

POTENCIÁLNY VPLYV ZMIEN HORNEJ HRANICE LESA NA PARAMETRE LAVÍN S POUŽITÍM MODELU ELBA+ - PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA NÍZKE TATRY

POTENTIAL IMPACT OF UPPER FOREST LIMIT CHANGES ON THE AVALANCHE PARAMETERS USING THE MODEL ELBA+ - A CASE STUDY FROM THE LOW TATRAS MTS., SLOVAKIA

MARTIN BARTÍK - MATÚŠ HRÍBIK - MAREK OREŇÁK - JAROSLAV ŠKVARENINA

Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Zvolen

ABSTRACT

Potential climate change can have a greater impact on the forest functions. We focused on the possibility to increase the upper forest limit and the influence of this effect on the scale of an avalanche. We used advanced software applications ELBA+ for avalanche simulation in different forest states for varying scenarios, i.e. the year 1970 and 2012 and for upper forest limit increase. Archived data from a large avalanche (14th March 1970) was used to calibrate the model for the local mountainous conditions. We simulated the avalanche of an identical size in the current state of the catchment (more forest area on the avalanche path), which allowed us to quantify the retarding effect of the forest. In the next step we modeled a possible increase of the upper forest limit up to the point of 1600 m a.s.l., which was considered a climate change scenario. The results confirmed a limited retarding effect of the forest in the avalanche path within avalanches of such intensity. However, the presence of forest has a positive influence on the release zone on reducing the size of an avalanche.

Kľúčové slová: lavíny, dĺžka lavíny, nános, ELBA+, klimatická zmena

Key words: snow avalanches, avalanche length, deposit, ELBA+, climate change

ÚVOD

Vedecká obec sa v posledných rokoch intenzívne zaoberá problematikou potenciálnej zmeny klímy, ako aj indikátormi nastupujúcich klimatických zmien (FIELD et al. 2012; NEJEDLÍK, MINDÁŠ 2011; MCCARTHY 2001). Predpokladá sa ich rozsiahli dopad aj na lesné ekosystémy a lesné hospodárstvo. Lesy v horských oblastiach, v blízkosti hornej hranice lesa, plnia okrem iných produkčných i mimoprodukčných funkcií aj funkciu protilavínovú. Pôsobením lesa na hydrofyzikálne vlastnosti snehovej pokrývky sa zaoberali viacerí autori (BARTOŠ et al. 2009, 2011; HRÍBIK et al. 2012), ako aj zmenou ich pôsobenia vplyvom odumierania lesa (PUGH, SMALL 2012; BOON 2008; PERROT et al. 2012). Les je výrazným stabilizujúcim prvkom pre snehovú pokrývku. Podľa MIDRIAKA (1977) zdravý les s trvalým zastúpením vekových tried vo svojom areáli zabraňuje vzniku lavín. BUKOVČAN (1960) ho považuje za najlepšiu prirodzenú zábranu. BINDER (1969) ako najistejšiu protilavínovú ochranu uvádza starší, nerovnoveký, zmiešaný les primeraného zakmenenia, v ktorom sa snehová pokrývka neukladá rovnomerne a zabraňuje prenášaniam snehu vetrom. Ochranný účinok lesa proti lavínam je rozličný. Závisí od zastúpenia drevín, zakmenenia, veku, výšky a akosti porastu. Narastá pri nerovnovekých, rôznorodých, plne zakmenených porastoch bez prestarnutých jedincov. BEBI a ULRICH (2008) uvádzajú, že čím je porast viacej otvorenejší, tým menej chráni pred lavínami, pričom je potrebné zohľadniť ešte dĺžku a šírku porastových medzier a zloženie drevín. MARGRETH (2004) uvádza ako ich hraničnú dĺžku do 50 metrov pri sklone do 35° a do 30 metrov pri sklone 45°. Pri dĺžke porastových medzier nad 150 metrov musíme počítať so zničením nižšie položených porastov.

Podľa scenárov zmeny klímy sa predpokladá vzostup priemernej teploty na našom území v rozmedzí 2 až 4 °C oproti obdobiu 1951–1980 v časovom horizonte roku 2100. To bude mať dopad aj na posun hornej hranice lesa (MCCARTHY 2001; MINĎÁŠ et al. 2011a) a podľa GAP modelu sa v časovom horizonte rokov 2075–2100 bude horná hranica lesa na našom území pohybovať v nadmorskej výške cca 1600 m n. m (MINĎÁŠ et al. 2011b). Pri všeobecne predpovedanom vzostupe teplôt sa očakáva menej zrážok vo forme snehu v nižších nadmorských výškach, čo zapríčiňuje kratšie obdobie so snehovou pokrývkou v týchto polohách. Avšak ako uvádza LAPIN et al. (2010), scenáre zmeny klímy očakávajú nárast zimných zrážok, čo pravdepodobne vo vyšších nadmorských výškach povedie ku akumulácii snehu vo vyššej miere. Môžu sa prejavíť narastajúce extrémne počasia v podobe extrémneho množstva nového snehu, prípadne prudkými výkyvmi teplôt, alebo náhlím oteplením, ktoré môžu za daných podmienok zvyšovať riziko vzniku lavín. Vzhľadom na dané skutočnosti nie je v súčasnosti sledovaný žiadny trend vo výskyte a rozsahu lavín vplyvom klimatických zmien a jeho prognóza je značne komplikovaná (OcCC 2003; VOIGT et al. 2010). V snahe zabrániť vzniku lavín alebo zmierniť ich ničivé následky sú používané rôzne opatrenia, či už vo forme preventívnych, technických, biologických alebo organizačných (BUKOVČAN 1960). Pri rozhodovaní o preventívnych, ako aj o technických protilavínových opatreniach nám v dnešnej dobe môžu pomôcť softvérové aplikácie, hlavne vo forme simulačných programov. Ich cieľom je čo najvernejšie popísať pohyb lavíny územím. Umožňujú v danom teréne a pri konkrétnych podmienkach zistiť parametre potenciálnych lavín, a tým napomáhajú hlavne pri odhade možného dosahu lavín. Patria sem aplikácie ako Alfa-Beta, AVAL 1D, ELBA+, RAMMS, Samos AT atď.

Hlavným cieľom našej práce bolo porovnanie výsledkov simulácie lavíny pri meniacom sa stave lesa v dôsledku zmeny klímy s využitím modelu ELBA+. K tomuto cieľu smerovali čiastkové ciele:

- 1) rekonštruovať lavínu zo 14. Marca 1970 (obr. 1) a porovnať naše výsledky s nameranými údajmi (MILAN, KRESÁK 1970) i modelom RAMMS (BISKUPIČ et al. 2011)
- 2) simulovať lavínu so zhodnými vstupnými parametrami ako lavína z roku 1970 pri súčasnej rozlohe lesa
- 3) simulovať lavínu so zhodnými vstupnými parametrami ako lavína z roku 1970 pri modelovom vzostupe hornej hranice lesa v dôsledku zmeny klímy na 1600 m n. m.
- 4) posúdiť význam lesa pri tlmení dopadu lavíny obdobného rozsahu.

Na simuláciu sme použili model ELBA+, ktorý nám oproti vyššie spomenutým modelom umožňuje citlivejšie nastavenie podmienok lesného prostredia (predovšetkým ide o jemnejšie nastavenie drsnosti povrchu). Model sme zvolili aj z dôvodu praktických skúseností a jeho verifikácie v teréne (BARTÍK 2011).

MATERIÁL A METODIKA

Opis skúmaného územia

Osada Magurka leží v nadmorskej výške 1036 m n. m. v závere Lupčianskej doliny pod hlavným hrebeňom Nízkych Tatier v úseku Chabenec-Latiborská hora (obr. 2). Z geologického hľadiska je okolie Magurky tvorené prevažne horninami kryštálnika tatrika (ŠGÚDŠ 2008), na ktorých sa vyskytujú podzoly kambizemné, vo vyšších polohách modálne a humusovo-železité (ŠÁLY, ŠURINA 2002). Na nich rastú prevažne smrekové lesy s prímiesou jedle a buka, ktoré vo vyšších polohách striedajú jarabina vtáčia s jelšou zelenou, na ne nadväzuje pásmo kosodreviny (NLC 2012).



Obr. 1.

Lavína zo 14. marca 1970 – odtrhové pásmo a jej dráha (foto L. Milan, zdroj: MILAN 1977)

Fig. 1.

Avalanche from 14th March 1970 – release zone and avalanche path (photo L. Milan, published in MILAN 1977)

Popis lavíny zo 14. marca 1970

Lavína zo 14. marca 1970 sa zapísala do histórie ako toho času tretia najväčšia zaznamenaná na území Slovenska. Tým vzbudila patričný záujem, a preto máme dnes jej podrobné parametre. Bola spustená zo stupom skupiny lyžiarov zo sedla Ďurková do osady Magurka. Tržná stena bola vysoká v žlaboch až 12 metrov, minimálne 1,8 m na plochejších chrbtoch a mala formu zvlnenej oblúkovej čiary prebiehajúcej vo výške 1620–1680 m n. m. (MILAN, KRESÁK 1970). Bližšie charakteristiky parametrov lavíny sú uvedené v tab. 1; na obr. 3a sledujeme lokalizáciu a tvar odtrhového pásma ako aj približné rozšírenie lesa v čase pádu lavíny. Náčrt toku lavíny je zobrazený na obr. 4a.

Metodika práce s modelom ELBA+

Viacdimenzionálny model ELBA+ je založený na rastrovej interpretácii a pri simulácii implementuje upravenú verziu Voellmyho modelu pre výpočet trenia. Pred rozvinutím plnej turbulencie prúdenia pri vysokých rýchlostiach predstavuje turbulentné trenie prevažnú časť rozptylu energie. Koeficient turbulentného trenia sa teda v každom kroku prepočítava pre konkrétnu bunku rastra a môže v závislosti od výšky lavíny v jej priebehu pre konkrétny bod kolísaf (VOLK 2005).

ELBA+ je plne integrovaná do ArcGIS 10, takže pri práci s geografickými dátami nie je potrebná žiadna konverzia pri vstupných a výstupných dátach. K správe dát je potrebné vytvorenie vlastnej databázy programu. Vstupné parametre (vymedzenie územia, miesta odtrhu, lesnatosť a pod.) sú vkladané ako vrstvy v zadanom formáte.

Územie sme vymedzili digitalizovaním polygónu povodie ohraničujúceho dolinu Ďurkovú. Miesta odtrhu nám boli poskytnuté pracovníkmi Strediska lavínovej prevencie (SLP) v Jasnej a boli získané vektorizáciou náčrtu lavíny z roku 1970. Vrstva lesnatosti pre rekonštrukciu historickej lavíny bola získaná vektorizáciou vojenskej mapy z roku 1956 od pracovníkov SLP (obr. 3a). Súčasný stav lesa sme získali vektorizáciou z ortofotosnímkov z roku 2010 s veľkosťou bunky rastra 0,5 m (obr. 3b). V modelovom prípade klimatického scenára



vzostupu hornej hranice lesa vrstva les siaha až do nadmorskej výšky 1600 m n. m. a odtrhové pásmo začína nad touto hranicou (obr. 3c). Ďalej nasledoval import digitálneho modelu terénu vo formáte DEM s veľkosťou bunky rastra 5 m, generovaný z vrstevnic s výškovým rozstupom 5 m.

Parametre pre simuláciu boli: výška snehu v odtrhovom pásme, výška strhávania snehu v dráhe lavíny a hodnota drsnosti povrchu. Tieto vstupné parametre sme zadali paušálne pre celú oblasť (ako vrstvu). Ďalej sme zadali podrobnejšie, ako aj hraničné parametre priebehu simulácie: minimálna výška toku lavíny, hustota snehu, kritické napätie a pod. Na záver sme si zvolili spádnicu doliny Ďurková za líniu, na ktorej sme sledovali vývoj rýchlosti lavín.

V prvom kroku sme sa snažili priblížiť čo najviac udalosti zo 14. marca 1970 v Ďurkovej, pričom sme mali k dispozícii náčrt nánosu lavíny a údaje o jej objeme, približnú výšku odtrhu, ako aj ďalšie charakteristiky, ktoré sme získali z archívu SLP (MILAN, KRESÁK 1970). Ako najviac realite sa približujúci model, čo sa týka celkového dosahu lavíny ako aj objemu nánosu, sme zvolili kombináciu Vollmyho a Mohr-Coulombovho modelu trenia pri zadaní priemernej výšky odtrhu 1,7 metra, koeficientu trenia pre les 1 a mimo neho 0,2, minimálnej výšky toku 1 m s hĺbkou strhávania 0,5 m snehu v dráhe lavíny. Pri hodnotení výsledkov našej simulácie sme tieto konfrontovali (tab. 1) aj s výstupom modelu RAMMS (BISKUPIČ et al. 2011), čo nám umožňuje v identických podmienkach, pri väčšine zhodných vstupných parametroch (výška snehu, odtrhové pásmo, lokalizácia lesa a pod.) bližšie porovnať výsledky oboch modelov.

Ďalej sme použili tie isté vstupné parametre, dosiahnuté pri čo najvernejšej rekonštrukcii lavíny z roku 1970, pri páde rozsahom zhodnej lavíny v súčasnosti. Zmenil sa len stav lesa, narástol jeho podiel v lavínovej dráhe a v tejto simulácii chceme poukázať na jeho brzdiaci účinok pri lavínach veľkého rozsahu. V modelovom prípade klimatického

scenáru vzostupu hornej hranice lesa sme postupovali obdobným spôsobom, avšak nárastom hornej hranice lesa došlo k redukcii rozlohy odtrhového pásma. Vstupné parametre týkajúce sa meteorologických podmienok, ako napr. výšky a vlastnosti snehovej pokrývky ostali vo všetkých simuláciách totožné.

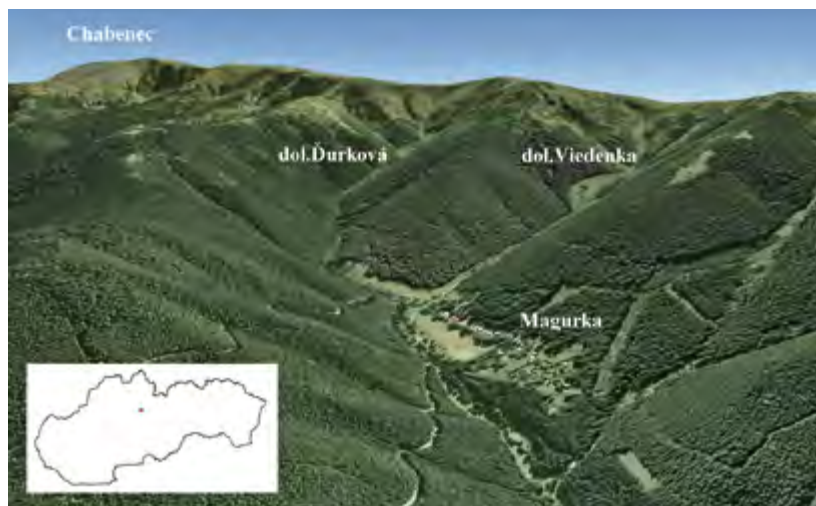
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rekonštrukcia lavíny z roku 1970

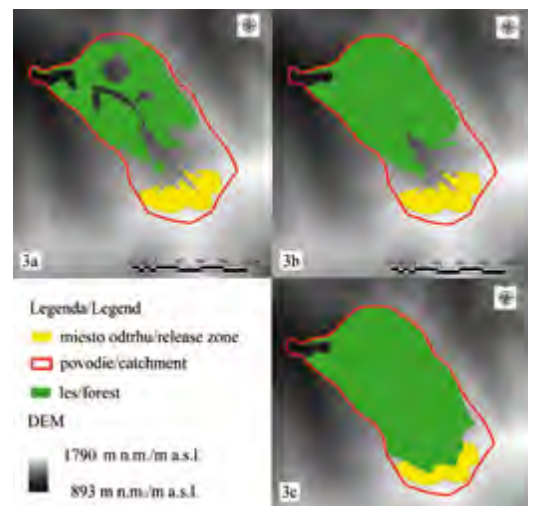
Simulácia lavíny s roku 1970 sa vyznačuje vysokou mierou zhody, najmä čo sa týka dosahu. Nami nasimulovaná lavína je o 8 m kratšia, ako bol svedkami (MILAN, KRESÁK 1970) uvádzaný dosah lavíny v roku 1970. Pri dĺžke 2200 metrov to tvorí 0,4%, čím sme sa výrazne priblížili hodnote skutočnej lavíny. Podobné výsledky zo simulácie RAMMS dosiahol aj BISKUPIČ et al. (2011).

Pri zhodnotení objemu lavíny ju simulácia mierne podhodnotila, a to o cca 10%. Parametre, ktoré najvýraznejšie vplývali na daný výsledok boli najmä výška snehu v odtrhovom pásme ako aj strhávanie snehu v lavínovej dráhe. Tieto dva vstupné parametre nevieme dnes s úplnou určitosťou zistiť. Najpresnejšie by bolo jej zadanie pre jednotlivú bunku rastra, teda podrobné rozloženie snehu v odtrhovom pásme, avšak k tomu by sme potrebovali podrobnejšie meteorologické údaje o smere a intenzite vetra pred pádom lavíny, najmä počas posledného intenzívneho sneženia a v období po ňom.

Výraznejšie podhodnotenie až o 80% však sledujeme pri výške čela lavíny. K možným prameňom výraznej odchýlky na prvom mieste radíme neschopnosť modelu nasimulovať strhnutie cudzieho materiálu do toku lavíny. Les pokrýval spodnú časť lavínovej dráhy, ako aj okrajové časti v hornej polovici (obr. 3a). Pri takomto rozsahu lavíny došlo k jeho úplnému zničeniu. Materiál v podobe polámaných



Obr. 2.
Osada Magurka a jej okolie (zdroj: Google Earth 2013)
Fig. 2.
The Magurka settlement and its surroundings (source: Google Earth 2013)



Obr. 3.
Zobrazenie vstupných grafických údajov pre rekonštrukciu lavíny z roku 1970 (3a), simuláciu lavíny so zhodnými parametrami pri súčasnej rozlohe lesa (3b) a pri vzostupe hornej hranice lesa na 1600 m n. m. (3c) (scenár zmeny klímy 2075–2100)
Fig. 3.

Input graphic data of avalanche reconstruction from the year 1970 (3a), simulation with identical parameters at present forest conditions (3b) and with increased timberline to the 1600 m a.s.l. (3c) (climate change scenario 2075–2100)

kmeňov, koreňov a vetiev sa dostáva do toku lavíny, čím sa mení jej vnútorné trenie. Nastáva spomaľovanie a tlak masy lavíny zo zadnej časti vyzdvihuje jej čelo vyššie. Pričom pri našej simulácii sa les podieľal len ako vonkajší spomaľovací faktor pri drsnosti povrchu, ktorý sa zmenil z hodnoty 0,2 v nelesnom prostredí na hodnotu 1 v lese. Ešte pripomenieme, že so zvyšujúcim sa obsahom cudzieho materiálu, ktorým lavína obohatí svoj tok počas pohybu terénom výrazne rastie jej škodlivý potenciál (BUKOVČAN 1960). MILAN (2006) uvádza, že lavína zničila les o rozlohe 3,6 ha so 600 m³ drevnej hmoty. Celková plocha lavíny je v našom prípade nadhodnotená o cca 31 %. Nami nasimulovaná lavína sa viac rozširuje do strán, viac „rozteká“. V skutočnosti bola lavína viac lokalizovaná v dolinke s menším postranným rozširovaním. Prvotné výstupy z modelu poukazovali na ešte väčšie rozširovanie lavíny, avšak po úprave vstupného parametra minimálnej výšky toku z prvotných 0,1 m na 1 m sme dosiahli vyššiu zhodu s re-

alitou (obr. 4a). Problém prílišného rozširovania simulovaných lavín s modelom ELBA+ uvádza aj VOLK (2005).

Simulácia lavíny v súčasných podmienkach

Podľa výsledku simulácie by sme mohli povedať, že les by dnes skrátol dosah lavíny o 50 metrov (tab. 2, obr. 4b), čo predstavuje cca 2 % jej pôvodného dosahu. Obmedzený retardačný vplyv lesa na priebeh lavíny uvádzajú aj MARGRETH (2004) a KŇAZOVICKÝ (1967).

Čo sa týka ostatných parametrov obidvoch lavín, sú približne v zhode. Pri zhodnotení vplyvu lesa by bolo vhodné pripomenúť, že model ho zohľadňuje len pri drsnosti povrchu. Nárast ničivej sily lavíny, ako aj zmena vnútorného trenia sa nezohľadňujú. Keďže sa nezmenila rozloha odtrhového pásma, lavína sa vyznačuje takmer zhodným objemom. Nepatrný rozdiel 0,3 % môžeme pripísať jej kratšiemu dosahu spôsobenému lesom, pričom sa objem lavíny znížil o sneh z tejto dráhy.

Tab. 1.

Porovnanie výsledkov modelu ELBA+ s nameranými parametrami lavíny z marca 1970 a výsledkami modelu RAMMS
Comparison of model results ELBA+, RAMMS with measured parameters of the avalanche from 1970

Parameter	Skutočnosť/Reality	Rekonštrukcie/Reconstruction		Rozdiel medzi skutočnosťou a ELBA+*
	Nameraná hodnota/Measured value (MILAN, KRESÁK 1970)	Výsledok RAMMS/RAMMS results (BISKUPIČ et al. 2011)	Výsledok ELBA+/ELBA+ results	
Dĺžka lavíny/ Avalanche length [m]	2 200	2 221	2 192	8 (-0,4%)
Dĺžka nánosu/ Deposit length [m]	1 800	1 725	1 800	0
Objem nánosu/ Deposit cubature [m ³]	625 000	626 029	563 858	- 61 142 (-9,8%)
Výška čela lavíny/ Avalanche front height [m]	20–25	4–5	4–5	-16–20 (-80%)
Plocha lavíny/ Avalanche size [ha]	39,1	51,4	51,2	12,1 (+30,9%)

* Difference between measured and ELBA+ result

Tab. 2.

Prehľad výsledkov rekonštrukcie a simulovaných lavín modelom ELBA+
Summary of avalanche reconstruction and simulation results

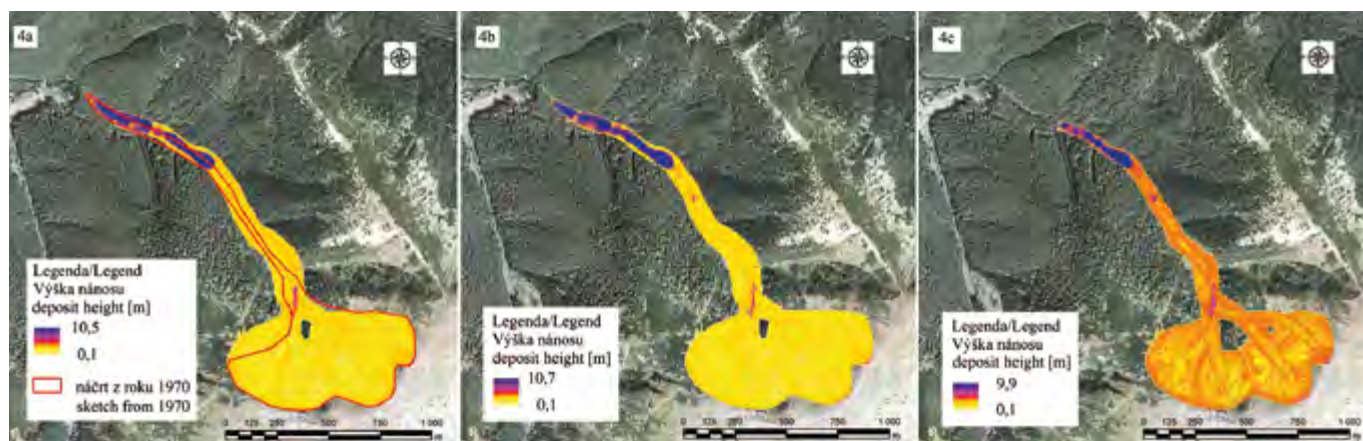
Parameter	Rekonštrukcia lavíny z roku 1970/ Reconstruction of the 1970 avalanche	Modelovaná lavína v súčasnosti/ Modelled avalanche at present	Rozdiel/ Difference	Modelovaná lavína pri vzostupe lesa na 1600 m n. m./Modelled avalanche with increased timberline to 1600 m	Rozdiel/ Difference
Dĺžka lavíny/ Avalanche length [m]	2 192	2 142	-50 (-2,3%)	1 885	-307 (-14%)
Objem nánosu/ Deposit cubature [m ³]	563 858	562 408	-1 450 (-0,3%)	436 633	-127 225 (-23%)
Plocha odtrhového pásma/ Size of release zone [ha]	26,44	26,44	-	18,60	-7,84 (-30%)
Objem odtrhu/ Cubature of release zone [m ³]	449 820	449 820	-	316 583	-133 237 (-30%)
Plocha lavíny/ Avalanche size [ha]	51,2	50,8	-0,4 (-0,8%)	44,5	-6,7 (-13%)
Maximálna rýchlosť/ Maximum velocity [m.s ⁻¹]	40	40	-	39	-1 (-5%)
Maximálny tlak/ Maximum pressure [kPa]	475	475	-	459	-16 (-3%)

Simulácia lavíny pri vzostupe lesa na 1600 m n. m.

Les je výrazný stabilizujúci prvok pre snehovú pokrývku a za určitých podmienok (starší, zdravý, nerovnoveký les primeraného zakmenenia) úplne zabraňuje vo svojom areáli vzniku lavín (BUKOVČAN 1960; MIDRIAK 1977; BINDER 1969). Jeho vzostupom až po hranicu 1600 m n. m. došlo k redukcii rozlohy odtrhového pásma a objem masy snehu v ňom sa zredukoval o cca 30 % oproti pôvodnému scenáru. To sa priaznivo prejavilo aj pri výsledku dĺžky lavíny a v tomto prípade je kratšia o cca 300 m, čo predstavuje 14% rozdiel. Lavína je celkovo svojimi parametrami menej rozsiahla ako v predchádzajúcich prípadoch. Zasiahla by plochu o 6,7 ha menšiu ako nami nasimulovaná lavína z roku 1970, čo predstavuje rozdiel cca 13%. Redukciou

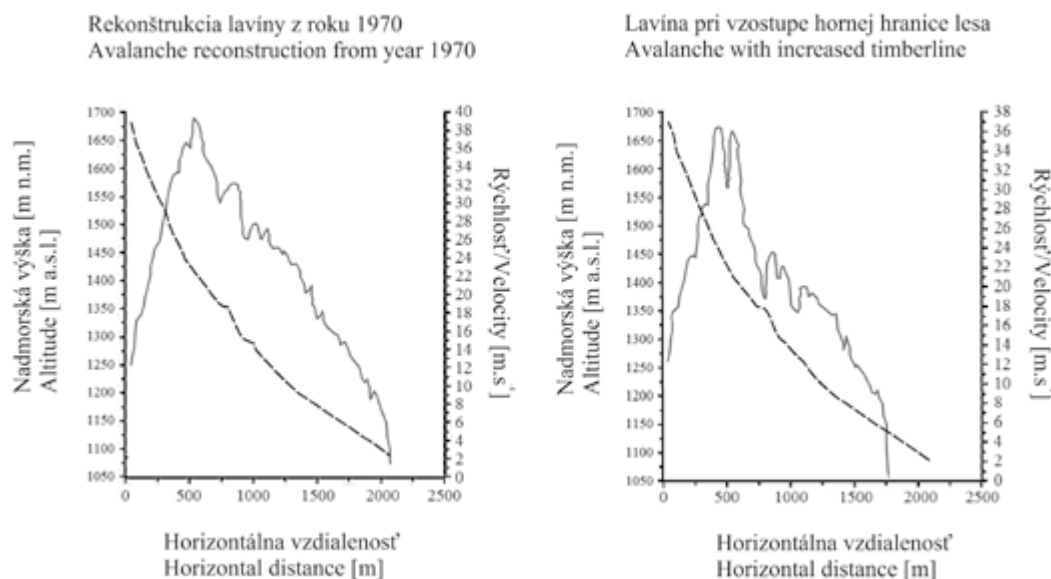
masy snehu v odtrhovom pásme sa znížila aj maximálna výška toku, a to zhruba o 1/3 a mierne poklesol maximálny tlak lavíny, ktorý však aj tak výrazne, viac ako 4násobne prekračuje hranicu 100 kPa, ktorej vo všeobecnosti dokážu zdravé, dospelé stromy odolať.

Pri sledovaní priebehu rýchlosti rekonštruovanej lavíny z roku 1970 a simulovanej lavíny pri rozšírení lesa po hranicu 1600 m n. m na zadanom profile (po spádnicí doliny Ďurková od hornej hranice odtrhového pásma po krátky úsek pred čelom lavíny z roku 1970) si môžeme vpravo všimnúť výraznú dvojrýchlovú krivku (obr. 5). Pri nej došlo k podstatnému spomaleniu toku lavíny práve vo chvíli narazenia lavíny na pásma lesa. Rozloženie nánosov, ako aj jej dosah pri tomto scenári vidíme na obr. 4c.



Obr. 4. Porovnanie výsledku rekonštrukcie lavíny z marca 1970 s náčrtom toku lavíny (MILAN, KRESÁK 1970) (4a), predpokladaná výška nánosov a dosah lavíny, so zhodnými parametrami ako lavína z roku 1970, pri súčasnej rozlohe lesa (4b), predpokladaná výška nánosov a dosah lavíny, so zhodnými parametrami ako lavína z roku 1970, za predpokladu vzostupu hornej hranice lesa na 1600 m n. m. (4c) (scenár zmeny klímy 2075–2100)

Fig. 4. Comparison of the results of the 1970 avalanche (ELBA+) with avalanche flow sketch (MILAN, KRESÁK 1970) (4a), suppositional height of the avalanche deposit with identical parameters as the avalanche of 1970, at present forest conditions (4b), suppositional height of the avalanche deposit with identical parameters as avalanche of 1970, with the assumption of increased timberline to 1600 m a.s.l. (4c) (climate change scenario 2075–2100)



Obr. 5. Porovnanie vývoja rýchlosti lavín – rekonštrukcie lavíny z roku 1970 a lavíny so zhodnými parametrami pri vzostupe lesa
Comparison of avalanche velocity progress – reconstruction of the 1970 avalanche and avalanche simulation with increased timberline

ZÁVER

Naše výsledky by sme mohli zhrnúť do nasledovných bodov:

- Lavínu zo 14. marca 1970 sa nám podarilo relatívne presne rekonštruovať, čo sa týka jej dĺžky (rozdiel 0,4 %) a objemu (rozdiel 10 %).
- Po zhodnotení výšky nánosu a celkovej plochy bola skutočná lavína viac lokalizovaná v lavínovej dráhe ako naša výsledná namodelovaná lavína, ktorá sa vyznačuje výrazným postranným rozširovaním, a tým aj nižšou výškou čela lavíny (rozdiel 80 %).
- Pri súčasnom rozšírení lesa, kedy bývalá lavínová dráha spätne zarastá lesom, nesledujeme výrazný brzdiaci účinok (50 m, čo predstavuje 2,3 %). Jeho vplyv je pri takto rozsiahlej lavíne silne ohraničený.
- Výraznejší vplyv môžeme sledovať pri vzostupe lesa po hranicu 1600 m n. m. (scenár zmeny klímy pre roky 2075–2100), a to skrátenie dosahu lavíny o viac ako 307 m (14 %), ktoré je spôsobené hlavne redukciami masy snehu v odtrhu, keďže vzostupujúci les dosiahol pásmo odtrhu, a tým stabilizoval snehovú pokrývku nachádzajúcu sa na jeho území.

Pri hodnotení reálnosti výsledkov simulácie je potrebné vykonať približnú kalibráciu modelovania, alebo skúmať reálnosť danej situácie aj za pomoci historických údajov, ako sú kroniky, fotky, maľby alebo stopy po lavínovej aktivite v prostredí.

Podakovanie:

Tento príspevok je podporovaný grantmi na výskum VEGA 1/1130/12, VEGA 1/0281/11, VEGA 1/0257/11 zo Slovenskej grantovej agentúry pre vedu a Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci zmluvy č. APVV 0423-10 a č. APVV 0303-11.

LITERATÚRA

- BARTÍK M. 2011. Simulácia ohrozenosti horského prostredia lavínami v okolí Magurky s využitím modelu ELBA+. Diplomová práca. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 74 s.
- BARTOŠ J., ŠPULÁK O., ČERNOHOUS V. 2009. Ukládání sněhu ve vztahu k dřevinám vysazeným na kalamitní holině v hrěbenové partii horských poloh. Zprávy lesnického výzkumu, 54: 166-173.
- BARTOŠ J., ŠPULÁK O., SOUČEK J. 2011. Vlastnosti sněhu ve vztahu k mladým porostům vybraných dřevin v horských polohách. Zprávy lesnického výzkumu, 56: 220-227.
- BEBI P., ULRICH M. 2008. Gibt es immer mehr wirksamen Lawinenschutzwald? Informationsblatt Wald, 24: 1-3.
- BINDER R. 1969. Zahrádzanie bystrín a lavín. Bratislava, Príroda: 292 s.
- BISKUPIČ M., KYZEK F., LIZUCH M., RICHNAVSKÝ J., ŽIAK I., MUDROŇ I., DEVEČKA B. 2011. Rekonštrukcia historickej lavíny s využitím moderných nástrojov GIS. Životné prostredie, 45: 83-88.
- BOON S. 2008. Impact of mountain pine beetle infestation and salvage harvesting on seasonal snow melt and runoff. Victoria, Pacific Forestry Centre: 34 s. Mountain pine beetle working paper 2008-24.
- BUKOVČAN V. 1960. Lavíny a lesy. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry: 196 s.
- FIELD C.B. et al. (eds.) 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press: 582 s.
- HRÍBIK M., VIDA T., ŠKVARENINA J., ŠKVARENINOVÁ J., IVAN L. 2012. Hydrological effects of Norway spruce and European beech on snow cover in a mid-mountain region of the Polana Mts., Slovakia. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 60: 319-332.
- KŇAZOVICKÝ L. 1967. Lavíny. Bratislava, Vydavateľstvo SAV: 264 s.
- LAPIN M., BAŠTÁK I., FAŠKO P., GERA M., HRVOL M., KREMLER M., MELO M., NEJEDLÍK P., ŠĚASTNÝ P. 2010. Zmeny klímy na Slovensku v období 1881–2010 a klimatické scenáre do roku 2100. In: Škvarenina J. et al. (eds.): Klimatická zmena a krajina: dopady klimatickej zmeny a zhodnotenie zraniteľnosti územia na Slovensku v sektoroch „vodné hospodárstvo, lesy a poľnohospodárstvo“. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene: 6-20.
- MARGRETH S. 2004. Die Wirkung des Waldes bei Lawinen. Forum für Wissen: 21-26.
- MCCARTHY J.J. et al. (eds.) 2001. Climate change 2001. Impact, adaptation, and vulnerability. [online]. Cambridge, Cambridge University Press [cit. 02.04.2012] Dostupné na World Wide Web: http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
- MÍDRIAK R. 1977. Protilavínová ochrana lesa. Bratislava, Príroda: 218 s.
- MILAN L., KRESÁK K. 1970. Správa o lavínovej udalosti zostavená dňa 10. 6. 1970. Jasná, Archív SLP HZS: 15 s.
- MILAN L. 1977. Nebezpečenstvo lavín. Bratislava, Šport: 161 s.
- MILAN L. 2006. Lavíny v horstvách Slovenska. Bratislava, Veda: 152 s.
- MINĎÁŠ J., PÁLENÍK V., NEJEDLÍK P. (eds.) 2011a. Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch. Záverečná správa Operačného programu OPŽP-PO3-08-5 ITMS 24130120015. Zvolen – Bratislava, EFRA: 253 s.
- MINĎÁŠ J., ŠKVARENINA J., HRÍBIK M. 2011b. Vývoj horských lesov a hornej hranice lesa v podmienkach zmeny klímy. Životné prostredie, 45: 93-97.
- NEJEDLÍK P., MINĎÁŠ J. 2011. Dôsledky klimatickej zmeny a možné adaptačné opatrenia v jednotlivých sektoroch. Projekt OPŽP-PO3-08-5 ITMS 24130120015. Bratislava, SHMÚ: 50 s.
- NLC. 2012. Lesnícky informačný systém. Národné lesnícke centrum. [online] [cit. 02.04.2012] Dostupné na World Wide Web: <http://lvu.nlcsk.org/lgis/>
- OcCC. 2003. Extremereignisse und Klimaänderung. Bern, OcCC: 77-80.
- PERROT D., MOLOTCH P., MUSSELMAN N., PUGH T. 2012. Modelling the effects of the mountain pine beetle on snowmelt in a subalpine forest. Ecohydrology [online first] DOI: 10.1002/eco.1329
- PUGH E., SMALL E. 2012. The impact of pine beetle infestation on snow accumulation and melt in the headwaters of the Colorado River. Ecohydrology, 5: 467-477.
- ŠÁLY R., ŠURINA B. 2002. Pôdy. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Bratislava, MŽP SR: 106-107.
- ŠGÚDŠ. 2008. Geologická mapa SR. [online] Bratislava [cit. 02.04.2012] Dostupné na World Wide Web: http://mapserver.geology.sk/pgm_sk/mapviewer.jsf?width=1368&height=808
- VOIGT T., FÜSSEL H.M., GÄRTNER-ROER I., HUGGEL C., MARTY C., ZEMPET M. 2010. Impacts of climate change on snow, ice, and permafrost in Europe: Observed trends, future projections, and socio-economic relevance. Bilthoven, ETC/ACC – European Topic Centre on Air and Climate Change: 89-94.
- VOLK G. 2005. Handbuch ELBA+. Pressbaum, NiT Technisches Buero GmbH.: 94 s.

POTENTIAL IMPACT OF UPPER FOREST LIMIT CHANGES ON THE AVALANCHE PARAMETERS USING THE MODEL ELBA+ - A CASE STUDY FROM THE LOW TATRAS MTS., SLOVAKIA**SUMMARY**

Presented article assesses the influence of climate change on forest function of avalanche control using advanced software application ELBA+. The Magurka settlement is located below the main crest of the Low Tatras (Slovakia) at the end of Lupčianská valley (Fig. 2). Surroundings of the settlement were hit many times by avalanches. These avalanches caused human casualties and extensive forest damages. The avalanche occurred on 14th March 1970 in the valley Ďurková (Fig. 1) went down in history because it is still one of the largest avalanches ever recorded in Slovakia.

Our target was comparison of avalanche simulation results in varied forest conditions in case of climate change using ELBA+. Our sub-goals were: (i) reconstruction of historical avalanche from 14th March 1970 and comparison of our results with measured values (MILAN, KRESÁK 1970) and RAMMS result (BISKUPIČ et al. 2011), (ii) avalanche simulation with identical parameters as avalanche from 1970 at present forest conditions, which allowed us to quantify the retarding effect of the forest on the avalanche path, and (iii) avalanche simulation with identical parameters as avalanche from 1970, with increased timberline to the 1600 m a.s.l. (climate change scenario 2075–2100).

Archived data of the Avalanche prevention Center in Jasná and ArcGIS-based model ELBA+ were used get the most faithful reconstruction of the avalanche. Input data for modeling were: digital elevation model, shape and size of release zones and characteristic of snow cover (Fig. 3). Results of our reconstruction showed high value of conformity with reality especially in avalanche length and path (Tab. 1, Fig. 4a). Then we simulated the avalanche of identical size in the present forest conditions. Differences in size of this avalanche were not significant (Tab. 2, Fig. 4b) and showed the limited retarding effect of the forest in the avalanche path within such large avalanches. In the last procedure we dealt with climate change, especially the possible increase of the timberline (McCARTHY 2001; MINĎÁŠ et al. 2011b). With increased timberline to the 1600 m a.s.l., release zone was reduced from 26,44 ha to 18,60 ha, which led to shortening of the avalanche path (for 300 m; Fig. 4c) and its retardation (Fig. 5). Forest is a significant stabilizing element for a snow cover. Under certain conditions (older, healthy, mixed and heterogeneous forest with adequate crop density), it completely eliminates formation of avalanches (BUKOVČAN 1960; MIDRIAK 1977; BINDER 1969). Forest stands have a very positive effect on the release zone to reduce the size of an avalanche.

Recenzováno

ADRESA AUTOROV/CORRESPONDING AUTHORS:

Ing. Martin Bartík, Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta
Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421 455 206 219; e-mail: bartikmartin@gmail.com

prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta
Masarykova 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika
tel.: +421 455 206 209; e-mail: skvarenina@tuzvo.sk