

# TYPY SEGMENTOV DOLINOVO-RIEČNYCH SYSTÉMOV S VEĽVYSOČINOVOU ZDROJOVOU ZÓNOU: PRÍKLAD TATIER

MILAN LEHOTSKÝ\*, JÁN LACIKA\*

**Milan Lehotský, Ján Lacika: Segment types of valley-river systems with high-mountains source zone: case study the Tatra Mts.. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 7, 2007, 1, 12 Figs., 12 Refs.**

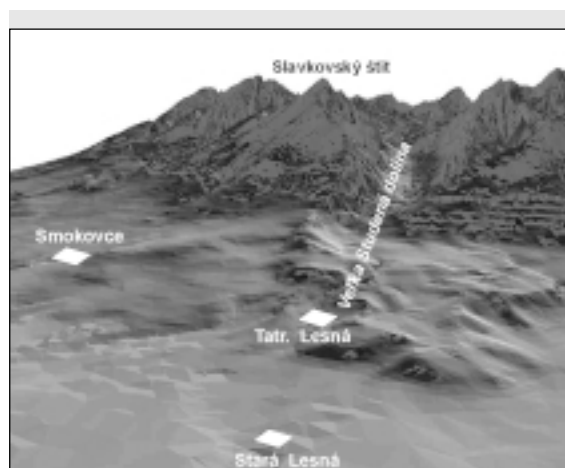
This contribution is a follow-up to the work of LEHOTSKÝ and NOVOTNÝ (2004) presenting classification of the taxonomy level – the zone of the river system in Slovakia. It is focused on the typology of the second classification level – the segment. The authors tried to outline the general procedure for identification of the segment types in the longitudinal profiles of valleys developing between the high-mountain source zone in the Tatra Mts. and the transfer and response basin zone in the basin Podtatranská kotlina or the furrow Podtatranská brázda. Nine types of segments with specific setting, morphogenesis and processes have been identified. Number and character of identified segments in individual valleys differ. These differences are determined by the specific morphostructural properties in the very dynamically developing central part of the West Carpathians.

**Key words:** Tatra Mts., valley-river systems, segment, longitudinal profile

## 1 ÚVOD

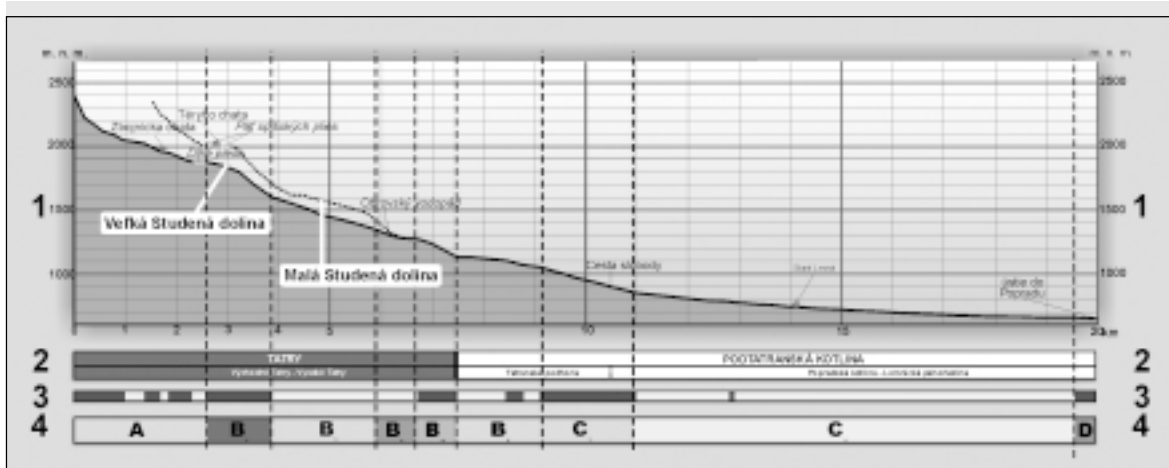
Mapovanie a klasifikácia foriem reliéfu v naj- všeobecnejšom slova zmysle boli a sú aj v súčasnosti základnou bázou pre pochopenie priestorovej diferenciácie, genézy i dynamiky morfológických systémov. Možno ich realizovať z rôznych aspektov (genetických, procesných a pod.) procesuálnych na rôznych rozlišovacích úrovniach a môžu mať rôzne formy vyjadrenia (textový klasifikačný systém, mapa, schéma a pod.). Na celoslovenskej, regionálnej i lokálnej úrovni bolo u nás spracovaných množstvo regionálno-geomorfologických (morfogenetických) máp. Zostrojané boli zvyčajne procedúrou budovania viacvrstvovej databázy ručne alebo v prostredí GIS-u a majú snahu o relatívne komplexnú prezentáciu reliéfu modelového územia. Každá bola zostavená na základe identifikácie zadefinovaného súboru morfometricky homogénnych elementárnych foriem reliéfu, ktoré boli na základe rovnorodého pôsobenia hlavných skupín reliéfortvorných procesov grupované do hierarchicky vyšších taxónov napríklad morfochór. Keďže nie všetky mapy postihujú realitu v rovnakom detaile, pre každú z nich môže predstavovať elementárnu homogénnu formu reliéfu veľkosťou, obsahom i názvom iná geomorfologická entita. Jej veľkosť i názov závisí od veľkosti územia, mierky jeho mapového zobrazenia a detailnosti a účelnosti jeho výskumu, pričom všeobecne platí, že čím je územie väčšie, tým je elementárna jednotka plošne väčšia. Iný je obsah geomorfologickej mapy veľkých geomorfologických celkov a iný mapy svahu

doliny. Obe mapy však zobrazujú určitú úroveň komplexity. Ak analyzujeme napríklad mapu typov reliéfu (MAZÚR 1992) nachádzame v nej na druhej klasifikačnej úrovni zo 14 typov morfoskulptúrnych povrchov 8 typov ktoré nesú vo svojom názve pojem „fluviálny“. Autor mapy „fluviálne“ typy morfoskulptúrnych povrchov na najnižšej klasifikačnej úrovni klasifikuje buď podľa kritéria energie reliéfu (fluviálne rezaný typom vrchovín, hornatín a pod.), alebo u čisto fluviálneho typu sa rozlišujú nivy a agradované roviny. Reliéf týchto taxónov napríklad fluviálnych rezaných vrchovín sa ďalej klasickým prístupom geomorfologického mapovania zvyčajne diferencuje podľa



**Obr. 1** Poloha Veľkej Studenej doliny

\* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, e-mail: geogleho@savba.sk, geoglaci@savba.sk



**Obr. 2** Pozdĺžny profil Veľkej Studenej doliny

1 – reálny pozdĺžny profil, 2 – geomorfologická poloha, 3 – poloha anomálnych úsekov (strmších a miernejších častí profilu), 4 – poloha segmentov

morfolofických, morfogenetických, morfometrických a morfochronologických kritérií ako napríklad plošina, chrbát, dolina, stráň, dno doliny, resp. niva s nízkymi terasami. Iná situácia nastáva ak je našou snahou mapovať dynamický, funkčne a priestorovo spojený geomorfologický systém, ktorý svojou podstatou „a priori“ predurčuje detailnosť mapovania, ktorý má svoje okolie, vstupy a výstupy. Takáto situácia nastáva u mapovania dynamických geomorfologických systémov typu proces – odozva, ku ktorým patria aj fluviaálne systémy. Ak teda akceptujeme existenciu fluviaálneho typu reliéfu v zmysle Mazúra, ale aj klimatické podmienky mierneho pásma a hustotu riečnej siete v našich podmienkach, tak potom z aspektu dynamickej geomorfológie dominantnú časť územia Slovenska tvoria práve geomorfologické systémy s hydrologickou kaskádou v zmysle CHORLEY a KENNEDY (1971). Jedným z nástrojov ich mapovania a klasifikácie je model hierarchickej klasifikácie morfológie riek (RMHC v zmysle LEHOTSKÝ 2004). V príspevku metodologicky nadväzujeme na prácu LEHOTSKÝ a NOVOTNÝ (2004) prezentujúcu klasifikáciu taxonomickej úrovne zón riečnych systémov Slovenska a zameriavame sa v ňom na typizácie druhej klasifikačnej úrovne, a to taxónu segmentu. Je však potrebné poznamenať, že oproti citovanému článku sme pozmenili terminológiu zón, keď namiesto „veľhornatinová“ používame morfometricky vhodnejší názov „veľvyšočinová“. Cieľom príspevku je načrtnutie všeobecného postupu identifikácie segmentov dolino-riečnych systémov s veľvyšočinovou zdrojovou zónou na príklade Tatier a zostavenie mapy segmentov Veľkej Studenej doliny.

## 2 METODOLOGICKÁ BÁZA A POUŽITÉ METÓDY

V súvislosti s paradigmatom udržateľnosti sa v súčasnosti vo vede, praxi ale aj politických kruhoch hľa-

dajú rôzne prístupy k aplikácii jej myšlienok. Hľadajú sa metodologické nástroje, konceptuálne modely i metódy. Súčasne sa hľadajú aj vhodné priestorové jednotky, ktoré by čo najlepšie poslúžili na aplikovanie a naplnenie jej ideí. Z hľadiska udržateľného manažmentu vody, jej zdrojov a riečnych systémov sa v súčasnosti v prírodovedných a technických disciplínach ako priestorová jednotka preferuje povodie. Povodie v hydrologickom zmysle predstavuje depresný útvar povrchu Zeme ohraničený rozvodnicou a ústím s riečnym systémom, z ktorého voda steká do daného profilu jedného hlavného toku. Geomorfologicky je to teda depresný v pozdĺžnom profile jednosmerne naklonený útvar povrchu Zeme – dolina s dnom (thalwegom), ktorý v našich geografických podmienkach vlastnosťami determinuje riečny systém a jeho charakter. V zmysle RMHC (River Morphology Hierarchical Classification) súčasne predstavuje jeho najvyšší taxón. Takéto depresné útvary – doliny s riečnymi systémami tokov vyšších rádo (približne od 4 až 5 rádu v zmysle Strahlerovej klasifikácie) sú charakteristické tým, že ako celky fluviaálne-procesovo spájajú viaceré morfoštruktúrne a morfoskulptúrne typy reliéfu i rôzne typy krajiny a geomorfologicky sa od pahorkatín až po veľvyšočiny prejavujú ako dolinové systémy. Z metodológie správania sa riečného systému vyplýva, že vlastnosti vyšších taxónov (morfoštruktúrna jednotka, povodie, zóna, segment) morfofotektonickými pomermi generujú energetický charakter rieky – jej zóny (rieky s vysokou energiou – pramenné zóny, strednou energiou – transferové zóny a nízkou energiou – odozvoové zóny) a morfofotektonickými, substrátovo-pôdnymi pomermi a krajinnou pokrývkou determinujú procesy v povodí, čím sa formuje charakter korytovo-nívných jednotiek (KNJ) ako taxónu, na ktorom definujeme ráz rieky (LEHOTSKÝ a NOVOTNÝ 2006) a ktorý je pre skúmanie správania sa riečného systému najrelevantnejší. Vyššie taxóny RMHC (zóna a segment) teda determinujú svojimi vlastnosťami, ktoré nazývame v zmysle BRIERLEY a FRYIRS (2005) vnútené hraničné podmienky správania sa a mechanizmus prispôsobovania sa KNJ. Hranice zóny

a segmentu sú tvorené rozvodnicou a čiarou prebiehajúcou priečny profilom doliny po kontakt s rozvodnicou. U morfolofických typov plošinových chrbtov a plošín ich hranicu predstavuje čiara spájajúca inflexné body, zálomy svahov a plošín a čiarou prebiehajúcou priečny profilom doliny po kontakt s uvedenou čiarou.

Ak akceptujeme RMHC, tak potom segment toku predstavuje časť zóny (doliny) a morfoloficky sú jeho hranice determinované jednak vlastnosťami zóny a jeho hranice sú určované zmenou:

**a.** energie reliéfu a genetického typu doliny (resp. pomerom „výška doliny/sířka dna doliny v zmysle BULL a MCFADDEN 1977, BURBANK a ANDERSON 2001),

**b.** sklonu pozdĺžneho profilu dna doliny hlavného toku (prítomnosť bodov zálomu -*knickpoints*) podmieneného energiou reliéfu a genetickým typom doliny a jej polohou v danom morfoštruktúrnom type a určujúceho dominanciu svahových a dnových hydrologicko-morfoloficko-sedimentologických procesov (obr. 2),

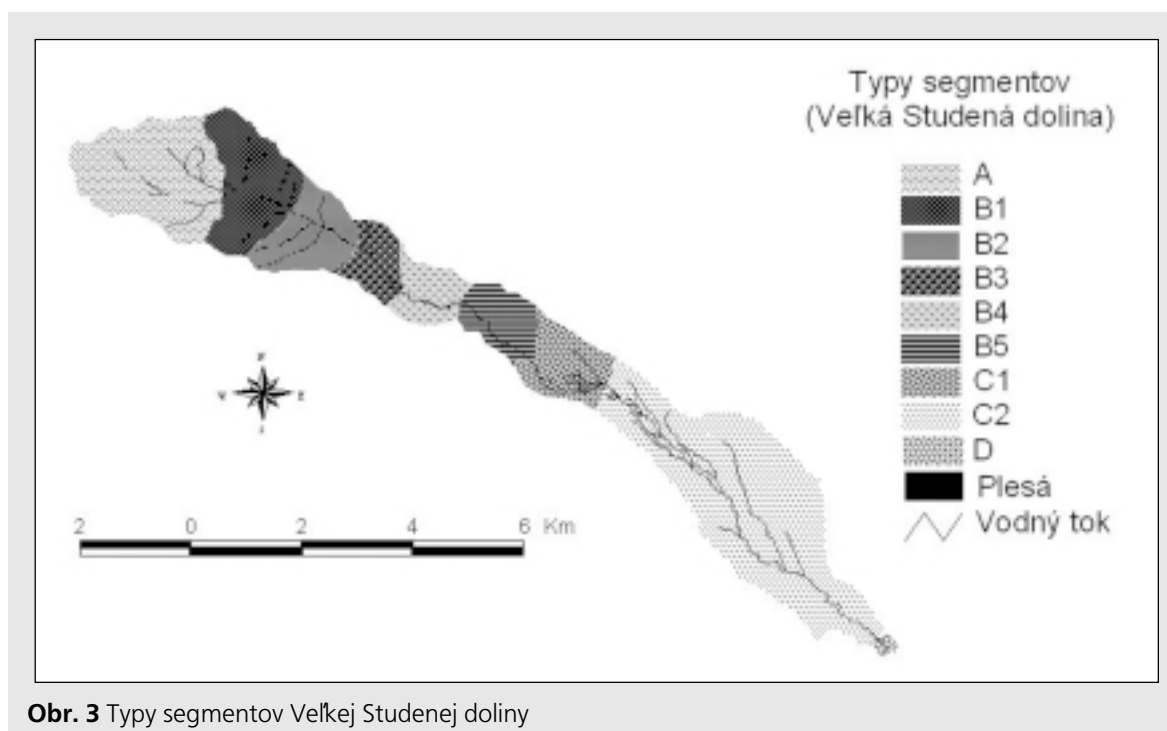
**c.** stupňa uzavretosti dna doliny pre laterálne presúvanie sa koryta prejavujúceho sa v stupni procesného spriahnutia dna doliny so svahom, pričom rozlišujeme typ: 1. spriahnutý (*coupling*) – procesy prebiehajúce na svahu priamo a na pozdĺžnom profile súvisle ovplyvňujú morfolofiu a procesy dna doliny a koryta, 2. polospriahnutý (*semicoupling*) – procesy prebiehajúce na svahu priamo a na pozdĺžnom profile nesúvisle ovplyvňujú morfolofiu a procesy dna doliny a koryta, 3. nespriahnutý (*uncoupling*) – procesy prebiehajúce na svahu veľmi málo ovplyvňujú morfolofiu a procesy dna doliny a koryta a obmedzujú sa iba na koluviálnu, resp. zosunovú zónu úpäťnej obruby nivy,

**d.** výplne dna doliny, procesov transportu sedimentov v koryte a ich prísunu, transportnej kapacity koryta,

príčom rozlišujeme koluviálny typ segmentu, typ segmentu výstupu skalného dna a aluviálny typ,

**e.** pôdorysnej vzorky hlavného toku a charakteru riečnej siete nižších rádoov ako je hlavný tok doliny.

Pri typizácii segmentov riečnych systémov Tatier sme ako hlavné kritérium použili prítomnosť bodov zálomu pozdĺžnych profilov (obr. 2). Aplikácia ďalších kritérií bola použitá len v opisnej polohe. Pri tvorbe pozdĺžnych profilov predmetného územia sme použili hypsometrickú mapu v mierke 1 : 25 000 s hustotou vrstevníc po 5 metrov. Pre daný účel táto mierka mapy a hustota vrstevníc postačuje, v priestore Vysokých Tatier možno pri nej zotrvať aj pri detailnejšom výskume, v Podtatranskej kotline by v takom prípade bolo treba siahnuť po podkladových mapách podrobnejšej mierky, najmenej 1 : 10 000. Výsledné profily treba v teréne overovať sústrediac sa na úseky zalomení krivky, ktoré považujeme za hranice identifikovaných segmentov. Aj keď to autor neuvádza, predpokladáme, že M. Lukniš postupoval pri tvorbe pozdĺžnych profilov publikovaných vo svojej monografii (LUKNIŠ 1973) rovnako. Jednotlivé analýzy sme uskutočnili na tzv. komplexných pozdĺžnych profiloch doliny. Ten obsahuje dve vyššie uvedené komparatívne krivky (reálnu aj teoretickú) a korelačné priamky (doplňkové osi v spodnej časti grafu). Na nich sú zaznamenané dôležité rozhrania v celej dĺžke profilu, ako je geologicky zmapovaný zlom, hranica odlišných štruktúrnych jednotiek, ústie väčšej bočnej doliny, výrazné zalomenie doliny a oblasti procesov. Pre zostavenie mapy segmentov Veľkej Studenej doliny (obr. 3) sme pre analýzu pozdĺžneho profilu ako aj ostatné vstupy použili mapu 1 : 10 000.



Obr. 3 Typy segmentov Veľkej Studenej doliny

### 3 MORFOŠTRUKTÚRNA CHARAKTERISTIKA TATIER

Aké segmenty na pozdĺžnom profile danej tatranskej doliny nachádzame a v akom rozsahu, je ovplyvnené morfoštruktúrnymi vlastnosťami tohto územia. Tieto vlastnosti sú v podmienkach Tatier významným determinantom morfoskulptúrnych vlastností v príslušnej doline. Morfoštruktúru územia Tatier sme identifikovali prostredníctvom vybraných metód morfoštruktúrnej analýzy reliéfu (LACIKA 1986). Jednou z týchto metód je aj analýza pozdĺžnych profilov, ktoré sme využili aj pri vyčleňovaní daných segmentov. Preto uvádzame v tejto práci stručnú morfoštruktúrnú charakteristiku Tatier. Tá je daná ich polohou v rámci Západných Karpát. Tatry ležia v centre rozmernej plochej megaklenby, ktoré je vysunutú na severovýchodnú stranu. Poloha v kulminácii tektonického dvíhania tejto klenby sa odráža v tom, že Tatry sú najvyšším pohorím celých Západných Karpát (aj celého karpatského oblúka) a zároveň aj s najčlenitejším reliéfom. V centre klenby nachádzame najvyššie západokarpatské pohorie aj najvyššie položenú kotlinu Západných Karpát, medzi tými kontrastnými geomorfologickými jednotkami je navyše aj najvyšší výškový rozdiel, to znamená, že reliéf tu je najkontrastnejší. Medzi najvyšším vrcholmi Vysokých Tatier a dnom Podtatranskej kotliny je výškový rozdiel približne 1 600 metrov.

Tatry sú relatívne mladou morfoštruktúrou, ktorá sa síce individualizovala v neogéne, ale svoju výraznú kontrastnosť a extrémnu rozčlenenosť nadobudla najmä počas kvartéru. Podľa KLIMASZEWSKÉHO (1950 a 1951) v spodnom pliocéne Vysoké Tatry vystupovali zo slabo členenej krajiny ako vrchy charakteru stredohôr. Až počnúc stredným pliocénom podľa LUKNIŠA (1973) zasiahli tatranskú oblasť silnejšie pohyby zemskéj kôry a erózia. Tatry v tom období nevystupovali nad hornú hranicu lesa, čo platí aj o období najstaršieho glaciálu donau. To znamená, že horstvo nebolo zaľadnené. Potvrďuje to skutočnosť, že morény z tohto obdobia sa nenašli. Ani zaľadnenie v gúnzi nie je zdokumentované, až v období mindelu došlo v Tatrách preukázateľne k zaľadneniu. Dá sa to interpretovať tak, že až vtedy Tatry tektonickými zdvihmi takpovediac „dorástli“ do výšok nad trvalú snežnú čiaru. V ostatných dvoch glaciáloch (riss a würm) bolo tatranské zaľadnenie už pomerne rozsiahle, čo možno vysvetliť aj ako konzekvenciu intenzívneho tektonického dvíhania morfoštruktúry Tatier (popri klimatických predpokladoch na zaľadnenie).

Je zrejmé, že Tatry sú aj v súčasnosti veľmi dynamicky sa vyvíjajúcou morfoštruktúrou so zachovanou tendenciou vývoja, tektonický zdvih naďalej zvyšuje kontrastnosť pohoria voči okoliu (kotlinám a brázdám) a podporuje procesy hĺbkovej erózie zvyšujúcej hodnoty relatívnej výškovej členitosti reliéfu. Dnes fluviaľna modelácia reliéfu spolu s procesmi svahovej modelácie postupne transformuje pôvodný glaciálny reliéf. Keďže od ostatného zaľadnenia prebehol pomerne krátky čas, táto transformácia je zatiaľ nevýrazná a reliéf

dolín Vysokých Tatier je v prevažnej miere fosílny – glaciálny. Najmarkantnejším prejavom transformácie je najmä gravitačné zaplňanie dolín gravitačnými procesmi – opadom a padaním. Výsledkom toho je veľké množstvo veľkých úsypiskových kuželov a zlomísk. Tieto procesy sa veľkou mierou podieľajú na pomalom zániku karových plies.

### 4 TYPY SEGMENTOV A ICH CHARAKTERISTIKA

Na základe analýzy pozdĺžnych profilov a zohľadňujúc ostatné vyššie uvedené kritériá sme vo Vysokých Tatrách a príľahlej Podtatranskej kotline vyčlenili nasledovné typy segmentov riečnych systémov so špecifickou morfoskulptúrnou modeláciou reliéfu. Jednotlivé segmenty sú formované špecifickým súborom reliéfových procesov. Kompozícia segmentov nie je vo všetkých dolinách rovnaká. Jej variabilnosť je podmienená heterogenitou morfoštruktúrneho prostredia a oblasti procesov predmetného územia. To, že sa segmenty od doliny k doline menia, možno chápať ako jeden z argumentov tvrdenia, že Vysoké Tatry a ich predpolie sú vnútorne pomerne výrazne diferencovanou morfoštruktúrou i morfoskulptúrou.

#### 4.1 SEGMENTY VEĽVYSOČINOVEJ ZDROJOVEJ ZÓNY – A

##### *Veľvysočinový spriahnutý karový segment – A<sub>1</sub>*

V riečno-dolinovom systéme Tatier a ich predpolia je najvyššie položený segment A. Kvôli polohe v karoch glaciálnej morfoskulptúry ho nazývame aj ako karový segment. Tento segment sa nachádza v pramenných častiach dolín, ktoré boli počas glaciálov zdrojovými oblasťami dolinových ľadovcov. Tomu zodpovedá ich morfometrická aj morfogenetická charakteristika. Vo väčšine prípadov leží v nadmorskej výške nad 1600 m n. m. Asymetrickým zdvihom morfoštruktúry Tatier sa zdrojové zóny v južných dolinách dostali do vyšších polôh ako v severných dolinách. Aj medzi dolinami na rovnakej strane pohoria sú však v tomto parametri rozdiely, čo má tiež morfoštruktúrne vysvetle-



Obr. 4 Segment A<sub>1</sub> Veľkej Studenej doliny. Foto: J. Lacika



nie. Aj veľkosť a tvar karov (a tým aj segmentu  $A_1$ ) sú v jednotlivých dolinách rozdielne. Príkladom sú rozmer-  
ný kar Veľkej Studenej doliny a podstatne menší kar  
v susednej Velickej doline. Výšková poloha zóny do znač-  
nej miery determinuje povahu a sezónnosť geomorfo-  
logických procesov iniciovaných vodou. Veľkú časť roka  
je táto voda prakticky bez pohybu, viazaná v snehu  
a ľade. K pohybu dochádza len prostredníctvom lavín.  
Zmrznutá voda, pôsobiaca ako tmel, tlmí počas zimné-  
ho obdobia ďalšie reliéfovotvorné procesy, zato na druhej  
strane spôsobuje mechanickú deštrukciu hornín, čím  
zvyšuje objem zvetraliny, ktorej pohyb sa v letnom  
období iniciuje vodou alebo gravitáciou. Počas krátke-  
ho letného obdobia, ktoré je bohaté na zrážky (v tat-  
ranských dolinách sú namerané najvyššie ročné úhrny  
zrážok na Slovensku – nad 2 000 mm), voda steká po  
strmých svahoch na dno karu. K určitej koncentrácii  
tečúcej vody dochádza v žľaboch, ale len po ich ústie,  
kde sa rozptyľuje na konvexný povrch úsypiskového  
kužela. Pohyb vody sa tu vo veľkej miere odohráva plytko  
pod povrchom – v hrubej kamenitej zvetraline. Mies-  
tami táto voda iniciuje svahové procesy typu *debris flow*.  
Pohyb vody sa dočasne spomaľuje na dne karu s výrazne  
konvex-konkávnymi tvarmi. V konkávných častiach dna  
(glaciálne vyhlbených depresiách) sa často nachádzajú  
karové plesá, konvexné časti sú obvykle guliakmi.

#### 4.2 SEGMENTY VEĽVYSOČINOVEJ TRANSFEROVEJ ZÓNY - B

Transferová zóna predstavuje voči zdrojovej zóne  
priestor celkovej zmeny geologicko-substrátových po-  
merov a hydrologicko-sedimentového režimu dolinovo-  
riečného systému. Charakteristická je morfológicky  
zreteľne vyvinutým korytom aluviálneho typu s hru-  
bozrnnými sedimentmi, na pozdĺžnom profile doliny  
striedané typom skalného koryta a doliny determinu-  
júceho diskontinuitu sedimentov. Zóna je režimovo ty-  
pická výranou sezónnosťou. V zimnom období sa de-  
zaktivuje, v ostatných častiach roka je aktívna.



**Obr. 5** Segment  $B_1$  Veľkej Studenej doliny. Foto:  
M. Lehotský

#### Veľvysočinový tranzitný nespriahnutý segment trógového stupňa - $B_1$

Druhý v poradí je segment, ktorý sme tiež pome-  
novali segment trógového stupňa alebo hangový seg-  
ment (podľa miestneho názvu *hang*, ktorý sa v Tatrách  
používa pre nápadné skalné stupne na profile dolín,  
napr. Veľký hang v Malej Studenej doline pod Téryho  
chatou). Tieto segmenty sa nachádzajú medzi karovou  
a vlastnou trógovou časťou tatranských dolín. Na po-  
zdĺžnom profile dolín sa pomerne ľahko identifikuje,  
tvorí ho nápadne zostrmenie profilovej krivky. Na po-  
zdĺžnych profiloch tatranských dolín nie je zriedkavá  
prítomnosť viacerých skalných stupňov – hangov. V zóne  
B sme rozlíšili len tie najvyššie tvoriace prechod medzi  
karom a trógom. Nižšie hangy sme zaradili do trógové-  
ho segmentu, lebo sú súčasťou trógov. Segment  $B_1$  má  
skôr charakter skalných stupňov, visutých ústí boč-  
ných dolín (napr. doliny Necerky v ústí do Kôprovskej  
doliny). Ich zavesenie zapríčinila nižšia erózna schop-  
nosť menších bočných ľadovcov oproti hlbšie erodujú-  
cim hlavným ľadovcovým splazom. Je zaujímavé, že  
nie všetky hlavné doliny Vysokých Tatier majú segment  
 $B_1$ . Nemá ju napríklad Skalnatá dolina. Segment  $B_1$  je  
dôležitým úsekom na pozdĺžnom profile vysokotatran-  
ských dolín, spája ich karovú a trógovú časť. Pre seg-  
ment je charakteristické výrazné zostrmenie reliéfu,  
nesúvislosť zvetralinovej pokrývky a vysoký stupeň ob-  
nazenosti skalného podložia. V smere spádu má tento  
úsek doliny konvexný tvar. Je kvôli morfológickým  
vlastnostiam územím s výraznou prevahou erózie  
a transportu nad akumuláciou. Fluvialná erózia sa  
však nestačila pre krátkosť času od ostatného zaľad-  
nenia prejavíť vo forme výraznejšej eróznej formy re-  
liéfu (erózneho zárezu, dolinky, skalného koryta). Pozo-  
rovaný je len výskyt mikroforiem evorznej povahy (krú-  
ňavové hrnce a pod.), lebo sa na hangoch často tvoria  
vodopády. Obvykle sa tu tečúca voda nesústredzuje do  
jediného strmo tečúceho toku, hangy sú často pre-  
stupené viacerým menšími tokmi s kaskádami ma-  
lých vodopádov.

#### Veľvysočinový spriahnutý trógový morénovo- úsypový segment - $B_2$

Segment  $B_2$  sme podľa polohy nazvali trógový seg-  
ment. Na pozdĺžnom profile je identifikovateľný zalo-  
meniami krivky, v jeho hornej časti zmiernením nad-  
vážujúcim na segment trógového stupňa, v dolnej časti  
zostrmením nadväzujúcim buď do prechodnej zóny na  
okraji pohoria alebo zmiernením nadväzujúcim na vo-  
dopádový segment. Vo viacerých parametroch sa po-  
doba segmentu A, ale v niektorých sa od nej odlišuje. Po-  
doba spočíva v tom, že v segmente  $B_2$  tiež nachádzame  
dve základné skupiny foriem, a to strmé svahy a ploché  
dno. Tak je to aj v kare. Menší rozdiel je len v tom, že  
bočné svahy trógu sú na priečnom profile segmentova-  
né do dvoch odlišných úsekov. Horný, miernejší úsek je  
tvorený tzv. plecami doliny, zodpovedá hornej časti do-  
liny, na modelovaní ktorej sa nepodielal ľadovec. Glaci-  
álna modelácia bola činná v strmšom spodnom úseku  
na priečnom profile trógu. Pohyb vody a materiálu na



**Obr. 6** Segment  $B_2$  Veľkej Studenej doliny. Foto: M. Lehotský

svahoch trógu je podobný ako na svahoch karov. Deje sa v žlaboch a po úsypiskových kuželoch. Aj exogénna modelácia reliéfu je podobná – prevažuje gravitačný pohyb zvetralín po svahu a procesy spojené s lavínami. Väčšia koncentrácia vody v toku (ale bez koryta) je pozorovateľná na svahoch pod visutými ústiami bočných dolín, voda sa miestami po najstrmších skalných stenách prepadá vo forme vodopádu.

#### ***Veľvysočínový tranzitný nespriahnutý vodopádový segment – $B_3$***

Na pozdĺžnom profile majú vysokotatranské doliny zreteľné stupne, ktoré sú však nižšie ako horný hang



**Obr. 7** Segment  $B_3$  Veľkej Studenej doliny. Foto: M. Lehotský

na rozhraní karu a trógu. Na nich sa vytvárajú vodopády charakteristické tranzitom vody a materiálu procesovo zvyčajne izolované od svahov doliny. Príkladom je Veľký vodopád vo Veľkej doline a Vodopád Skok v Mlynickej doline.

#### ***Veľvysočínový polospriahnutý segment morénového bazénu – $B_4$***

Na miernejších úsekoch dolín sa odtok vody spomaľuje v bazénoch, resp. prietokových jazerách (plesách), ktoré sú sčasti v ľadovcom vyhlbených depresiách a sčasti zahradené morénami. Dalším dôležitým znakom tohoto segmentu je relatívne široká niva budovaná jemnejšími sedimentmi a zvýšený stupeň kľukatenia koryta. Moréna ako dosť priepustný materiál často umožňuje pohyb vody v plytkom podloží, čo mnohokrát spôsobuje neprítomnosť vody v koryte. K výraznejšej fluvialnej modelácii tak dochádza len po výdatnejších zrážkach a v období topenia sa snehu.



**Obr. 8** Segment  $B_4$  Veľkej Studenej doliny. Foto: M. Lehotský

#### ***Veľvysočínový spriahnutý segment prielomu morény – $B_5$***

V najspodnejšej časti pozdĺžneho profilu vysokotatranských dolín nachádzame segment  $B_5$  označovaný tiež ako prechodný horský segment. Na krivke profilu sa prejavuje ako strmší úsek. V mieste, kde dolina vyúsťuje do kotliny alebo brázdy, pokračuje segmenty zóny C. Medzi oboma nie je vždy dostatočne zreteľné rozhranie, preto sa za túto hranicu v niektorých prípadoch použila hranica medzi geomorfologickými celkami. Segment  $B_5$  vznikol ako dôsledok morfoštruktúrneho vývoja daného územia. Strmší úsek na krivke profilu je dielom tektonických pohybov na zlomoch ohraničujúcich intenzívne dvíhajúcu sa tatranskú morfoštruktúru. Tento segment leží tesne pod dolnou hranicou územia, ktoré bolo v pleistocéne zaľadnené, výstup podložia tu je zriedkavejší ako vo vyšších častiach doliny, prekrývajú ho glaciálny a glacifluviálny materiál a svahoviny. Dolina v segmente  $B_5$  má oproti segmentu  $B_4$  nižšie svahy strmo klesajúce na dno s korytom, kto-





**Obr. 9** Segment B<sub>5</sub> Velkej Studenej doliny. Foto: M. Lehotský

rým preteká vodný tok s vyšším prietokom. V koryte sa nachádza mnoho hrubozrného materiálu s viditeľnými stopami zaoblenia tečúcou vodou. V kaskádovitom koryte možno nájsť mnoho evorznych foriem. V období vyšších stavov po dažďoch a počas topenia snehu sa v koryte a jeho bezprostrednom okolí prebiehajú intenzívne procesy fluvialnej erózie, silný prúd je schopný na krátke vzdialenosti transportovať aj väčšie bloky. Fluvialna modelácia prebiehajúca v koryte toku je dominantným geomorfologickým procesom segmentu, podružne sa uplatňujú aj procesy svahovej modelácie na nízkych bočných svahoch doliny. Bočná erózia tokov počas extrémnych prietokových stavov podtína vysoké brehy budované svahovinami a glacifluviálnymi sedimentmi, čím vznikajú strže. Pekným príkladom je známa Veľká žltá stena, ktorá vznikla podtatím brehu Velicým potokom počas povodne v roku 1813 (LUKNIŠ 1973).

#### 4.3 SEGMENTY PODHORSKEJ A KOTLINOVEJ PAHORKATINOVEJ TRANSFEROVEJ ZÓNY – C

Tatranské doliny po opustení pohoria nadväzujú na dolinovo-riečny systém Podtatranskej kotliny na južnej strane a Podtatranskej brázdy na severnej strane. V Podtatranskej kotline sú na všetkých študovaných profiloch rozpoznateľné dve geomorfologicky odlišné časti, horná časť je identická s územím Tatranského predhoria, dolná leží na území kotlinových pahorkatín. V Podtatranskej brázde táto diferenciácia nie

je zrejmalá. Kotlinové úseky dolín majú nevysoké ale pomerne strmé svahy a široké koryto a nivu budované sedimentmi so silným zastúpením prepláchnutých glacifluviálnych sedimentov. Reliéf je typický výskytom reliktných avulzných koryt. Fluvialna modelácia je v súčasnosti dominantným geomorfologickým procesom prebieha v miestami vetviacom sa koryte, význam svahových procesov na strmých, ale veľmi krátkych bočných svahoch doliny majú z nášho pohľadu marginálny význam, menší ako v segmentoch v pohorí.

#### *Podhorský pahorkatinový polospriahnutý segment terasovaného náplavového vejára – C<sub>1</sub>*

Segment C<sub>1</sub> nadväzuje na segment B<sub>5</sub> za hranicou Tatier. V hornej časti sa sklonitostne podobá segmentu B<sub>5</sub>, takže z krivky pozdĺžneho profilu je hranicu medzi nimi ťažko identifikovať. Jeho identifikácia je však jasne určená morfometricky a morfogeneticky zreteľne vyvinutým vejárom mimo pohoria. Aj po prúde, voči segmentu C<sub>2</sub> nie je hranica na krivke profilu celkom zreteľná, lebo jej zmiernenie je veľmi postupné. Vyčlenenie daného segmentu je opodstatnené na južnej strane predmetného územia. Segment C<sub>1</sub> ležiaci vo vyššej časti kotliny je na profile strmší a geomorfologicky dynamickejší (prítomnosť avulzných koryt a korytových úsekov typu kaskády a stupeň/priehlbina) ako nižšie ležiaci segment C<sub>2</sub>.



**Obr. 10** Segment C<sub>1</sub> v Podtatranskej kotline. Foto: M. Lehotský

### **Pahorkatinový nespriahnutý segment terasovanej doliny – C<sub>2</sub>**

Segment C<sub>2</sub> sa nachádza v najnižšej časti transferovej zóny tatranských dolinovo-riečnych systémov. Je súčasťou niektorej z pahorkatín Podtatranskej kotliny, na severe predmetného územia ju nenachádzame. V hornej časti má ohraničenie charakter postupného zmiernenia krivky pozdĺžneho profilu. Na krivke jeho pozdĺžneho profilu sú badateľné nevýrazné zmeny sklonu, ktoré sú dosť ťažko identifikovateľné profilovaním z máp 1 : 50 000. Identifikovateľné sú na vrstevniciach v mape mierky 1:10 000 a v teréne. Zmeny sklonitostných pomerov na pozdĺžnom profile sa viažu na lokálny vývoj doliny i koryta podmienený diferenciáciou akumulácie sedimentov, resp. vlastnosťami podložia a tektonikou. Segment je typický dobre vyvinutou širokou nivou a dominantnými sú procesy laterálnej akrecie, s ktorými sa zákonite viažu procesy laterálnej erózie koryta počas extrémnych prietokov. Tento typ segmentu je charakteristický lichobežníkovým alebo parabolickým priečnym profilom doliny s relatívne nízkymi bočnými svahmi a divočiaccim, vrkočiaccim a kľukatiaccim sa alebo meandrujúcim korytom.



**Obr. 11** Segment C<sub>2</sub> v Podtatranskej kotline. Foto: M. Lehotský

#### **4.4 SEGMENT KOTLINOVEJ PAHORKATINOVEJ ODOZVOVEJ ZÓNY - D**

Odozvoová zóna odzrkadľuje všetko to, čo sa deje vo vyšších častiach povodia a charakteristické pre ňu je to, že v nej dochádza k akumulácii unášaného materiálu. U bystrinných tokov so zdrojovou zónou v Tatrách je vyvinutá len do podoby malých neterasovaných ale aj terasovaných sútokových náplavových vejárov. Zóna obsahuje len jeden typ segmentu – pahorkatinový nespriahnutý segment terasovaného sútokového náplavového vejára (D<sub>1</sub>). Zóna je teda priestorovo zhodná so segmentom. Typický je vejárovitou morfológiou geneticky zviazanou s vývojom nivy toku vyššieho rádu, vetvením alebo zarezaním koryta a miernym zostrmením krivky pozdĺžneho profilu ako napríklad profil Kežmarskej Bielej vody.



**Obr. 12** Segment D<sub>1</sub> v Podtatranskej kotline. Foto: M. Lehotský

## **5 ZÁVER**

Morfologicky veľmi variabilný charakter dolinovo-riečnych systémov a tvary ich pozdĺžnych profilov a ich morfoskulptúrne vlastnosti upozorňujú na to, že sa jednotlivé doliny vyvíjajú v odlišnom morfoštruktúrnem a morfoklimatickom prostredí, často to platí aj o bezprostredne susediacich dolinách. Podľa pozdĺžneho profilu sme vyčlenili typy segmentov hlavného toku, ktoré sme charakterizovali podľa dominancie prítomných geomorfologických procesov a charakteru pohybu vody a sedimentov v danom segmente. Variabilnosť pozdĺžnych profilov sa prenáša aj do variabilnosti segmentov, do toho, ktoré segmenty sú v danej doline zastúpené (prípadne ktoré tam celkom chýbajú) a v aké sú ich vlastnosti. Metóda vyhraničovania segmentov je aplikovateľná aj v iných pohoriach s fosílnou glaciálnou modeláciou a v určitej modifikácii by mohla nájsť aj všeobecnejšie uplatnenie. Výsledky sa môžu uplatniť hlavne vo fluvialnogeomorfologickom ale aj v regionálnom geomorfologickom a morfoštruktúrnem výskume Tatier.

*Príspevok bol vypracovaný v rámci vedeckého projektu č. 2/6040/27 financovaného vedeckou grantovou agentúrou VEGA.*

## **LITERATÚRA**

- BRIERLEY, G.J., FRYIRS, K.A. (2005). *Geomorphology and river management*. Blackwell Science, 1-398.
- BULL, W. B., MCFADDEN, L. D. (1977). Tectonic geomorphology North and South of the Garlock Fault, California. In: Doehring, D. O., ed.: *Geomorphology in Arid Regions*. State University of New York at Binghamton, 115-138.
- BURBANK, D. ANDERSON, R. (2001). *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, 1-274.
- CHORLEY, R. J., KENNEDY, B. A. 1971. *Physical Geography. A System Approach*. Prentice-Hall International Inc., London, 1-370.



- KLIMASZEWSKI, M. (1950). Morfologia zamknięcia doliny Białej Wody w Tatrach. *Ochrona przyrody*, XIX, Kraków.
- KLIMASZEWSKI, M. (1951). Rzeźba Podhala. *Czasopismo Geograficzne*, XXI/XXII, Wrocław, 237-250.
- LACIKA, J. (1986). Klasifikácia metód morfoštruktúrnej analýzy reliéfu. In: Hrádek, M., Kirchner, K., Květ R., eds. (1986). *Geomorfologie - výskum a aplikácie. Sborník prací*, 12, Geografický ústav ČSAV Brno, 36-38.
- LEHOTSKÝ, M., 2004. River Morphology hierarchical Classification (RMHC). *Acta Universitatis Carolinae. Geographica*, XXXIX, No 1, 33- 45.
- LEHOTSKÝ, M., NOVOTNÝ, J. (2004). Morfologické zóny vodných tokov Slovenska. *Geomorphologia Slovaca*, IV, 2 48-53.
- LEHOTSKÝ, M., NOVOTNÝ, J. (2006). Metodológia konceptuálneho modelu vývoja morfológie rieky. In.: Smolová, I. ed.: *Geomorfologické výzkumy v roce 2006*. Vydavatelství UP v Olomouci, Olomouc, 2006, 154-159.
- LUKNIŠ, M. (1973). *Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia*. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 1-376.
- MAZÚR, E. (1992). *Typy reliéfu. Mapa 1 : 500 000*. Geografický ústav SAV.