

Súčasný vývoj plies v slovenskej časti Vysokých Tatier

Hreško, J., Petrovič, F., Sedláková, H., Rybanský, L., Sedlák, A.: Recent Development of the Alpine Lakes in Slovak Part of The High Tatras Mts. *Životné prostredie*, 2013, 47, 3, p. 140 – 143.

In this paper, we focus on the current development of alpine lakes in the area of The High Tatras Mts. which represent one of the highest glacier-modeled mountains of the Western Carpathians. Alpine lakes represent an important relict of glacial morphogenesis and currently also important hydric biotopes with water supplies for functioning of cirque and glacial trough ecosystems. Recently, the development of alpine lakes has been influenced by processes of siltation and debris deposition. The period after the retreat of glaciers offered enough time for the development of processes significantly lowering the ridges of the Tatras and clearly causing the regression of slopes, especially in head of valleys. These conditions determine storing of deposition of material of different morphodynamic processes, such as avalanches, rock-shedding and falling, debris flows and processes associated with fluvial and proluvial accumulation. Our goal in this context is to establish a procedure for evaluation of alpine lakes according to the potential of deposition and to attempt to classify them according to relevant environmental criteria.

Key words: alpine lake, high mountain landscape, morphodynamical processes, landscape structure, alpine research

Výskum plies predstavuje pomerne rozsiahlu problematiku výskumov zameraných na celý rad aspektov od hydrologických, klimatických, hydrobiologických, geochemických až po geomorfologické a paleogeografické. V oblasti Vysokých Tatier boli poznatky o genéze a vývoji plies zosumarizované v práci Lukniša (1973) a v publikovaných príspevkoch Gregora (2005), Gregora, Pacla (2005), Bartoša a kol. (2006). Z novších prác sa zaoberajú problematikou zmien vývoja plies v dôsledku súčasných morfodynamických procesov viacerí autori (Kotarba, 2007; Stankoviansky, Barka, 2007; Kapusta et al., 2010; Hreško et al., 2012; Kotarba et al., 2013). Zámerom príspevku je poukázať na potrebu riešenia problematiky vývoja plies z aspektu súčasnej morfogenézy najmä v kontexte procesov, ktoré sa významne podieľajú na depozícii materiálov a vo vzťahu k meniacim sa klimatickým podmienkam. Cieľom nášho výskumu je prezentovať metodický postup pre vyjadrenie potenciálu zanášania a zasypávania plies relevantnými morfodynamickými procesmi. Súčasne tak tvoríme komplexne zameranú, krajinnoeologickú databázu plies Vysokých Tatier s vybranými hydrologickými, hydrografickými, morfodynamickými, krajinnoeologickými a morfometrickými atribútmi. V štruktúrovanej databáze je zahrnutých 85 plies, ktoré vykazujú charakteristické znaky depozície materiálu jednotlivými typmi procesov.

Plesá a morfodynamické procesy

ľadovcové jazerá – plesá predstavujú jeden z významných morfologicko-hydrologických fenoménov vysokohorského prostredia Tatier. Plesá majú charak-

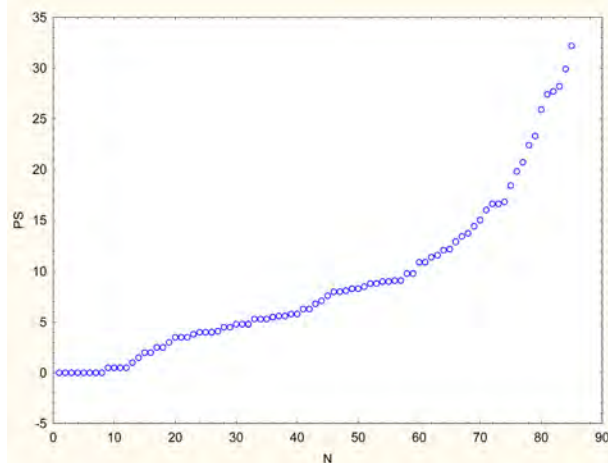
ter integrovaného geomorfologicko-hydrologického systému, ktorého vlastnosti determinujú predovšetkým klimatické, geologické a geomorfologické podmienky. Tak ako všetky iné jazerá, aj vývoj ľadovcových jazier podlieha procesu postupného zanášania rôznym typom materiálu, od jemnozrnných frakcií až po úlomkovité sedimenty, často až balvany. Dná plies tak predstavujú oblasti agradácie až úplného zaplňania jazerneho panvy. Na morfogenéze plies sa významne podieľala predovšetkým ľadovcová erózia, čo potvrdzuje väčšina plies s pomerne veľkou hĺbkou a výrazným kruhovým alebo elipsovým tvarom. Niektoré plesá sú výsledkom kombinácie procesov glaciálnej erózie, ako aj procesov hradenia ľadovcových dolín ústupovými morénami. Viaceré plesá vznikli v zniženinách morén za morénovými valmi, ktoré plnili úlohu hrádze pre masy vody z taviaceho sa ľadovca.

Súčasne prebiehajúce zmeny vývoja bralnatých svahov v okolí plies majú významný dopad na ekosystémy v záveroch karov a trógov vysokotatranských dolín. Predovšetkým je to nezvratný efekt zmenšovania a postupného zániku otvorenej vodnej plochy jazier a teda aj povrchových rezervoárov vody, ktoré predstavujú významné zdroje zásobovania dolinových ekosystémov. Prejavy zanášania plies začali obdobím deglaciacie ľadovcových dolín, kedy sa uplatňovali procesy spojené periglaciálnymi podmienkami vysokohorského prostredia. Takými boli predovšetkým gravitačné procesy pohybujúcich sa sutinových akumulácií typu kamenných ľadovcov – *rocky glaciers*, ktoré zasahovali do jazerných priehlbín čelnými valmi. Príkladom tohto typu transportu materiálu je Hincovo pleso v závere Mengusovskej doliny. Ďalším významným fenomé-

nom zasypávania plies sú formy sutinových valov – *protalus ramparts*. Ich genéza je spojená s dlhodobým výskytom mohutných snehových polí na sutinových – osypových kuželoch, po povrchu ktorých sa transportuje úlomkovitý materiál a lavíny, výsledkom čoho sú nahromadené vyvýšeniny obklopujúce základňu snehového poľa. Veľkou mierou sa na zanášaní plies podieľali a podieľajú procesy skalného gravitačného rútenia a opadávania. Permanentné uvoľňovanie úlomkov zo skalných stien a ich hromadenie po obvode karov a trógov formovalo viac alebo menej súvislé zóny sutinových kuželov so sklonom viac ako 25°. Skalné steny a svahy s veľkou produkciou úlomkov, ktoré spadajú k okraju plies, vytvárajú často konvexné výbežky zabiehajúce do vodnej plochy a postupne sú osídľované vegetáciou. Radikálne sa na zaplňaní jazerných paniev podpísali murové prúdy zásobované drobnými úlomkovitými časticami zo zdrojových oblastí žľabov a vysoko položených karov.

Potenciál zanášania a zasypávania plies

Doterajší výskum zmien brehovej čiary plies, sledovanie dynamiky a frekvencie sutinovo-gravitačných, vodno-gravitačných a nivačno-gravitačných procesov v kontexte s priebehom meteorologických prvkov potvrdil význam morfodynamických procesov pri súčasnom vývoji jazerných panví a samotných plies. Po zostavení databázy plies sme priradili každému plesu aj hodnotu potenciálu zasypávania a zanášania. Stanovenie hodnôt potenciálov vychádza z empiricky potvrdeného výskytu, resp. prítomnosti morfodynamických procesov a ich početnosti v dosahu pobreží jednotlivých plies. Základné poznatky o priestorovej distribúcii procesov sme získali interpretáciou ortofotosnímkov, fotografickej dokumentácie a detailným terénnym výskumom. Potenciál zasypávania a zanášania je vyjadrený sumou balových hodnôt parciálnych potenciálov PS s hodnotami od 0,5 do 6,0 bal, pričom výsledné kumulatívne potenciály pre jednotlivé plesá dosahujú hodnoty od 0,5 do 32,2 bal (tab. 1). Vytvorením grafu (obr. 1), ktorý vyjadruje počet plies a hodnotu potenciálu depozície sme vyčlenili triedy plies od minimálnych po maximálne hodnoty. Samostatnú skupinu predstavujú plesá s hodnotami potenciálu depozície viac ako 17,0. Najvyššiu hodnotu potenciálu depozície sme potvrdili pri Zelenom Kačacom plese v Kačacej doline (záver Bielovodskej doliny) vo výške 1 575,4 m n. m. Zdrojovú oblasť sutinového materiálu predstavuje 10 relatívne samostatných mikrobazénov – visutých karov a žľabov založených na pruhoch mylonitov (obr. 2 a 3). Podobne je to aj pri ďalších intenzívne zanášaných a zasypávaných plesách, napr. Zmrzlé pleso a Vyšné Žabie Bielovodské pleso, kde sa pridružujú aj iné špecifické procesy a formy ukladania materiálu, ako sú sutinové valy – *protalus ramparts*. Tie sú výsledkom hromadenia úlomkovitého materiálu na úpäti dlhodobo trvajúcich snehových polí, ktoré sa rozprestierajú svojimi zák-



Obr. 1. Usporiadanie plies podľa hodnôt potenciálu depozície

Vysvetlivky: zvislá os – potenciál zasypávania a zanášania (PS), vodorovná os – počet plies (N)

Tab. 1. Kategórie plies podľa potenciálu depozície materiálu

Kategórie podľa potenciálu zasypávania	I	II	III	IV	V
Počet plies	0	1 – 4	5 – 9	10 – 16	17 a viac
	8	24	27	15	11

Tab. 2. Vplyv diskriminátorov na zaraďovanie plies do kategórií

Kategórie	Wilks'	F-remove	p-level	R ²
Alt	0,395	4,715	0,002	0,493
D _{max}	0,378	3,706	0,008	0,419
Alt _{C_{ampl}}	0,330	0,871	0,486	0,857
Slope _{C_{mean}}	0,340	1,414	0,238	0,417
logS	0,330	0,854	0,496	0,596
logS _{C_{3D}}	0,327	0,638	0,637	0,822

Vysvetlivky: Wilks' – hodnota Wilkovho lambda vypočítaná na testovanie dôsledku odstránenia príslušnej diskriminačnej premennej, F-remove – hodnota kritéria vyčísleného pre testovanie štatistickej významnosti Wilkovho lambda, p-level – hladina významnosti F-testu po odstránení diskriminačnej premennej, R² – koeficient determinácie diskriminačnej funkcie po odstránení diskriminačnej premennej, Alt – nadmorská výška, D_{max} – hĺbka plies, Alt_{C_{ampl}} – amplitúda relatívneho prevýšenia v povodí plesa, Slope_{C_{mean}} – priemerný sklon svahov v povodí plesa, logS – logaritmus plochy, logS_{C_{3D}} – logaritmus plochy povodia

ladňami až v priestore plies. Takto dochádza k ukladaniu veľkého množstva materiálu transportovaným snehom aj počas zimy a pokračuje v jarnom, príp. skorom letnom období. V okolí sutinových valov sú plesá veľmi plytké, na dne s rozplaveným úlomkovitým a jemnozrnným materiálom. Ďalším krokom výskumu bolo zistenie závislosti potenciálu zasypávania (obr. 4) a vybraných atribútov prostredia – nadmorskej výšky (Alt), morfometrických parametrov plies (S – plocha, D_{max} – hĺbka, obr. 5) a parametrov povodia (prevýšenie povodia, priemerný sklon povodia,



Obr. 2. Zelené Kačacie pleso vo Vysokých Tatrách je intenzívne zanášané jemnozrnnými sedimentmi, ktoré sú vyplavované z proluviálno-fluviálnej, deltovej akumulácie v predpolí sutinových prúdov (2011). Foto: Juraj Hreško

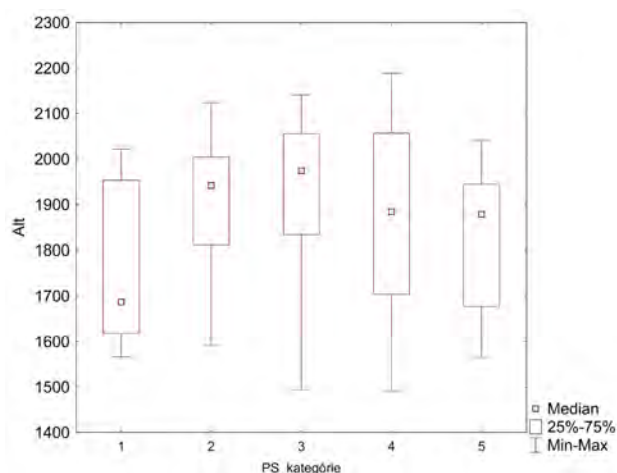
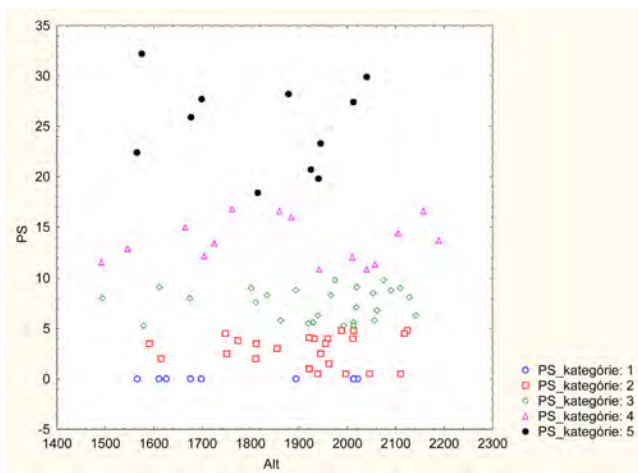


Obr. 3. Zelené pleso vo Vysokých Tatrách je príkladom intenzívneho zanášania deltovo-fluviálnou akumuláciou a intenzívnym zasypávaním sutinovými prúdmi (2013). Foto: Anton Sedlák

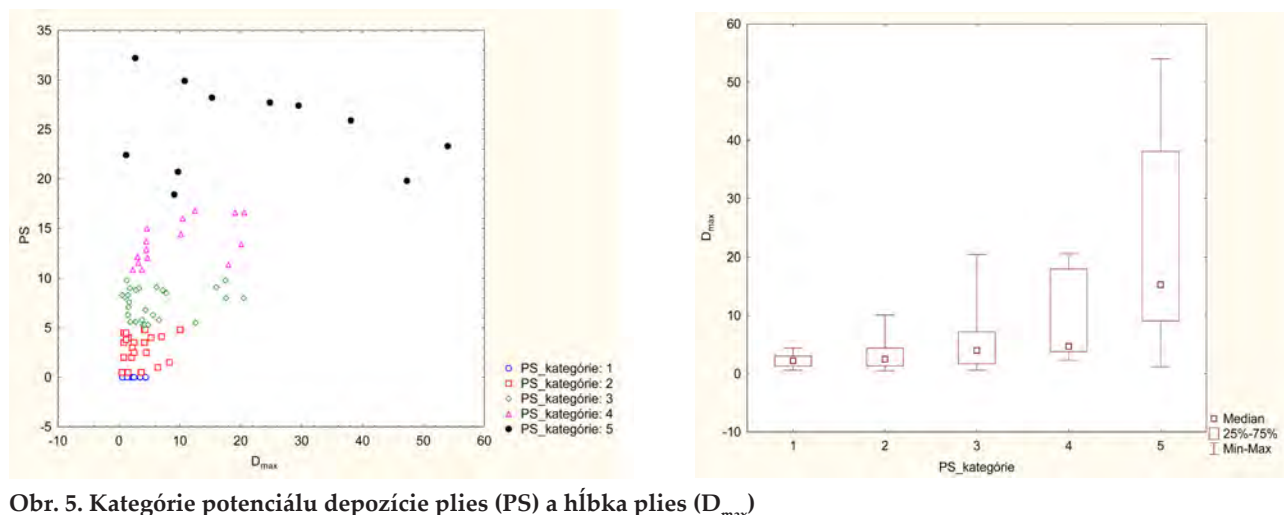
plocha povodia). Závislou premennou sú kategórie plies a nezávislé (vysvetľujúce premenné) sú vyššie uvedené premenné. Ukazuje sa, že štatisticky významné pre zaraďovanie plies do kategórií sú iba nadmorská výška a hĺbka plesa (tab. 2). Tieto výsledky úvodnej fázy výskumu potvrdzujú, že nami vytvorená klasifikácia plies z hľadiska ich zanášania a zasypávania je logickým završením doterajšieho výskumu a poukazuje na ďalšie spresňovanie výberu premenných, ako aj samotnej klasifikácie v rámci pokračujúcich výskumov.

* * *

Súčasná morfogenéza plies Vysokých Tatier odráža preukázateľnú dynamiku postglaciálneho vývoja plies a ich povodí. Po ústupe ľadovcov sa menili nielen klimatické podmienky, ale aj formovanie mezo- a mikroreliefu deglaciálnych dolín. Práve v dôsledku zmien podmienok a faktorov prostredia došlo aj k zmene morfogenézy z glaciálnej na periglaciálnu – glaciofluviálnu,



Obr. 4. Nadmorská výška (Alt) a kategórie potenciálu depozície plies (PS)



Obr. 5. Kategória potenciálu depozície plies (PS) a hĺbka plies (D_{max})

kryptoglaciu, kryoniválnu a v recentnom období až na fluviálnu. Z našich doterajších výskumov môžeme potvrdiť zreteľnú prevahu nivácie, fluvionivácie až fluviácie alpínskeho prostredia, prakticky na celom území Tatier. V takomto slede morfogénzy chápeme aj súčasný vývoj tatranských plies. Poloha jazerných panví, spravidla v dosahu gravitačných areálov svahových procesov, výrazne prispela k ich zasypávaniu a zanášaniu, čo nepriamo potvrdzujú tak súčasné plesá, ako aj reliktné jazerné panvy nivelizované materiálom z okolitých svahov, žľabov a vysoko položených karov. Niektoré z plies sú pochované materiálom sutinovo-gravitačných, úsypových kuželov a sutinových prúdov. Poznatky súčasného výskumu na báze interpretácie potenciálnej depozície plies poukazujú, že na vývoji plies sa aktívne podieľajú všetky morfodynamické procesy s výraznou prevahou proluviálno-fluviálnej akumulácie, nivačno-sutinové procesy s hromadením sutinových valov (*protales ramparts*) a hromadenia úlomkovitého materiálu sutinovými prúdmi. Všetky uvedené procesy korešpondujú s klimatickými podmienkami, resp. dynamikou a priestorovým rozšírením meteorologických prvkov – dažďových a snehových zrážok, osciláciou teplôt vzduchu, resp. náhlym nástupom oteplenia v jarnom období a pod. Klasifikácia plies podľa potenciálu depozície preukázala, že je potrebný ďalší zber dát z terénneho výskumu. Týka sa to jednak identifikácie a zisťovania frekvencie jednotlivých morfodynamických procesov vrátane ich vplyvu na zmeny morfológie plies, ale aj výskumu a sledovaní vývoja brehových čiar a formovania dien samotných plies.

Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: „Obnova a budovanie technickej infraštruktúry výskumu a vývoja Ústavu krajiny ekológie Slovenskej akadémie vied“, kód ITMS: 26210120007, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja (20 %) a zároveň s podporou projektu APVV-0669-11 Atlas archetypov krajiny Slovenska a projektu VEGA 1/0232/12.

Literatúra

- Bartoš, P., Gregor, V., Pacl, J.: Digitálne modely tatranských plies. Geodetický a kartografický obzor, 2006, 52/94, 3, s. 50 – 56.
- Gregor, V.: Morfológické zmeny tatranských plies zanášaním. Geodetický a kartografický obzor, 2005, 51/93, 1, s. 9 – 14.
- Gregor, V., Pacl, J.: Hydrologia tatranských jazier. Acta Hydrologica Slovaca, 2005, 6, 1, s. 161 – 187.
- Hreško, J., Bugár, G., Petrovič, F., Mačutek, J., Kanásová, D.: Morphodynamic Effects on Lacustrine Deposits in the High Tatra Mts. Ekológia (Bratislava), 2012, 31, 4, p. 390 – 404.
- Kapusta, J., Stankoviansky, M., Boltžiari, M.: Changes in Activity and Geomorphic Effectiveness of Debris Flows in the High Tatra Mts. within the Last Six Decades (on the Example of the Velická dolina and Dolina Zeleného plesa Valleys). Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 2010, 44, p. 5 – 34.
- Kotarba, A.: Geomorphic Activity of Debris Flows in the Tatra Mts. and in other European Mountains. Geographia Polonica, 2007, 80, 2, p.137 – 150.
- Kotarba, A., Raczowska, Z., Dlugosz, M., Boltžiari, M.: Recent Debris Flows in the Tatra Mountains. In: Kotarba, A. et al: Geomorphological Impacts of Extreme Weather: Case Studies from Central and Eastern Europe. Berlin: Springer, 2013, p. 221 – 236.
- Lukniš, M.: Reliéf Tatier a ich predpolia. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1973, 375 s.
- Stankoviansky, M., Barka, I.: Geomorphic Response to Environmental Changes in the Slovak Carpathians. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 2007, 41, p. 5 – 28.

Prof. RNDr. Juraj Hreško, PhD., juraj.hresko@saoba.sk
 Ústav krajiny ekológie SAV Bratislava, pobočka Nitra,
 Akademická 2, P. O. BOX 22, 949 01 Nitra
 Doc. RNDr. František Petrovič, PhD., fpetrovic@ukf.sk
 Ing. Helena Sedláková, helena.sedlakova@ukf.sk
 Mgr. Anton Sedlák, anton.sedlak@ukf.sk
 Katedra ekológie a environmentalistiky Fakulty prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre, Tr. A. Hlinku 1, 949 01 Nitra
 RNDr. Eubomír Rybanský, PhD., lrybansky@ukf.sk
 Katedra matematiky Fakulty prírodných vied Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre, Tr. A. Hlinku 1, 949 01 Nitra