

Prostorové aspekty aktivity skalního řízení (dendrogeomorfologická studie v Moravskoslezských Beskydech)

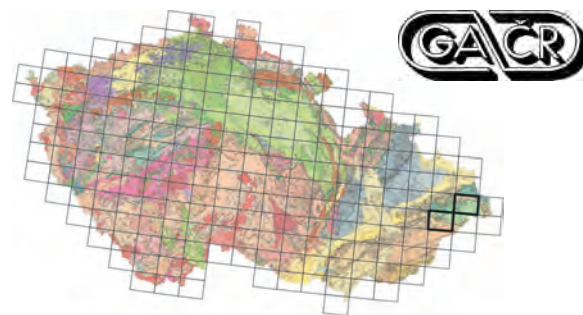
Spatial aspects of rockfall activity (Dendrogeomorphic study in the Moravskoslezské Beskydy Mts.)

KAREL ŠILHÁN

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta,
Ostravská univerzita, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava; karel.silhan@osu.cz

Key words: rockfall, dendrogeomorphology, trees,
Moravskoslezské Beskydy Mts.

Abstract: Analysis of rockfall spatial distribution by means of dendrogeomorphology is a relatively new problem in Czech Republic. Two representative localities were chosen for case analysis in the Moravskoslezské Beskydy Mts. The research was carried out using inventarization of visible tree damage, and sampling of trees by increment borer for scars dating. The results show significant differences between rockfall activities on studied localities. Simul-



(25-22 Frýdek-Místek, 25-23 Rožnov pod Radhoštěm)

taneously, the highest rockfall activity was detected nearby rock-wall.

Skalní řízení je jedním z nejnebezpečnějších geomorfologických procesů ohrožujících lesní společenstva, lidskou infrastrukturu i životy (Copons – Vilaplana 2008). Proto je mu věnován intenzivní výzkum ve vysokých pohořích, ale také v lokálně exponovaných stanovištích nižších horských celků. V současnosti existuje množství aplikovaných metod pro stanovení časových i prostorových aspektů skalního řízení. Problém v prostorové rekonstrukci nebo modelaci skalního řízení spočívá v tom, že nejde o výrazně spojitý proces (jako jsou např. sesouvání nebo blokovobahenní proudy), ale jednotlivé úlomky se pohybují většinou izolovaně po lineárních trajektoriích s častými změnami směru pádu (Stoffel et al. 2006). Pro podrobnou analýzu prostorové distribuce aktivity skalního řízení je potřeba dlouhodobý terénní monitoring (Matsuoka – Sakai 1999) nebo využití vhodných archivních záznamů. Nejpřirozenějším, dostatečně dlouhým přírodním archivem aktivity různých typů geomorfologických procesů jsou dřeviny (Alestalo 1971). Dendrogeomorfologie využívá různých reakcí dřevin na jejich poškození (např. právě skalním řízením) k datování jednotlivých eventů a k jejich časové i prostorové rekonstrukci (Stoffel 2006).

V Moravskoslezských Beskydech je skalní řízení dominantní proces pod skalními výchozy na příkrých svazích. Samotné skalní výchozy jsou často výsledkem změn reliéfu spojených s většími, hluboko založenými svahovými deformacemi (Pánek et al. 2009). Analýza prostorové distribuce řízení je důležitá i proto, že akumulací formy jsou často ekologicky velmi hodnotná stanoviště na svazích (Alexandrowicz – Margielewski 2010).

Území a metody

Pro analýzu byly vybrány dvě reprezentativní lokality. První (49°33' 32" N; 18°26' 11" E) leží na pravém břehu toku Sati na pod Lysou horou, s horní hranou výchozu ve výšce 800 m n. m. Druhá lokalita (49°35' 57" N; 18°35' 1" E) leží na severním svahu pod vrcholem Ropice, s horní hranou výchozu ve výšce 910 m n. m. U obou lokalit jde o výchoz mocných pískovců a slepenců středního oddílu godulského souvrství s navazujícím frontálním osypem. Oba výchozy jsou přemodelovanou odlučnou stěnou hluboko založených sesuvů (Pánek et al. 2009). Detailnější parametry obou lokalit uvádí tab. 1.

Zkoumaný prostor byl vymezen rozsahem aktivní části osypu pod skalními stěnami. Každý strom na osypu v potenciálním dosahu padajících úlomků byl geodeticky zaměřen. Šlo především o buk lesní (*Fagus sylvatica* L.), smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) Karst.), javor klen (*Acer pseudoplatanus* L.), jeřáb obecný (*Sorbus aucuparia* L.) a jilm horský (*Ulmus glabra* Huds.). U každého stromu byl zaznamenán počet viditelných jizev včetně jejich délky a jejich výšky nad povrchem země a pomocí Presslerova přírůstového nebozezu byla odebrána vrtná jádra, z nichž byly jednotlivé eventy skalního řízení datovány (podle náhlých zúžení/rozšíření letokruhů, přítomnosti traumatických pryskyřičných kanálků, reakčního dřeva nebo hojivého pletiva nekorespondujících s vytvořenou referenční chronologií z nepoškozených stromů). Referenční chronologie byly vytvořeny ze třiceti jedinců každého druhu stromu, rostoucích v blízkosti zájmových lokalit, ovšem v místech, kde je možné vliv skalního řízení

Tabulka 1. Základní morfometrické parametry analyzovaných lokalit

| lokality | rozpětí výšek (m n. m.) | orientace stěny | délka stěny (m) | výška stěny (m) | sklon stěny (°) | geomorfologický kontext | přítomnost zlomů | délka osypu (m) |
|----------|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|
| Ropice | 910–970 | S | 80 | 30 | 50–90 | odlučná stěna sesuvu | ano | 70 |
| Satina | 800–870 | Z | 120 | 40 | 50–90 | odlučná stěna sesuvu | ano | 40 |

Tabulka 2. Shrnující výsledky inventarizace viditelných jizev na kmenech na lokalitě Satina

| druh stromu | počet | počet jizev | počet jizev na 1 kmen | průměrná délka jizev (cm) | průměrná výška jizev (cm) | maximální výška jizvy (cm) |
|----------------------------|-------|-------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 9 | 19 | 2,1 | 12,4 | 92 | 190 |
| <i>Fagus sylvatica</i> | 11 | 151 | 13,7 | 15,7 | 125 | 420 |
| <i>Picea abies</i> | 3 | 2 | 0,7 | 10,3 | 58 | 135 |
| <i>Ulmus glabra</i> | 35 | 82 | 2,3 | 15,8 | 96 | 250 |
| všechny | 58 | 254 | 4,4 | 15,4 | 111 | 420 |

Tabulka 3. Shrnující výsledky inventarizace viditelných jizev na kmenech na lokalitě Ropice

| druh | počet | počet jizev | počet jizev na 1 kmen | průměrná délka jizev (cm) | průměrná výška jizev (cm) | maximální výška jizvy (cm) |
|----------------------------|-------|-------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <i>Picea abies</i> | 106 | 58 | 0,5 | 21,9 | 83 | 220 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 4 | 11 | 2,8 | 17,3 | 107 | 160 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> | 1 | 4 | 4,0 | 29,0 | 60 | 110 |
| <i>Fagus sylvatica</i> | 4 | 20 | 5,0 | 7,0 | 99 | 155 |
| všechny | 115 | 93 | 0,8 | 25,8 | 86 | 220 |

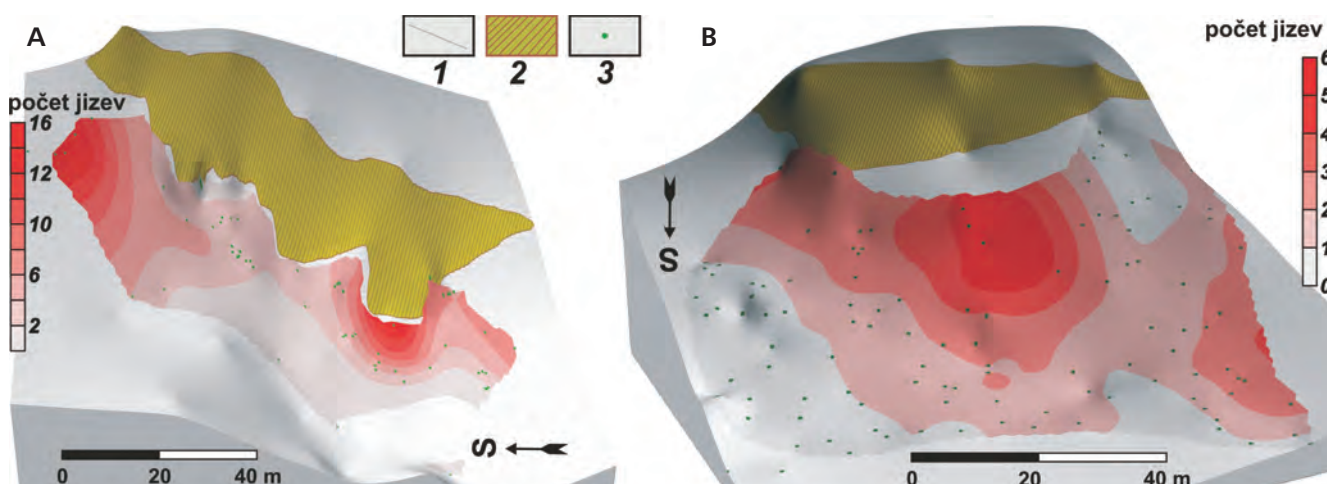
nebo jiného geomorfologického procesu vyloučit. Výška odběru vrtných jader byla v průměrné výšce výskytu všech viditelných jizev na kmenech (~ 80 cm; Stoffel – Perret 2006). Pro každý strom byl zjištěn počet jizev, vypočítána průměrná výška jizev nad zemí a následně vypočítán „index opakování“ vzniku jizev jako stáří stromu dělené počtem datovaných jizev. Každý tento ukazatel byl interpolován (Kriging) v prostředí Surfer 8.

Výsledky a interpretace

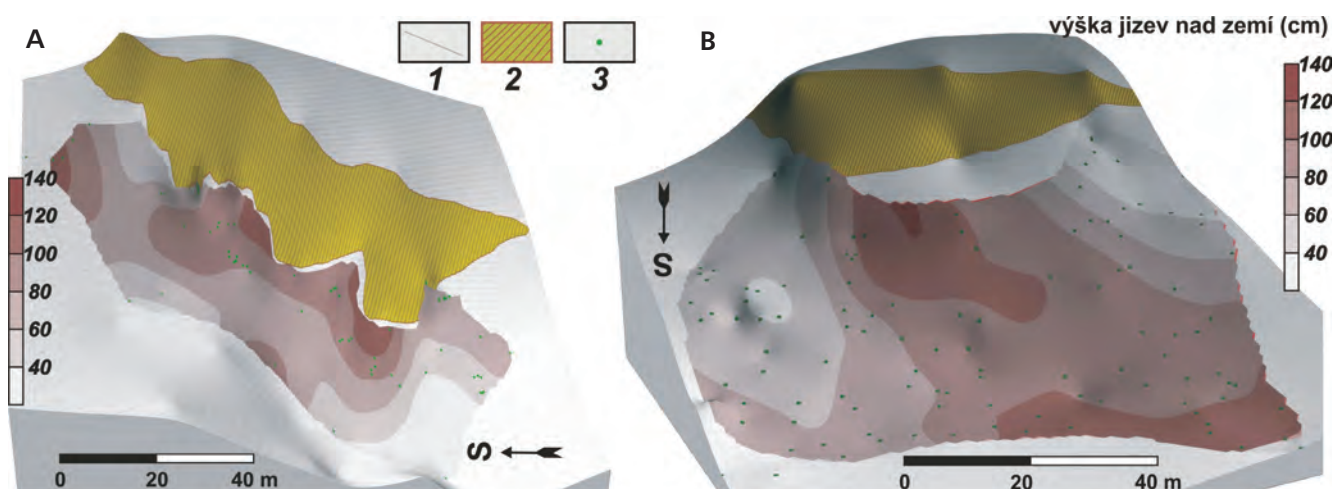
Detailní výsledky inventarizace projevů skalního řízení na stromech na obou lokalitách uvádějí tab. 2 a 3. Na lokalitě Satina bylo inventarizováno celkem 254 viditelných jizev na 58 analyzovaných stromech. Oproti tomu na lokalitě Ropice bylo inventarizováno pouze 93 jizev, ovšem na 115 stromech. To znamená, že na Satině byly na každém stromě průměrně 4,4 jizvy, zatímco na Ropici pouze 0,8, přičemž hustota rozmístění stromů je srovnatelná. Toto zjištění dává prvotní náhled na celkovou aktivitu skalního řízení na obou lokalitách. Na Satině je skalní řízení pravděpodobně výrazně aktivnější než na Ropici. Další indicií potenciálně naznačující vyšší aktivitu skalního řízení na Satině je průměrná výška jizev nad zemí. Na Satině činí 111 cm, zatímco na Ropici je o 25 cm níže (86 cm). Vyšší aktivita řízení spojená i s potenciálně vyšší rychlostí pohybujících se úlomků může způsobit,

že úlomky se při pohybu mohou odrazit výše a zanechat tak i průměrně výše položená poškození kmene (Stoffel 2005). Svědčí o tom i výška nejvýše identifikované jizvy (Satina 420 cm vs. Ropice 220 cm). Významnou roli může hrát i samotná výška skalních stěn. Velikost jizev je menší na Satině (průměrně 15,4 cm; STDEV = 5,6), zatímco na Ropici jsou průměrně výrazně vyšší (25,8 cm; STDEV = 13,8). Větší velikost jizev na Ropici je pravděpodobně způsobena převládajícím druhem *P. abies*. Tento druh má totiž silnější borku a je potřeba většího úlomku, aby došlo k poškození stromu. Vyšší hybnost velkých úlomků poté zanechá na kmenech větší jizvy (Stoffel 2005).

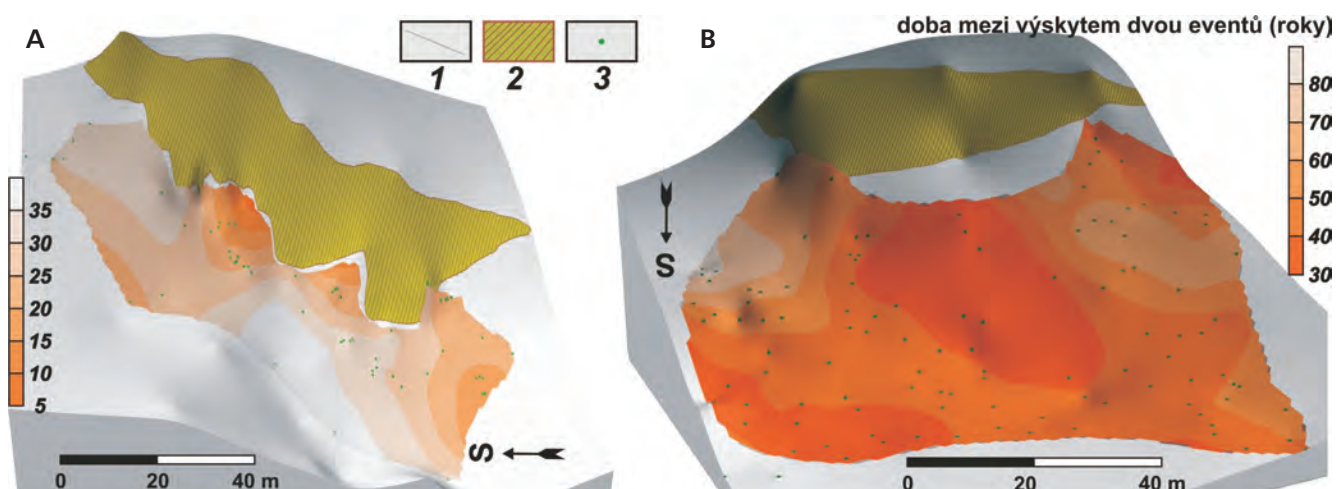
Výsledky prostorové distribuce počtu viditelných jizev na stromech v transportní a akumulaci zóně skalního řízení udává obr. 1. Při porovnání obou lokalit je opět zcela evidentní průměrně vyšší počet jizev na stromech na lokalitě Satina. Nejvyšších hodnot (přes 10 jizev/strom) je dosaženo na severním okraji celého osypu a pak v blízkosti jižního okraje těsně pod skalní stěnou (obr. 1A). Zdrojová zóna je v těchto místech silně rozvolněná a způsobuje vyšší dotaci úlomků pro opad. S rostoucí vzdáleností od stěny počet jizev výrazně klesá. Na Lokalitě Ropice je nejvyšší hustota jizev rovněž v blízkosti skalní stěny, tentokrát přímo ve střední části osypu (obr. 1B). Zdrojová zóna je v těchto místech rovněž silně rozvolněná bez stabilizace vegetací. Maximální hodnoty jsou ale o více než polovinu nižší v porovnání s lokalitou Satina. I zde je silně patrné postupné snižování počtu



Obr. 1. Prostorová distribuce počtu viditelných jizev na kmenech stromů. A – lokalita Satina, B – lokalita Ropice. 1 – vrstevnice 1 m, 2 – skalní stěna, zdrojová zóna, 3 – pozice inventarizovaných stromů.



Obr. 2. Prostorová distribuce průměrné výšky viditelných jizev na kmenech (cm nad zemí). A – lokalita Satina, B – lokalita Ropice. 1 – vrstevnice 1 m, 2 – skalní stěna, zdrojová zóna, 3 – pozice inventarizovaných stromů.



Obr. 3. Prostorová distribuce průměrné doby mezi vznikem dvou jizev na jednom kmene v rocích. A – lokalita Satina, B – lokalita Ropice. 1 – vrstevnice 1 m, 2 – skalní stěna, zdrojová zóna, 3 – pozice inventarizovaných stromů.

jizev s rostoucí vzdáleností od stěny. Tyto výsledky jsou však pouze prvotním náhledem na aktuální stav poškození vegetace skalním řícením. Skutečný stav může být mírně odlišný vzhledem k tomu, že některé jizvy již mohou být natolik zarostlé, že je nebylo možné na povrchu kmenů identifikovat. Rovněž je potřeba brát v úvahu tzv. stínící efekt (Šilhán 2010) výše položených stromů, které zachytávají úlomky nad níže položenými stromy, které mají tím pádem na svém povrchu méně jizev.

Prostorovou distribuci průměrné výšky jizev na kmenech ukazuje obr. 2A, B. Tento ukazatel poskytuje náhled na dynamiku pohybu úlomků po svahu a výšku jejich volného pádu, resp. saltace. Průměrná výška jizev na kmenech je na obou lokalitách srovnatelná. Lze rovněž vysledovat i podobné prostorové rozložení výšek jizev. Na obou lokalitách jsou jizvy situovány na stromech nejvýše v blízkosti skalní stěny. Vzhledem k několikametrovým výškám stěn je pravděpodobné, že opadávající úlomky zasáhnou stromy, které stojí v její blízkosti ve velké výšce. Zde se jejich rychlost i výška pádu sníží, a proto se i zde níže po svahu výšky snižují. Pokud se ovšem úlomky okamžitě nezastaví, mohou opět nabrat vyšší rychlost a výše odskakovat. Tento případ pravděpodobně nastává na obou lokalitách, čehož důkazem je lokálně vyšší výška jizev na kmenech ve spodních částech osypů.

Pokud se bere v potaz i hledisko časové, pak je nejrelevantnější metodou pro vizualizaci prostorové distribuce skalního řícení využití indexu opakování vzniku jizev (obr. 3). Průměrné stáří vzorkovaných stromů na Satině bylo 106 let (STDEV: 20,6 let) a na Ropici 112 let (STDEV: 14,2 let). Čím je průměrný počet let mezi vznikem dvou jizev na jednom kmeni nižší, tím lze předpokládat vyšší aktivitu skalního řícení. Na tomto základě je potom zcela evidentní a plně podporuje několikrát nastíněný předpoklad vyšší aktivity skalního řícení na lokalitě Satina. Jak je z obr. 3A patrné, úlomky opět nejčastěji atakují stromy v blízkosti skalní stěny a na jižním okraji osypu, a to i méně než jednou za deset let. V nejvzdálenějších částech osypu pak úlomky zasáhnou strom jednou za více než třicet let. Naproti tomu na lokalitě Ropice je časové rozložení počtu jizev méně prostorově vyhraněné (obr. 3B). Úlomky zde na stromech zanechají poškození prakticky vždy za více než 30 let. Nejaktivnější je opět střední část osypu a jeho sv. okraj. Nejmenší je aktivita řícení po obou okrajích osypu (jedna jizva za více než sedmdesát let).

Závěr

Metody dendrogeomorfologie znamenají při výzkumu skalního řícení na našem území zcela nový směr. Tento příspěvek se pokusil nastínit možnosti jejich využití při analýze prostorové aktivity skalního řícení ve flyšových Karpatech. Inventarizace viditelných projevů skalního řícení na kmenech stromů (jizev) a datování eventů skalního řícení z odebraných vrtných jader odhalily shodné i odlišné rysy prostorové distribuce aktivity řícení na dvou příkladových lokalitách v Moravskoslezských Beskydech.

Poděkování. 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. Poděkování patří i Pavlovi Raškovi a Michalovi Rybníčkovu za podnětné komentáře k textu.

Literatura

- ALESTALO, J. (1971): Dendrochronological interpretation of geomorphic processes. – *Fennia* 105, 1–139.
- ALEXANDROWICZ, Z. – MARGIELEWSKI, W. (2010): Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the Polish Outer (Flysch) Carpathians. – *Geomorphology* 123, 290–304.
- COPONS, R. – VILAPLANA, J. M. (2008): Rockfall susceptibility zoning at a large scale: From geomorphological inventory to preliminary land use planning. – *Engng. Geol.* 102, 142–151.
- MATSUOKA, N. – SAKAI, H. (1999): Rockfall activity from an alpine cliff during thawing periods. – *Geomorphology* 28, 309–328.
- PÁNEK, T. – HRADECKÝ, J. – MINÁR, J. – HUNGR, O. – DUŠEK, R. (2009): Late Holocene catastrophic slope collapse affected by deep-seated gravitational deformation in flysch: Ropice Mountain, Czech Republic. – *Geomorphology* 103, 414–429.
- STOFFEL, M. (2005): Assessing the vertical distribution and visibility of scars in trees. – *Schweiz. Z. Forstwesen* 156, 195–199.
- STOFFEL, M. (2006): A review of studies dealing with tree rings and rockfall activity: The Role of Dendrogeomorphology in Natural Hazard Research. – *Natur. Hazards* 39, 51–70.
- STOFFEL, M. – PERRET, S. (2006): Reconstructing past rockfall activity with tree rings: Some methodological considerations. – *Dendrochronologia* 24, 1–15.
- 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 Ecol. Mgmt.* 225, 113–122.
- ŠILHÁN, K. (2010): Dendrogeomorphology of spatio-temporal activity of rockfall in the Flysch Carpathians: A Case study on the western slope of Mt. Smrk, Moravskoslezské Beskydy Mts. (Czech Republic). – *Mor. geogr. Rep.* 18, 33–42.