

OCHRANNÁ FUNKCE LESA PŘED SKALNÍM ŘÍČENÍM (PŘÍKLADOVÁ STUDIE Z MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYD)

PROTECTION ROLE OF FOREST STAND AGAINST ROCKFALL (CASE STUDY FROM THE MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY MTS.)

KAREL ŠILHÁN

Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Ostrava

ABSTRACT

This article presents results of analysis of forest stand influence on increasing distance of falling rocks from rock faces. Research was carried out on three localities in the Moravskoslezské Beskydy Mts. Geodetic survey of localities, sampling of trees by increment borer and computing of mean distance falling rock before its first hit with tree were applied. Results show important increasing distance of falling rocks due to presence of forest stand on tali. Distance variability of rocks of different sizes and rock distance dependence on age of trees is presented as well.

Klíčová slova: skalní řízení, les, Moravskoslezské Beskydy, ochranná funkce

Key words: rockfall, forest stand, Moravskoslezské Beskydy Mts., protection role

ÚVOD

Skalní řízení je jeden z nejnebezpečnějších geomorfologických procesů (STOFFEL 2006). Studium interakce geomorfologických procesů a vegetace je dnes aktuální problematika a zabývá se jí mnoho autorů (KUBÍNÝ, LINDEROVÁ 1983; HAWLEY, DYMOND 1988; SOUČEK et al. 2010). Řízení podléhá od malých úlomků horniny až po několik metrů velké skalní bloky. Časový výskyt skalního řízení je prakticky nemožné předpovědět. Ovšem podle publikovaných výzkumů je v mírných klimatických podmínkách jeho intenzita nejvyšší na jaře během opakujících se regulačních cyklů a po extrémních srážkových úhrnech (PERRET et al. 2006; SCHNEUWLY, STOFFEL 2008). Z praktického hlediska bývají řízením nejčastěji poškozeny komunikace, ale i budovy. V ojedinělých případech dochází i ke zranění osob. Ochrana před jeho škodlivými účinky je tak zejména v nejfaktovanějších oblastech velmi důležitá. Ochranná opatření je možné rozdělit do dvou základních skupin: technická a ekoinženýrská (DORREN et al. 2005). Technická opatření jsou převážně založena na stabilizaci potenciálně uvolnitelných bloků na svahu, případně snížení jejich transportní vzdálenosti. Spočívají zejména v instalování různých bariér, hrází nebo sítí ve zdrojové nebo transportní zóně řízení. Finančně méně náročná jsou opatření ekoinženýrská využívající ekologické procesy v potenciální kombinaci s inženýrskými úpravami (DORREN et al. 2005). Mezi tyto přístupy patří instalace dřevěných bariér, zpevňování technických opatření přírodními složkami (např. stabilizace ochranných pilířů již zřícenými bloky skal, atd.), ale i strategická výsadba stromů v transportní zóně řízení, nebo kácení vzrostlých stromů a umísťování jejich kmenů na svazích pod zdrojovými zónami řízení.

Zejména cílená strategická výsadba stromů na svazích jako pasivní ochranné opatření je finančně méně náročná. Musí mu však předcházet podrobná analýza vybrané lokality. Je potřeba zohlednit zejména

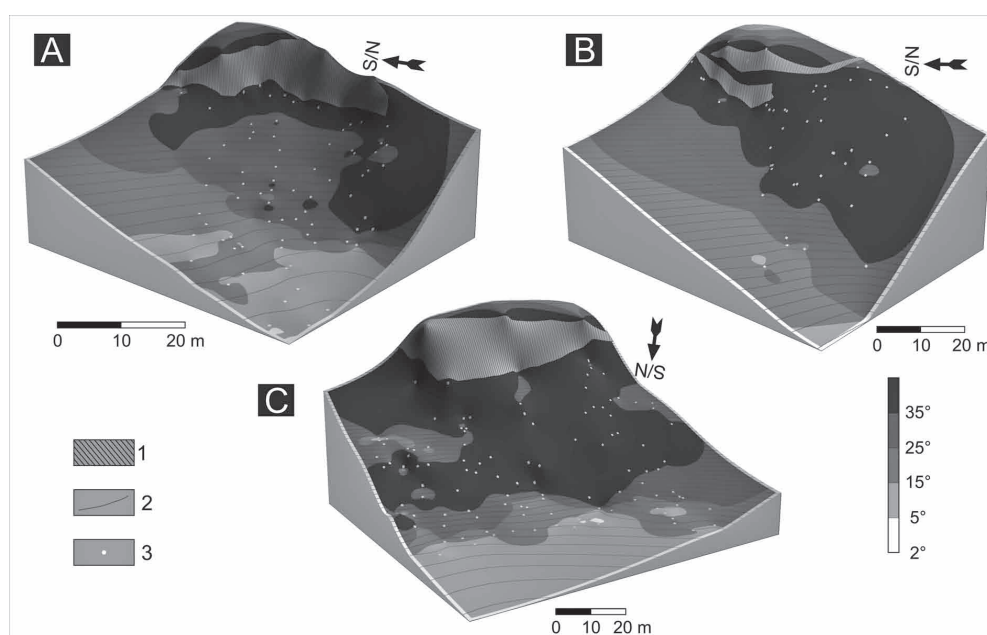
rozsah potenciálně postižitelného území, vzdálenost budov a infrastruktury od zdroje řízení, sklon transportní zóny, ale i charakter zdrojové oblasti a velikost uvolňovaných úlomků. Poté je možné navrhnout počet vysazených stromů, jejich prostorovou lokalizaci, případně i druh stromů. Jedná se v současnosti o významnou otázku funkce lesního ekosystému zkoumanou zejména v alpských zemích (DORREN et al. 2004; BRAUNER et al. 2005; DORREN et al. 2005; STOFFEL et al. 2006; WOLTJER et al. 2008; JANCKLE et al. 2009). Na našem území se jedná o relativně novou problematiku.

Tento příspěvek přináší výsledky analýzy ochranné funkce již vzrostlého lesa ze třech různých lokalit v Moravskoslezských Beskydech, na nichž může dojít k ohrožení infrastruktury a staveb. Stromy na těchto lokalitách nebyly vysazeny cíleně s ohledem na jejich ochrannou funkci před skalním řízením. Cílem příspěvku je tak ukázat, jakým způsobem může i přirozený lesní porost omezit vliv skalního řízení.

Území

Moravskoslezské Beskydy jsou mladým příkrovovým pohořím, které si dosud zachovává alpinotypní morfologické rysy. Vyznačují se hluboko zařízlými údolními, úzkými hřebenovými partiemi a příkrými svahy, které jsou velmi často postiženy sesuvnými pohyby. Litologicky jsou budovány mírně (10 – 20°) k JV ukloněnými flyšovými horninami (střídající se vrstvy pískovců až slepenců a jílovců). Zejména na svazích postižených sesuvnými pohyby dochází k výchozům těchto hornin v podobě skalních stěn, které jsou nejčastějším zdrojem materiálu pro skalní řízení.

Pro analýzu vlivu lesa na snížení dosahu skalního řízení byly vybrány 3 lokality. Dvě se nacházejí na západním svahu masivu Smrk (1 276 m) a třetí na severním svahu vrcholu Ropice (1 082 m). Na všech loka-


Obr. 1.

Digitální modely všech lokalit se znázorněním sklonů svahů. A – Smrk_1, B – Smrk_2, C – Ropice. 1 – skalní stěna, 2 – vrstevnice (1 m), 3 – pozice stromu

Fig. 1.

Digital elevation models of all localities with representation of slope gradient. A – Smrk_1, B – Smrk_2, 3 – Ropice. 1 – rockface, 2 – contour line (1 m), 3 – tree position

litách se nachází skalní stěna, z níž dochází k opadávání skalních úlomků. Pod stěnami je vždy vyvinutý více či méně stabilizovaný osyp porostlý vzrostlým lesem. Důležité je, že na všech lokalitách se nedaleko pod osypem vyskytuje lesní cesta (na lokalitě Ropice i lesní chata), která je potenciálně zasažitelná opadávajícími úlomky. Základní morfometrické parametry všech lokalit shrnuje tabulka 1.

METODIKA

Pro zanalyzování ochranné funkce lesa bylo nejprve potřeba získat detailní informace o lokalizaci jednotlivých stromů na osypu a jejich prostorových vztazích ke skalním stěnám a lesním cestám. Z tohoto důvodu byly všechny lokality podrobně geodeticky zaměřeny a byl vytvořen jejich digitální model (DMT) v prostředí programu Surfer 8. U každého zaměřeného stromu byl změřen jeho obvod kmene ve výčetní výšce, tedy ve výšce 1,3 m, a z něho vypočítán průměr stromu. Stáří stromu bylo zjištěno z vrtných jader realizovaných pomocí

Presslerova přírůstového nebozezu. Ze stáří stromu a jeho průměru byly vypočítány průměrné roční tloušťkové přírůstky stromů na jednotlivých lokalitách. Na každé lokalitě byla změřena velikost 20 náhodně vybraných úlomků skalního říčení.

Při analýze vlivu lesa na snížení transportní vzdálenosti pohybujících se skalních úlomků se vycházelo z následujícího vzorce, jenž vyjadřuje průměrnou vzdálenost, kterou pohybující se úlomek urazí, než se poprvé setkne se stromem (MTFD (m) – Mean Tree Free Distance) (PERRET et al. 2004):

$$MTFD = A / N_{r_{stems}} \cdot (R_{diam} + DBH_m)$$

A je plocha transportní a akumulací zóny skalního říčení, $N_{r_{stems}}$ je počet stromů rostoucích na této ploše, R_{diam} (m) je průměrná velikost úlomků skalního říčení, DBH_m (Diameter Breast Height) je průměrný průměr kmene všech stromů rostoucích na zkoumané ploše (m). Tento vzorec existuje v několika modifikacích. V této studii se vychází z varianty použité k analýze ochranné funkce lesa před skalním říčením v podobném alpském prostředí (PERRET et al. 2004).

Tab. 1.

Základní morfometrické parametry jednotlivých lokalit
Basic morphometric parameters of individual localities

Lokalita/ Locality	Rozpětí nadm. vý- šek/Altitude range	Délka stěny (m)/ Length of rockface	Maximální výška stěny (m)/ Maximal rockface height	Orientace lokality/ Locality orientation	Geomorfologická pozice/ Geomorphological position
Smrk_1	600 - 650 m n. m.	40	8	Z	čelo sesuvu/landslide front
Smrk_2	810 - 870 m n. m.	40	7	Z	čelo sesuvu/landslide front
Ropice	900 - 970 m n. m.	80	20	S	odlučná zóna sesuvu/ landslide scar

VÝSLEDKY

Obecné vlastnosti analyzovaných lokalit

Výsledky podrobného geodetického zaměření zkoumaných lokalit ukazuje obrázek 1. Z DMT jednotlivých lokalit je patrné, že sklon osypu je nejvyšší v blízkosti skalní stěny. Na všech lokalitách jeho hodnoty v těchto místech přesahují 35°. Na lokalitách Smrk_2 a Ropice si tento sklon drží osyp téměř na celé své ploše. Rozmístění stromů na osypech je na všech lokalitách více či méně pravidelné, pouze na osypech Smrk_1 a Ropice jsou v jejich středních částech výraznější absence stromů. Lesní cesty vedou vždy téměř paralelně s průběhem skalní stěny. Nejvíce je cesta vzdálena od stěny na Ropici (110 m), nejméně na Smrku_1 (60 m).

Na lokalitě Smrk_1 bylo zaměřeno celkem 56 stromů, což v poměru s porostlou plochou dává hustotu 651 stromů/ha. Na lokalitě Smrk_2 (51 stromů) a lokalitě Ropice (115 stromů) je hustota stromů podobná (256 resp. 240 stromů/ha), ale ve srovnání s první lokalitou méně jak poloviční (tab. 2).

Největší střední tloušťku kmene měly stromy na lokalitě Ropice (0,416 m), nejmenší pak na lokalitě Smrk_1 (0,265 m). Nejmenší průměrná velikost 20 náhodně vybraných úlomků byla opět na lokalitě Smrk_1 (0,3 m), největší pak na lokalitě Smrk_2 (0,8 m). Největší nalezený zřícený blok ze všech lokalit a průměrnou velikost úlomků na lokalitě Smrk_1 ukazuje obrázek 2. Základní údaje o průměru stromů a velikosti klastů shrnuje tabulka 2.

MTFD

Při výpočtu střední vzdálenosti, kterou musí úlomek urazit, než se poprvé setkne s povrchem stromu, byla vypočítána z aktuálních dat o šířkách a počtech stromů v roce 2009. Průměrně veliký úlomek se na lokalitě Smrk_1 dostane do průměrné vzdálenosti 27 m. Na lokalitě Smrk_2 je to 29 m, a na lokalitě Ropice urazí 37 m od skalní stěny.

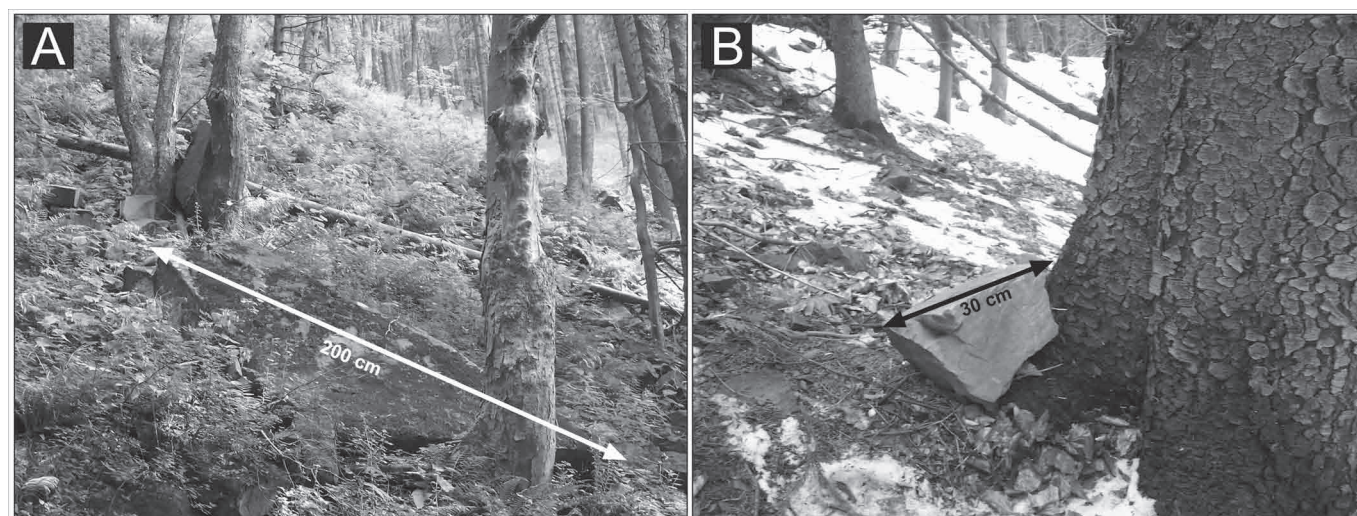
Tento stav tak platí v roce 2009 (tab. 3). Půjdeme-li však do minulosti, bude docházet k postupnému snižování průměrné šířky stromů na jednotlivých lokalitách, až nastane situace, kdy byl osyp potenciálně bez lesního porostu. Porovnáním MTFD z roku bez přítomnosti lesa na osypu se současným stavem umožňuje ověřit význam stromů při snižování průměrného dosahu pohybujících se úlomků. Při stanovení roku bez lesa na osypu se vycházelo z průměrných ročních přírůstků všech stromů na lokalitách. Na lokalitě Smrk_1 to byl rok 1962 s MTFD 50 m. Na lokalitě Smrk_2 to byl rok 1920 s MTFD 42 m. Na lokalitě Ropice byl osyp potenciálně bez lesa v roce 1895, kdy MTFD dosahovala hodnoty 59 m (tab. 3). Vývoj MTFD v čase s ohledem na růst stromů na osypu udává obrázek 3A.

Velikost MTFD samozřejmě závisí i na průměrné velikosti opadávajících klastů. K předešlým výpočtům byly použity průměrné hodnoty z 20 náhodně vybraných úlomků. V dalším postupu tak byla vypočtena MTFD pro různé velikosti úlomků v intervalech 0,1 m od minimální velikosti 0,1 m po největší zjištěný úlomek na jednotlivých lokalitách. Výsledky shrnuje tabulka 4. MTFD pro různé velikosti opadávajících úlomků zobrazuje obrázek 3B.

Tab. 2.

Vlastnosti stromů a úlomků na lokalitách
Trees and stone characteristics on localities

Lokalita/ Locality	Počet stromů/ Tree number	Plocha (m ²)/ Area	Hustota stromů/ Tree density	Průměrný průměr stromů (m)/ Mean tree diameter	Průměrná velikost úlomků (m)/ Mean stone diameter
Smrk_1	56	859	651/ha	0,265	0,3
Smrk_2	51	1720	256/ha	0,368	0,8
Ropice	115	4788	240/ha	0,416	0,7



Obr. 2.

A – Největší zjištěný zřícený blok ze všech lokalit, B – Průměrná velikost úlomků na lokalitě Smrk_1

Fig. 2.

A – The largest block traced of all localities, B – Mean rock size on locality Smrk_1

Tab. 3.

 Hodnoty MTFD v hraničních rocích výskytu lesa na osypech
 MTFD values at boundary years of forest occurrence on talus

Lokalita/ Locality	Vzdálenost cesty (m)/ Road distance	Průměrný roční přírůstek (m)/Mean year increment rate	MTFD 2009 (m)	Rok bez lesu/ Year without forest occurrence	MTFD bez lesu (m)/MTFD without forest	Vliv lesa (m)/ Forest influence
Smrk_1	60	0,0058	27	1962	50	23
Smrk_2	90	0,0042	29	1920	42	13
Ropice	110	0,0037	37	1895	59	22

Tab. 4.

 Hodnoty MTFD pro různě velké úlomky
 MTFD values of different rock sizes

Minimální velikost úlomku (m)/ Minimal rock size	MTFD při 0,1 m/ MTFD by 0.1 m	Maximální velikost úlomku (m)/Maximal rock size	MTFD při maximální velikosti úlomku (m)/ MTFD by maximal rock size	Rozdíl (m)/ Difference
0,1	42	0,6	17	25
0,1	72	2	14	58
0,1	80	1,2	25	65

DISKUSE

Pro prostorovou vizualizaci jednotlivých lokalit byl vytvořen jejich digitální 3D model. Vysoký sklon svahu na všech lokalitách avizuje, že je zde vysoká pravděpodobnost velkého dosahu opadávajících úlomků. STOFFEL (2006) uvádí, že pohyb úlomků na svahu se zastaví až při poklesu sklonu pod 30°. Z obrázku 1 vyplývá i další zajímavý fakt. Evidentně nejnižší průměrný sklon svahu je na lokalitě Smrk_1. Při porovnání s hustotou stromů na osypech je evidentní, že na nejméně příkrém osypu je hustota stromů více jak dvojnásobná než na strmějších lokalitách. Je to pravděpodobně způsobeno lepšími ekologickými podmínkami na relativně stabilnějším podloží a nižší dynamikou opadávajících úlomků, které působí jako významný disturbanční faktor na příkrřejším svahu (SCHWEINGRUBER 1996). Nejnižší koncentrace stromů v jinak relativně pravidelném rozložení je na nejpříkrější části osypu a pod místem nejvyšší části stěny na lokalitách Smrk_1 a Ropice. V těchto místech lze obecně předpokládat nejvyšší intenzitu skalního říčení (SCHNEUWLY, STOFFEL 2008), které zde pravděpodobně hustotu stromů výrazně eliminovalo. Je tedy otázkou, zda by cílená výsadba stromů v těchto místech měla šanci se udržet a fungovat jako ochranné opatření. V případě, že ano, pak se jako vhodné řešení nabízí pravidelná výsadba stromů do čtvercových nebo trojúhelníkových sponů (ŠMELKO et al. 1992) tak, aby byla maximálně pokryta šíře transportní a akumulací zóny skalního říčení. Avšak pro extrémně exponovaná místa dopadu úlomků se jeví jako výhodnější řešení pasivní rozmístění pokácených kmenů (DORREN et al. 2005).

Porovnáním vzdáleností cest od zdrojů skalního říčení na jednotlivých lokalitách s vypočtenou MTFD je patrné, že v současnosti jsou tyto cesty relativně dobře chráněny před účinky skalního říčení. Na všech lokalitách nedosahuje průměrný dosah padajících úlomků ani do poloviny vzdálenosti cest od skalních stěn. Není však jasné, zda je tento fakt způsoben výlučně vlivem lesa, nebo zda se jedná o přirozený stav způsobený celkovou morfologií lokalit. Podíváme-li se tak na hodnoty MTFD při potenciálně bezlesém povrchu osypů, je jasné, že hodnoty jsou daleko vyšší, ovšem ani v tomto případě nepřesahují vzdálenosti cest od skalních stěn. Zdá se tedy, že cesty jsou přirozeně v dostatečné vzdálenosti, aby nemohly být poškozeny opadávajícími úlomky. Vliv lesa na snížení dosahu padajících úlomků je však zcela

evidentní. Vzdálenost, kterou padající úlomek potenciálně urazí na bezlesém osypu, se vlivem současného stavu zalesnění snížila téměř o polovinu (maximálně na lokalitě Smrk_1 – snížení o 46 %).

Toto jsou ovšem pouze orientační výpočty představující hrubý náhled na problematiku. Ve skutečnosti závisí skutečné snížení vzdálenosti dopadu i na prostorovém rozmístění stromů. Nelze rovněž předpokládat homogenní velikost úlomků. Z výpočtu MTFD pro maximální velikostní rozpětí úlomků na jednotlivých lokalitách jsou evidentní velké výkyvy v dosahu. Ovšem ani pro nejmenší uvažované úlomky (0,1 m) jejich potenciální dosah nezasahuje až na cesty. Dále je nutné poznamenat, že vypočtené MTFD jsou ve skutečnosti delší, protože první kontakt pohybujícího se úlomku se stromem nemusí nutně znamenat zastavení úlomku. Naopak většinou dojde především ke změně jeho trajektorie ovšem za výrazného snížení jeho dynamické energie (STOFFEL 2006).

ZÁVĚR

Závěrem lze říci, že v současnosti jsou cesty na všech lokalitách relativně v bezpečí před negativními vlivy skalního říčení. Existence lesního porostu v transportních a akumulacích zónách pohybujících se úlomků však výrazně snižuje jejich dosah. Výsadbu stromů na podobných lokalitách je tak možné doporučit. Stromy by měly být pravidelně rozmístěny a neměly by se výrazněji zakrývat. Na místech nejvyšší intenzity skalního říčení pod nejvyššími částmi skalních stěn a na nejprudších místech osypu je realizace osázení velmi komplikovaná a tak zde lze doporučit rozmístění pokácených kmenů, které rovněž plní významnou funkci ochrany před skalním říčením.

Poznámka:

Příspěvek vznikl za podpory projektu Grantové agentury ČR č. P209/10/0309 „Vliv historických klimatických a hydrometeorologických extrémů na svahové a fluvialní procesy v oblasti Západních Beskyd a jejich předpolí“.

LITERATURA

- BRAUNER S., WEINMEISTER W., AGNERA P., VOSPERNIK S., HOESLE B. 2005. Forest management decision support for evaluating forest protection effects against rockfall. *Forest Ecology and Management*, 207: 75-85.
- DORREN L. K. A., MAIER B., PUTTERS U. S., SEIJMONSBERGEN A. C. 2004. Combining field and modelling techniques to assess rockfall dynamics on a protection forest hillslope in the European Alps. *Geomorphology*, 57: 151-167.
- DORREN L. K. A., BERGER F., HIR C., HERMIN E., TARIF P. 2005. Mechanisms, effects and implications of rockfall in forests. *Forest Ecology and Management*, 215: 183-195.
- HAWLEY J. G., DYMOND J. R. 1988. How much do trees reduce landsliding? *Journal of Soil and Water Conservation*, 43: 495-498.
- JANCKE O., DORREN L. K. A., BERGER F., FUHR M., KÖHL M. 2009. Implications of coppice stand characteristics on the rockfall protection function. *Forest Ecology and Management*, 259: 124-131.
- KUBÍNÝ D., LINDEROVÁ R. 1983. Vplyv zosuvných a tektonických porúch na sprístupnenie porastov a ich kvalitu. Bratislava, *Príroda*: 101 s.
- PERRET S., DOLF F., KIENHOLZ H. 2004. Rockfall into forests: analysis and simulation of rockfall trajectories – considerations with respect to mountainous forests in Switzerland. *Landslides*, 1: 123-130.
- PERRET S., STOFFEL M., KIENHOLZ H. 2006. Spatial and temporal rockfall activity in a forest stand in the Swiss Prealps. A dendrogeomorphological case study. *Geomorphology*, 74: 219-231.
- SCHNEUWLY D. M., STOFFEL M. 2008. Spatial analysis of rockfall activity, bounce heights and geomorphic changes over the last 50 years. A case study using dendrogeomorphology. *Geomorphology*, 102: 522-531.
- SCHWEINGRUBER F. H. 1996. Tree rings and environment dendroecology. Bern, Haupt: 609 s.
- SOUČEK, J. KRIEGEL, H. NÁROVEC, V. ŠACH, F. 2010. Obnova lesa na lokalitách ohrozených introskeletovou erozi. Recenzovaná metodika. Strnady, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti: 35 s.
- STOFFEL M. 2006. A review of studies dealing with tree rings and rockfall activity: The role of dendrogeomorphology in natural hazard research. *Natural Hazards*, 39: 51-70.
- STOFFEL M., WEHRLI A., KÜHNE R., DORREN L. K. A., PERRET S., KIENHOLZ H. 2006. Assessing the protective effect of mountain forests against rockfall using a 3D simulation model. *Forest Ecology and Management*, 225: 113-122.
- ŠMELKO Š., WENK G., ANTANAITIS V. 1992. Rast, štruktúra a produkcia lesa. Bratislava, *Príroda*: 342 s.
- WOLTJER M., RAMMER W., BRAUNER M., SEIDL R., MOHREN G. M. J., LEXER M. J. 2008. Coupling a 3D patch model and a rockfall module to assess rockfall protection in mountain forests. *Journal of Environmental Management*, 87: 373-388.

PROTECTION ROLE OF FOREST STAND AGAINST ROCKFALL (CASE STUDY FROM THE MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY MTS.)**SUMMARY**

Rockfall is one of the most dangerous geomorphologic processes. It affects common roads and buildings as well. Therefore, protection against this phenomenon is very important especially in the most affected areas. Ecoengineering precautions are the most financially undemanding. They use ecological processes in the combination with engineering arrangement (DORREN et al. 2005). Strategic planting of trees on slopes is one of the passive protection precautions. In this contribution, results of forest protection role are analyzed on three different localities in the Moravskoslezské Beskydy Mts.

The first two localities are situated on the western slope of massive Smrk Mt. (1,276 m). The third locality is on the northern slope of Ropice Mt. (1,082 m). There are presented rock faces from which clasts fall on all of the localities that develop debris tali at the foot of rock faces. Tali are mostly colonized by full-grown forest stand.

Geodetic survey was done on all localities and their digital models (DMT) were created. Tree diameters were computed from their measured perimeters. Tree age was determinate from increment cores taken by Pressler increment borer. Research was focused on increasing transport distance of rocks from rock faces under influence of forest stand. Base formula was relationship which indicates mean rock transport distance from rock face before its first hit to trees stem (MTFD (m) – Mean Tree Free Distance) (PERRET et al. 2004).

Results show important influence of forest stand on range of falling rocks. Effect of forest stand is almost 50% (maximal by locality Smrk_1 – 46%) if we compare actual state of forest (2009) with state without forest. But roads under rock faces would not be theoretically hit by rock even when forest is absent. Distance range of rocks of different sizes on individual localities is relatively considerable. But either the smallest possible rocks (0,1 m) would not hit up to road today. Presence of forest stand is then very positive factor increasing distance of falling rocks. Presence of trees on localities where rocks could potentially hit the roads is decidedly contributive although the falling rock hit no road on any of investigated localities. It is important to consider spatial placement of trees in planning of planting as well, especially due to possible shield effect of individual trees. It can be recommended placement of felled trees on the steepest places of talus with the most intensive rockfalling. This arrangement works as positive factor which increases distance of falling rocks as well.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

RNDr. Karel Šilhán, Ph.D., Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita
Chittussiho 10, 710 00 Ostrava - Slezská Ostrava, Česká republika
tel.: 597 092 358; e-mail: karel.silhan@osu.cz