

# Morfodynamické prejavy lavín a nivačných procesov v oblasti Belianskych Tatier

*Hreško, J., Bugár, G., Mačutek, J., Petrovič, F.: Morphodynamic Effects of Avalanches and Nivation Processes in the Belianske Tatry Mts. Area. Životné prostredie, 2011, 45, 2, p. 78 – 82.*

Snehová pokrývka vo vysokých pohoriach predstavuje významný fenomén, ktorý sa prejavuje v hydrologickom režime povodí, v geochemickom cykle ekosystémov a napokon aj v morfodynamických procesoch. Cieľom príspevku je predložiť niektoré dôkazy o zvýšenej dynamike procesov spojených s pohybom a topením snehu nad hornou hranicou lesa. Z doterajších pozorovaní vyplýva, že počas 20 rokov dochádza k evidentným zmenám v dynamike a frekvencii procesov spojených so snehovou pokrývkou, čo nepriamo poukazuje na meniaci sa režim vysokohorskej klímy. Priestorová distribúcia snehu, a meniaci sa režim meteorologických prvkov, ako je napr. teplota vzduchu a úhrny zrážok, majú výrazný podiel na vzniku juvenilných foriem reliéfu a na deštrukcii pôdno-vegetačného krytu.

**Key words:** morphodynamic processes, high-mountain landscape, nivation, avalanches, climatic change, soil destruction

V príspevku chceme poukázať na niektoré špecifiká zmien alpínskej krajiny Belianskych Tatier v dôsledku procesov spojených s pohybmi snehových mäs a nivácie, ktoré sú objektom nášho dlhodobého zameraného výskumu. Z doterajších poznatkov, ktoré prezentovali Lukniš (1973), Milan (1975) a Midriak (1983) sú evidentné dôkazy o zmenách vysokohorskej krajiny, ktoré spôsobujú v pohoriach Západných Karpát snehové lavíny a procesy spojené s topením snehových polí. Zvýšenú frekvenciu a účinky lavín sme dokumentovali od roku 2000, odkedy sme zaznamenali veľké množstvo lavín v oblasti Jaloveckej doliny a v oblasti Belianskych Tatier. Na význam lavín v rámci Západných Karpát poukázali Minár et al. (2006), pri hodnotení prírodných hrozieb Slovenska. Autori zdôrazňujú časový a priestorový aspekt ich výskytu, ale aj na ich nepredvídateľnosť. Z posledného obdobia sa problematike lavín v Tatrách venovali Klimánek, et al. (2011), ktorí detailne mapovali rozsah a objem snehovej masy lavíny v Žiarskej doline. Z meraných dát pomocou GPS a následným spracovaním v GIS vytvorili priestorový model pravdepodobne najmohutnejšej lavíny v oblasti strednej Európy, ktorá uložila snehovou vrstvu v dĺžke 2 km. Vznik takejto lavíny súvisel predovšetkým z množstvom snehu

a jeho hromadením na záveternej strane horského hrebeňa. Z detailných výskumov a meraní snehu v oblasti Západných Tatier (Jalovecká dolina), ktoré sumarizovali Holko a Kostka (2008) je zreteľná veľká priestorovo-časová variabilita mocnosti snehovej pokrývky, ako aj vodnej hodnoty snehu a rýchlosti topenia sa snehu, čo možno zovšeobecniť aj na ostatné časti Tatier. Práve časovo-priestorové zmeny procesov deštrukcie pôdy a zvetralinového plášťa súvisiace so zrážkami a snehovou pokrývkou považujeme za najlepší indikátor klimatickej zmeny.

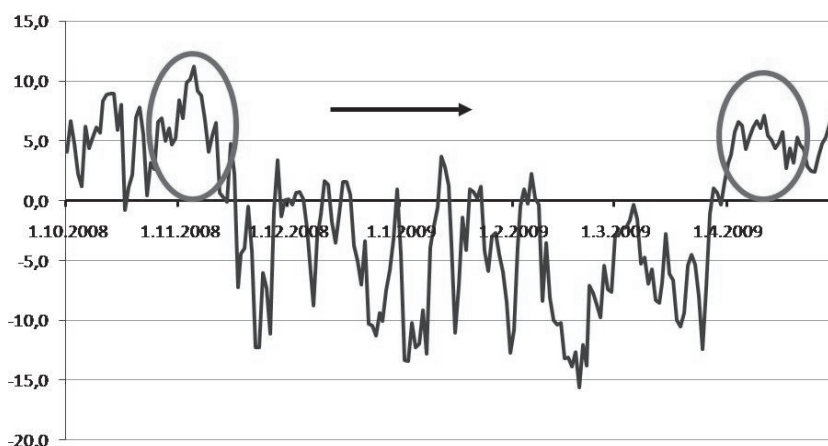
## Lavíny

Z našich výskumov v oblasti Belianskych Tatier môžeme dokumentovať tri typy pohybu snehových lavín. Sú to predovšetkým typické žlabové lavíny, lavíny na otvorených svahoch a lavíny kĺzavého typu – *gliding avalanche*. Najčastejšie sa vyskytujú pravidelne sa opakujúce lavíny v žlaboch a v iniciálnych svahových dolinách, ktoré majú plošne rozsiahle zdrojové zóny s trávnatým povrchom nad pásmom kosodreviny vo výškach nad 1700 m n.m. Tieto základné parametre spolu s priaznivou juhovýchodnou a juhozápadnou expozíciou svahov a ich sklonom nad 30° sú v oblasti v dolín

Predných a Zadných Meďodolov významnými faktormi pravidelných lavín od februára do prvej polovice apríla. Pomerne pravidelné sú aj jesenné lavíny, ktoré pozorujeme v niektorých žlaboch v októbri, príp. v novembri po prvom snežení a následnom oteplení.

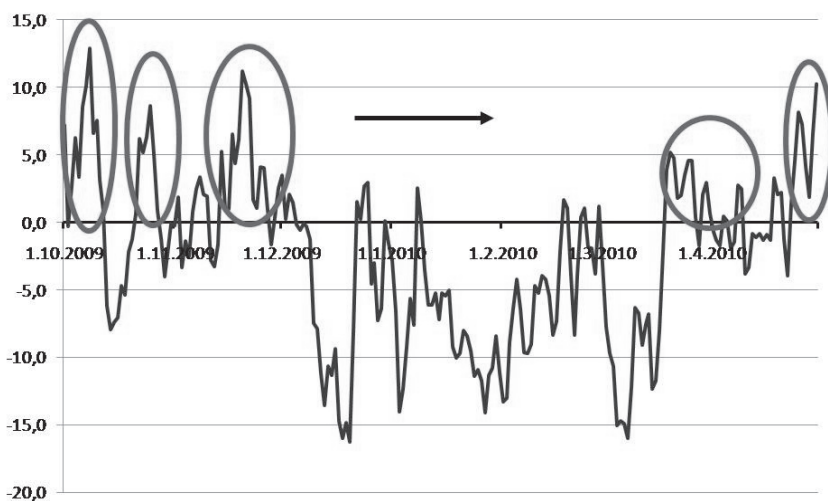
Koncom zimy 2008/2009 sme dokumentovali rozsiahle lavíny prakticky vo všetkých lavínových žlaboch v doline Zadných Meďodolov, ktoré podmienilo veľké množstvo snehu, ktorý napadol hlavne v marci (194 mm). K spusteniu lavín došlo najskôr začiatkom apríla (od 1. 4. 2009) v dôsledku náhleho nástupu teplôt vzduchu nad  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , čo potvrdzujú údaje zo Skalnatého plesa na uvedenom obrázku. Náhle oteplenie s priemernou dennou teplotou  $5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  20. 3. 2010 bolo hlavným faktorom vzniku lavín a náhleho topenia snehovej pokrývky v jarnom období roku 2010. Od 24. 4. 2010 sa uvoľňovali lavíny aj v dolinách na severnej strane Belianskych Tatier, ktoré sme dokumentovali napr. v Tristárskej doline, pri priemerných denných teplotách  $4,6$  až  $8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  (obr. 2).

Okrem typických lavín v žlaboch sme potvrdili výskyt lavín typu *gliding avalanches* na trávnatých svahoch Hlupého vrchu s juhovýchodnou expozíciou. Ako uvádza Höller (2001), vznik lavín typu *gliding avalanche* sa viaže na odlesnené plochy s južnou expozíciou pri teplote pôdy v podloží snehovej pokrývky okolo  $0^{\circ}$  až  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , v závislosti od mocnosti snehovej pokrývky. Výskumy takýchto lavín v oblasti Cascade Mountains v Britskej Kolumbii potvrdili, že ich vznik rovnako ovplyvňujú dažďové zrážky, príp. iné podmienky, ktoré vytvárajú vznik voľnej vody v podloží snehovej vrstvy (Clarke, McClung, 1999). Charakteristickou črtou týchto lavín je ich pomerne veľká šírka a veľký deštruktívny účinok na pomerne krátkej vzdialenosti, ktorú masa snehu prekonáva oveľa menšou rýchlosťou, ako je to v prípade lavín v žlaboch. Erózna činnosť snehovej vrstvy je daná jednak veľkým nasýtením vody v podloží, veľkým tlakom snehovej vrstvy (s mocnosťou cca 2 m a viac) a brúsiacim efektom úlomkov, ktoré lavína



Obr. 1. Priemerné denné teploty na Skalnatom Plese (1 700 m n. m.) v zimnom období 14. 11. 2008 – 30. 4. 2009 dokumentuje prudký nástup kladných teplôt a spustenie lavínových podmienok od 1. 4. 2009. 194 mm zrážok spadlo v priebehu marca 2009.

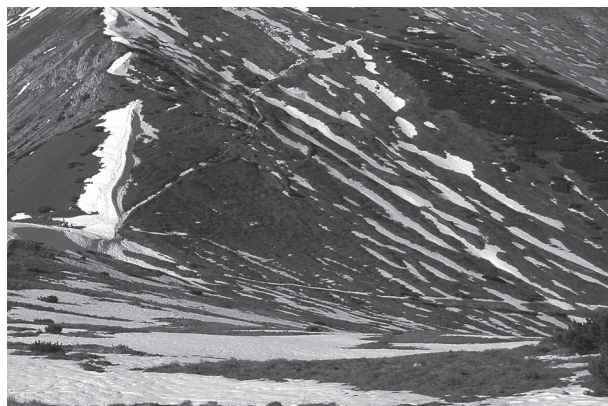
Obr. 2. Priemerné denné teploty na Skalnatom Plese (1 700 m n. m.) v zimnom období 1. 10. 2009 – 30. 4. 2010 indikuje viaceré oteplenia spojené so vznikom lavín už v októbri a koncovú fázu lavínových udalostí začiatkom apríla v roku 2010.



po pohybom vytrháva z podložia. Potvrdzujú to aj husto usporiadané ryhy na deštruovanom povrchu a veľké množstvo uvoľnených úlomkov na povrchu deštruovaného areálu (Obr. 5 a 6).

#### Nivácia a svahové poruchy

V dôsledku náhleho otepľovania došlo v priebehu apríla 2009 k rýchlej fragmentácii snehovej pokrývky a priestorovej diferenciacii snehových polí. Prejavilo sa to



Obr. 3. a 4. Akumulačná časť základovej lavíny v Zadných Međodoloch a fragmentácia snehových polí v oblasti Kopského sedla po prvom snežení na jeseň v roku 2008 (11. 10. 2008). Foto: Juraj Hreško

v presycovaní pôdno-zvetralinovej pokrývky tavnou vodou a následným znížovaním jej stability, výsledkom čoho boli ťahové trhliny na povrchu chodníkov a v ich blízkosti. Miestami došlo k procesom pomalého zliezania zvetralín a deformáciám svahov. V jednom prípade sme potvrdili novo vzniknutú svahovú deformáciu typu povrchového zosuvu so šmykovou plochou v spodnej časti zvetraného hlinito-ílovitého materiálu na slienitom podloží.

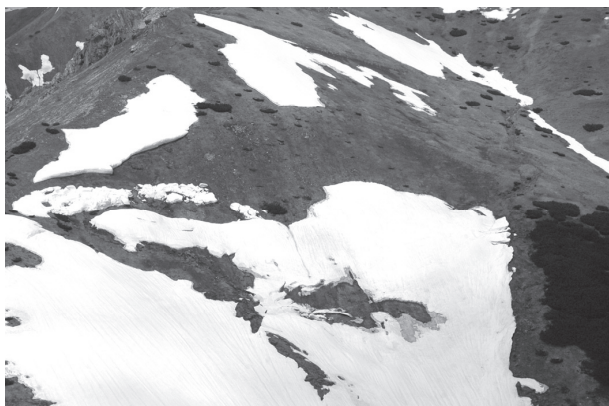
Na sérii fotografií dokumentujeme reálny vývoj svahovej poruchy na juhozápadnom svahu v doline Zadných Međodolov, ktorý sme monitorovali od jeho vzniku až po relatívnu stabilizáciu po odnose takmer všetkej vegetácie z povrchu. Následne sa na deštruovanom povrchu uplatnili procesy strúžkovej a plošnej erózie, čím sa obnažilo skalné podložie.

\* \* \*

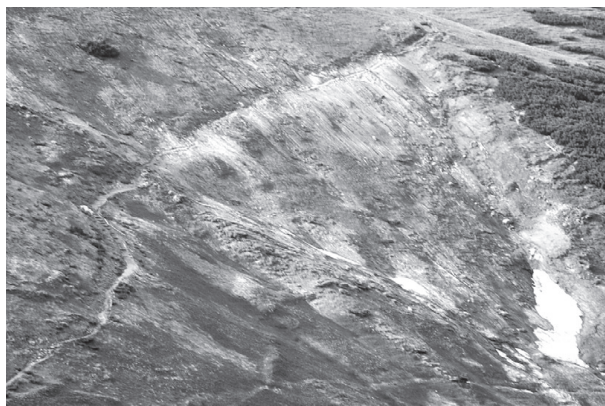
Z doterajších poznatkov na báze monitorovacieho a opakovaného výskumu svahov dolín v oblasti Zadných Međodolov a Kopského sedla vyplýva, že podstatná časť morfodynamických prejavov je úzko spätá s časo-priestorovou variabilitou dažďových zrážok, nástupom náhlých oteplení ovzduší a distribúciou snehovej pokrývky. Vysokohorské prostredie Tatier prechádza z režimu určovaného procesmi viazanými na záporné teploty – mrázové zvetrávanie, soliflukcia, geliflukcia, kryonivácia, na režim determinovaný fluviaciou reliéfu, t. j. začínajú dominovať procesy súvisiace s povrchovou vodou z dažďových zrážok a topiaceho sa snehu. Zároveň sa neustále zvyšuje efekt deštrukcie pôdno-zvetralinového plášťa lavínami rôzneho typu. Pri žľabových dolinách je najviac deštruovaná zdrojová zóna lavín, kým pri svahových lavínach, zvlášť ak ide o typ *gliding avalanche*, sú disturbované prakticky celé

Obr. 5. a 6. Zvyšky lavín v žľaboch v doline Zadných Međodolov na jar v roku 2009 (14. 5. 2009). Foto: Juraj Hreško





Obr. 7. Gravitačné oddelovanie snehovej vrstvy v zdrojovej zóne a jej kĺzavý pohyb v máji 2009 (14. 5. 2009). Foto: Juraj Hreško



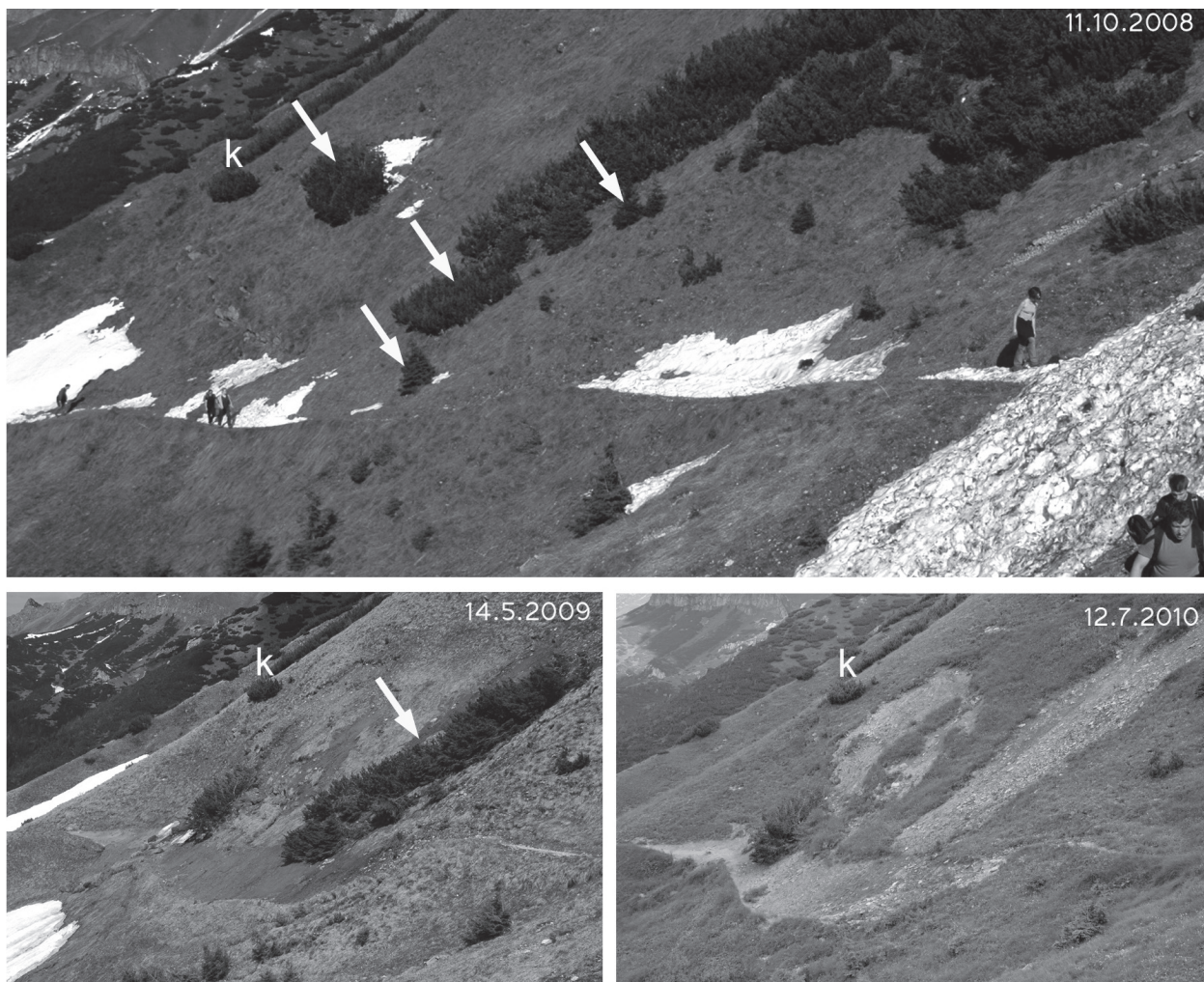
Obr. 8. Výsledný morfodynamický efekt pohybu snehovej masy typu *gliding avalanche* na svahu Hlúpeho vrchu (15. 6. 2009). Foto: Juraj Hreško

areály, na ktorých lavína účinkuje. V metodologickej oblasti výskumu sme potvrdili, že pre exaktné potvrdenie vzťahu procesov a meniaceho sa režimu meteorologických prvkov v oblasti alpínskeho stupňa sú nevyhnutné

nové metódy diaľkového prieskumu, vrátane nových techník terestrických metód identifikácie zmien mikrofóriem georeliéfu a vegetačnej pokrývky s využitím nízkoletiacich zariadení, georadarov a scannerov.

Obr. 9. a 10. Snehové pole je zdrojom tavnej vody, ktorá presycuje pôdno-zvetralinový pokrov a následne vznikajú trhliny ako dôkaz nestability a pomalého pohybu svahu (14. 5. 2009). Foto: Juraj Hreško





Obr. 11., 12. a 13. Dynamické zmeny alpskej krajiny juhozápadného svahu Belianskych Tatier následkom aktivizácie svahovej poruchy – zosuv pôdno-zvetralinového plášťa. Foto: Juraj Hreško

Prezentované výsledky sú výstupom riešenia projektu VEGA 1/0557/09 *Súčasný morfológický procesy a zmeny krajiny štruktúry Tatier*.

#### Literatúra

- Clarke, J., McClung, D.: Full-depth Avalanche Occurrences Cause by Snow Gliding. Coquihalla. *Journal of Glaciology*, 1999, 45, 151, p. 539 – 546.
- Holko, L., Kostka, Z.: Hydrological Characteristics of Snow Cover in the Western Tatra Mountains in Winter 1987 – 2008. *Folia Geographica, Series Geographica-Physica*, 2008, 39, p. 63 – 77.
- Klimánek, M., Mikita, T., Lizuch, M., Janata, P., Cibulka, M.: Using GPS for Snow Depth and Volume Measurement of Centennial Avalanche Field in High Tatras. *Cold Regions Science and Technology* 65, 2011, p. 392 – 400.

- Lukniš, M.: Reliéf Tatier a ich predpola. Bratislava : Vydavateľstvo SAV, 1973, 375 p.
- Midriak, R.: Morfogenéza povrchu vysokých pohorí. Bratislava : VEDA SAV, 1983, 516 s.
- Milan, L.: Aktívne formy nivačnej erózie. *Lesnícky časopis*, 1975, 21, 4, s. 385 – 389.

Mgr. Gabriel Bugár, PhD., [gbugar@ukf.sk](mailto:gbugar@ukf.sk)  
Prof. RNDr. Juraj Hreško, PhD., [jhresko@ukf.sk](mailto:jhresko@ukf.sk)  
Doc. RNDr. František Petrovič, PhD., [fpetrovic@ukf.sk](mailto:fpetrovic@ukf.sk)  
Katedra ekológie a environmentalistiky Fakulty prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre,  
Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra  
Mgr. Jozef Mačutek, [jmacutek@gmail.com](mailto:jmacutek@gmail.com)  
Geofyzikálny ústav SAV, Stará Lesná, 059 60 Tatranská Lomnica