programe GROMA. Následne sa vyhodnotil polohopis a výškopis v programe KOKEŠ

a ATLAS. Vyhotoval sa polohopisný a výškopisný plán záujmového územia. Výsledky sa vyhodnotili v programe Microsoft Excel.

Softvér GROMA

Geodetický systém pracujúci v prostredí MS Windows, ktorý je určený pre geodetické výpočty. Ponúka kompletne spracovanie geodetických dát od surových údajov prenesených z totálnej stanice až po výsledné zoznamy súradníc, protokoly a kontrolnú kresbu (www.groma.cz).

Systém KOKEŠ

Systém vhodný na všetky typy geodetických prác a pre tvorbu a údržbu mapových diel. Zahrňuje v sebe výkonný editor rozsiahlych geografických dát súborovo uložených vo výkresoch a najrôznejších rastrových podkladoch a geodetických údajov o bodoch uložených v zozname súradníc. Obsahuje moduly pre spracovanie terénnych meraní, geodetické a konštrukčné výpočty, nástroje na kontrolu a topologické úpravy dát a ďalšie (www.gepro.cz).

Systém ATLAS DMT

Modulárny systém pre digitálne modelovanie terénu, spracovanie výškopisných dát a tvorbu mapových výstupov. Umožňuje vytvoriť digitálny model terénu, vytvoriť a zobraziť vrstevnice, hypsometriu, sklonitosť alebo expozíciu terénnej plochy (www.cad.cz).

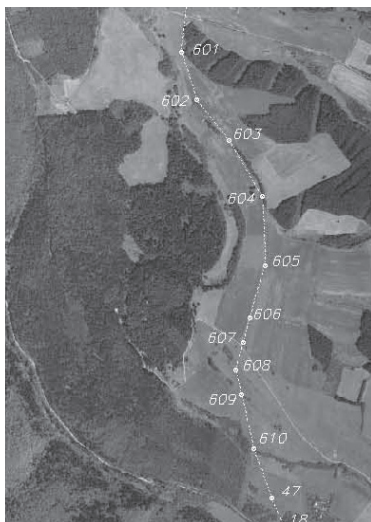
Pre fotogrametrické vyhodnotenie. Digitálne snímky sa spracovali v softvéri INPHO a MICROSTATION.

INPHO je fotogrametrický systém, ktorý poskytuje kompletne softvérové riešenie pre všetky štandardné úlohy digitálneho fotogrametrického projektu (vrátane tvorby DMT, ortofoto). Medzi jeho výhody sa zaraďuje vysoký stupeň automatizácie a vysoká presnosť. Na spracovanie digitálnych snímok sa využili moduly:

- ApplicationsMaster: tvorí jadro systému, poskytuje súbor základných nástrojov pre vytvorenie projektu, import a export dát, transformáciu súradníc, ako aj predspracovanie obrazu, orientáciou snímok a manipuláciu s DMT.
- MATCH-T: vytváranie vysoko presných automatizovaných digitálnych modelov terénu z leteckých alebo satelitných snímok.
- Summit Evolution: zber priestorových prvkov z leteckých alebo satelitných snímok do ArcGIS-u, AutoCAD-u alebo Microstation (www.inpho.de).

System Microstation

Je to 2D/3D CAD (Computer Aided Design) systém, ktorý sa používa pri navrhovaní, výstave, prevádzke a správe objektov infraštruktúry. Pracuje s vlastným formátom DGN (z angl. design) (www.bentley.com).



Obr. 1 Zaujímavé územie s Polygónovým ťahom č. 2
Fig. 1 Area of interest with polygon tension nr. 2

2.2 Metodika

Terénne meranie

Predmetom merania bolo zameranie vrcholov polygónových ťahov pomocou elektronického tachymetra TOPCON GPT-9003M a následné zameranie podrobných bodov pre tvorbu polohopisu a výškopisu. Pred podrobným polohopisným a výškopisným meraním bola vykonaná rekognoskácia terénu za účelom výberu potrebných geodetických bodov, ktoré slúžili ako stanoviská prístrojov pre podrobné meranie. Pre merania podrobného polohopisu (príp. výškopisu) boli použité geodetické body z experimentálnych meraní polygónového ťahu č. 2. Ide o jeden z dvojice polygónových ťahov, ktoré boli v ďalej využité na riešenie viacerých úloh, a to: pre posúdenie vhodnosti určenia geodetických bodov metódou polygonizácie, pre účely zamerania vlastných hraníc lesných pozemkov a pre účely podrobného polohopisného a výškopisného merania pre tvorbu lesníckej mapy.

Poloha bodov pre Polygónový ťah č. 2 je zobrazená na leteckej snímke (Obr. 1). Body boli určené s vysokou presnosťou (podľa stredných súradnicových chýb m_{xy} boli

dosiahnuté hodnoty odpovedajúce 1. a 2. triede presnosti pre STN 73 0415 – Geodetické body a STN 01 3410 – Mapy veľkých mierok.)

Podrobné meranie polohopisu a výškopisu

Podrobné meranie polohopisu a výškopisu bolo vykonané elektronickým tachymetrom TOPCON GPT-9003M. Z vopred zvolených stanovísk sa meraním získavali prvky na určenie pravouhlých priestorových súradníc podrobného bodu (dĺžka, vodorovný smer a výškový uhol). Postup pri meraní je opísaný v nasledovných krokoch. Na stanovisko sa postavil a pripravil (centrácia, horizontácia) prístroj. Odmerala sa výška prístroja a signalizovalo sa predchádzajúce a nasledujúce stanovisko. Na vybrané podrobné body sa postupne stavali ciele so zrkadlami a súčasne sa ich poloha zakresľovala do náčrtu.

Podrobné body boli vyberané tak, aby čo najlepšie zachytili priebeh terénu. Pre polohopis sa zvolili body popri líniových prvkoch (cesty), okrajoch porastov a pri hraniciach druhov pozemkov.

Územie sa nachádza v členitejšom teréne, preto sa pre zachytenie výškového profilu merali body najmä na hranách a na miestach, kde sa viditeľne menil sklon a smer terénu. Aby sme vystihli terénne tvary sa volili medzi čiarami terénnej kostry ďalšie lomové body na spádnicových čiarach. Pre interpoláciu vrstevníc sa volili body tak, aby bol medzi nimi rovnomerný spád.

Pri meraní boli použité pomôcky okrem tachymetra dva drevené statívy, malé pásmo na meranie výšky prístroja a ciele so zrkadlami. Poloha podrobných bodov sa zakresľovala priamo v teréne pri meraní do tachymetrického náčrtu (letecké snímky zo záujmového územia). Podrobné polohové (príp. výškové) body sa značili krížikom spolu s číslom bodu.

Spracovanie terénnych meraní

Namerané údaje sa z totálnej stanici vyexportovali do počítača, kde sa následne body polohopisu vypočítali ortogonálnou metódou s dávkami v softvéri GROMA. Automaticky sa vytvoril protokol s vypočítanými súradnicami bodov, ktorý sa ďalej upravil do textového súboru (číslo bodu, Y, X, Z). Po zvolení vhodného formátu sa súbor súradníc bodov otvoril v programe KOKEŠ, kde prebiehalo ďalšie spracovanie a vyhotovenie polohopisu a výškopisu. Výškopis sa vyhotovil interpoláciou vrstevníc, pričom sa skonštruoval priebeh vrstevníc z výškových kót (bodov výškového poľa).

Fotogrametrické vyhodnotenie

Samotné fotogrametrické vyhodnotenie snímok sa robilo v softvérovom prostredí INPHO.

Pred fotogrametrickým vyhodnotením sa pripravil snímkový materiál. Vytvoril sa projekt, v ktorom sa digitálne snímky panchromaticky zaostrovali (Pan-sharpening). Jedná sa o techniku digitálneho spojenia obrazových dát, ktorá kombinuje panchromatické (čier-nobiele) dáta s vyšším geometrickým rozlíšením a multispektrálne (farebné) dáta s nižším

geometrickým rozlíšením. Výsledkom sú multispektrálne dáta s rozlíšením, ktoré odpovedá rozlíšeniu panchromatických dát. Pred vyhotovovaním fotogrametrického projektu sa digitálne snímky predspracovali. Išlo o úpravu rádiometrických vlastností snímok, voľbu vhodnej kompresie dát za účelom zmenšenia veľkosti dát a rýchlejšiu manipuláciu so snímkami a o tvorbu obrazových pyramíd. Pred vytvorením fotogrametrického projektu sa zadefinovali údaje o ňom, a to súradnicový systém, typ snímkového materiálu, opravy z atmosférickej refrakcie, zo zakrivenia Zeme, formát dĺžkových a uhlových mier. Doplnili sa údaje o meračskej kamere, ktoré sa získali z kalibračného protokolu. Následne sa zadal vstup digitálnych snímok do jednotlivých radov. Spolu s nimi je k dispozícii aj textový súbor, kde sú nadefinované parametre pre každú snímku. Určila sa vnútorná orientácia z polohy hlavného snímkového bodu vyjadrenej pozíciou pixla. Pozícia pixla sa určila pomocou veľkosti pixla, rozmerom snímky (mm) a polohou hlavného bodu v mm, vyjadrených v kalibračnom protokole. Pre snímky, ktoré sú vyhotovené analógovými kamerami je potrebné urobiť transformáciu obrazových prvkov digitalizovaného obrazu snímky v súradnicovom systéme skenera do snímkového súradnicového systému na kalibrované hodnoty rámových značiek fotokomory. Pri snímkach získaných z digitálnych kamier je vnútorná orientácia daná priamo polohou hlavného snímkového bodu, konštantou fotokomory a skreslenia objektívu.

Ďalším krokom bol import prvkov vonkajšej orientácie. Vytvorila sa rekonštrukcia snímkového letu a jednotlivé snímky sa pospájali do blokov s príslušnými priečnymi a pozdĺžnymi prekrytmi pomocou spojovacích bodov. Stereomodel sa dal do požadovanej mierky a orientoval sa vzhľadom na súradnicový systém editáciou vlícovacích bodov. Stereoskopické vyhodnotenie sa vykonávalo na zorientovaných modeloch na princípe umelého stereoskopického videnia a merania. (ŠADIBOL, J., 2010)

V module Summit evolution, ktorý je súčasťou softvéru INPHO, sa vyhodnotili fotogrametrické snímky zo záujmového územia. Do programu Microstation sa súbežne vyhotovoval polohopis. Každý bod mal súradnice x , y , z .

Tvorba digitálneho výškového modelu terénu

Na tvorbu digitálneho výškového modelu sa použil modul **MATCH-T DSM**.

Pred samotnou tvorbou DMT sme si vytvorili bloky, ktoré obsahovali jednotlivé snímky. Následne sme si pre bloky vygenerovali model. V prípade, ak by sme si nevytvorili bloky, model by bol generovaný pre celé územie projektu, čo by bolo časovo náročnejšie a pre použitie v práci aj zbytočné. Bloky snímok sa môžu vytvoriť, buď manuálne zadáním čísla snímok alebo graficky v prostredí ApplicationsMaster v nastaveniach projektu. Po vytvorení blokov sa začal samotný proces automatického generovania digitálneho modelu terénu zo stereodvojíc snímok. Na generovanie slúži modul MATCH-T DSM (DTM/DSM Generator) systému INPHO. Pri vytváraní modelu sa zadali parametre pre Morfologické dáta (Morphological data) polohopisné údaje získané vektorizáciou snímok a boli zaradené medzi breaklines. Ďalej to bol typ terénu, ktorý sa nastavil na hornatý terén. Generovaný model mal prednastavený výsledný rozostup bodov (grid) 3 metre.

3. ROZBOR PROBLEMATIKY

Lesnícke mapovanie

Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov definuje mapovanie ako súbor činností vykonávaných s cieľom získať informácie o polohe a vlastnostiach objektov a javov, ktoré sa priamo alebo nepriamo vzťahujú k povrchu Zeme v určitom čase. Výsledkom mapovania sú mapy rôzneho druhu s rôznym obsahom.

Štátne mapové dielo

Mapové dielo je súhrn mapových listov zobrazujúcich súvislé územie, pretože ho nie je možné zachytiť na jednej mape v danej mierke. Štátne mapové dielo vytvárajú, vydávajú, obnovujú, udržuujú a vedú jeho dokumentáciu orgány a organizácie rezortu ÚGKK SR so sídlom v Bratislave. Pre tvorbu a údržbu máp je vydaný súbor smerníc, inštrukcií, technologických postupov, noriem a metodických návodov. Závazne určujú postup prác pri mapovaní a stupeň presnosti vzhľadom na cieľ mapovania a upotrebitelnosť výsledkov.

Štátne mapové dielo sa člení na základné štátne mapové dielo a tematické štátne mapové dielo.

Základné štátne mapové dielo je kartografické dielo súvislo zobrazujúce územie so základným všeobecne využiteľným obsahom vyhotovené podľa jednotných zásad.

Tematické štátne mapové dielo je kartografické dielo súvislo zobrazujúce územie s tematickým obsahom prírodných, sociálno-ekonomických a technických objektov, javov alebo vzťahov vyhotovené podľa jednotných zásad spravidla na podklade základného štátneho mapového diela (ŽIHLAVNÍK, Š., 2009).

Tematické štátne mapové dielo s obsahom lesného hospodárstva (TŠMD LH)

V zmysle zákona NR SR 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov a Pracovných postupov hospodárskej úpravy lesov (2008) sa pre lesnícke mapy používa termín Tematické štátne mapové dielo s obsahom lesného hospodárstva (TŠMD LH).

TŠMD je vyhotovené na podklade základného štátneho mapového diela a zároveň ho dopĺňa. Dôraz sa kladie na účel, pre ktorý sa mapové dielo vyhotovuje.

Od r. 2007 základný rámec pre mapovanie a tvorbu TŠMD LH je Štandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva (2007) a ním sa člení TŠMD LH na lesnícku digitálnu mapu (LDM), tematické lesnícke mapy a účelové lesnícke mapy.

Štandard digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva 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 neskorších predpisov. Štandard definuje kvantitatívny a kvalitatívny obsah mapového diela potrebného pre vyhotovenie súčastí LHP a tvorbu TŠMD. Určuje zásady prípravy a tvorby digitálneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva, jeho kontrolu, preberanie a správu v rámci Informačného systému lesného hospodárstva. Presnosť mapového diela sa posudzuje podľa „Kategoríe presnosti lesníckeho mapového diela“, kde sú uvedené 3 kategórie rozdelené podľa spôsobu obstarávania údajov a druhu údajov a metód mapovania (ŠTANDARD, 2007). Lesnícke mapovanie na Slovensku vykonáva Národné lesnícke centrum (NLC) vo Zvolene, ktoré sa vzťahuje na plochu lesných pozemkov, ktorých výmera je cca 2,006 mil. hektárov, čo predstavuje takmer 41 % z rozlohy štátu (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2009).

Možnosti získavania kartografických informácií z rôznych zdrojov pre tvorbu lesníckych máp

Terestrické merania

Terestrické merania sa uplatňujú hlavne pri zmenách, ktoré nastali po leteckom meračskom snímkovaní alebo pri domeraní lesníckeho detailu, ktorý nie je možné vyhodnotiť z LMS (PRACOVNÉ POSTUPY HÚL, 2008). V posledných rokoch sa presadilo používanie globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) s využitím meračských staníc, dosahujúcich geodetickú presnosť merania. Použitím a kombináciou týchto dvoch metód je vykonávaná väčšina mapovacích prác v lesníctve na Slovensku (TOMAŠTÍK, 2008).

Využitie rôznych geodetických metód závisí od potreby kvality údajov. Pre určenie geodetických bodov, kde sa požaduje vysoká presnosť prichádzajú do úvahy najmä GNSS a polygonizácia pomocou elektronických tachymetrov, najmä vo vzájomnej kombinácii. Vzhľadom na členitosť a neprehľadnosť lesných území menej sa využívajú metódy pretínania (nazad, napred, kombinované). Pre podrobné meranie polohopisu a výškopisu sa v prevažnej miere využíva polárna metóda (pri tachymetrii) a najmä pri buzolovom meraní pri doplnení lesného detailu do fotogrametrického vyhodnotenia (ŽÍHLAVNÍK, 2009).

Fotogrametria, fotointerpretácia a DPZ

V posledných rokoch sa v oblasti lesníckeho mapovania udiali významné kvalitatívne zmeny, ktoré ovplyvnili zber a spracovanie dát, ktoré slúžia na účely mapovania. Vo fotogrametrii to bol prechod na digitálne spracovanie a vyhodnocovanie snímkového materiálu, kde sa hlavne uplatňuje automatizácia (TOMAŠTÍK, 2008).

Fotogrametria

Fotogrametria je veda, technológia a umenie získavať spoľahlivé informácie o Zemi a jej prostredí, ako aj geometrické a fyzikálne parametre objektov nachádzajúcich

sa na zemskom povrchu prostredníctvom merania a interpretácie, vyhodnocovania snímok, resp. digitálnych obrazových záznamov vyhotovených bezkontaktnými záznamovými zariadeniami (kamerami, multispektrálnymi kamerami) a skenermi (PRAVDA, 2003).

Podľa spôsobu vyhodnotenia snímkovej dvojice sa fotogrametria rozdeľuje na:

- Analógová fotogrametria – fotogrametrické určujúce lúče (vzájomná orientácia) sú definované opticky (optická projekcia) alebo mechanicky (mechanická projekcia),
- Analytická fotogrametria – fotogrametrické určujúce lúče (vzájomná orientácia) sú definované matematicky (podmienka kolineárnosti),
- Digitálna fotogrametria – je modifikáciou analytickej fotogrametrie s použitím digitálnych snímok v počítačovom prostredí.

Digitálna fotogrametria je proces vyhodnotenia digitálneho obrazu v počítači bez ľudskej asistencie, digitálny obraz sa získava buď priamo digitálnou kamerou prípadne iným snímačom (primárna digitalizácia), alebo digitalizáciou analógového obrazu ako je snímka alebo mapa spravidla skenerom (sekundárna digitalizácia) (TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍK GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA, 1998).

Fotointerpretácia a DPZ

Fotointerpretácia je vyhodnocovací postup na získanie odborných (kvalitatívnych i kvantitatívnych) informácií o objektoch a javoch z obrazových záznamov DPZ (ŽÍHLAVNÍK, Š. – SCHEER, 2001). DPZ sa zaoberá vyhotovením a vyhodnotením fotografických a nefotografických záznamov, ktoré sú získané pomocou vln rôznych oblastí elektromagnetického žiarenia vychádzajúcich od predmetov rôznych druhov a na rôzne vzdialenosti. Tieto tri vedné odbory, fotogrametria, fotointerpretácia a DPZ, sa navzájom prelínajú, preto je niekedy ťažké určiť hranicu medzi nimi. Za určitú hranicu by sa dala pokladať kvantitatívna a kvalitatívna stránka vyhodnotenia. Vo fotogrametrii ide hlavne o určovanie polohy a rozmerov objektov na zemskom povrchu (geometrickú presnosť). Pri DPZ a fotointerpretácii sa kladie väčší dôraz na vyjadrenie kvalitatívnych stránok sledovaného objektu a až potom o geometrickú presnosť. Väčší význam má tu rádiometrická presnosť (ŽÍHLAVNÍK, Š., 2009). Interpretácia sa v klasickom ponímaní rozumie ako vyhodnotenie snímky, pri ktorom sa sleduje ich obsahová náplň. Vyžaduje si špeciálnu prípravu a kladie veľké požiadavky na odborné vedomosti vyhodnocovateľa (ŽÍHLAVNÍK, Š. – SCHEER, 2001). V lesníctve sa fotointerpretácia orientuje najmä do oblasti zisťovania zdravotného stavu porastov, na určovanie taxačných veličín, identifikáciu hraníc lesných porastov a pod.

4. VÝSLEDKY

4.1 Posúdenie presnosti

Polohová presnosť

Pre posúdenie polohovej presnosti bodov sa zo záujmového územia vybralo niekoľko bodov, ktorých súradnice zamerané terestricky sa porovnali so súradnicami z fotogrametrického vyhodnotenia. Porovnávalo sa 31 bodov, pričom pred porovnaním boli vylúčené body, ktoré mali extrémne hodnoty.

Tabuľka 1 Výsledná polohová presnosť pre 31 vybraných bodov

Table 1 The resulting accuracy of 31 selected points

	Odchýlka			Odchýlka po odstránení systematickej chyby		
	Y	X	Z	Y	X	Z
Suma	1,74000	6,75800	32,26100	0,000	0,000	0,000
Aritmetický priemer	0,05613	0,21800	1,04068	0,000	0,000	0,000
Smerodajná odchýlka	0,52314	0,46329	0,64428	0,523	0,463	0,644
Testovacie kritérium	0,58767	2,57732	8,84715	0,000	0,000	0,000
Kritická hodnota	1,96					
Početnosť	31					
$M_v M_x M_z$	0,526	0,512	1,224	0,523	0,463	0,644
M_{yx}	0,519			0,494		

Následne sa vyhodnotila výsledná polohová presnosť pre vybrané body.

Presnosť bodov sa posudzovala podľa strednej súradnicovej chyby m_{xy} , ktorej hodnota nesmie prekročiť krajne dovolenú odchýlku u_{xy} pre jednotlivé triedy presnosti mapovania podľa STN 01 3410 – Mapy veľkých mierok (Tabuľka 2).

Pre 5. triedu presnosti pre podrobné polohové body je hodnota krajne dovolenej odchýlky $u_{xy} = 0,50$ m. Stredná súradnicová chyba po odstránení systematickej chyby má hodnotu $m_{xy} = 0,494$ m (Tabuľka 1), čiže jej porovnaním s STN bola dosiahnutá krajná dovolená odchýlka.

Tabuľka 2 Triedy presnosti mapovania v zmysle STN 01 3410 – Mapy veľkých mierok
Table 2 Class mapping in accordance with STN 013410 – maps of large scales

Trieda presnosti mapovania	Body polohového bodového poľa (PBPP)	Podrobné polohové body	Body podrobného výškového poľa	Podrobné výškové body
	u_{xy} (m)		u_y (m)	
1	0,02	0,04	ŠJNS	0,03
2	0,04	0,08	technická nivelácia	0,07
3	0,06	0,14	TN	0,12
4	0,12	0,26	TN	0,18
5	0,20	0,50	TN	0,35

Výšková presnosť

Najpresnejšia metóda pre vytvorenie DMT je jeho tvorba z údajov, ktoré sa získali pri terestrickom meraní, tachymetrii. Tento DMT nám môže slúžiť na porovnanie s inými výškovými modelmi. Pri tvorbe DMT, ktorý bol automaticky vygenerovaný zo stereodvojíc leteckých snímok, si modul MATCH-T DSM vypočítal automaticky teoretickú výškovú chybu.

Teoretická výšková presnosť 3D bodu automaticky určí modul MATCH-T DSM na základe vzťahu:

Veľkosť pixla $\cdot 1/3 \cdot \text{mierka snímky} \cdot b/h$.

Pričom: b/h – základnicový pomer k výške letu.

Jej hodnota pri DMT bola 0,439 m (ŠADIBOL, J, 2010).

Po vygenerovaní DMT sme dostali automaticky vygenerované výšky (333 bodov) zo záujmového územia, pre ktoré sme urobili štatistickú analýzu. Porovnanie presnosti sme vykonali na základe teoretickej výškovej presnosti 3D bodu, ktorá sa získala pri tvorbe DMT. Jej hodnota je 0,439 m. Porovnaním výsledkov s teoretickou výškovou presnosťou sme dostali, že výsledná výšková presnosť modelu neprekračuje túto hodnotu. Rozdiel vo výškových odchýlkach pred a po odstránení systematickej chyby je výrazný. Je spôsobený tým, že pri odstraňovaní systematickej chyby sa odstránila aj teoretická výšková chyba z DMT, preto systematická chyba dosiahla takú veľkú hodnotu. Teoretická výšková chyba je chyba, ktorá vznikla pri automatickej tvorbe DMT so stereomodelov, vytvorených z leteckých snímok.

Tabuľka 3 Výsledná výšková presnosť modelu získaného fotogrametrickým vyhodnotením
Table 3 The resulting height accuracy photogrammetric model obtained by evaluating

	Výšková odchýlka [m]	Odchýlka po odstránení systematickej chyby
	Z	Z
Suma	237,953	0,000
Aritmetický priemer	0,71457	0,000
Smerodajná odchýlka	0,29931	0,299
Testovacie kritérium	43,50092	0,000
Kritická hodnota	1,96	
Početnosť	333	
Mz	0,775	0,299

4.2 Zhodnotenie výsledkov

Vykonané experimentálne merania a ich vyhodnotenia ukázali, že najvhodnejšia metóda pre tvorbu polohopisu a výškopisu lesníckych máp je fotogrametrické vyhodnotenie leteckých snímok metódou digitálnej fotogrametrie. Posúdenie presnosti ukázalo, že bola dosiahnutá hodnota strednej súradnicovej chyby $m_{xy} = 0,49$ m. Táto presnosť plne vyhovuje lesníckemu mapovaniu. Treba poznamenať, že pri rutinnom fotogrametrickom vyhodnutení (vyhodnotenie pracovníkmi s dlhodobějšíou praxou) možno predpokladať ešte priaznivejšie výsledky.

Pri posudzovaní dosiahnutej presnosti výškového vyhodnotenia treba poznamenať, že uvedené výsledky sa vzťahujú na kritéria podľa STN 01 3410 Mapy veľkých mierok pre podrobné výškové body. Pri tvorbe lesníckych máp sa výškopis preberá z topografických máp a podľa bodu 56. uvedenej normy sa pri preberaní výškopisu z topografických máp presnosť výškopisu neposudzuje. Výškopis sa však aktualizuje podľa novo vzniknutého tvaru reliéfu a v zhode s novým polohopisom. Tu však je treba zvážiť tú skutočnosť, že pri fotogrametrickom vyhodnutení pri tvorbe digitálneho modelu reliéfu je potrebné zvážiť priemernú výšku lesného porastu, kde v prípade požadovanej presnosti podľa STN 01 3410 Mapy veľkých mierok by bolo potrebné vykonať terestrické meranie.

Prínos digitálnej fotogrametrie spočíva najmä v možnosti tvorby ortofotomáp. Táto skutočnosť je veľkým prínosom v oblasti lesníckeho tematického mapovania, čo sa prejavuje aj čoraz častejšie v tvorbe účelových ortofotomáp rôzneho druhu. Značné výhody ortofotomáp spočívajú v množstve informácií a zobrazení na ortofotomape stavu k momentu vytvorenia snímky. Doplnením mapy aj výškopisom (vrstevnicami) sa ešte zvyšuje informačná hodnota týchto máp, najmä ak výškopis je doplnený z fotogrametrického vyhodnotenia.

Aj keď sa fotogrametria jednoznačne javí ako najvýhodnejšia metóda pre získavanie prvotných informácií pre tvorbu lesníckych máp, pre určenie polohopisu a výškopisu (predovšetkým polohopisu) je častokrát potrebné terestrické meranie, najmä pri tvorbe základnej lesníckej mapy (podľa Štandardu: digitálnej lesníckej mapy), kde sa vyžaduje polohová presnosť v 5. triede ($m_{xy} = 0,50$ m), čo pri zapojených lesných porastoch priamo z fotogrametrického modelu je problematické (polohopis pod korunami stromov). Tu je už potrebné zvoliť vhodnú metódu, ktorá podľa viacerých autorov (napr. HRICKO, B. – ŽIHĽAVNÍK, Š. 2003, HALVOŇ, Ľ. 2006, TUNÁK, D. 2009, 2010, ŽIHĽAVNÍK, Š. – TUNÁK, D. 2006, MELUŠ, J. 2009, ŽIHĽAVNÍK, Š. – MELUŠ, J. 2009.) je najmä polygonizácia v kombinácii s GNSS pre zakladanie bodového poľa a meranie vlastníckych hraníc lesných pozemkov. Pre ostatný lesný detail prichádza do úvahy najmä buzolové meranie pomocou zostavy Field-Map (napr. CHUDÝ, F. – Kardoš, M. 2005, TOMAŠTÍK, J. 2008).

5. ZÁVER

Rozbor problematiky, terénne merania, fotogrametrické vyhodnotenia a rozbor presnosti ukázali, že pri tvorbe lesníckych máp možno využívať viaceré kartografické zdroje. Ich výber závisí od celého radu okolností a dostupnosti rôznych podkladov (najmä členitosť terénu, štruktúra a rastová fáza lesných porastov, kvalita pôvodných máp, aktuálne letecké snímky v analógovom a digitálnom tvare, rôzne materiály diaľkového prieskumu Zeme, aktuálnosť geodetickeho bodového poľa v záujmovom území, kvalita lesného hospodárskeho plánu – programu starostlivosti o lesy a pod.). Dôležitú úlohu má aj výber a dostupnosť prístrojovej techniky (elektronické tachymetre, prístroje GNSS, zostava Field-Map, t.j. elektronický kompas s laserovým diaľkomerom, hardvérové a softvérové vybavenie pre digitálnu fotogrametriu). Dosiahnuté výsledky ukázali, že pri optimálnych podmienkach (prehľadnosť terénu a moderné prístrojové a softvérové vybavenie) najvhodnejší spôsob na získavanie kartografických informácií je fotogrametrické vyhodnotenie metódou digitálnej fotogrametrie. Za výhody fotogrametrického vyhodnotenia snímok v porovnaní s terestrickým meraním sa dá pokladať okamžité získanie informácií, využívajú sa vlastnosti rozšíreného spektra (nielen viditeľné), vlastné meranie sa vykonáva mimo priestoru predmetu. Najväčšou výhodou týchto systémov je vysoký stupeň automatizácie práce, ktorá veľkou mierou napomáha pri tvorbe výstupov, ako sú napr.: DMT, ortofotosnímky a ortofotomapy. Následne tieto výstupy môžu slúžiť lesníckym účelom projekčným, informačným ale aj ako podklady pre GIS.

Lesnícke mapovanie v posledných rokoch je charakterizované intenzívnym prechodom od analógového k analytickému vyhotoveniu základnej lesníckej mapy, od klasickej k digitálnej mape. V oblasti fotogrametrie pri tvorbe lesníckych máp je to jednoznačný prechod na fotogrametrické vyhodnotenie metódou digitálnej fotogrametrie. Okrem tohto prechodu od klasickej k digitálnej mape ako ďalšie dôležité skutočnosti vystupujú najmä všestrannejšie využitie a efektívna aktualizácia digitálnej mapy, zvýšenie presnosti a kvality mapového diela, možnosť prepojenia digitálneho mapového diela v jednotlivých rezortoch národného hospodárstva, skrátenie celého výrobného cyklu lesníckych máp, ako aj

možnosti využitia digitálnej mapy pri analýzach v geograficko-informačných systémoch. Uvedené skutočnosti poukazujú na široké možnosti získavania prvotných kartografických informácií pre tvorbu lesníckych máp. Vhodným výberom metód a prístrojovej techniky, ako aj ich kombináciou, možno výrazne prispieť k racionalizácii lesníckeho mapovania.

6. Literatúra

- GROMA – *geodetický software v prostredí MS Windows*, 2010. [Online]. Dostupné na internete: <<http://www.groma.cz/cz/groma>>.
- HALVOŇ, L. 2006. Využitie metód GPS pri lesníckom mapovaní, In: *Geodézia v lesníctve*, TU Zvolen, ISBN 801-228-1684-1, s. 26–38.
- 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.
- CHUDÝ, F. – KARDOŠ, M. 2005. Posúdenie polohovej presnosti zamerania línií vnútorného rozčlenenia lesa buzolovým meraním. In: *DPZ a lesnícke mapovanie*, TU Zvolen, ISBN 80-228-1531-4, s. 14–23.
- INPHO. 2011. *Užívateľský manuál spoločnosti INPHO*. s. l.: 2006, 2009, 2011 INPHO GmbH, 2009.
- KARDOŠ, M. – CHUDÝ, F. 2005. Posúdenie tvorby modelu terénu prostriedkom digitálnej fotogrametrie. In: *Diaľkový prieskum Zeme a lesnícke mapovanie. Sympóziu*. TU Zvolen, ISBN 80-228-1531-4, s. 24–28.
- KOKES, 2007. [Online]. Dostupné na internete: <<http://www.gepro.cz/geodezie-a-projektovani/kokes/>>.
- MELUŠ, J. 2009. *Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní. Dizertačná práca*, TU Zvolen, 97 s.
- MICROSTATION, 2011. [Online]. Dostupné na internete: <<http://www.bentley.com/en-US/Products/MicroStation/>>.
- PRAVDA, J. 2003. *Stručný lexikón kartografie*. Bratislava: Slovenská akadémia vied, 2003. 326 s. ISSN 80-224-0763-1.
- STN 01 3410. *Mapy veľkých mierok. Základné ustanovenia*.
- STN 73 0415. *Geodetické body*.
- ŠADIBOL, J. 2010. *Digitálna fotogrametria v lesníckom mapovaní. Dizertačná práca*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. s. 92.
- ŠTANDARD DIGITÁLNEHO MAPOVÉHO DIEĽA S OBSAHOV LESNÉHO HOSPODÁRSTVA. NLC Zvolen.
- ŠŤITÍ, J. a kol. 1998. Analýza kvality polygónových ťahov. In: *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 3 (1998), 1, s. 43–50.
- TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍK GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A KATASTRA. Bratislava: Úrad geodézie, kartografie a katastra SR, 1998. 540 s. Prvé vydanie. ISBN: 80-88716-36-5.
- TOMAŠTIK, J. 2008. *Problematika určovania hraníc jednotiek priestorového rozdelenia lesa v lesníckom mapovaní. Dizertačná práca*. TU Zvolen, 127 s.
- Totalní stanice TOPCON, 2010. [Online]. Dostupné na internete: <<http://www.totalni-stanice-topcon.cz/>>
- 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.
- WEISS, G. 1996. Podporené polygónové ťahy. In: *Acta Montanistica Slovaca*, roč.1 (1996), 1, s. 55–64.
- Zákon NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. 2009. *Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 388 s. ISBN 978-80-228-1977-0.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. – MELUŠ, J. 2009. *Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní. Vedecké štúdie*. TU Zvolen, ISBN 978-80-228-2013-4, 77 s.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. – TUNÁK, D. 2006. *Využitie polygonizácie v lesníckej geodézii*. In: *Geodézia v lesníctve: zborník referátov zo sympózia s medzinárodnou účasťou*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2006. ISBN 80-228-1684-1, s. 78–88.
- ŽIHĽAVNÍK, Š. – SCHEER, L. 2001. *Diaľkový prieskum Zeme v lesníctve*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2001. 289 s. ISBN 80-228-0991-8.

Adresa autorov:

Ing. Barbora Vargicová

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

96053 Zvolen

e-mail: barbora.vargicova@gmail.com

Kartografické informačné zdroje pre tvorbu lesníckych máp

Abstrakt

V súčasnom období nastal výrazný pokrok v oblasti terestrických meraní (GNSS, elektronické tachymetre, buzolové merania zostavou Field-Map), ale aj v oblasti fotogrametrického vyhodnotenia (digitálna fotogrametria, fotointerpretácia a DPZ). V práci je na základe experimentálnych terénnych meraní a fotogrametrického vyhodnotenia leteckých snímok z identického vykonané posúdenie presnosti jednotlivých zdrojov pre získanie informácií a zároveň sa porovnala vhodnosť terestrického merania a fotogrametrického vyhodnotenia leteckých snímok pre tvorbu lesníckych máp.

Kľúčové slová: lesnícke mapovanie, digitálna fotogrametria, presnosť.

ODHAD PRESNOSTI RÝCHLEJ STATICKEJ METÓDY GNSS V LESNOM PROSTREDÍ

Peter K A M E N S K Ý – Štefan Ž Í H L A V N Í K

Kamenský, P., Žihlavník, Š.: Estimate of GNSS rapid static method precision in forest environment. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 131–140.

The forest characteristics variability causes different conditions for satellite signal reception at various measuring stands at Global Navigation Satellite Systems (GNSS) application. Detail investigation of external measuring conditions is therefore appropriate for generalization of forest influence on GNSS technology precision at position determination by terrain measurements. We observed the influence of the following factors: stocking degree, trees height, percentage of visible sky, shading trees distance and their thickness, observed satellites number, HDOP, vegetation aspect and stand type, slope and exposure by application of rapid static method with survey-grade GNSS receiver TOPCON Hiper GGD. For data analysis we used regression and correlation analysis, ANOVA and neural networks method. We came to know that the final position determination accuracy is the most influenced by the shading trees distance and their thickness, observed satellites number and vegetation aspect in deciduous forest. The constructed predictional models are unfit for practical usage. The varying level of signal noise at multiple measurements measured at the same stands is the supposed reason for the low percentage of resolved variability values, by which are characterized position accuracy with predictional models. Potentially better results can be obtained by mapping-grade GNSS receivers of the new generation, which have sophisticated algorithms of position determination in difficult conditions of surveying. The difficult surveying conditions are typically for forest environment.

Key words: GNSS, accuracy prediction, forest environment

ÚVOD

Použitie Globálnych navigačných satelitných systémov (ďalej „GNSS“) predstavuje efektívny prostriedok zberu geopriestorových informácií. Technológia GNSS nachádza uplatnenie aj v oblasti geodézie s vysokými požiadavkami na presnosť určenia polohy bodov. Limitujúcim faktorom tohto spôsobu určovania polohy ostáva viditeľnosť oblohy. Prítomnosť prekážok pre bezproblémový príjem satelitného signálu v mieste merania spôsobuje znižovanie presnosti. Extrémny prípad aplikácie GNSS predstavujú observácie v podmienkach lesného prostredia. Autori zaoberajúci sa touto problematikou uvádzajú, že dosiahnutú presnosť determinujú použitá metóda merania, prístrojové vybavenie, dĺžka observácie, aktuálna konštelácia a počet viditeľných družíc, geomorfológia terénu, tiež druh porastu, zápoj, zakmenenie, či výskyt hrubých kmeňov v blízkosti určovaných bodov (napr. DECKERT – BOLSTAD 1996, HRICKO – TUNÁK – ŽÍHLAVNÍK 2004, ŽÍHLAVNÍK – MELUŠ 2009). Charakter lesa v mieste merania má teda pravdepodobne podstatný

vpływ na dosiahnutú presnosť určenia priestorovej polohy. Interval, do ktorého spadajú presnosti dosiahnuté pri experimentálnych meraniach jednotlivých autorov, je pomerne široký. Najlepšie výsledky korešpondujú so 4. ($u_{xy} = 0,26$ m), resp. 5. triedou presnosti mapovania ($u_{xy} = 0,50$ m) v zmysle STN 01 3410 Mapy veľkých mierok. Definovanie observačných podmienok, ktorých dodržanie by zabezpečovalo stabilné dosahovanie 5., resp. 4. triedy presnosti mapovania v zmysle spomenutej technickej normy, by rozšírilo aplikačné možnosti technológie GNSS v mapovaní lesov. Predkladaným príspevkom chceme prispieť k riešeniu tejto problematiky.

Cieľom príspevku je popísať silu závislosti medzi výslednou presnosťou a jednotlivými faktormi lesného prostredia pôsobiacimi na jej veľkosť. Nadväzujúcim cieľom je posúdiť možnosti odhadu dosiahnuteľnej presnosti určenia horizontálnej polohy v lesnom prostredí v závislosti od podmienok, resp. charakteru lesa, v ktorom bude meranie prebiehať pri danom prístrojovom vybavení.

Predmetom výskumu ďalšej dielčej úlohy bola tiež kvalita korekčných dát pre statickú metódu merania. Dôvodom skúmania rôznych druhov korekcií je existujúca polemika ohľadom ich spoľahlivosti.

1. MATERIÁL A METÓDY

1.1 Terénne merania

Predmetom merania bolo 13 vyselektovaných bodov polygónového ťahu vedeného pozdĺž prevažne hrebeňovej lesnej odvoznej cesty v katastrálnych územiach Sielnica a Kováčová. Výber bodov prebehol so zreteľom na zachytenie rozmanitých stanovištných podmienok – rôzneho druhu porastu (listnatý, ihličnatý, zmiešaný), zakmenenia, výšky hlavnej porastovej úrovne a percenta viditeľnej oblohy, sklonu a expozície. Na všetkých stanovištiach boli zaznamenané tiež vzdialenosti a hrúbky desiatich najbližších tieniacich drevín. Hodnota registračnej hrúbky bola 10 cm. Merania GNSS aparátúrou boli realizované v čase vegetačného obdobia i kľudu a taktiež v prechodnom období. Na každom bode boli vykonané opakované polhodinové observácie, čo umožnilo pri postprocessin-govom spracovaní počítať s dvanástimi 5-minútovými meraniami na každom bode. Ako referenčné súradnice predmetných vrcholov polygónového ťahu boli použité súradnice pochádzajúce z výpočtu merania GNSS statickou metódou s dĺžkou observácie 30 minút poskytujúceho fixné riešenie ambiguit.

1.2 Použité prístrojové a softvérové vybavenie

Pre merania technológiou GNSS sme použili geodetický duálny dvojfrekvenčný prístroj Topcon Hiper GGD. Výšky stromov boli zmerané výškomerom Blume-Leiss. Spracovanie statickej metódy GNSS merania prebehlo v programovom prostredí Topcon Tools 7.5. Štatisticky boli dáta vyhodnotené v softvérovom balíku Statistica 8. Pre hodnotenie percenta viditeľnej oblohy boli na každom meranom bode vyhotovené hemisférické fotografie digitálnym fotoaparátom Nikon Coolpix 5400 so širokouhlým

objektívom FC-E9 (tzv. rybie oko). Fotografie boli následne spracované v softvérovom produkte Gap Light Analyzer 2.0.

1.3 Metódy spracovania nameraných údajov

Korekčné údaje pre meranie GNSS boli poskytnuté službou SKPOS z virtuálnej a taktiež fyzickej zvolenskej referenčnej stanice. Virtuálna stanica bola lokalizovaná na trigonometrickom bode Dibákovo 5914-23. Merané body na lesnom prieseku boli lokalizované 1,0 až 2,5 km od virtuálnej referenčnej stanice a 4,8 až 6,6 km od fyzickej referenčnej stanice.

Pre účel skúmania kvality korekčných údajov boli použité ich štyri druhy: z fyzických referenčných staníc vo Zvolene – stanice SKPOS, stanice SMARTNET, vlastnej referenčnej stanice a virtuálnej stanice, ktorá bola lokalizovaná na mieste merania. Predmetom merania bol v tomto prípade trigonometrický bod Trebuľa 5914-47 na voľnom priestranstve. Vzdialenosť fyzických referenčných staníc od miesta merania bola približne rovnaká. Použitý bol 1-sekundový interval registrácie dát. V rámci post-processingového spracovania boli namerané dáta pochádzajúce z hodinovej observácie rozdelené na 1 až 5-minútové úseky.

Pri riešení úloh sme pre určenie horizontálnej polohy záujmových bodov použili súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej, a síce jeho realizáciu S-JTSK03. V prvom kroku počtárskeho vyhodnotenia sme vypočítali súradnicové rozdiely $d_{xi}(y_i)$ medzi súradnicami pochádzajúcimi z fixného riešenia ambiguit z polhodinových observácií statickou metódou a súradnicami pochádzajúcimi z observácií kratších. V ďalšom kroku sme určili základné stredné chyby súradníc $m_{x,y}$. Presnosť určenia polohy bodov GNSS prijímačom sme posudzovali pomocou základnej strednej súradnicovej chyby m_{xy} .

2. VÝSLEDKY A DISKUSIA

2.1 Optimálne nastavenie GNSS prijímača

Pri danom prístrojovom vybavení a použití virtuálnej referenčnej stanice ako zdroja korekčných dát odporúčame pre výpočet statického merania vylúčiť z merania ruský globálny navigačný satelitný systém GLONASS. Odporúčenie rezultuje z výsledkov merania zaznamenaných v Tabuľke 2.01.

Tab. 2.01 Prehľad m_{xy} pri rôznych satelitných systémoch a výškových filtroch pri dobe observácie 5 minút a použití virtuálnej referenčnej stanice

Table 2.01 Summary of the m_{xy} at various satellite systems and elevation mask at 5 minutes observation and using Virtual Reference Station

Elevačná maska (°)	Použité družicové systémy		Rozdiel	
	GPS + GLONASS	GPS	(m)	(%)
10°	1,099	0,792	-0,307	-28
15°	1,060	0,749	-0,311	-29

Záporný vplyv systému GLONASS pre riešenie ambiguit pri použití virtuálnej referenčnej stanice uvádza tiež FAŠKO (2010). Tento fenomén sa nevyskytuje pri použití fyzickej referenčnej stanice ako je to zaznamenané v Tabuľke 2.02. V takom prípade sa GLONASS jednoznačne podieľa na zvýšení presnosti merania.

Tab. 2.02 Prehľad m_{xy} pri rôznych satelitných systémoch a výškových filtroch pri dobe observácie 5 minút a použití fyzickej referenčnej stanice

Table 2.02 Summary of the m_{xy} at various satellite systems and elevation mask at 5 minutes observation and using Continuously Operating Reference Station

Elevačná maska (°)	Použité družicové systémy		Rozdiel	
	GPS + GLONASS	GPS	(m)	(%)
10°	0,594	0,832	0,238	41
15°	0,550	0,790	0,240	44

Poznatok o rozdielnej presnosti dosiahnutej pri výpočte horizontálnej polohy v závislosti od druhu zdroja korekčných dát je konfrontačný ku tvrdeniam o rovnocennosti fyzickej a virtuálnej referenčnej stanice.

Zabezpečenie prítomnosti fyzickej referenčnej stanice na voľnom priestranstve vo vhodnej vzdialenosti k miestu merania môže byť v podmienkach rozsiahlych lesných porastov neraz problematické. Z tohto dôvodu sme v ďalšom postupe použili pre určenie presnosti, ktorej závislosť na podmienkach merania bola predmetom záujmu, súradnice GNSS merania pochádzajúce z výpočtu, do ktorého boli vstupom dáta z virtuálnej referenčnej stanice.

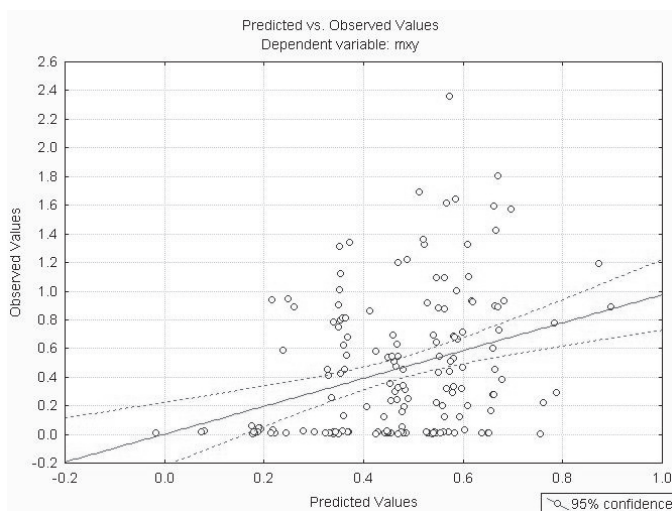
2.2 Regresná a korelačná analýza

Po predbežnom zistení tvaru regresného modelu závislosti medzi m_{xy} a všetkými faktormi, ktorých hodnoty boli zaznamenané v teréne, sme previedli výpočet koeficientov regresnej rovnice:

$$m_{xy} = 0,42864u - 0,005366v - 0,00669x - 0,13271y + 2,74676z - 5,41704r - 0,09905s + 0,01862t + 0,29982$$

r – hrúbka najbližšieho stromu s – HDOP t – sklon
 u – zakmenenie v – výška hlavnej x – percento viditeľnej
 y – satelity GPS porastovej úrovne oblohy
 z – faktor stanovišťa (súčet súčinov
 hrúbok a obrátených hodnôt vzdialeností
 10 najbližších stromov od meraných bodov)

Následne sme pristúpili k exaktnému testovaniu priebehu modelu. Overenie vhodnosti tvaru regresného modelu sa vykonalo konštrukciou grafu „predpovedané vs. pozorované“ (Obr. 2.01). Zo zostrojeného grafu môžeme dedukovať, že nami skúmaný model neodpovedá celkom vhodne nameraným údajom, keďže porovnávacia priamka neprechádza počiatkom súradnicovej sústavy a nestúpa grafom pod uhlom 45°. Badáme systematický odklon modelových hodnôt od nameraných. Svedčí to o prítomnosti vplyvu neuvažovaných faktorov na veľkosť m_{xy} . Všeobecný F-test potvrdil štatistickú významnosť celého modelu. V ďalšom postupe boli prevedené t- testy významnosti jednotlivých regresných koeficientov. Silu závislosti m_{xy} od skúmaných faktorov charakterizujú hodnoty výberového korelačného koeficienta $r = 0,66$ a koeficienta determinácie $r^2 = 0,43$. Jedná sa teda o stredne silnú závislosť. Zo semi-parciálnych korelačných koeficientov nadobudli významné hodnoty koeficienty faktora stanovišťa (0,56) a faktor počtu satelitov (–0,17).



Obr. 2.01 Graf „predpovedané vs. pozorované“ závislosti m_{xy} od uvažovaných stanovištných faktorov

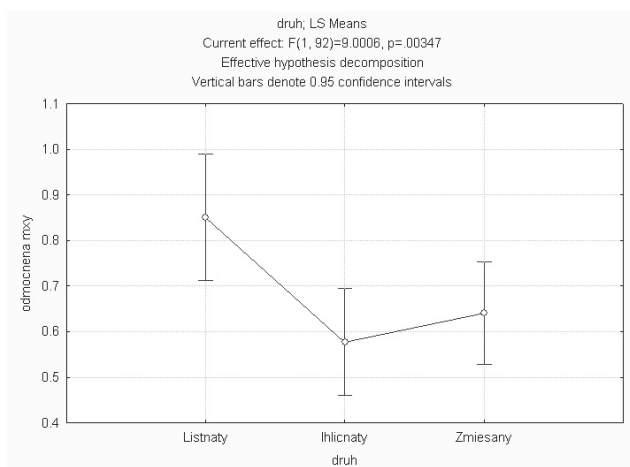
Fig. 2.01 Diagram „predicted vs. observed“ of model of m_{xy} dependency on the all stand factors

Na základe dosiahnutej hodnoty výberového korelačného koeficienta a koeficienta determinácie môžeme konštatovať pomerne nízku hodnotu percenta variability, ktorú

skonštruovaný model vysvetľuje. Model nedokáže vysvetliť 57 % variability hodnôt m_{xy} , môžeme ho teda hodnotiť ako nedostatočný pre predikčné účely.

2.3 Analýza variancie

Nakoľko predpokladom použitia analýzy variancie je normalita rozdelenia náhodnej premennej, v prvom kroku bolo zistené rozdelenie hodnôt základnej strednej súradnicovej chyby. Po vykreslení histogramu bolo zistené ľavostranné asymetrické rozdelenie. V ďalšom postupe sme preto pristúpili k transformácii hodnôt m_{xy} s cieľom priblížiť sa normálnemu rozdeleniu. Na tento účel sme použili jednoduchú odmocninovú transformáciu. Následne sme pristúpili k vykonaniu samotnej analýzy, v ktorej sa preukázal signifikantný vplyv druhu porastu (Obr. 2.02). Z grafu vyplýva, že lepšie výsledky boli dosiahnuté v ihličnatom lese, a naopak horšie v lese listnatom. Vplyv obdobia merania vzhľadom na vegetačnú aktivitu sa preukázal len v listnatom poraste.



Obr. 2.02 Graf vplyvu druhu porastu na veľkosť m_{xy}
Fig. 2.02 Diagram of stand type influence on m_{xy} size

2.4 Neurónové siete

Výhodou analýzy pomocou neurónových sietí je súčasný vstup kvantitatívnych i kvalitatívnych nezávislých premenných. Ďalšou výhodou je vystihnutie aj nelineárnych závislostí. Nevýhodou ostáva nepoznaný mechanizmus pôsobenia hodnôt jednotlivých faktorov na veľkosť m_{xy} . Chýba teda akýsi ekvivalent regresnej rovnice z regresnej analýzy.

Z globálnej analýzy citlivosti vyplýva, že najdôležitejšími faktormi pre učenie sa sietí, boli faktory stanovišťa merania, druh porastu a obdobie merania vzhľadom na vegetačnú aktivitu. Najlepšie natrénované siete poskytovali hodnotu koeficienta korelácie

0,79 a teda hodnotu koeficienta determinácie 0,62. Pozorujeme teda lepšie výsledky oproti regresnej a korelačnej analýze ($r = 0,66$, $r^2 = 0,43$). Z tohto dôvodu možno pre predikčné účely skôr odporučiť túto metódu. Dôvodom vyššej hodnoty percenta vysvetlenej variability m_{xy} metódou neurónových sietí je súčasný vstup ako kvantitatívnych, tak i kvalitatívnych nezávislých premenných. Pre praktické využitie by však boli žiaduce vyššie hodnoty koeficientov závislosti.

2.5 Detailné skúmanie nameraných dát

Po prevedení regresnej a korelačnej analýzy a metódy neurónových sietí sme pristúpili k podrobnému skúmaniu nameraných dát z dôvodu neúspešného riešenia úlohy. Boli zoskupené hodnoty m_{xy} z meraní na jednotlivých bodoch a sledované miery ich variability. Zistená bola relatívne vysoká hodnota smerodajnej odchýlky i variačného koeficienta (Tab. 2.03).

Tab. 2.03 Popisné charakteristiky meraní na jednotlivých bodoch
Table 2.03 Descriptive characteristics of measurements at various points

Číslo bodu	Priemer m_{xy}	Min. m_{xy}	Max. m_{xy}	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient
1	0,446	0,163	0,880	0,287	64,232
2	0,747	0,004	2,504	0,841	112,618
3	0,530	0,118	1,326	0,440	82,883
4	0,492	0,008	1,216	0,455	92,435
5	0,771	0,007	2,357	0,699	90,734
6	0,503	0,008	1,420	0,397	78,830
7	0,242	0,005	1,089	0,324	133,448
8	0,499	0,002	1,194	0,375	75,291
9	0,657	0,003	1,569	0,497	75,698
10	0,203	0,002	1,189	0,344	169,200
11	0,863	0,286	1,802	0,451	52,208
12	0,239	0,007	0,938	0,333	139,577
13	0,512	0,003	1,614	0,556	108,656

Nakoľko merania na jednotlivých bodoch prebiehali bezprostredne za sebou, svedčí to o rýchlo sa meniacej hodnote šumu, resp. kvality signálu pri observáciách v lesnom prostredí na tých istých stanovištiach. Výrazne kolísajúca presnosť výsledkov na tých istých bodoch je predpokladanou príčinou neúspešného riešenia úlohy, resp. nízkeho percenta vysvetlenej variability hodnôt charakterizujúcich presnosť určenia polohy bodov skonštruovanými modelmi.

2.6 Druh korekčných dát

Ako vyplýva z Tabuľky 2.04, najvyrovnanejšie hodnoty základnej strednej súradnicovej chyby boli dosiahnuté pri použití vlastnej referenčnej stanice. Hodnoty m_{xy} okrem ojedinelých prípadov s rastúcim časom merania klesajú. Bez ohľadu na dĺžku observácie pri použití akéhokoľvek druhu korekčných dát bola dosiahnutá 1. trieda presnosti mapovania ($u_{xy} = 0,04$ m). Subcentimetrová presnosť bola dosiahnutá pri minimálne 3-minútových observáciách bez ohľadu na použitý druh korekčných dát. Pri použití vlastnej referenčnej stanice je potrebné určenie jej polohy v ETRS89 (využitím služby SKPOS, resp. SMARTNET) a následný výpočet polohy rovera. V opačnom prípade je prevedený výpočet polohy rovera v systéme WGS84, ktorý nepatrí medzi závažné geodetické referenčné systémy na Slovensku.

Tab. 2.04 Prehľad m_{xy} v závislosti od rôznej dĺžky observácie a druhu korekčných dát
Tab. 2.04 Summary of m_{xy} depending on various observation time and correction data type

Dĺžka merania (min.)	m_{xy} v závislosti od druhu použitej referenčnej stanice			
	SKPOS Zvolen	SMARTNET Zvolen	Vlastná fyzická	Virtuálna SKPOS
1	0,0276	0,0144	0,0032	0,0251
2	0,0100	0,0068	0,0029	0,0064
3	0,0063	0,0068	0,0027	0,0038
4	0,0059	0,0065	0,0029	0,0059
5	0,0060	0,0188	0,0025	0,0032

ZÁVER

Vykonané experimentálne merania GNSS prijímačom preukázali výhodnosť použitia fyzickej referenčnej stanice pred použitím stanice virtuálnej. Pri použití virtuálnych korekčných dát a uvažovaní oboch GNSS pre výpočet bolo problematické dosiahnutie fixných riešení ambiguit. Pri použití virtuálnej stanice odporúčame preto nepoužiť pre výpočet polohy signály ruského systému GLONASS, čím sa zvýši podiel fixných riešení.

Z výsledkov regresnej a korelačnej analýzy vyplýva, že na dosiahnutú presnosť určenia polohy majú v podmienkach lesných porastov vplyv najmä vzdialenosť a hrúbka tieniacich drevín, tiež počet pozorovaných satelitov. Opodstatnenosť zavedenia faktora percenta viditeľnej oblohy do rovnice sa nepreukázala, resp. jeho zavedením nedôjde k signifikantnému nárastu percenta vysvetlenej variability hodnôt základnej strednej súradnicovej chyby. Skonstruovaný model môžeme hodnotiť kvôli nízkej hodnote koeficienta determinácie ako nevhodný na používanie.

Analýza variancie preukázala vplyv faktora druhu porastu. Presnejšie výsledky boli dosiahnuté na stanovištiach s ihličnatým porastom, menej presné na stanovištiach

s listnatým. Vplyv vegetačného/ nevegetačného obdobia bol preukázaný len v listnatom poraste.

Pri metóde neurónových sietí bol dosiahnutý mierne lepší výsledok v porovnaní s regresnou a korelačnou analýzou, čo sa týka percenta vysvetlenej variability skonštruovaným modelom. Stále však nie uspokojivý z pohľadu praktického využitia modelu. Možno odporučiť pre ďalší výskum väčší počet meraní, keďže väčším rozsahom tréningových dát možno optimalizovať správne „učenie sa“ neurónovej siete.

Výsledky meraní polohy tých istých bodov v lesnom prostredí technológiou GNSS s použitým prístrojovým vybavením sa vyznačujú vysokou variabilitou i v krátkych časových úsekoch. Podstatným faktorom pre presnosť určenia polohy bodov je integrita družicového signálu. Fragmentácia signálu pri prechode korunami stromov je hlavným zdrojom chýb merania polohy bodov. Modelovanie presnosti určenia polohy pri fragmentovanom signále je problematické aj pri poznaní stanovištných podmienok v mieste merania (sklon terénu, expozícia, zakmenenie, výška hlavnej porastovej úrovne, percento viditeľnej oblohy, hrúbka a vzdialenosť najbližších tieniacich drevín, druh porastu, aspekt merania vzhľadom na vegetačnú aktivitu), a tiež vonkajších podmienok merania (počet pozorovaných satelitov, HDOP). Predmetom ďalšieho výskumu môže byť identická úloha s iným prístrojovým vybavením – GNSS prijímačom GIS kategórie novej generácie, ktorý disponuje dokonalejšími algoritmi výpočtu priestorovej polohy bodov v zhoršených meračských podmienkach a poskytuje vyrovnanjšie výsledky meraní na identických stanovištiach v lesnom prostredí.

Podakovanie

Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore 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

- DECKERT, CH. – BOLSTAD, P.: Forest canopy, terrain, and distance effects on global positioning system point accuracy. In Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1996, ročník 62, číslo 3, s. 317–321.
- FAŠKO, M.: Problematika aplikácie GNSS v lesníckej geodetickej praxi. Dizertačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 2010, 103 s.
- HRICKO, B., TUNÁK, D., ŽIHLAVNÍK, Š.: Globálny polohový systém v lesníckom mapovaní. In: Aktuálne problémy lesníckeho mapovania. Zborník referátov, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 2004, s. 41–50.
- ŽIHLAVNÍK, Š. – MELUŠ, J.: Využitie GNSS pri lesníckom mapovaní – Utilization of GNSS at forest mapping. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 2009, 76 s.
-

Adresy autorov:

Ing. Peter Kamenský

Prof. Ing. Štefan Žihlavník, CSc.

Katedra hospodárskej úpravy lesov a geodézie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

e-mail: kamensky3@gmail.com

zihlav@vsld.tuzvo.sk

Odhad presnosti rýchlej statickej metódy GNSS v lesnom prostredí

Abstrakt

Premenlivosť porastových charakteristík v lese vytvára pri aplikovaní technológie Globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) odlišné podmienky pre príjem satelitného signálu na rozličných stanoviskách merania. Pre zovšeobecnenie vplyvu lesa na presnosť určovania polohy technológiou GNSS pri terénnych meraniach a pre skúmanie možnosti odhadu presnosti určenia horizontálnej polohy je preto vhodné detailné skúmanie vplyvu vonkajších podmienok merania. Pri aplikácii rýchlej statickej metódy geodetickým prijímačom TOPCON Hiper GGD sme sledovali vplyv nasledovných faktorov: zakmenenie porastu, výška hlavnej porastovej úrovne, percento viditeľnej oblohy, vzdialenosť a hrúbka tieniacich drevín, počet pozorovaných družíc, HDOP, vegetačné obdobie a druh porastu, sklon a expozícia. Na analýzu dát sme použili regresnú a korelačnú analýzu, analýzu variancie a metódu neurónových sietí. Získaným poznatkom je, že najväčší vplyv na dosahovanú presnosť má zo spomenutých faktorov vzdialenosť a hrúbka tieniacich drevín, počet pozorovaných satelitov a aspekt merania vzhľadom na vegetačnú aktivitu v listnatých porastoch. Zostavené predikčné modely sú nevyhovujúce z hľadiska praktického využitia. Predpokladaným dôvodom nízkeho percenta vysvetlenej variability hodnôt charakterizujúcich presnosť predikčnými modelmi je rozličná úroveň šumu družicového signálu pri opakovaných meraniach na tých istých stanoviskách. Potenciálne lepšie výsledky môžu byť získané GNSS prijímačmi GIS kategórie novej generácie, ktoré disponujú dokonalejšími algoritmami výpočtu polohy v zhoršených meračských podmienkach, aké lesné prostredie predstavuje.

Kľúčové slová: GNSS, odhad presnosti, lesné prostredie

NÁVRH METODICKÝCH POSTUPOV NA ZHODNOTENIE NEGATÍVNEHO VPLYVU TRAKTOROVÝCH TECHNOLOGIÍ NA PÔDU V LANOVKOVÝCH TERÉNOCH

Ján S C H Ü R G E R

Schürger, J.: Evaluation the negative effect of tractor technologies to the soil in cableway terrains. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 141–155.

The aim is to create and to use the optimal methods and evaluation criteria for soil damage assessing of the remaining vegetation and also natural regeneration in logging, carried out by tractor technology in cableway terrain. Among the least soil cover friendly mechanization are considered technologies based on wheeled or crawler chassis, because this act to the soil by its weight, by hauling load, as well as dynamic surges, or wheel slip. Logging carried out in the forest can cause considerable damage to the soil, especially: the upper horizons destruction, the removal of the coating, extrusion the soil from the tracks, compacting, which are then connected with changes affecting the physical, chemical and biological properties, structure, water regime and related tree root penetration.

These soil defects are entitled the logging erosion. The range of logging erosion is increasing upward slope and soil moisture and with decreasing proportion of the soil skeleton. Forest health-condition in Slovakia, and increasing non-production functions requires, that the used mechanization and technologies damage the environment in the slightest degree. Therefore it is necessary to harmonize the cultivation, logging and environmental objectives.

Key words: steep slope (cableway terrain), soil damage forests, tractor technology, logging erosion

ÚVOD

Požiadavka zachovať a v mnohých prípadoch zlepšiť stabilitu lesných ekosystémov si vyžaduje popri uplatňovaní „jemnejších“ foriem hospodárskych spôsobov aj používanie šetrnejších technológií ťažby a sústreďovania dreva s nadväzným prehodnotením účinnosti dopravného prístupenia. To predpokladá, že v rozhodovacom procese o voľbe vhodnej techniky a technológie sa budú uplatňovať aj ekologické kritéria, vyplývajúce z poznania náchylnosti jednotlivých druhov lesných stanovišť na poškodenie.

Stúpajúci trend využívania mechanizácie v lesnom hospodárstve, vedie k stále častejším negatívnym vplyvom na dôležité funkcie lesnej pôdy (HITTENBECK, 2009).

(LUKÁČ, 2001) Kľúčovým faktorom je sústreďovanie dreva, ktoré pozostáva z vytáhovania a približovania drevnej suroviny z porastov na odvoznú miesto, ako aj prostriedok, ktorý sa po zvážení všetkých podmienok nasadzuje za účelom vykonania tejto operačnej

fázy. Mohutné, výkonové a výkonnostné parametre špeciálnych lesných traktorov nesú so sebou jednoznačný, pre environment negatívny potenciál, ktorý sa nepriaznivo prejavuje najmä na pracoviskách, kde narušením pôdy kolesami traktorov a vlečeným bremenom vzniká tzv. ťažbovo-dopravná erózia a následná vodná erózia. Pri prevádzke traktorov často zlyháva ľudský faktor a zneužíva sa veľká disponibilná energia týchto strojov, neekologicky a neefektívne nasadzovaných v horských lesoch Slovenska.

Poznanie negatívnych vplyvov techniky na les, predovšetkým v horských lesoch, je prvým predpokladom návrhu na uskutočnenie opatrení aby došlo k ich zníženiu alebo odstráneniu.

Problematika

Sprievodným javom ťažbovo-dopravného procesu je vždy určitý stupeň poškodenia porastovej pôdy, ostávajúceho porastu, prirodzeného zmladenia, kultúr a nárastov. Všeobecnou požiadavkou, ktorá vyplýva zo zákona 360 z roku 2007 o lesoch, z prijatého princípu trvalo udržateľného rozvoja prírodných zdrojov, je predchádzať takému stupňu poškodenia, ktorý by mal za následok trvalé alebo dlhodobé ťažko odstrániteľné narušenie stability a tým poškodenie produkčného i mimoprodukčného potenciálu lesného ekosystému, alebo jeho časti.

V súčasnosti je však problematickejšie dodržať ekologické zásady pri sústreďovaní dreva, keďže väčšina ťažbových prác sa vykonáva dodávateľským spôsobom, i keď je tu možnosť sa odvolať na lesný zákon, ako aj uviesť zvýšené ekologické nároky od ťažbového technika pri výberovom konaní.

Za základnú rámcovú úlohu pre oblasť sústreďovania dreva treba považovať:

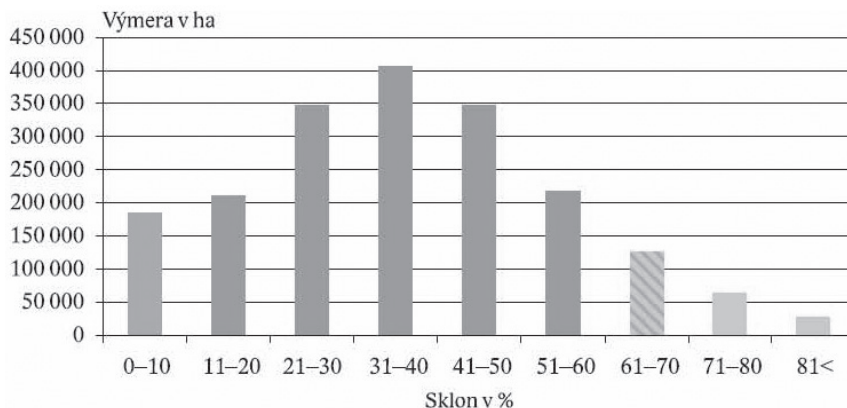
- aktualizáciu dopravného sprístupňovania lesov v spolupráci so všetkými vlastníkmi lesa,
- preferovanie využívania lanových zariadení najmä v horských oblastiach Slovenska.

Štruktúra prostriedkov v sústreďovaní dreva je v našich prevádzkach výrazne málo variabilná a zmenou vlastníctva lesov neexistuje presný prehľad o ich stave a využití.

Nepriaznivá je veková štruktúra jednotlivých druhov mechanizačných prostriedkov v sústreďovaní dreva a to tým, že priemerný vek strojov je vysoký.

Charakteristika lesných pozemkov

Klimatické rozdiely medzi jednotlivými stanovišťami v lesníctve vyjadrujeme najmä pomocou vegetačných stupňov (VS). Na Slovensku rozlišujeme osem lesných VS. Väčšina lesov SR má charakter hornatej krajiny a aj z nasledujúceho obrázka (Obr. 1) vidno, že v lesoch SR prevládajú terény so sklonmi 11–60 %. Sklony do 10 % sa vyskytujú len v rozsahu 9,6 %. Najstrmšie sklony, ktoré sú natoľko zraniteľné eróziou, že si vyžadujú trvalý lesný kryt, tvoria len asi 10 % (presné číslo závisí aj od skeletnatosti a hĺbky pôd).



Obr. 1 Zastúpenie výmery lesov podľa sklonov svahov
Fig. 1 Forest area representation according to the slope

Pôdy lesných porastov

Pôda patrí medzi neobnoviteľné prírodné zdroje. Lesné pôdy sú považované za rastové priestory lesných rastlín, krov a drevín a pre lesné hospodárstvo predstavujú produkčnú bázu lesnícky významných rastlinných druhov.

Pôda je najvrchnejšia časť zemskej kôry, ktorá vzniká na styku a za pôsobenia biosféry, atmosféry, litosféry a hydrosféry, s ktorými má sústavnú látkovú a energetickú výmenu. Umožňuje rast rastlín a rozklad ich produktov, má teda produkčnú funkciu a ďalšie funkcie (GREGOR et al. 2007).

Na kambizeme, luvizeme a rendziny ako najrozšírenejšie pôdy na území Slovenska pripadá spolu 80,7 % z výmery LP.

Pre lesy Slovenska sú typické kambizeme, ktoré sú často pôdy vyšších polôh, vyznačujú sa veľkou hĺbkou a považujeme ich za hlboké až veľmi hlboké. Obsah skeletu v nich má väčšinou zastúpenie do 50 %, avšak pri kambizemi rankrovej často má zastúpenie aj nad 50 % (ŠÁLY, 1996).

Terén a jeho klasifikácia

Rónay a Bumerl udávajú, že „Účinný systém klasifikácie terénov má byť taký, ktorý popíše terén takým spôsobom, že klasifikácia môže slúžiť ako vodítko pre operačné metódy bez ohľadu na špecifické vozidlá alebo stroje, ktoré sa majú používať“.

Platná terénna a technologická typizácia čiastočne rešpektuje aj kategorizáciu lesov a hospodárskych spôsobov. Členenie sklonitosti terénu nezodpovedá už súčasnému stavu technizácie prác a definícia priechodnosti či nepriechodnosti terénov nie je presná. Nehodnotí sa miera možného poškodenia povrchu pôdy, resp. porastu. Súčasťou typizačnej

metodiky by mali byť vstupy, ktoré by definovali vhodnosť stroja pre daný terén a nie možnosť na jeho prekonanie (LUKÁČ, T., 1996).

Poškodenie ostávajúceho porastu

Drevná hmota, ktorú je potrebné sústrediť z porastu vo výchovných a obnovných zásahoch spôsobuje poškodzovanie ostávajúcich stromov. Je to problém, ktorým vznikajú straty predovšetkým v znižovaní akosti ťaženého dreva a objemového prírastku poškodených stromov (PETRÁŠ, 1997). Následkom poranenia stromov sa zvyšuje riziko rozvrátenia porastu biotickými a abiotickými činiteľmi. Poškodenie stromov vo výchovných ťažbách je mimoriadne dôležité z hľadiska významnosti, pretože sa s veľkou pravdepodobnosťou dá predpokladať, že poškodenie sa dotkne budúcich cieľových stromov, od ktorých očakávame vysokú produkciu a vysokú kvalitu.

Poškodenie podrastu

Z pestovnej koncepcie podrastového hospodárskeho spôsobu vyplýva prítomnosť podrastu ako základu pre budúci porast. Avšak postupné uvoľňovanie zápoja znamená ťažbu a sústreďovanie vyťažených stromov, pričom dochádza k poškodzovaniu prirodzeného zmladenia. Počas sústreďovania poškodzuje jedince vyťahovanie nákladu od pňa k približovacej linke. Poškodenie možno charakterizovať v nasledovných stupňoch:

1. jedince nepoškodené,
2. ohnuté a odreté jedince, avšak schopné prežiť,
3. zlomené jedince.

(SANIGA, 2002) uvádza, že pomerne zriedkavo sa vyskytujú porasty, ktoré vznikli len prirodzenou obnovou. Vyplýva to najmä zo skutočnosti, že úplná prirodzená obnova celých porastov je z rôznych príčin počas obnovnej doby neuskutočniteľná. Medzi príčiny nedostatočnej prirodzenej obnovy patrí aj poškodenie alebo zničenie náletov a nárastov na častiach obnovných prvkov ťažbovo-približovacími technológiami.

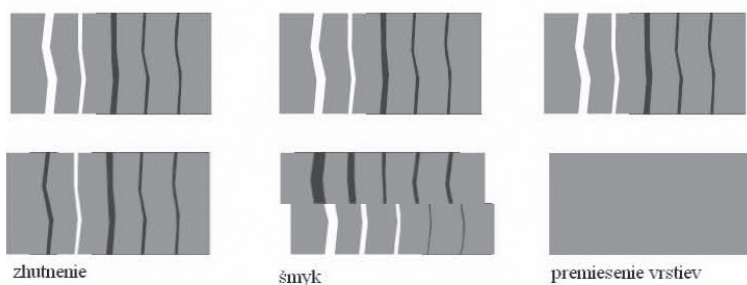
Poškodenie lesnej pôdy

Prejazd mechanizmov počas pracovných operácií, ktoré vykonávajú v porastoch je zabezpečený väčšinou po neupravených povrchoch lesných pôd. Stroje sa hlavne pohybujú po približovacích linkách, ktoré sú najviac exponované ťažbovo - dopravnou eróziou. Intenzita potencionálneho poškodenia pôdy závisí od množstva faktorov napr. druh, zrnitosť, vlhkosť, výška humusovej vrstvy, teplotné pomery pôdy atď (KINDERNAY, 2010).

Intenzita poškodenia pôdy zhutnením závisí od hmotnosti stroja, typu podvozka (kolesový/pásový), počtu náprav, druhu prenosu hnacej sily na kolesá, typu pôdy, jej stavu (vlhkosti, prekorenienia, skeletnatosti, pôdneho krytu), ročného obdobia, terénu, šírky pneumatík, ich hustenia náplne pneumatík (vzduch, vzduch + kvapalina), dezénu a počtu prejazdov (KOREŇ, MESSINGEROVÁ, 1999).

(LÜSCHER et al. 2009) Lesné stroje spôsobujú zhutnenie a deformovanie pôdy, čím značne ovplyvňujú pôdne funkcie. Zmenšuje sa tým objem a kontinuita pórov a najčastejšie je postihnutý systém veľkých pórov koreňových priestorov, pričom sa znižuje schopnosť vsakovania vody a prevzdušňovania pôdy (Obr. 2). Životné podmienky koreňov a pôdnej fauny sa zhoršujú. Vplyvom zhutnenia a nevhodných vlhkostných a vzdušných podmienok nemôžu korene rastlín optimálne využívať pôdny priestor. Z prírodných regeneračných procesov sa očakáva len minimálne zlepšenie. V prípade šmyku sú pôdne póry odrezané a týmto sa stanú nepriepustnými. Premiesením vrstiev dochádza k zničeniu pôdnej štruktúry.

Pôdne vrstvy pred prejazdom techniky



Po prejazde strojov

Obr. 2 Jazda po poraste ovplyvňuje zmeny v pôde (TOBIAS et al. 1999)

Fig. 2 Driving the forest stand affects the soil changes

Ťažbová technika

(SLUGEŇ et al. 2009) Únosnosť lesných pôd je dosť rozdielna, a to od 20–200 kPa. Pre posudzovanie škôd vzniknutých na pôde pri prejazde ťažbových strojov ako základné kritérium platí hranica únosného tlaku na pôdu 50 kPa. RÓNAY (2004) uvádza, že k podstatným zmenám štruktúry pôd dochádza už pri tlaku od 50 do 120 kPa. LUKÁČ et al. (2003) udáva nasledovné tlaky na podložku v závislosti na rôznych typoch použitých prostriedkov (Tab. 1).

(STANOVSKÝ et al., 2002) Ako jedna z možností ako znížiť nepriaznivé účinky lesnej techniky na prírodné prostredie sa navrhuje používanie nízkotlakových (flotačných) pneumatík pri kolesových traktoroch v sústreďovaní dreva, ktoré majú pri používaní znížiť pôsobenie pojazdu stroja na pôdu.

Všeobecne môžeme konštatovať, že sústreďovanie dreva lanovkami je jedna z najšetrnejších a najracionálnejších technológií v horských oblastiach. Tam kde hrozí následná vodná erózia, kde je pôda celoročne vlhká, hlboká, kde negatívne účinky pozemných

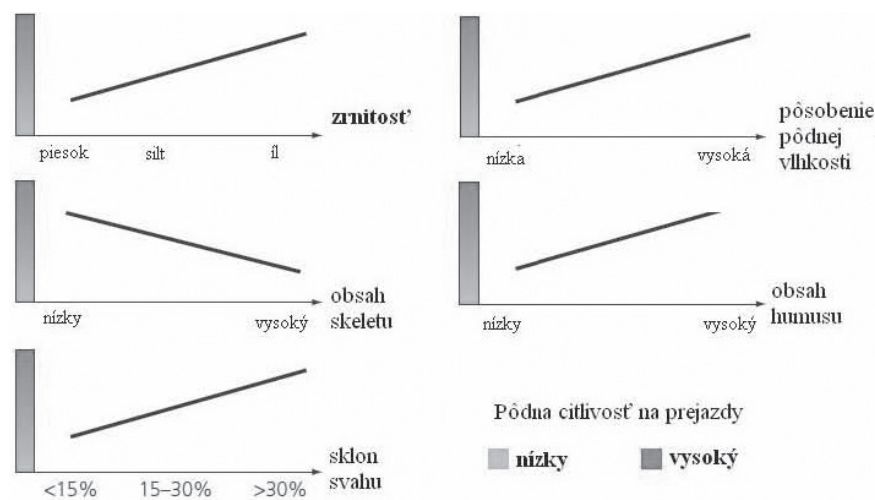
prostriedkov sa znásobujú, je používanie lanoviek podmienkou produkčnej a ekologickej stability lesov (LUKÁČ a kol., 2001).

Tab. 1 Tlak na podložku rôznych typov prostriedkov (LUKÁČ et al. 2003)

Tab. 1 Pressure for various types of mechanization

Typ prostriedku	Merný tlak v MPa
Noha človeka	0,020–0,050
Kôň	0,120–0,140
Poľnohospodársky traktor (UKT)	0,100–0,160
UKT so široko-profilovými pneumatikami	0,050–0,070
LKT 81	0,160–0,200
LKT s nízkotlakovými pneumatikami	0,060–0,080
Pásový traktor	0,030–0,050
Pásový traktor so širokými pásmi	0,007–0,012

LÜSCHER (2009) vo svojej štúdií uvádza základné fyzikálne vlastnosti pôdy a ich vplyv na náchylnosť pôdy voči zaťaženiu strojov použitých pri ťažbovo-dopravnom procese ako to zobrazuje (Obr. 3).



Obr. 3 Vplyv vybraných pôdných vlastností a sklonu terénu na citlivosť voči prejazdom (LÜSCHER 2009)

Fig. 3 Effect of selected soil properties and terrain slope to sensitivity of the overpass

Cieľ práce

Cieľom práce je posúdiť negatívne pôsobenie traktorovej technológie na lesné porasty nachádzajúcich sa v lanovkových terénoch, porastovú pôdu a na vzniknuté prirodzené zmladenie. Úlohou štúdie je zároveň stanoviť limity použitia traktorovej technológie aj v lanovkových terénoch, avšak za určitých okolností, na ktoré značnou mierou vplývajú stanovištno-klimatické podmienky.

Metodika práce a metódy skúmania

Metodika merania poškodenia zostávajúceho porastu

Najčastejšie je poškodzovanie koreňových nábehov počas približovania dreva traktorovými technológiami (väčšinou je postihnutá celá ťažbová plocha).

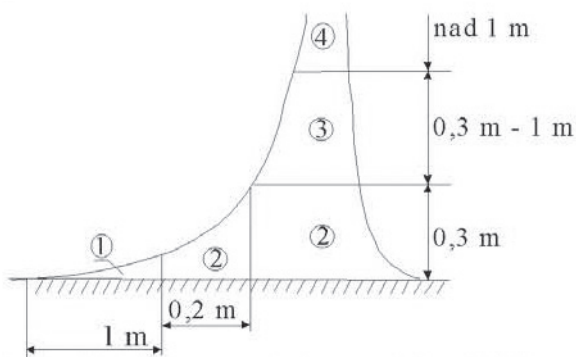
Zisťovanie mechanického poškodenia stromov (KINDERNAY, 2010):

- a) v porastoch s výmerou menšou ako 2 ha sa kvantifikuje a písomne zaznamená poškodenie pochôdzkou na všetkých stromoch. V porastoch s väčšou výmerou stanovenie prebehne na pokusných plochách (počet, veľkosť a rozmiestnenie sa určí predodhodom veľkosti poškodenia),
- b) každému stromu budú priradené nasledovné identifikátory:
 - označenie hodnotené stromu,
 - poloha stromu (vzdialenosť od linky),
 - $b < 2$ m,
 - $b = 2-4$ m,
 - $b = 4-6$ m,
 - $b = 6-8$ m,
 - $b = 8-10$ m,
 - miesto poškodenia (Obr. 4) (Tab. 3),
 - veľkosť poškodenia a intenzita (Tab. 2),
- c) hodnotenie sa vykoná pred ťažbovým zásahom (stav pred potenciálnym poškodením) a po zásahu, totožný postup bude aj pri pokusných plochách.

Tab. 2 Klasifikačná stupnica rán podľa veľkosti poranenia (MENG, 1978)

Tab. 2 Clasification scale of the wounds dependent on area of damage

Stupeň poranenia	Veľkosť rany (cm ²)	Slovné označenie rany
0	≤10	bezvýznamná
1	11–50	veľmi malá
2	51–100	malá
3	101–200	stredne veľká
4	201–300	veľká
5	>300	veľmi veľká
6	pretrhnutie koreňa, zlom	deštruktívna



Obr. 4 Miesto poranenia stromov (MENG, 1978)

Fig. 4 The place of the trees injury

Podúrovňové stromy do priemeru 7 cm sa do merania nezapočítavali. Za poranenie je považované poškodenie väčšie ako 10 cm². Percento poškodenia sa vypočíta:

$$\% = \frac{\text{počet poškodených stromov}}{\text{počet poškodených} + \text{počet nepoškodených}} \times 100$$

Tab. 3 Miesto mechanického poranenia na základe polohy rany na strome (MENG 1978)

Tab. 3 The place of mechanical injury by the location of wounds on the tree

	Miesto poranenia	Charakteristika
1	Koreň	Poranenie na koreni, vzdialenosť 0,21–1,0 m od kmeňa
2	Pňová časť s koreňovým nábehom	Poranenie prízemkovej časti kmeňa do výšky 0,3 m, vrátane koreňového nábehu do 0,2 m od kmeňa
3	Kmeň 0,3–1,0 m	Poranenie kmeňa, výška 0,3–1,0 m
4	Kmeň > 1 m	Poranenie kmeňa, výška >1,0 m

Metodika merania poškodenia podrastu

Na základe výmery základného súboru (porastu, por. skupiny) sa stanoví počet skusných plôch s hustotou 1 plocha na hektár. Na každom stanovisku bude zisťovaný počet jedincov na plochách 2×2 , 4×4 , 6×6 metrov.

Po vykonaní ťažbovo-dopravného procesu sa získavanie údajov vykonaná obdobným spôsobom. Zber údajov sa však vykonáva na tranzektoch, ktoré budú rovnobežné s trasou lanovky a aby reprezentovali kolmú vzdialenosť od trasy lanovky, ako aj od vyvážacej linky pri použití špeciálnych lesných traktorov.

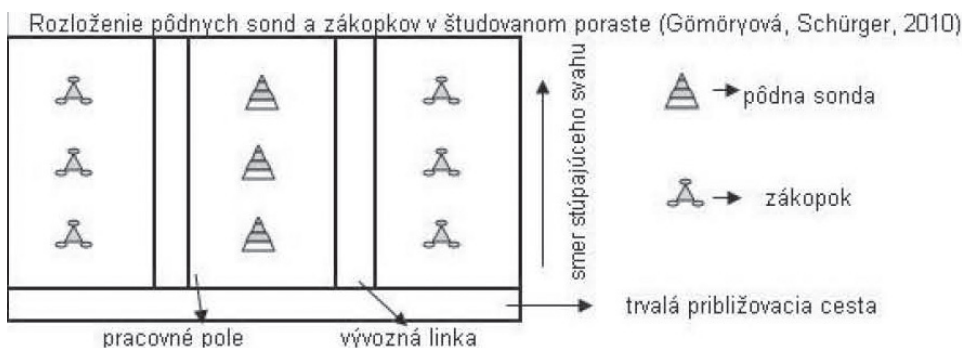
Okrem už uvedených veličín sa po ťažbovo-dopravnom procese budú sledovať aj poškodenie jedincov, a to podľa nasledovných znakov:

- zdravý (nepoškodený),
- odretý,
- zlomený.

V prípade, ak dôjde ku kombinácii viacerých druhov poškodenia, sa bude evidovať najvýznamnejšie z hľadiska škodlivého pôsobenia. Postupnosť významnosti je určená od najzávažnejšieho poškodenia: zlomený, odretý, zdravý.

Metodika merania poškodenia pôdy lesných porastov

V rámci študovaného porastu, v ktorom sa budú porovnávať dva stroje (napr.: LKT s klasickými pneumatikami a HSM s flotačnými pneumatikami) pri vykonávaní ťažbovo-obnovného procesu sa vykoná podrobná analýza pôdy. Jednotlivé rozmiestnenie pôdných sond a zákopkov zobrazuje (Obr. 5).



Obr. 5 Rozloženie pôdných sond a zákopkov v poraste

Fig. 5 Stands of soil probes

Pôdne sondy (hĺbka 80–100 cm), Zákopky (hĺbka 20–30 cm)

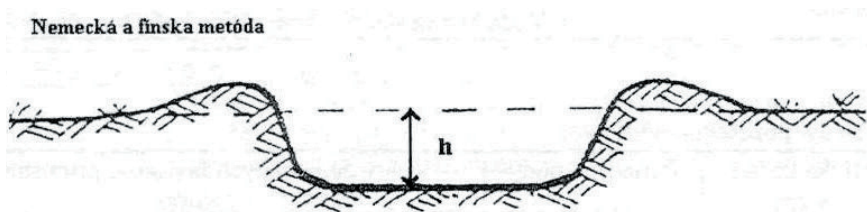
Hĺbka pôdných sond je 80–100 cm, kde záujmom štúdie je:

- Definovanie a odmeranie hrúbky jednotlivých horizontov pôdy (pokrývka humusu, humusová vrstva, A-horizont, B-horizont).
- Aktuálna pôdna vlhkosť jednotlivých horizontov sondou ThetaProbe.
- Zistenie objemovej hmotnosti jednotlivých vrstiev (A a B horizontu) Kopeckého valčekmi.
- Odhad obsahu skeletu pre každý horizont zvlášť.

Hĺbka koľají

Hĺbka koľají bude zisťovaná metódou priečných profilov tak, že zložená sústava výtyčiek sa položí kolmo na smer osi približovacej linky a meranie prebieha v 20cm sekciách

Pre použitie európskej metódy typov koľají je potrebné merať aj najväčšiu hĺbku koľaje bez ohľadu na 20 cm-vé sekcie. Meranie profilu koľají sa uskutoční podľa fínskej metódy, ktorá neberie do úvahy výšku vytlačenej zeminy ako to uvádza nasledujúci model profilu (Obr. 6).



Obr. 6 Spôsob merania priečných profilov približovacích liniek (Fínska metóda)

Fig. 6 Method of measuring lines cross sections (Finnish method)

Hĺbka sa meria s presnosťou na 1cm. Následne po zmeraní hĺbok priečného profilu sa vypočíta priemerná plocha daného profilu v m². Ak by bol povrch pôdy pokrytý vrstvou ťažbového odpadu, tento by sa odstránil, aby neskresľoval výsledné hodnoty. Rozmiestnenie jednotlivých profilov na približovacej linke alebo trase lanovky sa vykoná podľa sklonových sekcií, ktoré závisia od celkovej dĺžky približovacej linky alebo trasy lanovky, ako to uvádza tabuľka (Tab. 4).

V prípade výskytu dlhších sekcií sa prepočítava a zaokrúhľuje klasicky matematickým spôsobom podľa vzorca: dĺžka odmeranej sekcie/dĺžka modelovej sekcie tzn., nad 0,5 sa zaokrúhľuje nahor a pod nadol.

Na posledných 10-tich metroch približovacej linky alebo trasy lanovky sa umiestni 5 priečných profilov, t.j. na každých dvoch metroch v počte 1z hľadiska toho, že objem vytahovanej a približovanej drevnej hmoty sa akumuluje na ústí približovacej linky alebo trasy lanovky k trvalej približovacej ceste. V zapätí po zmeraní všetkých priečných

profilov sa vypočíta priemerný profil v m² a vynásobí dĺžkou linky, respektíve trasou lanovky (eróznej ryhy). Tým získame ťažbovo-dopravnú eróziu v m³ na konkrétnej linke. Vydelením počtom m³ približenej drevnej hmoty po danej trase získame priemerný údaj ťažbovo-dopravnej erózie na sústredený m³ dreva. Následne je možné tieto údaje spracovať graficky a porovnať dve technológie (lanovka, Šlkt), prípadne tri stroje (larix 3T, LKT 81T, HSM 805 HD).

Tab. 4 Metodika rozmiestnenia profilov na približovacej linke

Tab. 4 Methodology of placing profiles on the logging line

Dĺžka približovacej linky / trasy lanovky	Počet priečných profilov / sklonová sekcia
Do 75 m	1pr. / 5 m
Do 150 m	1pr. / 10 m
Nad 150 m	1pr. / 15 m
Na spodných 10 m linky	5pr.

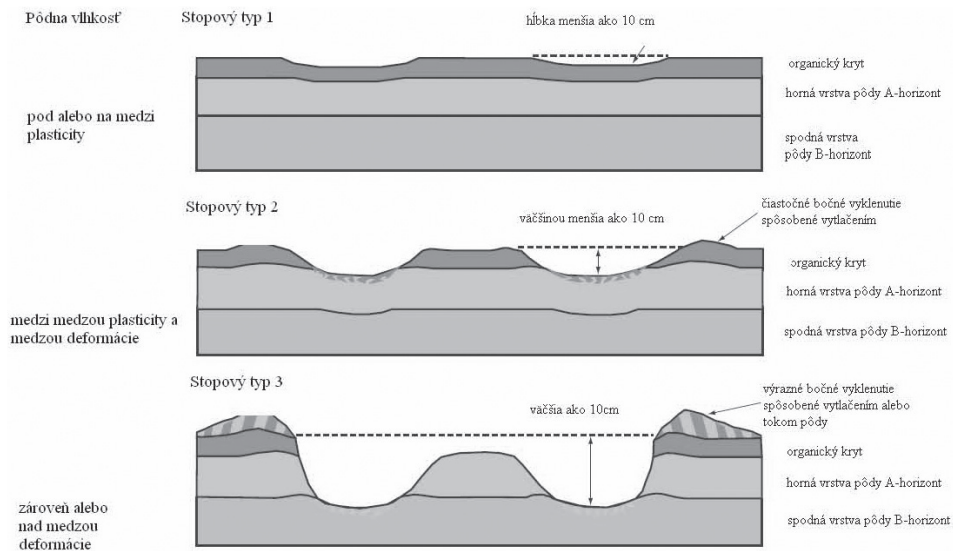
Pre hodnotenie a klasifikovanie jednotlivých stopových typov sa použije európska metodika merania koľají Lüscher (2009), kde sa jednotlivé sklonové sekcie zaradia do stopových typov uvedených na (Obr. 7).

Typ koľaje 1 s hĺbkou stopy do 10cm preukazuje stlačenie organického horného horizontu vo forme otlakov pneumatík (Obr. 7). Stopový typ 2 sa nachádza v rozmedzí plastickej deformácie z výrazným prehĺbením stopy väčšinou menšou ako 10 cm v A-horizonte (tmavšia premiešaná pôda s obsahom jemnej minerálnej zeminy a rozloženého organického materiálu – humusu). Možno je aj bočné vykľututie hornej vrstvy pôdy v malom rozsahu. Stopový typ 3 sa vyznačuje tromi znakmi, ktoré sa musia v jeho prípade vyskytnúť:

1. Koľaj je spravidla hlbšia ako 10 cm.
2. Koľaj alebo stopa zjavne siaha až do spodného horizontu pôdy (B-horizontu).
3. Na bočných okrajoch koľají sú zjavné deformácie (vykľututie koľají).

Je potrebné však uviesť, že stopový typ 3 okrem veľkej hĺbky stopy sa vyznačuje aj značne širšou stopou alebo pôsobením ako stopový typ 1 a 2. Na základe týchto spojitostí medzi stopovým typom a funkčnosťou pôdy je možné určiť konkrétny typ stopy, ktorého výskyt poukazuje na zjavné ekologické poškodenie pôdy (stopový typ 3). Týmto je daný praktický indikátor pre použitie v praxi, ktorý môže obsluha stroja pri výskyte stopového typu 3 jednoznačne určiť.

V Tab. 6 je uvedené hierarchické odstupňovanie kritérií na posúdenie stopových typov. Značné deformácie sa vytvárajú, keď v čase jazdy stroja po približovacej linke je pôdna vlhkosť nad bodom nasýtenia.



Obr. 7 Rozlišovanie stopových typov pri použití ťažbovej techniky (LUSCHER 2009)
Fig. 7 Differentiating the trace types by logging techniques using

Tab. 5 Hierarchia a ohraničenie kritérií rozoznávania stopových typov
Tab. 5 Hierarchy of criteria for trace types recognition

Kritérium	Stopový typ 1	Stopový typ 2	Stopový typ 3
Hĺbka stopy, koľaje	5 max. do 10cm v horných horizontoch	< 10 cm	> 10 cm zasahujúci do spodných horizontov
Tvorba pôdy	nerušená	+/- narušená	narušená
Zdeformovanie	žiadne	+/-	výrazné
Farba, znaky zamokrenia	Znaky zamokrenia podľa existujúcich lokálnych predpokladov		

Penetračný odpor pôdy

Metódu penetračného odporu pôdy je možné využiť iba pri prostriedkoch, ktoré vykonávajú približovanie dreva po pôdnom povrchu a pôsobia naň vlastnou váhou, ako aj váhou približovaného dreva. Toto meranie slúži pre porovnanie dvoch lesných strojov

pracujúcich v tých istých podmienkach s použitím odlišných typov pneumatík (klasické a flotačné). Pre lanovkové technológie je táto metóda neopodstatnená, keďže približovací prostriedok nevstupuje na porastovú pôdu. Vzniknuté poškodenie pôdy pri lanovkovej technológii sa pripisuje vplyvu ťahaného bremena, to znamená, že dochádza k orýpaniu (ťažbovo-dopravnej erózii) pôdneho povrchu čapom približovaného kmeňa ale nie k zhutneniu pôdy.

Penetračný odpor bude meraný penetrometrom „06.15 Penetrologger Set“. Na každom stanovišti sa vykonajú 3 merania. Pre objektivnosť merania sa zaznamenávala vlhkosť pôdy jednotlivých penetrácií vlhkosťou sondou ThetaProbe.

Body merania sa zakladajú na troch miestach:

1. nepoškodená pôda v poraste (mimo približovacej linky),
2. v koľaji,
3. medzi dvomi koľajami (s bočným vplyvom zhutnenia).

Poloha penetrácie bude zakladaná v miestach merania priečnych profilov približovacích liniek.

Pôdne vzorky

Pôdne vzorky odoberáme na zistenie objemovej hmotnosti pôdy. Objemovú hmotnosť (OH) charakterizujeme ako hmotnosť objemovej jednotky pôdy (1 m^3) v prirodzenom uložení. OH vyjadruje hmotnosť pevných častíc plus plynnú a kvapalnú fázu pôdy vyplňujúcu póry. Vyjadrujeme ju v ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$).

Zisťuje sa pomocou odobratej neporušenej vzorky pôdy do Kopeckého valčeka známeho objemu (105 mm^3 , alebo 100 ml) v prirodzenom uložení.

OH rozdeľujeme na neredukovanú (β_w) a redukovanú (β_d). β_d predstavuje hmotnosť určitej objemovej jednotky pôdy po vysušení vzorky pri teplote 105°C .

Odbery sa vykonávajú v miestach penetračných meraní neporušenej pôdy v poraste, koľaji a medzi koľajami približovacej linky, ako aj v jednotlivých vrstvách pôdy pri pôdnych sondách a zákopkoch.

Údaje získané terénnym meraním sa vyhodnotia matematicko-štatistickými metódami (analýza variancie, regresná a korelačná analýza, testy štatistických hypotéz a pod.). Charakteristiky výsledkov interpretujem v grafickej, tabuľkovej a textovej forme. K spracovaniu sa použijú dostupné programy a súčasti výpočtovej techniky (programy sady Microsoft Office, Eijkelkamp PenetroViewer 5).

ZÁVER

V súčasnom období obhospodarovania lesov podľa zásad trvalo-udržateľného hospodárenia vystupuje otázka šetrného zaobchádzania s lesným prostredím do popredia. Myšlienka využívania lesov ako zásob nevyčerateľného zdroja surovín bola našťastie prekonaná a preferuje sa hľadisko ich celospoločenských funkcií.

Poškodenie pôdy ťažbovo-dopravným procesom vzniká hlavne pohybom mechanizačných prostriedkov po neupravenom povrchu lesných porastov počas ťažby a sústredovania

dreva. Vzniká statický tlak spôsobený hmotnosťou stroja a dynamický vznikajúci pri pohybe stroja, následkom čoho dochádza k rozrušovaniu a zhutňovaniu najmä vrchných horizontov pôdy. Veľké množstvo faktorov (geologické podložie, fyzikálne, chemické, biologické vlastnosti pôdy, sklon svahu, ťažbová metóda, doba ťažby, objem vytŕaženého dreva, druh ťažby, ťažbová plocha, technológia, technika, frekvencia jász, operátori a pod.) ovplyvňujúcich mieru poškodenia určuje použitie technológie a techniky pre každý porast samostatne. Zložitosť vzťahov jednotlivých zložiek však nedovoľuje vytvorenie limitujúcich kritérií so všeobecnou platnosťou. Z dôvodu uvedených zákonitostí boli špecifikované výrobnotechnické podmienky, pre ktoré platia stanovené limity ťažbovodo-pravnej erózie a poškodenia lesa.

Lesnícke lanovky sú jednou z prijateľných a v súčasnosti uskutočniteľných spôsobov ako obhospodarovat lesy v zásadách trvalo-udržateľného hospodárenia. Najmä v horských a ťažko prístupných oblastiach plnia funkciu sprístupnenia a zároveň šetrného sústreďovania. Z uvedeného rozboru vyplýva, že Slovensko svojím orografickým zložením vytvára bohaté podmienky pre ich uplatnenie. Záleží teda len na prístupe zainteresovaných, či túto, kedysi veľmi rozšírenú technológiu opäť vrátia do našich lesov.

Použitá literatúra

- GREGOR, et al., 2007. Geológia a Pedológia. Zvolen: Technická univerzita, 141 s.
- HITTENBECK, J., 2009: Entwicklung eines Grenzneigungsmodells für selbstfahrende Erbeitsmaschinen in der Forstwirtschaft, Cuvillier Verlag Göttingen.
- KINDERNAY, D., 2010: Stanovenie limitov ťažbovodo-pravnej erózie a poškodenia lesa na vybraných stanovištných podmienkach, (Dizertačná práca), Technická univerzita Zvolen, s. 141, LF-11116-2078.
- LUKÁČ, T., 1996.: Lesné dopravníctvo. Zvolen, 228 s. ISBN 80-228-0563-7.
- LUKÁČ, T. et al., 2001: Lanovky v lesníctve, Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR, Zvolen, 167 s., ISBN 80-88677-82-3.
- LUKÁČ, T. et al., 2003: Výskum technologických, výkonnostných a enviromentálnych parametrov viacoperačných strojov v ťažbe a sústreďovaní dreva v horských oblastiach. Projekt VEGA 1/0633/03, 29. s.
- LÜSCHER, P., BORER, F., BLASER, P., 2009: Langfristige Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit des waldbodens durch mechanische Belastung, vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, ISBN 978-3-7281-3209-2.
- LÜSCHER P., FRUTIG F., SCIACCA S., SPJEVAK, S., THEES, O. (2009B) Physikalischer Bodenschutz im Wald. Birmensdorf: Eidgenöss. Forsch.anstalt Wald Schnee Landschaft, Merkblatt Praxis 45. 12 s. ISSN 1424-2876.
- MESSINGEROVÁ, V. 1999: Škody na ostávajúcom poraste a pôdnom povrchu po sústreďovaní dreva vo flyšovej oblasti. Acta Facultatis Forestalis Zvolen, XXXIX, s. 205–216.
- PETRÁŠ, R., 1997. Obhospodarovanie a poškodzovanie lesných porastov. Zvolen: Vedecká práca, LVÚ, 1996, zv. 41.
- RÓNAY, E., 1971: Zhodnotenie vplyvu približovania dreva na poškodenie lesa v lanovkových terénoch. (Doktorská dizertačná práca), Zvolen – Vysoká škola lesnícka a drevárska, 1971, 378 s.
- RÓNAY, E., BUMERL, M.: Doprava dreva, Príroda Bratislava, 1982, 320 p.
- SANIGA, M. 2002.: Pestovanie lesa. TU Zvolen, Zvolen, 2002, 246 s. ISBN 80-228-1113-0.
- SLUGEN, J., FERENCIČ, M., MESSINGEROVÁ, V., STANOVSKÝ, M., KINDERNAY, D., KOVÁČIK, P., 2009: Metodika stanovenia poškodzovania porastovej pôdy harvesterovými technológiami, Acta facultatis forestalis 51 (3), Technická univerzita vo Zvolene, s. 175–190, ISSN 0231-5785.
- STANOVSKÝ et al., 2002: Výskum a vývoj metód, techniky a technológií pestovných a ťažbových procesov pre obhospodarovanie horských lesov, Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene, Záverečná správa ČVTP 2730-04.

Adresa autora:

Ing. Ján Schürger

Katedra lesnej ťažby a mechanizácie

Lesnícka fakulta

Technická univerzita vo Zvolene

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen

Návrh metodických postupov na zhodnotenie negatívneho vplyvu traktorových technológií na pôdu v lanovkových terénoch

Abstrakt

Cieľom práce je vytvorenie a použitie optimálnych metodických postupov a hodnotiacich kritérií na posúdenie poškodenia pôdy ostávajúceho porastu, ako aj prirodzeného zmladenia pri ťažbovo-dopravnom procese vykonávanom traktorovou technológiou v lanovkových terénoch. Medzi najnešetrnejšie prostriedky na pôdny kryt sú považované technológie na báze kolesových alebo pásových podvozkov, keďže okrem ťahaného bremena pôsobia na lesnú pôdu svojou váhou, ako aj dynamickými rázmi, či preklzom kolies. Ťažbové činnosti vykonávané v lese môžu zapríčiniť výrazné poškodenie pôdy, najmä: rozrušovanie vrchných horizontov, odstránenie povrchovej vrstvy, vytlačanie z koľají, zhutňovanie, s čím sú následne spojené nepriaznivé zmeny vplývajúce na fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti, štruktúru, vodný režim a tým spojené prerastanie koreňov drevín. Tieto poškodenia pôdsa označuje ako ťažbovo-dopravná erózia, pričom rozsah tejto sa úmerne zvyšuje stúpajúcim sklonom a vlhkosťou pôdy a klesajúcim podielom skeletu v pôde. Zdravotný stav lesov na Slovensku a zvyšovanie jeho mimoprodukčných funkcií si vyžaduje, aby použité prostriedky a technológie čo v najmenšej miere poškodzovali prírodné prostredie. Preto je potrebné zharmonizovať pestovateľské, ťažbovo-dopravné a environmentálne ciele.

Kľúčové slová: lanovkový terén, poškodenie pôdy lesných porastov, traktorová technológia, ťažbovo-dopravná erózia

NÁVRH METODICKÝCH POSTUPOV NA ZHODNOTENIE HOSPODÁRNOSTI APLIKAČNÝCH RIEŠENÍ INTEGROVANEJ LOGISTIKY LESNEJ BIOMASY

Zuzana V Y S K O K O V Á

Vyskoková, Z.: Logistics of forest biomass. Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 157–170.

Forestry is an important renewable energy sources producer and because Slovakia depends on energy import, these resources will be strategically important. Biomass, as a form of renewable energy, is considered to be the source with the greatest potential. Using biomass will reduce the negative impact on the environment caused by fossil fuels. Lower energy costs may be reflected not only in energy prices for end-consumers, but also in lower product prices, resulting from increasing products competitiveness on the market. But the fact is, that the biomass potential is today largely unpractised and in Slovakia doesn't exist regularly function market with this article. Therefore, for each investment have to be carefully analyzed the technological, technical and economic aspects of harvest and also long-term supply of biomass energy in forests and their best logistic support. The application of logistics principles have to optimize a number of specific logistical problems (material movement coordination, equipment, personnel, products and services). The application of logistics solutions in forest management have to evaluate the specific conditions, which affect the regularity of biomass supplying, the quality, production costs and also its selling price. The work will assess 9 basic technologies for biomass production and transport. By the place of chipping, technological scheme can be divided into three parts. Each of these places can be supplied with three types of logging (restoration, thinnings over 50 years, thinnings under 50 years). The aim of this paper will be to quantify costs, identify their composition and on the basis of these facts suggest ways of their minimalization.

Keywords:

1. ÚVOD A PROBLEMATIKA

Lesné hospodárstvo je dôležitým producentom obnoviteľných zdrojov energie a pre Slovensko, ktoré je odkázané na dovoz energetických surovín, budú mať tieto zdroje strategický význam. Obnoviteľné zdroje energie definuje ZÁKON Č. 309/2009 Z. Z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby: je to nefosilny zdroj energie, ktorého energetický potenciál sa trvalo obnovuje prírodnými procesmi alebo činnosťou ľudí. Ide o týchto sedem zdrojov: vodná energia; slnečná energia; veterná energia; geotermálna energia; biomasa vrátane všetkých produktov jej spracovania; bioplyn (a skládkový plyn, ako aj plyn z čističiek odpadových vôd); biometán (ENERGIE-PORTAL, 2010).

1.1 Biomasa, dendromasa

Biomasa, ako jedna z foriem obnoviteľných zdrojov energie, je považovaná za zdroj s najväčším potenciálom. Vo všeobecnosti pod pojem biomasa je možné zahrnúť všetku živú a organickú hmotu v danom systéme, ktorá vznikla a vyvíjala sa ako produkt životných prejavov (vývoj, rast, reprodukcia) živých organizmov (DEMKO et al., 1990). SMERNICA 2001/77/ES „O podpore elektrickej energie vyrábanej z obnoviteľných zdrojov“ definuje biomasu ako biologicky rozložiteľnú zložku výrobu alebo zvyšku rastlinných a živočíšnych látok z poľnohospodárstva, lesníctva alebo biologicky rozložiteľnú zložku priemyselného odpadu vrátane lúhu zo spracovania dreva a komunálneho odpadu. Z lesníckeho hľadiska je významná dendromasa. Podľa STN 48 00 01 Terminológia v lesnom hospodárstve jej definícia znie: „Dendromasa je nadzemná a podzemná masa stromov alebo porastu vyjadrená v hmotnostných alebo objemových jednotkách“. Všeobecná definícia dendromasy ako paliva podľa TRENČIANSKY et al. (2007): Dendromasa je produkt pozostávajúci zo zdrevnatenej rastlinnej hmoty pochádzajúcej z pôdohospodárstva, drevospracujúceho priemyslu alebo z iných zdrojov, ktorú možno využiť na výrobu energie. Lesy na Slovensku (Obr. 1) podľa Národnej inventarizácie a monitoringu lesov SR zaberajú 44,3 % $\pm$ 0,4 % z územia (ŠMELKO et al., 2008).

Využívaním biomasy sa zníži energetická závislosť na fosílnych palivách a zároveň sa zhodnotia domáce zdroje energie, zvýši sa spoľahlivosť dodávok energie, zvýšia sa ekonomické aktivity na vidieku, pričom sa vytvoria nové pracovné miesta a spomali sa odliv pracovníkov z vidieka do miest. Využívaním biomasy sa zníži negatívny vplyv na životné prostredie spôsobený používaním fosílnych palív a zároveň sa nižšie náklady na získavanie energie môžu premietnuť nielen do cien energie pre konečného spotrebiteľa, ale aj do cien výrobkov, čo sa prejaví zvýšením konkurencieschopnosti výrobkov na trhu.

Nezanedbateľný význam pri využívaní biomasy je znižovanie exhalátov CO₂, pričom sa predpokladá zníženie emisie skleníkových plynov až o 20 % do roku 2020 v EÚ. Okrem toho sa Slovensko zaviazalo dosiahnuť 14 %-ný podiel OZE na celkovej spotrebe energií do roku 2020. Je to ambiciózny záväzok, pretože podiel obnoviteľných zdrojov v súčasnosti dosahuje približne 7 % (SLOVÁK, HALUZA, 2010).

Skutočnosťou je, že potenciál biomasy dnes ostáva do značnej miery nevyužitý a na Slovensku nie je vyvinutý pravidelne fungujúci trh s týmto artiklom. Preto je pri každej investícii potrebné dôkladne analyzovať aj technologické, technické a ekonomické aspekty ťažby a dlhodobých dodávok energetickej biomasy z lesov a aj ich najvhodnejšie logistické zabezpečenie.



Obr. 1 Lesnatosť

Fig. 1 Forest coverage

1.2 Logistika

Logistika je v súčasnosti modernou interdisciplinárnou aplikovanou vednou disciplínou. Jej historický vývoj je spätý s matematikou, potrebou optimalizácie riadenia obchodných a armádnych činností, s výrazným rozvojom informačných technológií a tento pojem sa udomácnil aj v ekonomickej terminológii. V rámci historického vývoja a možných aplikačných riešení sa problematikou logistických riešení zaoberalo mnoho autorov, pričom sa tak vymedzilo niekoľko definícií, ktoré konkretizujú pojem logistika:

- Logistika je plánovanie potreby, výkonov, času a priestoru, ako i riadení a prevádzaniu plánovaných materiálových tokov pri hľadaní nákladového optima (RUPER, SCHEUZER, 1988).
- Logistika je interdisciplinárna veda, ktorá sa zaoberá koordináciou, zosúladením prepojením a optimalizáciou toku surovín, materiálu, polovýrobov, výrobkov a služieb, ale tiež tokov informácií a financií z hľadiska uspokojenia zákazníka za najnižšieho vynaloženia prostriedkov (KRÁLOVENSKÝ et al., 2001).
- Logistika je súhrn činností, systematicky zameraných na získanie materiálov z priemerných zdrojov a všetky medzi postupy pred dodaním konečnému užívateľovi, s výnimkou vlastných výrobných procesov (SVOBODA, 2006).
- Logistika je súhrnným pojmom pre všetky procesy, ktoré určujú priestorovú a časovú alokáciu zásob reálnych statkov a sítě materiálov a produktov. Funkčný obraz logistiky je charakterizovaný prepravnými, skladovacími a prekladovými postupmi (STEHLÍK, KAPOUN, 2008).

Významnú úlohu pri optimalizácii konkrétnych činností v logistickom systéme má kalkulácia nákladov, pričom za relevantne efektívne riešenie sa považuje to, ktoré

vyžaduje minimálne náklady na realizáciu. Medzi hlavné skupiny logistických nákladov patria (ROSOVÁ, 2007):

- *Variabilné náklady* – nazývané tiež logistickými nákladmi na výkon, sú vyvolané bezprostredným vykonávaním logistických výkonov, najmä spotrebou určitých výrobných faktorov (napr. pohonných hmôt, energie a pod.).
- *Fixné náklady* – nazývané tiež logistické náklady na pohotovosť (disponibilitu), vznikajú použitím logistických kapacít. Nemenia svoju veľkosť bezprostredne s počtom poskytnutých logistických výkonov, sú vyvolané prípravou a držaním kapacít v pohotovosti (pracovníkov, dopravných a manipulačných prostriedkov, budov skladu).

Lesníctvo je vhodným odvetvím národného hospodárstva pre implementáciu aplikovaných logistických riešení (MESSINGEROVÁ et al., 2010) a náklady je možné znížiť zefektívnením logistických operácií. Uplatnenie logistických princípov by malo v každej sfére optimalizovať celý rad osobitých logistických problémov (koordinácia pohybu materiálu, techniky, pracovníkov, produktov a služieb). Rozpracované boli konkrétne návrhy simulácií a modelov zamerané na zvyšovanie ekonomickej efektívnosti hospodárenia, znižovanie negatívnych environmentálnych vplyvov na lesné ekosystémy a celkovú humanizáciu práce (automatizácia pracovných postupov). Ich tvorcami sú napr. MITCHELL et al. (1995), GALLIS (1996), CUNDIFF et al. (1997), HUISMAN et al. (1997), ALLEN et al. (1998), GEMTOS, TSIRICOGLU (1999), MITCHELL (1999, 2000), GRAHAM et al. (2000), NAGEL (2000), VIOVONTAS et al. (2001), NILLSON et al. (2001), PAPADOPOULOS et al. (2002), TUČEK, SUCHOMEL (2003, 2009), FREPPAZ et al. (2004), CAPUTO (2005), ILAVSKÝ et al. (2006), KOREŇ et al. (2007), RENTIZELAS et al. (2009) a mnohí ďalší.

Cieľom práce je vykonať identifikáciu, optimalizáciu a modelovanie logistického toku – jednotlivých jeho fáz z technologického a ekonomického uhla pohľadu.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Skúmané územie

Výrobou lesnej štiepky zo zdrojov štátneho podniku Lesy SR sa zaoberá špecializovaný Odštepňý závod Biomasa v Leviciach so 7 regionálnymi strediskami: RS Beňuš, RS Čadca, RS Levice, RS Palárikovo, RS Revúca, RS Trenčín, RS Vranov. Časové a výkonnostné merania sa vykonávajú v miestach pôsobnosti OZ Biomasa Levice. Konkrétne územia sa vyberú v závislosti od aktuálneho výskytu strojov.

2.2 Časové štúdie práce

Časová štúdia podáva presný obraz o časovom rozložení a trvaní pracovnej činnosti, resp. jej zložiek, t.j. zisťuje sa druh a veľkosť skutočnej spotreby pracovného času, najmä veľkosť a druhy časových strát, a odhaľujú sa príčiny ich vzniku, ako sa aj určuje nevyhnutná spotreba pracovného času potrebného na hospodárny priebeh pracovno-organizačného deja (GALAJDOVÁ et al., 2004). Časová štúdia nie je len metódou zberu

informácií o skutočnom stave, resp. o skutočnom časovom priebehu jednotlivých druhov prác vo výrobnom procese, ale umožňuje i hľadať a navrhovať racionálne spôsoby vykonávania týchto prác z hľadiska času (HÜTTLOVÁ, 1997).

Princíp metódy časovej štúdie práce (KINDERNAY, 2010): časový záznam pracovných úkonov opakujúcich sa v pracovnom cykle. Za účelom vylúčenia subjektívnych chýb merača bude použitá videochronometráž na záznamových médiách VHS, DVD prípadne pamäťových kartách. Zaznamenávaná bude práca všetkých strojov v logistickom toku biomasy, od lokality peň, po naloženie štiepky na odvozné prostriedky (UKT, LKT, harvester, lanovka, štiepkovač, odvozné prostriedky). Záznam bude v rámci kancelárskych prác spracovaný s presnosťou na minúty softwarom Corel Video Studio Pro X3. V prípade potreby detailnejších časomerných údajov ako je uvedené v nasledujúcom texte, digitálny záznam umožňuje informácie doplniť.

2.2.1 Snímka pracovného cyklu

Pozorovanie a meranie celkovej spotreby pracovného času v priebehu celej smeny. Cieľom bude zistiť druhy a veľkosť spotreby času smeny, najmä veľkosť a druhy pracovných strát, odhaliť príčiny ich vzniku a vypracovať návrh opatrení k maximálnemu využitiu smeny produktívnou prácou.

Pracovná smena pozostáva z intervalov produktívneho a neproduktívneho času, ktorých podiely signifikantne korelujú s produktivitou práce. Sumarizáciou časovej spotreby pracovných operácií v pracovných cykloch a evidenciou spotreby času mimo nich dostaneme celkový obraz o využití pracovnej smeny.

2.2.2 Snímka pracovnej operácie

Snímka operácie je metóda prieskumu pracovného času pripadajúceho na pravidelne sa opakujúce operácie alebo ich časti (úkony). V tejto časti práce bude stanovená priemerná skutočná spotreba pracovného času na vykonanie jednotlivých zložiek operácie. To si vyžaduje niekoľkonásobné pozorovania a merania, ktoré eliminujú vplyv náhodných okolností.

2.2.3 Skryté kapacity vo výrobnom procese – ukazovateľ OEE

Skratka OEE je odvodená z anglických slov Overall Equipment Effectiveness. Pojmom efektivita sa týmto ponímaním rozumie účinnosť posudzovaného výrobného zariadenia porovnávajúca jeho skutočnú produkciu s produkciou, ktorá by mohla byť zariadením dosiahnutá. V práci bude využitý software *PLANTRUN OEE Calculator*. Pre výpočet OEE sa vyhodnocujú tri čiastkové ukazovatele: dostupnosť, výkon, kvalita. Tieto tri faktory sú vyjadrené číslom z intervalu 0 až 1, preto aj OEE bude číslo z intervalu 0 až 1. V percentuálnom vyjadrení je to číslo z intervalu 0 až 100. Výpočet je možné modifikovať a prípadne vynechať niektorý čiastkový ukazovateľ. Vzťah OEE a zmeny produktivity je

teda lineárnou funkciou. RAKYTA (2008) uvádza, že úspora 1 € vo výrobe zvýši zisk viac ako zvýšenie predajnej ceny o tú istú čiastku.

2.3 Náklady

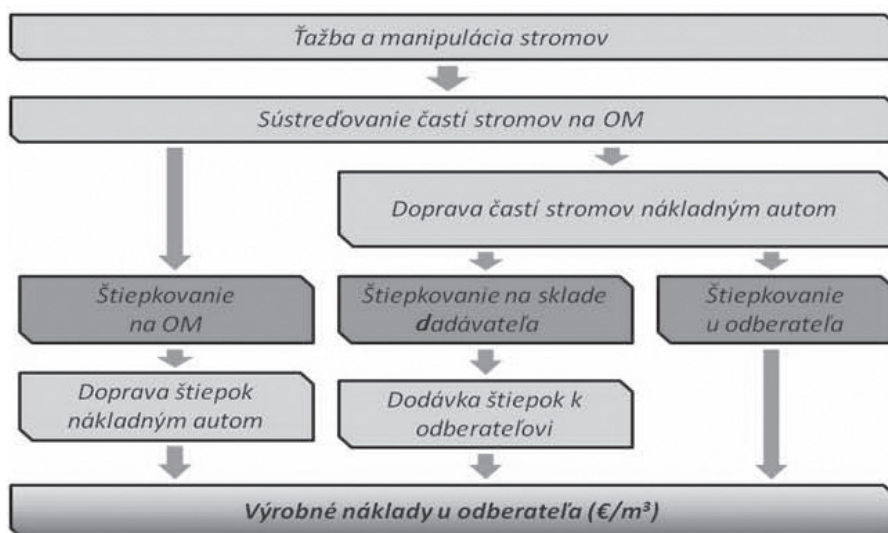
Náklady sú (okrem hospodárskeho výsledku) najsúhrnnejším ukazovateľom hospodárenia výrobných jednotky, odráža sa v nich výrobná, zásobovacia, odbytová činnosť, aj technická, ekonomická a organizačná úroveň. Náklady vyjadrujú peňažné ocenenie spotreby výrobných faktorov nevyhnutných na uskutočnenie výroby za určité obdobie.

Odpoveď na otázku o účelnosti vynaloženej živej i zhmotnenej práce pri logistike dendromasy dá analýza nákladov, ktorej základnou úlohou bude:

- posúdenie vývoja nákladov vo vzťahu k vývoju objemu výroby,
- určenie hlavných činiteľov ktoré pôsobia na objem nákladov a ich podielu na výslednej zmene nákladov,
- odhalenie zdrojov a príčin pozitívnych a negatívnych výsledkov v oblasti spotreby nákladov a vymedzenia ciest smerujúcich k znižovaniu, resp. udržaniu ukazovateľa nákladovosti.

2.3.1 Štruktúra nákladov pri ťažbe a doprave dendromasy

Zjednodušená štruktúra výrobných postupov je zachytená na obrázku (Obr. 2):



Obr. 2 Schéma analyzovaných technologických postupov (ILAVSKÝ et al., 2006)

Fig. 2 Scheme of analyzed technological processes (ILAVSKÝ et al., 2006)

Štruktúra nákladov sa pri jednotlivých výrobných postupoch skladá z investičných, prevádzkových a personálnych nákladov. Tieto je možné rozdeliť do dvoch kategórií:

- *fixné* – nezávisia na objeme výroby ale na čase,
- *variabilné* – závislé na objeme výroby.

Pre kalkulácie nákladov sa použije nasledovný postup (ceny dreva na pni sa do kalkulácie nezahrnú):

Náklady na ťažbu a manipuláciu stromov

Náklady na tieto pracovné operácie sa vypočítajú v ihličnatých a listnatých porastoch pre:

- moto-manuálnu technológiu,
- harvesterovú technológiu.

Ťažbové náklady budú kalkulované nie len zvlášť pre ihličnaté a listnaté dreviny, ale tiež podľa typu ťažby pre obnovné a výchovné ťažby. Priemerné náklady na výchovné ťažby budú ďalej transformované na náklady v mladších (do 50 rokov) a starších (nad 50 rokov) porastoch. Objem stromu je najdôležitejší faktor ovplyvňujúci náklady na ťažbu. Stromy v mladších výchovných ťažbách sú menej objemné v porovnaní s porastmi vo vyššom veku, preto sa pre výpočet priemerných nákladov na výchovné ťažby použije redukčný faktor $r_f = 1,45$ pre mladšie výchovné ťažby a $r_f = 0,95$ pre staršie výchovné ťažby. Tieto faktory sú expertným odhadom na základe terénnych meraní vo fínskych podmienkach (LAIILA et al., 2004).

Výsledkom kalkulácie budú náklady na ťažbu a manipuláciu v €/m³.

Náklady na sústred'ovanie dendromasy

Vstupnými údajmi pre kalkuláciu sústred'ovania dreva rôznymi technológiami sú (pri výchovných aj obnovných ťažbách):

- vzdialenosť sústred'ovania (m),
- veľkosť nákladu (m³),
- strojové hodinové náklady na prácu stroja v obnovných ťažbách a výchovných ťažbách (€/mth).

Pozn.: Normy spotreby PHM u našich ťažbovo-dopravných prostriedkov, ktoré sa v prevažnej miere podieľajú na lesnej výrobe v procese produkcie lesnej biomasy /harvester, vývozná súprava, LKT 82 C s hydraulickou rukou/na objednávku š.p. Lesy SR vypracoval Národný lesnícky výskumný ústav – LVÚ Zvolen. Normy sú stanovené – spotreba PHM v litroch/motohodina, nakoľko všetky tieto prostriedky sú vybavené počítadlom motohodín.

Výsledkom kalkulácie budú náklady na sústred'ovanie v €/m³.

Náklady na odvoz dendromasy

Na odvoz štiepok sa používajú veľkokapacitné nákladné autá s určitým objemom nadstavby (m^3) a na odvoz nezoštiepkovaného materiálu (drevo z konárov, vrcholcov a tenkých stromov) sa uvažuje s nákladnými autami s hydraulicky ovládanou nadstavbou na kompresiu dendromasy. Prevodové koeficienty sú v Tab. 1.

Tab. 1 Prepočítavacie koeficienty z priestorových metrov na m^3 (ÖHU, 2006) – nad čiarou, (Ilavský et al. – prípadová štúdia, 2006) – pod čiarou

Tab. 1 The conversion rates of spatial meters per m^3 (ÖHU, 2006) – over the line, (ILAVSKÝ et al. – Case Study, 2006) – under the line

Jednotka miery, sortiment	m^3 (guľatina)	prm (rovnané drevo)
1 m^3 guľatiny	1	1,4
1 prm rovnané drevo (1 m dlhé)	0,7	1
1 sprm les. štiepky (G 30 jemná)	0,4	0,55
1 sprm les. štiepky (G 50 stredná)	0,33	0,5
1 prm neposekaná biomasa	0,28	–

Výsledkom kalkulácie budú náklady na odvoz nezoštiepkovanej dendromasy v €/m³ a náklady na odvoz štiepky v €/m³ odstupňované po 10 km (t. j. vzdialenosť medzi miestom naloženia dendromasy a skladoom odberateľa).

Náklady na štiepkovanie dendromasy

Budú sledované náklady na štiepkovanie:

- na OM štiepkovačom dodávateľa,
- na centrálnom sklade dodávateľa (k týmto je potrebné pripočítať náklady na manipuláciu so štiepkami na centrálnom sklade),
- na sklade odberateľa.

Výsledkom kalkulácie budú náklady na štiepkovanie dendromasy (na OM, na centrálnom sklade, na sklade odberateľa) v €/m³.

Celkové náklady

Celkovo bude hodnotených 9 základných výrobných technológií na výrobu a dopravu energetickej dendromasy. Podľa miesta výroby štiepky sa technologická schéma člení na tri časti (OM, centrálny sklad dodávateľa, sklad odberateľa). Na každé z týchto miest je možné dodať dendromasu z troch druhov ťažby (obnovná, výchovná nad 50 rokov, výchovná do 50 rokov). Úlohou práce bude kvantifikovať náklady, identifikovať ich zloženie za podmienok uvedených v predošlom texte a na základe týchto skutočností navrhnúť spôsoby ich minimalizácie.

2.3.2 Nákladová funkcia a analýza bodu zvratu

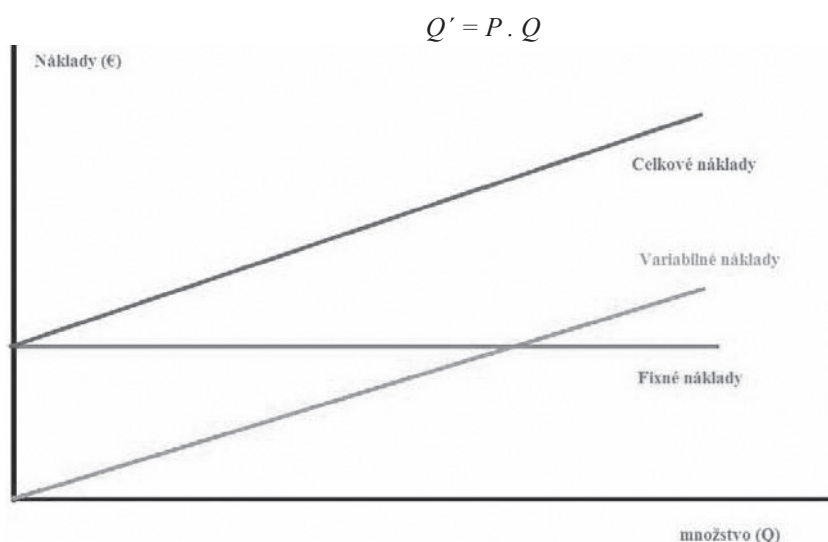
Analýza bodu zvratu (Break Even-Point Analysis) je nástroj, ktorý na základe známej ceny predaja umožňuje modelovať množstvo produkcie, predajom ktorého je možné dosiahnuť zisk.

Vývoj celkových nákladov (Obr. 3) v závislosti na dosahovanom objeme výroby možno vyjadriť pomocou nákladovej funkcie (SYNEK, 2000):

$$CN = VN + FN$$

$$CN = FN + b \cdot Q$$

Pre získanie objemu výroby vyjadreného v eurách vynásobíme objem výroby (v merných jednotkách – ks, t...) cenou za jednu mernú jednotku.



Obr. 3 Celkové náklady

Fig. 3 Total costs

Nákladová funkcia bude mať potom tvar:

$$CN = FN + b' \cdot Q'$$

V rámci rozboru nákladov možno vypočítať bod zvratu. Bod zvratu vyjadruje objem výroby, pri ktorom sa dosiahnuté tržby rovnajú celkovým nákladom. V tomto bode nie je dosiahnutý zisk, ale ani strata.

$$T = CN$$

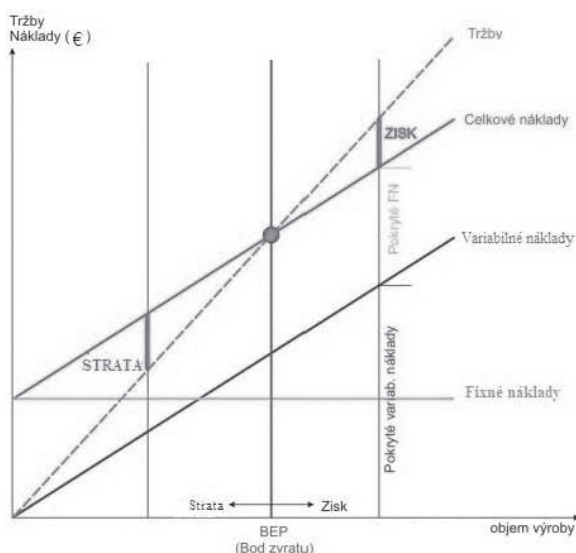
Dosadením do základného vzťahu za tržby a celkové náklady dostaneme rovnicu:

$$P \cdot Q = FN + b \cdot Q$$

Objem výroby, pri ktorom je táto rovnosť dosiahnutá, predstavuje bod zvratu (Obr. 4):

$$Q_{bz} = \frac{FN}{P - b}$$

Na základe tohto vzťahu je možné určiť množstvo produkcie tak, aby boli pokryté celkové náklady a bol dosiahnutý zisk. Ak sa vyrobí menej, zisk bude mať zápornú hodnotu (strata), ak viac, zisk bude kladný.



Obr. 4 Bod prelomu

Fig. 4 Break even point

Pokiaľ bude objem produkcie vyjadrený v eurách, rovnica bodu zvratu bude mať tvar:

$$Q' = FN + b' \cdot Q$$

$$Q_{bz'} = \frac{FN}{1 - b'}$$

Rozdiel $P - b$, resp. $1 - b$ predstavuje tzv. príspevok na úhradu fixných nákladov a tvorbu zisku. Je to čiastka, ktorou prispieva každá merná jednotka, resp. každé euro produkcie, na uhradenie fixných nákladov a po ich uhradení ďalej na tvorbu zisku.

Pri predošlých modeloch sa neuvažovalo s tvorbou zisku. Objem výroby potrebný na dosiahnutie určitej úrovne zisku je taký objem výroby, pri ktorom platí podmienka, že

tržby sú dosť vysoké na to, aby pokryli celkové náklady a zisk.

$$T = CN + Z$$

$$P \cdot Q = FN + b \cdot Q + Z$$

Vyriešením nasledujúcej rovnice sa získa hľadaný objem výroby:

$$Qz = \frac{FN + Z}{P - b}$$

Pre získanie produkcie vyjadrenej v eurách má rovnica bodu zvratu tvar:

$$Q' = FN + b' \cdot Q + Z$$

Hľadaný objem výroby sa vypočíta vyriešením rovnice:

$$Qz = \frac{FN + Z}{1 - b'}$$

Značky zo vzorcov:

Q	– objem výroby	P	– cena 1 mernej jednotky
Q'	– objem výroby vyjadrený peňažne	b	– VN na 1 mernú jednotku
Qbz	– objem výroby v bode zvratu	b'	– b vyjadrené peňažne
CN	– celkové náklady	Z	– zisk
VN	– variabilné náklady	Qz	– objem výroby so ziskom
FN	– fixné náklady	$P - b, 1 - b'$	– príspevok na úhradu FN
T	– tržby		

2.3.3 Analýza citlivosti

Analýza citlivosti vo všeobecnosti predikuje vplyv zmeny jedného faktora na projekt ako celok a umožňuje identifikovať faktory, ktoré naň majú najväčší dopad.

V tejto práci bude vykonaná napríklad analýza vplyvu jednotlivých druhov nákladov podľa kalkulačného vzorca resp. v členení na fixné a variabilné, na celkové náklady na výrobu a dopravu energetického dreva (resp. výrobu a dopravu štiepky) ku konečnému odberateľovi.

Postup:

1. Identifikujú sa faktory pôsobiace na celkové náklady.
2. Definujú sa závislosti celkových nákladov na týchto faktoroch.
3. Vykoná sa modelovanie zmeny hodnôt faktorov a ich vplyvu na celkové náklady – výsledkom bude kompletná matica citlivosti.
4. Stanoví sa poradie významnosti vplyvu faktorov.
5. Vytvorí sa priestor pre optimalizáciu úzkych miest (najvýznamnejšie faktory).

3. DISKUSIA A ZÁVER

Významu a hospodárskemu potenciálu biomasy nebola v slovenskom hospodárstve dodnes venovaná adekvátna pozornosť a nie je ani vyvinutý pravidelne fungujúci trh s dendromasou na energetické využitie. Preto je pri každej investícii potrebné dôkladne analyzovať aj technologické, technické a ekonomické aspekty ťažby a dlhodobých dodávok energetickej biomasy z lesov a aj ich najvhodnejšie logistické zabezpečenie. Nespornou výhodou biomasy je jej obnoviteľnosť a taktiež ekologická vhodnosť.

Uplatnenie logistických princípov by malo v každej sfére optimalizovať celý rad osobitých logistických problémov (koordinácia pohybu materiálu, techniky, pracovníkov, produktov a služieb). V zásade sa v rámci aplikačných logistických riešení v lesnom hospodárstve musia hodnotiť špecifické podmienky popísané v problematike a špecifické je i utváranie dopytu, ponuky a ich interakcie na trhu z toho dôvodu, že ide o komoditnú surovinu. Tieto skutočnosti významne ovplyvňujú pravidelnosť dodávok biomasy, jej kvalitu, náklady na výrobu a tým aj jej predajnú cenu.

V metodike práce sú skĺbené lesnícke, ťažbovo-dopravné a ekonomické disciplíny a ich výsledkom by mala byť identifikácia súčasných nedostatkov v danej oblasti a návrhy na ich elimináciu, resp. odstránenie.

4. Použitá literatúra

1. ALLEN, J., BROWNE, M., HUNTER, A., BOYD, J., PALMER, H. 1998. Logistics management and costs of biomass fuel supply, In *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 28(6), p. 463–477.
2. CAPUTO, A., PALUMBO, M., PELAGAGGE, P., SCACCHIA, F. 2005. Economics of biomass energy utilization in combustion and gasification plants: effects of logistics variables, In *Biomass and Bioenergy* 28.
3. CUNDIFF J, DIAS N, SHERALI H. 1997. A linear programming approach for designing a herbaceous biomass delivery system, In *Bioresource Technology* 59, p. 47–55.
4. DEMKO, J., LUKÁČ, T. 1990. Komplexné využitie biomasy v lesnom hospodárstve. TU Zvolen, 183 s.
5. ENERGIE-PORTAL. 2010. Obnoviteľné zdroje energie: definícia základných pojmov. Dostupné na internete: www.energie-portal.sk/Dokument/obnovitelne-zdroje-energie-definicia-zakladnych-pojmov-100106.aspx.
6. FREPPAZ, D., MINCIARDI, R., ROBBA, M., ROVATTI, M., SACILE, R., TARAMASSO, A. 2004. Optimizing forest biomass exploitation for energy supply at a regional level, In *Biomass and Bioenergy* 26, p. 15–25.
7. GALAJDOVÁ, V., HITKA, M. 2004. Základy personálnej práce. Zvolen: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene. 101s. ISBN 80-228 -1341-9.
8. GALLIS, C. 1996. Activity oriented stochastic computer simulation of forest biomass logistics in Greece, In *Biomass and Bioenergy* 10, p. 177–182.
9. GEMTOS, T., TSIRICOGLU, T. 1999. Harvesting of cotton residue for energy production, In *Biomass and bioenergy* 16, p. 51–59.
10. GRAHAM, R., ENGLISH, B., NOON, C. 2000. A Geographic Information System based modeling system for evaluating the cost of delivered crop feedstock, In *Biomass and Bioenergy* 18, p. 309–329.
11. HUISMAN, W., VENTURI, P., MOLENAAR, J. 1997. Costs of supply chains of *Miscanthus giganteus*, In *Industrial Crops and Products* 6, p. 353–366.
12. HÜTTLOVÁ, E. 1997. Organizácia práce a pracovné podmienky, Praha: VŠE Praha. 133 s. ISBN 80-245-0782-X.
13. ILAVSKÝ, J., LAITILA, J., PAPAI, V. 2006. Štúdia o dostupných zdrojoch biomasy a ich efektívnom zabezpečení na výrobu energie vo Zvolenskej teplárenskej a. s. Zvolen: TU Zvolen. 76 s.
14. ILAVSKÝ, J., ORAVEC, M. 1992. Energetické využitie dendromasy, LVÚ Zvolen. s. 182.
15. KINDERNAY, D. 2010. Stanovenie limitov ťažbovo-dopravnej erózie a poškodenia lesa na vybraných stanovištných podmienkach – dizertačná práca, Technická univerzita vo Zvolene. 130 s.

16. KOREŇ, M. – PAPAJ, V. – TUČEK J. (2007). Vzdialenostné analýzy pre trojrozmerné dynamické modelovanie. Mezinárodní symposium GIS Ostrava 2007, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta hornícko-geologická, Institut geoinformatiky.
17. KŤÁLOVENSKÝ, J., GNAP, J., MAJERČÁK, J., ŠULGAN, M. 2001. Postavenie dopravy v logistike, 1. vydanie. Žilina: Žilinská univerzita v EDIS.
18. LAITILA, J., ASIKAINEN, A., SIKANEN, L., KORONEN, K.T., NUUTINEN, Y. 2004. Cost factors of the production of small-sized wood chips and supply logistics, In Working papers of Finish Forest Research Institute 3.
19. MESSINGEROVÁ, V., SAČKOV, I., VÝSKOKOVÁ, Z. 2010. Logistika pre využívanie energie z lesnej biomasy – Aplikčné riešenie pre spracovanie biomasy ako energetickej suroviny lesníckou integrovanou ťažbovo-dopravnou technológiou (v tlačí). Zvolen: Vydavateľstvo TUZVO, 80 s.
20. MITCHELL, C. 2000. Development of decision support systems for bioenergy applications, In Biomass and Bioenergy 1, p. 265–278.
21. MITCHELL, C., BRIDGWATER, A., STEVENS, D., TOFT, A., WATTERS, M. 1995. Technoeconomic assessment of biomass to energy, In Biomass and Bioenergy 9, p. 205–226.
22. MITCHELL, C., STEVENS, E., WATTERS, M. 1999. Short-rotation forestry – operations, productivity and costs based on experience gained in the UK, In Forest Ecology and Management 12, p. 123–136.
23. MITCHELL, D. 2006. Case study of a biomass chipping operations on National Forest Lands. Alabama: Southern research station. Dostupné na internete: <http://www.forestprod.org/smallwood06mitchell.pdf>
24. NAGEL, J. 2000. Determination of an economic energy supply structure based on biomass using a mixed-integer linear optimization model, In Ecological Engineering 16, p. 91–102.
25. NILSSON, D., HANSSON, P. 2001. Influence of various machinery combinations, fuel proportions and storage capacities on costs for co-handling of straw and reed canary grass to district heating plants, In Biomass and Bioenergy 20, p. 247–260.
26. NORMY ONORM M 7132
27. NORMY SPOTREBY PHM – harvester, vývozná súprava, LKT 82 C s hydraulickou rukou. Národné lesnícke centrum – LVÚ Zvolen.
28. PAPADOPOULOS D, KATSIGIANNIS P. 2002. Biomass energy surveying and techno-economic assessment of suitable CHP system installations, In Biomass and Bioenergy 22, p. 105–124.
29. RAKYTA, M. 2008. TPM: trend pre dosiahnutie excelencie údržby, In Sborník 5. mezinárodní odborné konference údržba 2008. Praha 6 - Suchbát : Power Print, s. 76–82. ISBN 978-80-254-2500-8.
30. RENTIZELAS, A.A., TATSIPOULOS, I.P., TOLIS, A. 2009. An optimization model for multi-biomass tri-generation energy supply. In Biomass and bioenergy 33 [online]. Dostupné na internete: <<http://www.elsevier.com/locate/biombioe>>.
31. ROSOVÁ, A. 2007. Logistické náklady podniku, In Acta Montanistica Slovaca. roč. 12, č. 2, p. 121–127.
32. RUPER, P., SCHEUZER, R. 1988. Lager – und transport – logistik. Zurich: Verlag Industrie Organization. s. 58.
33. SLOVÁK, K., HALUZA, I. 2010. Obnoviteľné zdroje zdražujú elektrinu, In E-trend 2010. Dostupné na internete: <http://ekonomika.etrend.sk/ekonomika-slovensko /obnovitelne-zdroje-zdrazuju-elektrinu-2.html>.
34. Smernica 2001/77/ES : O podpore elektrickej energie vyrábanej z obnoviteľných zdrojov.
35. STEHLÍK, A., KAPOUN, J. 2008. Logistika pro manažery. Praha: EKOPRESS. ISBN 978-80-86929-37-8.
36. STN 48 00 01 : Terminológia v lesnom hospodárstve.
37. SUCHOMEL, J., SLANČÍK, M., TUČEK, J., KOREŇ, M. 2009. Optimalizácia terénnej a technologickej typizácie v prostredí GIS. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen. 102 s. ISBN 978-80-228-2056-1.
38. SVOBODA, V. 2006. Doprava jako součást logistických systémů. Praha: Radix. ISBN 80-86031-68-3.
39. SYNEK, M. 2000. Manažerská ekonomika. Bratislava: Grada Publishing. ISBN 80-247-9069-6.
40. ŠMELKO, Š., ŠEBEŇ, V., BOŠEĽA, M., MERGANIČ, J., JANKOJČ, J. 2008. Národná inventarizácia a monitoring lesov SR 2005–2006: Základná koncepcia a výber zo súhrnných informácií. Zvolen: Národné lesnícke centrum. 15 s.
41. TREŇČANSKY, M., LIESKOVSKÝ, M., ORAVEC, M. 2007. Energetické zhodnotenie biomasy. NLC Zvolen, 147 s. ISBN 978-80-8093-050-9.
42. TUČEK, J., SUCHOMEL, J. 2003. Geoinformaika v sprístupňovaní lesov a optimalizácii ťažbovo-dopravných technológií – možnosti, stav a perspektivy. Zvolen: TU Zvolen. 142 s.
43. VOIVONTAS, D., ASSIMACOPOULOS, D., KOUKIOS, E. 2001. Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method, In Biomass and Bioenergy 20, p. 101–112.
44. ZÁKON č. 309/2009 o podpore obnoviteľných zdrojov energií a kombinovanej výroby elektrickej energie a tepla (OZE a KVET).

Adresa autora:

Ing. Zuzana Vysoková
Katedra lesnej ťažby a mechanizácie
Lesnícka fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
Masarykova 24
960 53 Zvolen

mobil: 0904 417 561

e-mail: vyskokova@gmail.com

Návrh metodických postupov na zhodnotenie hospodárnosti aplikačných riešení integrovanej logistiky lesnej biomasy

Abstrakt

Lesné hospodárstvo je dôležitým producentom obnoviteľných zdrojov energie a pre Slovensko, ktoré je odkázané na dovoz energetických surovín, budú mať tieto zdroje strategický význam. Biomasa, ako jedna z foriem obnoviteľných zdrojov energie, je považovaná za zdroj s najväčším potenciálom. Využívaním biomasy sa zníži negatívny vplyv na životné prostredie spôsobený používaním fosílnych palív a zároveň sa nižšie náklady na získavanie energie môžu premietnuť nielen do cien energie pre konečného spotrebiteľa, ale aj do cien výrobkov, čo sa prejaví zvýšením konkurencieschopnosti výrobkov na trhu. Skutočnosťou ale je, že potenciál biomasy dnes ostáva do značnej miery nevyužitý a na Slovensku nie je vyvinutý pravidelne fungujúci trh s týmto artiklom. Preto je pri každej investícii potrebné dôkladne analyzovať aj technologické, technické a ekonomické aspekty ťažby a dlhodobých dodávok energetickej biomasy z lesov a aj ich najvhodnejšie logistické zabezpečenie. Uplatnenie logistických princípov optimalizuje celý rad osobitých logistických problémov (koordinácia pohybu materiálu, techniky, pracovníkov, produktov a služieb). V rámci aplikačných logistických riešení v lesnom hospodárstve sa musia hodnotiť špecifické podmienky ovplyvňujúce pravidelnosť dodávok biomasy, jej kvalitu, náklady na výrobu a tým aj jej predajnú cenu. Navrhuje sa hodnotiť 9 základných výrobných technológií na výrobu a dopravu energetickej dendromasy. Podľa miesta výroby štiepky sa technologická schéma rozčleňuje na tri časti (OM, centrálny sklad dodávateľa, sklad odberateľa). Na každé z týchto miest je možné dodať dendromasu z troch druhov ťažby (obnovná, výchovná nad 50 rokov, výchovná do 50 rokov). Úlohou je kvantifikovať náklady, identifikovať ich zloženie a na základe týchto skutočností navrhnúť spôsoby ich minimalizácie.

Kľúčové slová: logistika, dendromasa, náklady

VÝSKYT FIBROPAPILOMATÓZY JELEŇOVITÝCH NA SLOVENSKU SO ZAMERANÍM NA SRNCA LESNÉHO (*CAPREOLUS CAPREOLUS*)

Mojmír I V A N

Ivan, M.: The occurrence of the fibropapillomatosis of Cervidae in Slovakia with special emphasis on the roe-deer (*Capreolus capreolus*). Acta Facultatis Forestalis Zvolen 53, Suppl. 1, 2011, 171–183.

The paper deals with the occurrence of the tumour disease of fibropapillomatosis of Cervidae in Slovakia with special emphasis on the roe-deer (*Capreolus capreolus*). The very first case of fibropapillomatosis in Slovakia was documented in Senica in 1998. From the place of initial occurrence, the disease expanded to the south-east direction. During the years of 1998–2010, together 426 cases of fibropapillomatosis were evaluated. The group of disease-positive animals consisted of 348 roe-deer males and 78 roe-deer females. In the certain hunting grounds of Slovakia, the disease strikes 5–10% of roe-deer population and, thus, it signalizes severe management problem that needs to be cope with using special measures including intensive monitoring. The diagnosis can be made by macroscopic and microscopic examination. In spite of the acceptance of its virus origin, it is necessary to point out that all aspects of etiology of fibropapillomatosis of Cervidae have not been explicitly clarified so far. The paper also completes recent knowledge of the disease distribution area within Slovakia and, moreover, it contributes to the studies of fibropapillomatosis of Cervidae in the context of the game hygiene.

Keywords:

1. ÚVOD

Otázka zdravotného stavu hlavných poľovnícky obhospodarovaných druhov zveri je súčasnou obdobia vysoko aktuálna. Na Slovensku je problematika chorôb zveri pomerne dobre preštudovaná. Medzi najmenej preskúmané choroby raticovej zveri v našich podmienkach zaraďujeme nádorové ochorenia medzi ktoré patrí aj fibropapilomatóza. Informácie o jej výskyte u čeľade Cervidae sú v našich podmienkach len veľmi sporadické, prípadne chýbajú, nakoľko im nebola venovaná dostatočná pozornosť. ŠPENÍK (1977) poukazuje na papilomatózu u kamzíkov a ojedinelé prípady ochorenia aj u jeleňov. LEŠNÍK a VRTIAK (1979) v monografii o nádorových ochoreniach zvierat uvádzajú fibromatózu jeleňov ako infekčné nádorové ochorenie, ktoré sa vyskytuje prevažne na krku a hlave, ale je pomerne zriedkavé. Zároveň citujú niektorých zahraničných autorov.

V zahraničí je predmetná problematika viac diskutovaná. Zahraniční autori popisujú výskyt fibrómov, papilómov, alebo fibropapilómov pri rôznych druhoch cervidov, konkrétne u jelienka bielochového (*Odocoileus virginianus*; SHOPE a kol., 1958; LANCASTER a SUNDBERG, 1982), jelienka ušatého (*Odocoileus hemionus*; LANCASTER a SUNDBERG,

1982), jelenka čiernochvostého (*Odocoileus hemionus*; SUNDBERG a LANCASTER, 1988), losa európskeho (*Alces a. alces*, MORENO-LOPEZ a kol., 1981), soba arktického (*Rangifer caribou*, MORENO-LOPEZ a kol., 1987), jeleňa lesného (*Cervus elaphus*; Moar a JARRETT, 1985; SUNDBERG, 1987; ERDÉLYI a kol., 2008), srnca lesného (*Capreolus capreolus*; TAKÁCS a NAGY-BOZSOKI, 1998; ERDÉLYI a kol., 2008).

Fibropapilomatóza sa uvádza u cervidov ako zriedkavé nádorové ochorenie, ktoré sa vyskytuje prevažne na hlave, krku, bruchu, končatinách, ale aj iných častiach tela. Fibromatóza srnčej zveri (KOCSENER, 2001; TAKÁCS a NAGY-BOZSOKI, 1988) je endemické vírusové ochorenie, pri ktorom sa vytvárajú typické kožné tumory, podobné infekcii DPV jeleních druhov v Severnej amerike a endemickej fibromatóze európskych jeleňov vo Švédsku. Príčinný agens je nový papilomavírus srnčej zveri (CcPVI), patriaci do rodu Delta papilomavírusov, ktoré sú špecifické pre prežúvavce (ERDÉLYI a kol., 2008).

Môžeme predpokladať, že početnosť výskytu nádorových ochorení u jeleňovitých bude vyššia, aj keď pre sporadický výskyt sa jej v poľovníckej praxi u nás nevenovala osobitná pozornosť.

Medzi prvými zdokumentovanými prípadmi fibromatózy na Slovensku bol srnec z okresu Senica (1998) v Trnavskom kraji. Postupne pribúdali nálezy v Bratislavskom a Nitrianskom kraji. Ojedinelý výskyt v okrese Myjava v Trenčianskom kraji je z roku 2007 a z roku 2008 z Rimavskej Soboty v Banskobystrickom kraji. Pozvoľna pribúdali ďalšie prípady avšak jednalo sa o sporadický výskyt ochorenia, ktorý nevzbudzoval obavy. Pôvodná nákazová situácia sa od roku 2007 začala dramaticky zhoršovať. Začali pribúdať hlásenia o uhynutej a ulovenej zveri, ale tiež priame pozorovania potvrdené fotografiami. Podozrenie na možný výskyt fibromatózy u srnčej zveri boli vyslovené aj v Banskobystrickom, či Košickom kraji. V súčasnom období je nákaza u srnčej zveri hlásená z poľovníčkových revírov v 29 okresoch na Slovensku, v niektorých revíroch postihuje už 5–8 % populácie srnčej zveri a stáva sa vážnym chovateľským problémom (RAJSKÝ a kol., 2011).

2. ROZBOR PROBLEMATIKY

K najmenej preskúmaným chorobám raticovej zveri patria nádorové ochorenia, medzi ktoré zaraďujeme aj fibropapilomatózu.

Nádor je abnormálna hmota tkaniva, ktorá rastie (bujnie) a jeho rast je v porovnaní s normálnym tkanivom nekoordinovaný. Papilomatóza je vírusové ochorenie charakteristické tvorbou papilómov. Papilómy sú prevažne benígne (nezhubné) nádory kože, alebo slizníc (RAJSKÝ, GARAJ, 2008).

Informácie o výskyte fibropapilomatózy u jeleňovitých na Slovensku sú len ojedinelé, prípadne úplne chýbajú.

ŠPENÍK (1977) poukazuje na papilomatózu u kamzíkov a ojedinelé prípady ochorenia aj u jeleňov. LEŠNÍK a VRTIAK (1979) v monografii o nádorových ochoreniach zvierat uvádzajú fibromatózu jeleňov ako infekčné nádorové ochorenie, ktoré sa vyskytuje prevažne na krku a hlave, ale je pomerne zriedkavé. CIBEREJ a kol. (2001) uvádza, že vplyvom znečistenia životného prostredia dochádza k zvýšenej frekvencii výskytu nezhubných alebo zhubných nádorov zveri. HELL a GARAJ (2004) vo svojej práci upozornili, že v dôsledku

nepriaznivých antropogénnych zmien životného prostredia sa v poslednom období častejšie vyskytujú u zveri aj nádorové choroby. FIGURA a kol. (2010) poukazujú na výskyt a lokalizáciu nádorov na tele infikovaných jedincov srnčej zveri (lesná ekoforma) v lužných lesoch inundančného územia Dunaja a Moravy, čiastočne aj v oblasti rieky Malý Dunaj. Rajský a kol. (2010) poukazuje na výskyt fibropapilomatózy u jelenej zveri v niektorých okresoch Slovenska.

Prvým zdokumentovaným prípadom u nás bol nález nádorov u srnca z okresu Senica (1998) v Trnavskom kraji vyhodnotený v Štátnom veterinárnom ústave v Bratislave histologicky ako fibróm (RAJSKÝ, ŽÚREK, ŠTEFÁNIK, 1998) a neskôr túto diagnózu potvrdili u srnčej zveri aj v Bratislavskom a Nitrianskom kraji (MYDLO, KANTÍKOVÁ, 2007). Ojedinelý výskyt v okrese Myjava v Trenčianskom kraji je z roku 2007. Jednalo sa len o sporadický výskyt, ktorý z hľadiska poľovníckeho manažmentu nevzbudzoval obavy. V roku 2008 u srnca z Rimavskej Soboty v Banskobystrickom kraji zistili nádory, ktoré boli diagnostikované v Štátnom veterinárnom ústave vo Zvolene ako fibrómy (MOJŽIŠ, 2008). Podozrenie na možný výskyt ochorenia u srnčej zveri bolo vyslovené aj v Košickom kraji (JURIŠ, 2007).

Na výskyt fibropapilomatózy u jelenej zveri v našich podmienkach poukazujú RAJSKÝ a kol. (2011).

Z druhov čelade jeleňovitá bola fibropapilomatóza popísaná u srnca lesného, jeleňa lesného, jelienka bielochvostého, jelienka ušateho, jelienka čiernochvostého, jeleňa siku, daniela škvrnitého, losa mokradňového a soba karibu.

Podľa Sundberga, Nielsena (1981) fibrómy predstavujú časté kožné novotvary jeleňovitých. U zástupcov čelade Cervidae v USA boli popísané minimálne v štátoch Kentucky, Michigan, New York, Virgínia, Wisconsin, Arizona, Pensylvánia a Wyoming, a v Kanade v provincii Ontário. V štáte New York v roku 1962 pri prieskume fibromatózy v populácii jelienka bielochvostého ju diagnostikovali u 2,1 % vyšetrených samcov a 0,4 % samíc. U európskych jeleňovitých ich uvádzajú vo Veľkej Británii, Nemecku, Škótsku a Švédsku. Fibrómy u cervidov boli diagnostikované ako osifikujúce fibrómy, fibrosarkómy, neurofibrómy, fibropapilómy a papilómy. Podľa citovaných autorov veľké ulcerované fibrómy neboli pozorované často.

Fibropapilomatózu u amerických druhov jeleňovitých popisuje aj Warts a kol. (2002), ako kožné fibrómy, ktoré sú nápadné, najmä keď sa vyskytujú vo veľkých počtoch. Autor tvrdí, že fibrómy sa vyskytujú v čriedach jeleňov vo väčšine štátov USA.

Problematicku pľúcnej fibromatózy u jelienka bielochvostého uvádzajú aj iní severoamerickí autori.

Vo švédskej populácii európskych losov (*Alces alces*) sa často vyskytujú kožné bradavice, ktoré boli morfológicky charakterizované ako fibropapilómy alebo fibrómy. V zriedkavých prípadoch sme pozorovali, že európske losy, majúce kožné tumory, taktiež majú početné korálkam podobné fibromatózne tumory v pľúcach. Od roku 1960, v pitevnom materiáli poslanom do nášho laboratória, len 4 zvieratá boli zistené s tumormi pľúc v súvislosti s kožnými bradavicami. Pľúcne tumory s podobným výzorom boli taktiež popísané u jelienka bielochvostého. Avšak, etiológia fibrómov pľúc nebola objasnená (MORENO-LÓPEZ a kol. 1986).

Moar, Jarett (1985) popisali fibropapilomatózu u jeleňa lesného v Škótsku.

V Maďarsku Takács a kol., (1998) zistili u srnčej zveri v inundačnom území rieky Tisza novotvary popísané ako dermatofibrómy, lokalizované u zveri na hlave, lopatke a stehne. Biotop tejto zveri predstavovali brehové porasty. Histopatologické vyšetrenie nádorov poukazovalo na fibróm.

Predilekčným miestom nádorov u srnčej zveri býva hlava, krk, brucho a končatiny, častejšie ich vnútorná strana. Veľkosť tumorov udávajú autori najčastejšie od 3 do 5 cm, vyskytujú sa však aj nádory o veľkosti 10–15 cm. Početnosť nádorov býva spravidla menej ako 10, avšak nie sú výnimkou ani jedinci, ktorí majú na tele aj viac ako 150 nádorov.

Skutočné fibrómy sú sivé alebo čierne a rozsahom veľkosti, v priemere od menej než jeden a pol palca alebo väčšie. Bradavičnatý rast je pokrytý koženou pokrývkou bez srsti, ktorý sa môže prejaviť buď ako jednotlivý rast, alebo mnohopočetné zoskupenia. Boli potvrdené správy o viac než 200 fibrómoch na jednom jeleňovi. Hoci fibrómy môžeme nachádzať na všetkých častiach tela, najbežnejšími lokalitami sú hlava, krk a plec (WARTS a kol. 2002).

Fibrómy sú nápadné ako pevné, nodulárne útvary, pripevnené len ku koži a varirujúce v priemere od 10 ku viac než 100mm. Všetky sú dužinaté. Niektoré sú pokryté sivou alebo tmavou kožou, ktorá je často rozškrabaná a krváca. Iné majú čierne, suchý, tvrdý povrch, ktorý môže byť popraskaný, podobne ako hlava kalerábu. Väčšie majú tendenciu byť pendľujúce, kvôli svojej hmotnosti a stopke podobnému pripojeniu ku koži. Fibrómy sú na jeleňovi rozmiestnené náhodile, ale najčastejšie s vyskytujú okolo očí, na krku, tvári a predných nohách. Tieto môžu byť ojedinelé alebo mnohopočetné. Ťažko infikovaný jeleň ich môže mať 25 alebo viac. Príležitostne, pri viacnásobných infekciách sú tieto tak početné a tesne vedľa seba, že sa spájajú do jednej veľkej hmoty (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Posudzované nádory boli na povrchu svetlé, alebo sivo až čierne sfarbené. Na reznej ploche nádoru je typické biele, alebo ružové jadro. Konzistencia bola elastická až tuhá. Nádorové uzly boli dobre ohraničené, bez infiltrácie okolitých tkanív. Chirurgicky sú ľahko odstrániteľné. Po stiahnutí celej kože z uloveného jedinca srnčej zveri nebolo možné na svalovine známkou fibromatózneho nálezu makroskopicky detekovať. Typický nádor je hustý, nezarastený s hladkým povrchom, ktorý je krytý s hladkým verukóznym epitelom. Epiderma je väčšinou pigmentovaná, ale na povrchu väčších nádorov sa často vyskytujú poranenia epidermy, erózie, hnisavé procesy resp. odumierania. Výsledkom vyšetrenia patologickej histológie sa dá konštatovať, že hlavnú časť nádoru tvorí hromada kolagénnych vlákien umiestnených vo vrstve stratum reticulareirchy a do toho ustielané skupiny proliferálnych fibroblastov (CSICSAY, 2010).

Jediným príznakom fibromatózy sú dužinaté alebo bradaviciam podobné výrastky pripojené ku koži. Na priečnom reze fibrómy vykazujú biele, tuhé jadro, jednotnej štruktúry, ktoré je pokryté kôrou o rôznej hrúbke a farbe. Tie ktoré majú tenkú vrstvu kože, vykazujú tenkú a svetlo pigmentovanú kožu, zatiaľ čo tie s vonkajším tvrdým a popraskaným povrchom, majú hrubú a drsnú kôru. Fibrómy sa vzťahujú len na kožu. Hoci mäso nepoškodzuje, sú pre väčšinu ľudí odpudzujúce a poskytujú neplnohodnotnú trofej, esteticky považovanú za nežiaducu (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Kožné fibrómy jelienska bielochového pri porovnávaní s normálnou kožou toho

istého druhu mali tenšiu bazálnu membránu, zhrubnutú stratum spinosum s početnými melanocytmí, desmozómami, polyribozómami a tonofilamentmi, fokálnu hyperplaziu stratum granulózum, ktorá obsahovala početné veľké granule s keratohyalínom, ktoré mali nepravidelné okraje, ako aj príležitostné bunky s difúznymi intracelulárnymi vírusovými partikulami, a mierne zhrubnutú stratum corneum s (hoci zriedkavo) malými kryštalickými zoskupeniami vírusových partikul. Koža normálneho jelienska ušatého bola štruktúrou podobná koži jelienska bielochvostého. Fibrómy jelienska ušatého boli podobné fibrómom u jelienska bielochvostého, okrem difúzneho zhrubnutia stratum granulózum a okrem nápadného zhrubnutia stratum corneum, ktorá obsahovala početné intercelulárne vírusové inklúzie. V negatívne farbených homogenátoch tumorov z oboch jeleních druhov, vírusové partikule sa podobali na papilomavírusy (SUNDBERG a kol., 1985).

Kožné bradavice u losov boli charakterizované ako fibropapilómy a fibrómy. Fibropapilómy sú fibroplastické tumory pokryté zdrsnenou, pigmentovanou epitelálnou vrstvou, zatiaľ čo fibrómy pozostávajú takmer výlučne z fibromatózneho tkaniva s tenkou epitelálnou vrstvou, alebo bez nej. Častice papilomavírusu sa zisťujú len vo vysoko keratinizovanej epitelálnej vrstve, zatiaľ čo z fibrómov neboli izolované žiadne vírusové partikule (MORENO-LÓPEZ a kol., 1986).

Etiológia fibromatózy cervidov sa podľa Sundberga, Nielsena (1981) považovala za vírusovú už predtým, než boli popísané experimentálne práce o jej prenose. Tajim a kol., (1968) na základe štúdia vírusu bovinnej papilomatózy a vírusu papilomatózy jeleňov uvažovali, že vírus „deer fibroma“ jelenej zveri možno zaradiť do spoločnej skupiny s vírusom papilomatózy hovädzieho dobytku.

Rod Papillomavirus zahŕňa asi 100 sérotypov humánných papilomavírusov (HPV), 6 sérotypov bovinných papilomavírusov (BPV), ale aj papilomavírusy jeleňov (DPV alebo vírus fibromatózy jeleňov), papilomavírus európskych losov (EEPV), sobov (RePV) a iné. Fylogenetická analýza zaraďuje všetky známe papilomavírusy cervidov do rodu delta – papilomavírusov, spolu s bovinným papilomavírusom typ 1 a 2 (BPV1 a BPV2). Hlavnou charakteristikou delta – papilomavírusov je, že indukujú vývin kožných fibropapilómov a fibrómov (SUNDBERG, LANCASTER, 1988).

Na vírusový pôvod ochorenia poukazujú aj experimenty Sundberga a kol. (1985), ktorí opísali úspešný prenos kožných fibrómov na 7 jeleníkov bielochvostých intradermálnou a subkutánnou inokuláciou, ako aj vtieraním preparátu do vytetovaných miest. O'Banion, Sundberg (1987) opisujú pokus, kedy úspešne preniesli kožné fibrómy dospelého jeleníka bielochvostého na 5 mladých jedincov.

Hlavnou charakteristikou delta – papilomavírusov je, že indukujú vývoj kožných fibropapilómov a fibrómov (SUNDBERG, LANCASTER, 1988).

V Škótsku opísali Moar a Jarett (1985) u jeleňa lesného fibropapilóm, z ktorého bol izolovaný papilomavírus. Vírus bol príbuzný bovinnému papilomavírusu typ 1 (BPV1), alebo typ 2 (BPV2). Ako tiež uvádzajú v prehľade o fibromatóze jeleňovitých Sundberg a Nielsen (1981) podobnosti medzi bovinnou papilomatózou a fibromatózou cervidov poukazujú na spoločnú alebo podobnú etiológiu. Podľa Kocsnera (2001) imunohistochemické štúdie týchto nádorov u srnčej zveri poukázali na prítomnosť papilomavírusového antigénu.

Je známe, že fibrómy u jeleňov sú spôsobované vírusmi a vírusový pôvod sa preukazuje aj u tumorov kože iných cervidov.

Zistenie Erdélyia a kol. (2008) potvrdzujú u srnčej zveri v Maďarsku testovanej polymerázovou reťazovou reakciou fibromatózu papilomavírusového pôvodu (fibropapilomatózu).

Moreno-López a kol. (1986) preukázali, že kožné tumory u európskych losov sú spôsobené novo objaveným členom skupiny papillomavírus, papillomavírus losa európskeho (EPPV).

Podľa publikácie Ochorenia a parazity jelienska bieločvostého, prvým výskumníkom, ktorý sa zaoberal divou zverou a ktorý v skutočnosti objavil špecifický vírus bol R. F. Shope. Bol taktiež prvým, kto experimentálne infikoval jeleňa vírusovým agens. Zistil, že u väčšiny jeleňov sa fibrómy normálne objavujú okolo 7 týždňov po inokulácii a že začínajú regredovať po 2 mesiacoch. Fibrómy sú spôsobované vírusom, o ktorom sa predpokladá, že je prenášaný rôznym hryzúcim hmyzom. Avšak, inými možnými spôsobmi prenosu vírusového agens je priamy kontakt prostredníctvom širokého sortimentu kontaminovaných predmetov, ktoré môžu poškrabať alebo penetrovať do kože jeleňa (WARTS a kol. 2002).

Fibrómy sa môžu pokusne preniesť votrením tkaniva fibrómu do skarifikovanej kože vnímavého jeleňa. Ako sa prenos uskutočňuje v prírode nie je známe. Snáď, je to prostredníctvom kontaktu porušenej kože s infekčným materiálom, buď z infikovaného jeleňa, alebo vegetácie, o ktorú sa ošúchal alebo otreľ infikovaný jeleň. Skutočnosť, že incidencia je vyššia medzi samcami, poukazuje na to, že súboje sú prostriedkom rozširovania sa ochorenia. Aj hryzúci hmyz by mohol byť zodpovedný za prenos, keďže mnoho vírusov sa prenáša týmito vektormi (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

Skutočnosť, že incidencia ochorenia je vyššia medzi samcami potvrdzujú aj iní autori. Rajskeý a kol. (2009) – ref praha materialy – vyhodnotili v období rokov 1998–2009 331 prípadov fibromatózy u srnčej zveri, z ktorých bolo 280 srncov a 51 sfn. Rovnakú skutočnosť konštatuje aj Erdélyi (2010).

Nie je známe že by ochorenie bolo infekčné pre ľudí (SUNDBERG, NIELSON, 1981).

3. MATERIÁL A METÓDY

Na účel stanoviť rozšírenie a ekológiu ochorenia je vykonaný dotazníkový prieskum medzi miestnymi poľovníckymi združeniami (PZ). Otázky v dotazníku sú postavené tak, aby poskytovali presnú správu o výskyte ochorenia a jeho frekvencii v danom združení v minulosti a súčasnosti.

Na základe týchto údajov potom môžeme odhadnúť trend vývoja nákazovej situácie v danej oblasti. Informácie získané na základe dotazníka umožňujú tiež zistiť povahu ochorenia, rozsah, počet a veľkosť nádorov na postihnutom jedincovi, ako aj presne vymedziť druhy zveri u ktorých sa choroba vyskytuje.

Odpovede na dotazníkové otázky taktiež poskytujú informácie o primárne postihnutých vekových skupinách u oboch pohlaví a tiež vypovedajú o súvislosti nádorového ochorenia s mortalitou zveri.

Dotazníky sú doručené poľovným hospodárom jednotlivých poľovníckych združení.

NÁDOROVÉ OCHORENIA ZVERI – informačný listok (okres: Zvolen)

(platí pre dohodnutých užívateľov poľovných revírov a okresy)

1. Užívateľ poľovného revíru: _____
2. Katastrálne územie: _____
3. Prvý pozorovaný výskyt v revíri – (rok): _____
4. Ďalšie výskyty – do termínu 1. 04. 2011: _____
5. Druh raticovej zveri: srnčia, jelenia, danielia, muflonia, diviacia (podčiarknuť)
6. Iné druhy zveri: druh _____
7. Pohlavie (zisteného prípadu): SAMEC – SAMICA (podčiarknuť)
8. Odhadnutý vek (zisteného prípadu): _____
9. Kalendárny mesiac (zisteného prípadu): _____
10. Odhadnutý počet nádorov na jednom zvierati: _____
11. Veľkosť nádorov (priemer v cm): _____
12. Stav: ÚHYN – ODSREL – ODCHYT (podčiarknuť)
13. Bola vyhotovená fotodokumentácia: ÁNO – NIE (podčiarknuť)
14. Iné súvisiace údaje (môže doplniť užívateľ poľovného revíru)

Najnovší – aktuálne nahlasovaný výskyt (od 1. 04. 2011)

(ak sa jedná o nahlásenie „ďalšieho“ prípadu v revíri – bod: 3 a 4 sa už nevyplní)

Dátum nález:

Vystavil:

Poznámka:

– Informačný listok sa vyplňa pre každý (jednotlivý) prípad zistenia nádorových zmien

– Prípady možno oznámiť priamo: **0904/151 007 (Ing. Mojmír Ivan)**

E-mail: mojoivan@azet.sk

4. VÝSLEDKY

Na základe dotazníkovej akcie vo vybraných okresoch Slovenska a vyhodnotenia veterinárnych správ bolo v rokoch 1998 až 2011 vyhodnotených u srnčej zveri 426 prípadov fibropapilomatózy. Z tohto súboru bolo 348 srncov a 78 sfn. Prvý odborne zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy na Slovensku bol v roku 1998 v okrese Senica, jednalo sa o srnca druhej vekovej triedy.

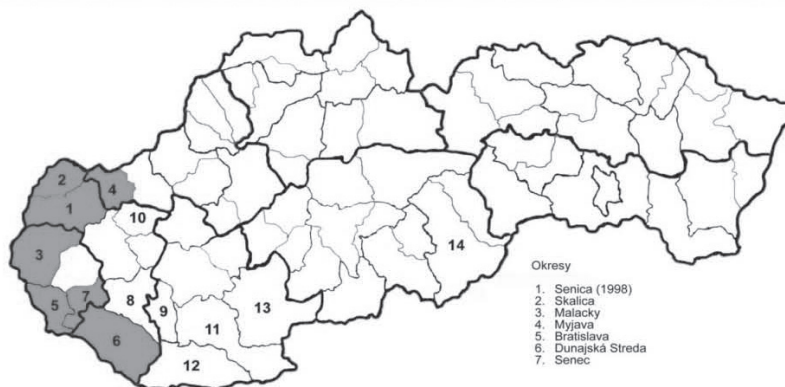
Plošná distribúcia fibromatózy srnčej zveri (*Capreolus capreolus*) v období 1998 – 2008



Obr. 1. Rozšírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v roku 1998 (RAJSKÝ a kol., 2011)
Fig. 1. Occurrence of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia in 1998 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Postupne pribúdali ďalšie prípady tohto ochorenia v Bratislavskom a Nitrianskom kraji. Ojedinelý výskyt v okrese Myjava v Trenčianskom kraji.

Plošná distribúcia fibromatózy srnčej zveri (*Capreolus capreolus*) v období 1998 – 2008



Obr. 2. Postupné šírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v období 1998–2008 (RAJSKÝ a kol., 2011)
Fig. 2. Gradual extention of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia between 1998–2008 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Jednalo sa však stále len o sporadický výskyt, ktorý z hľadiska poľovníckeho manažmentu nevzbudzoval obavy. Pôvodná nákazová situácia sa začala postupne meniť a od roku 2006 začalo mať šírenie fibropapilomatózy v srnčej populácii dramatický priebeh.

Plošná distribúcia fibromatózy srnčej zveri (*Capreolus capreolus*) v období 1998 – 2008



Obr. 3. Postupné šírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v období 2006–2008 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Fig. 3. Gradual extension of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia between 2006–2008 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Z miest pôvodného výskytu ochorenia (juhozápadné Slovensko) sa nákaza postupne šírila severovýchodným smerom a v roku 2008 bola zaznamenaná už aj v Rimavskej Sobotě v Banskobystrickom kraji.

Plošná distribúcia fibromatózy srnčej zveri (*Capreolus capreolus*) v období 1998 – 2008



Obr. 4. Rozšírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v roku 2008 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Fig. 4. Occurrence of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia in 2008 (RAJSKÝ a kol., 2011)

V súčasnom období je nákaza u srnčej zveri hlásená z 29 okresov na Slovensku. Zároveň vo všetkých okresoch hraničiacich s riekami Morava a Dunaj.

Plošná distribúcia fibromatózy srnčej zveri (*Capreolus capreolus*) v období 1998 - 2009



Obr. 5. Rozšírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v roku 2009 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Fig. 5. Occurrence of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia in 2009 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Plošná distribúcia fibromatózy srnčej zveri (*Capreolus capreolus*) v období 1998 - 2010



Obr. 6. Rozšírenie fibropapilomatózy srnčej zveri na Slovensku v roku 2010 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Fig. 6. Occurrence of fibropapillomatosis of roe-deer in Slovakia in 2010 (RAJSKÝ a kol., 2011)

Vo viacerých revíroch sa stala fibropapilomatóza vážnym chovateľským problémom, a sú prípady, kde fibropapilomatóza lokálne postihla 5 až 8 % (10 %) jedincov v populácii srnčej zveri. Ako vidieť z obrázkov nákaza fibropapilomatóza sa šíri z juhozápadného Slovenska postupne severovýchodným smerom. Nakoľko nákaza pomaly postupuje proti

prúdu väčších riek, stáva sa reálnou hrozbou už aj pre podhorské revíry. Z viacerých podhorských revírov už sú hlásené prípady výskytu ochorenia. Fibropapilomatóza sa týmto stáva celoslovenským problémom v poľovníckom manažmente srnčej zveri. Neodkladnosť riešenia zdôrazňujú taktiež aktuálne požiadavky užívateľov poľovných revírov a orgánov Slovenskej poľovníckej komory na veterinárny servis, nakoľko z hľadiska poľovníckeho manažmentu je srnčia zver v podmienkach Slovenska najpočetnejším a najrozšírenejším druhom raticovej zveri.

5. ZÁVER

Fibropapilomatóza cervidov patrí k najmenej preskúmaným chorobám raticovej zveri patriacej do čelade jeleňovité na Slovensku. V práci je poukázané na výskyt a plošnú distribúciu tohto ochorenia na území Slovenska. Prvýkrát bola na našom území zdokumentovaná v roku 1998. Z miesta iniciálneho výskytu malo ochorenie tendenciu sa šíriť juhozápadným smerom a následne po roku 2008 aj smerom severovýchodným.

Súčasná situácia a hlavne smer šírenia nákazy do podhorských oblastí naznačuje, že fibropapilomatóza postihuje takmer všetky najproduktívnejšie oblasti s chovom srnčej zveri a oprávňuje zdôrazniť nepriaznivú prognózu ochorenia.

Fibropapilomatóza má vírusový pôvod a zapríčiňujú ju papilomavírusy.

Z hľadiska šírenia v budúcnosti má ochorenie veľký predpoklad na jeho neustále množenie, nakoľko vektorom je aj bodavý hmyz a klimatické podmienky v posledných rokoch dávajú tomuto ochoreniu čoraz ideálnejšie podmienky na expanziu na našom území.

V dostupných zdrojoch domácej ani zahraničnej literatúry nebol popísaný prenos tohto ochorenia na človeka.

V problematike ešte ostáva mnoho nezodpovedaných otázok, preto treba v jej skúmaní pokračovať. Kontrola ochorenia si vyžaduje súčinnosť užívateľov poľovných revírov, orgánov štátnej správy poľovníctva a orgánov veterinárnej starostlivosti.

6. Literatúra

- CIBEREJ, J. a kol.: Starostlivosť o zver a choroby zveri. PaRPRESS, Bratislava, 2001, 203 s.
- CSICSAY, P. (2010): Fibromatóza cervidov – priebeh a dôsledky pri poľovnom obhospodarovaní srčej zveri v okrese Dunajská Streda. Diplomová práca. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, 2010. 42 s.
- ERDÉLYI, K. (2010): Fibropapillomatosis of roe deer (*Capreolus capreolus*) in Hungary. Thesis of Ph.D. dissertation. Szent István University. 21. p.
- ERDÉLYI, K., BÁLINT, Á., DENCŐ, L., DÁN, Á., URSU, K. (2008): Characterisation of the first complete genome sequence of the roe deer (*Capreolus capreolus*) papillomavirus. *Virus Research*, 135 (2) 307–311. p.
- FIGURA, A., LIPTAI, Š., CSICSAY, P., GYORI, A., NÉMETH, T.: Zborník referátov a abstraktov zo VII. Žitnoostrovského odborného seminára v Báci, 14. mája 2010 (ISBN xxxx, str. xxx) – v tlači.
- KOCSNER, T. (2001): Az ozek borfibromatózisa. Szakállatorvosi szakdolgozat. Budapest.
- LANCASTER, W. D. – SUNDBERG, J. P. (1982): Characterization of papillomaviruses isolated from cutaneous fibromas of white-tailed deer and mule deer. *Virology*, 123 (1) 212–216. p.
- LEŠNÍK, F., VRTIAK, O. J.: Nádorové ochorenia zvierat. *Príroda*, 1979: 143–144.
- MOAR, M. H. – JARRET, W. F. (1985): A cutaneous fibropapilloma from a red deer (*Cervus elaphus*) associated with a papillomavirus. *Intervirology*, 24 (2) 108–118. p.

- MORENO-LOPEZ, J. – ALOHA, H. – ERIKSSON, A. – BERGMAN, P. – PETTERSON, U. (1987): Reindeer papillomavirus transforming properties correlate with a highly conserved E5 region. *Journal of Virology*, 61 (11) 3394–3400. p.
- MORENO-LOPEZ, J. – MORNER, T., – PETTERSON, U. (1986): Papillomavirus DNA associated with pulmonary fibromatosis in European elks. *Journal of Virology*, 57 (3) 1173–1176. p.
- RAJSKÝ, D. – RAJSKÝ, M. – KROPIL, R. – IVAN, M. – GARAJ, M., ML (2011): Najnovšie doplnky ku geografickej distribúcii fibropapilomatózy v populáciách Srnca lesného (*Capreolus capreolus*) a Jeleňa lesného (*Cervus elaphus*) na Slovensku. In: Zborník referátov a posterov z III. ročníka medzinárodnej konferencie „Významné aspekty v chove jeleňovitých 2011“ : Intenzívne chovy jeleňovitých zvernice a farmy. Nitra. 116–120 s.
- RAJSKÝ, D., DANIHEL, L., ŠIŠOVSKÝ, V., LEOČKÝ, T., KANTÍKOVÁ, M., SOKOL, PLIEŠOVSKÝ, J., JURIS, P., MRAČKO, I. (2009A): Fibromatóza cervidov – etiológia, výskyt a plošná distribúcia na Slovensku. *Slovenský veterinársky časopis*, 34 (1) 45–49.
- RAJSKÝ, D., GARAJ, P.: Veterinárna starostlivosť o zver. TU Zvolen, 2008, 215 s.
- RAJSKÝ, D., PLIEŠOVSKÝ, J., SOKOL, J., LEŠNÍK, F., ERDÉLYI, K., DANIHEL, L., JURIS, P., GARAJ, P. (2009b): Aktuálne problémy zdravia jeleňovitých na Slovensku so zameraním na fibromatózu (fibropapilomatózu) u srnčej zveri. Výživa a veterinárna problematika chovu jeleňovitých, Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Nitra, 12. 11. 2009. p. 44–57.
- SHOPE, R. E. (1955): An infectious fibroma of deer. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 56: 793–802.
- SUNDBERG, J. – LANCASTER, W. D. (1988): Deer papillomaviruses. *Developments in Veterinary Virology*, 6, 279–291. p.
- SUNDBERG, J. P. (1987): Papillomavirus infections in animals. In: Syrjanen, K., Gissmann, L., Koss, L.: *Papillomaviruses and Human disease*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany. 40–103. p.
- SUNDBERG, J. P., NIELSEN, S. W.: Deer Fibroma: A Review. *Can. Vet. J.*, 22, 1981: 385–388 s.
- ŠPENÍK, M.: Choroby poľovnej zveri. *Príroda*, 1977: 194–195.
- TAKÁCS, A. – NAGY-BOZSOKI, J. (1998): Fibromatosis magyarországi elofordulása az oz (*Capreolus capreolus*) borében nagyalföldi özálományokban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 120 (7) 431–433. p.
- WARTS, D. a kol.: Cutaneous Fibromas in Deer: A closer Look. *Wildlife Issues*, 3: 1–2, 2002.

Adresa autora:

Ing. Mojmír Ivan

Katedra ochrany lesa a poľovníctva

Technická univerzita vo Zvolene

Masarykova 24

96053 Zvolen

Slovenská republika

e-mail: mojoivan@azet.sk

Výskyt fibropapilomatózy jeleňovitých na Slovensku so zameraním na Srnca lesného (*Capreolus capreolus*)

Abstrakt

Práca poukazuje na výskyt nádorového ochorenia fibropapilomatózy jeleňovitých na území Slovenska so zameraním sa na srnca lesného (*Capreolus capreolus*). Prvý zdokumentovaný prípad fibropapilomatózy na Slovensku bol v roku 1998 v Senici. Z miesta iniciálneho výskytu sa ochorenie šírilo juhovýchodným smerom. V období rokov 1998–2010 bolo vyhodnotených 426 prípadov fibropapilomatózy. V súbore na choroby pozitívnych zvierat sa nachádzalo 348 srncov a 78 sŕn. V niektorých revíroch Slovenska ochorenie zasiahlo 5–10% srnčej zveri je signalizované ako závažný chovateľský problém, ktorého riešenie

si vyžaduje intenzívny monitoring a prijatie mimoriadnych opatrení. Diagnóza je stanovená makroskopickým a mikroskopickým vyšetrením. Napriek akceptovaniu vírusového pôvodu je potrebné upozorniť, že v etiológii fibropapilomatózy jeleňovitých neboli doposiaľ jednoznačne objasnené všetky aspekty. Práca dopĺňa súčasné poznatky o plošnej distribúcii ochorenia na území Slovenska a je príspevkom k štúdiu fibropapilomatózy cervidov aj vo vzťahu k hygiene zveriny.

Kľúčové slová: Fibropapilomatóza, jeleňovité, srnec lesný, ochorenie

Sponzori Acta Facultatis Forestalis, Zvolen 53, Suppl. 1.



PRO POPULO POPRAD
S.R.O.



www.lesy.sk



www.mpsr.sk



www.bbsk.sk



www.uniagro.sk



www.zvolen.sk



www.nlcsk.sk



www.grube.sk

vydavateľstvo
LES & MEDIUM

časopis
LES & LESOHRUHY

www.lesmedium.sk



www.sazp.sk



www.sopsr.sk

www.sopsr.sk