

IMPLEMENTÁCIA NÁSTROJOV TEKTONICKEJ GEOMORFOLÓGIE V NEOTEKTONICKOM VÝSKUME (NA PRÍKLADE POHORIA POVAŽSKÝ INOVEC)

Juraj Beták*, Rastislav Vojtko**

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, geogbeta@savba.sk

** Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Katedra geológie a paleontológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, vojtko@fns.uniba.sk

Implementation of tectonic geomorphology tools in neotectonic research (The Považský Inovec Mountains case study).

An effective solution of neotectonic problems requires an interdisciplinary approach. In this paper, we present the frame of geomorphological approaches, which can contribute to understanding of the neotectonic problems. Various geomorphological methods (including morphometric analysis of the relief forms, analysis of morphotectonic lines, patterns, mountain front lines, facet slopes, flat surfaces, profile curves, valley textures and positions of alluvial fans) were applied in the area of the Považský Inovec Mts. The interconnection between the shapes of geomorphic forms and the potential of their formation by the neotectonic processes are widely discussed. The most obvious features of the recent tectonic activity observed in relief forms were identified in the area of the western mountain front line documented by occurrence of low dissected facet slopes and the mountain front line (with a value of the S index of only 1.09), well preserved upper flat surfaces and the even concave and levelled shapes of the longitudinal bottom valley profiles. Notable morphotectonic features were also analysed in other localities. The results of overall geomorphologic analyses were compared with other neotectonically significant data. From the spatial point of view, the data complement each other, which supports the idea of an interdisciplinary approach for better comprehension of the neotectonic problems. However, the chronological aspect is more heterogeneous. We discuss the disproportions between the traditional concepts of the Western Carpathian relief evolution and some of the recently gained numerical or relative geochronological data.

Key words: neotectonics, tectonic geomorphology, morphotectonics, geomorphological analysis, Považský Inovec Mts.

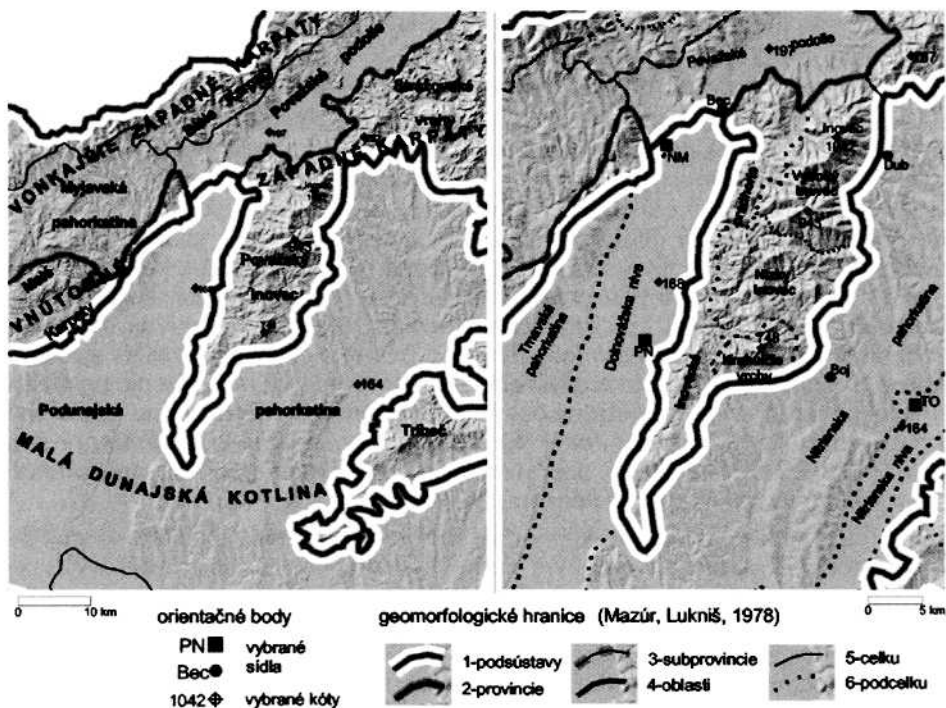
ÚVOD

Jedna z definícií hovorí o reliéfe Zeme ako o výslednej ploche vzájomného pôsobenia endogénnych a exogénnych síl. Thornbury (1956) poukazuje, že neustála interakcia týchto dvoch fenoménov má na svedomí súčasnú topografiu reliéfu. Podiel endogénnej zložky a jej interakciu s exogénnou zložkou považuje Burbank a Anderson (2001) za jadro problematiky *tektonickej geomorfológie*, ktorá sa na riešení neotektonických problémov podieľa významnou mierou. Hoci potreba reagovať na najnovšie geologické poznatky a posunúť ich o kúsok ďalej je prítomná už desaťročia, výraznejší rozvoj metód tektonickej geomorfológie nastal až v posledných rokoch. Vyplýva to z jedného podstatného faktu, na ktorý poukazuje Summerfield (2000). O smerovaní geomorfológie v polovici 20. storočia, najmä v americkej a britskej komunite geomorfológov, sa vyjadru-

je ako o frustrácii, ktorá pramení z nedostatku dát o mechanizmoch a mierach geomorfologických procesov formujúcich reliéf, znásobenej uvedomením si nedokonalosti klasických laboratórnych modelov vývoja reliéfu, čo malo za následok dramatickú zmenu v zameraní geomorfológie. Dôsledkom bola redefinícia disciplíny, ktorá viedla ku krátkodobým a malopriestorovým výskumným úlohám. Efekt endogénnych procesov a problematika dlhodobého vývoja reliéfu bola v týchto úlohách často zanedbaná alebo úplne neuvažovaná. Preklenúť toto vákuum pomohla *mobilitická hypotéza*, resp. *hypotéza platňovej alebo globálnej tektoniky*. Túto hypotézu významne podporil výskum reliéfu dna oceánov. Prispeli k nej predovšetkým geofyzici a štruktúrni geológovia. Je na škodu, že geomorfológia prakticky v celosvetovom meradle za týmto trendom zaostáva. Až v súčasnosti nachádza táto hypotéza aj u geomorfológov opodstatnený ohlas. Summerfield (2000, p. 8) píše: „... ukazuje sa, že pravdepodobne najväčšia prekážka k pochopeniu vzťahu tektonika a tvárnosť zemského povrchu bola prekonaná. Súčasný stav je len nedostatkom vzájomnej výmeny informácií medzi geomorfológmi, štruktúrnymi geológmi, geochronológmi a geofyzikmi, ktorý bol charakteristický aj pre mnohé predchádzajúce výskumy.“

Vo vzťahu k reliéfu územia Západných Karpát snahu o exaktný opis tektonických foriem reliéfu nachádzame v rôznej kvalite už v prácach autorov v prvej polovici 20. storočia, zaoberajúcich sa reliéfom slovenskej časti Karpát. Vecnejšiu argumentáciu svojich výsledkov prezentuje Mazúr (1965). Predovšetkým na základe foriem reliéfu uvažuje o Karpatskom oblúku ako o mladom orogéne. Výrazný podiel na vzniku foriem reliéfu majú procesy mladej tektoniky. Rozlišuje tri základné štruktúry: paleoštruktúry, mezoštruktúry a neoštruktúry, pričom posledné z menovaných definuje ako „najmladší štýl, zlomovvrásový, ktorý spôsobil mozaikovitú usporiadanie makroforiem klenby Karpatského oblúka (Mazúr 1965, p. 22).“ Na jeho hypotézy neskôr nadväzujú viaceré ďalšie práce rôznych autorov. Najnovšie práce, nielen geomorfologickej komunity, integrujú i moderné metódy hodnotenia reliéfu vzhľadom k najnovším geologickým a geodynamickým poznatkom Západných Karpát (Hók et al. 2000, Marko et al. 2003, Minár 2003, Marko a Vojtko 2006).

Avšak prakticky žiadna z prác sa nevenuje vzťahu metodológia – geomorfologická analýza konkrétneho územia komplexnejšie. Chýba najmä exaktné určenie, ktoré formy reliéfu Karpát sú tektonicky podmienené. Podľa Urbánka (2005) slabým miestom neotektonického výskumu je *metodologická reflexia*, teda konkrétnejšia predstava o geomorfologickej analýze ako systéme krokov smerujúcich k poznaniu neotektonických foriem. Práve na túto medzeru sa zameriavame v predkladanej štúdii. Snažíme sa o demonštráciu geomorfologického výskumu s cieľom identifikácie a analýzy tektonicky podmienených foriem. Na vyššej úrovni integrujeme súbor výsledkov z geomorfologickej analýzy do interdisciplinárnej oblasti neotektonického výskumu. Samotný výskum sa realizoval v pohorí Považský Inovec (s výnimkou južného výbežku Inoveckého predhoria, obr. 1). V závere sa pokúšame o náčrt možností extrapolácie použitých metód a získaných výsledkov.



Obr. 1. Študované územia v rámci geomorfologického členenia SR (Mazúr a Lukniš 1978, upravené)

METODIKA

Filozofia prístupu k riešeniu tejto práce dobre vystihuje pojem *geomorfologická analýza*. Podľa Urbánka je to „metóda, ktorá analyzuje určitý geomorfologický jav v čo najširšom kontexte vzťahov (Urbánek 1999, p. 8)“; „... geomorfologická metóda v najširšom chápaní, metóda ako široký súbor krokov, ktoré vedú od neznámeho reliéfu k známemu (Urbánek 2003).“ Podrobnejšie Urbánek (2000a, 2000b) rozobral geomorfologickú analýzu vo svojich príspevkoch. Tento prístup k riešeniu geomorfologických problémov nachádzame vo viacerých obsiahlejších súčasných prácach prevažne mladších geomorfológov (napr. Bárdoš 2000, Mentlik, et al. 2006, Novotný 2006). Základnými krokmi sú *hľadanie systému* (čiže hľadanie istého poriadku, systému v zdanlivo chaotickom reliéfe), *hľadanie pravdy* (verifikácia, resp. falzifikácia zdedených poznatkov a novopostulovaných hypotéz) a *metóda výkladu* (podanie a tlmočenie výsledku výskumu vedeckej spoločnosti). Takáto metodologická kostra je pomerne účinná a flexibilná pre riešenie geomorfologických problémov.

Geomorfologickú analýzu chápeme ako metódu najvyššieho stupňa, integrujúcu súhrn poznatkov a metód vyjadrujúcich relevantné charakteristiky reliéfu. Poznáme aj iné prístupy, ktoré sa v histórii preukázali ako úspešné. Z hľadiska cieľa našej práce je to predovšetkým *morfoštruktúrna analýza reliéfu – MAR* (Lacika 1986), ktorú považujeme za podmnožinu geomorfologickej analýzy.

Podmnožinu geomorfologickej analýzy tvorí aj súbor metód zameraných na výskum tektonických foriem reliéfu. Tie sa v reliéfe častejšie prejavujú veľkými tvarmi. S podmnožinou metód MAR majú teda významné prieniky.

Postup výskumu, ktorý predchádzal tejto štúdiu, môžeme zhrnúť do niekoľkých okruhov. Jednak je to aplikácia parciálnych (prevažne geomorfologických) metód v reliéfe študovaného územia a vyhodnotenie nimi generovaných výsledkov. Po druhé, vstup existujúcich poznatkov iných vedeckých disciplín (predovšetkým štruktúrnej geológie, geofyziky, sedimentológie, petrológie a ďalších geovedných disciplín), ich vzájomné porovnanie, korelácia, komplementácia. V našom prípade to boli predovšetkým dostupné geologické dáta numerického datovania vzoriek apatitov (*fission track*), analýza a relatívne datovanie sedimentov v prilahlých panvách, zhodnotenie vrto, výsledky analýz geofyzikálnych profilov pohorí a prilahlých paniev, ako aj všeobecné poznatky o geologickom vývoji priestoru Karpatského oblúku v kenozoiku. Tieto dva kroky sa vo svojej povahe prekrývajú s *hľadaním systému* a *hľadaním pravdy* (podľa Urbánka 2000a), resp. *analýzou* a *syntézou* v tradičnom chápaní geomorfologického výskumu (podľa Mazúra 1963).¹

V ďalšom okruhu boli široko využité možnosti počítačového spracovania dát v prostredí GIS. Jednotlivé dátové vrstvy boli v danom časo-priestorovom zobrazení naložené na seba jednoduchou metódou *overlay*. Parciálne priestorové informácie jednotlivých dátových vrstiev sú vzájomne porovnávané. Dôležitá je ich korelácia, komplementácia, kontinuita, pričom uplatňujeme metódu *vzájomného logického vyplývania* (Urbánek 2000b). Formulovaná hypotéza spravidla nebýva izolovaná, je súčasťou systému hypotéz, ktoré sú s ňou prepojené. Ak teda predpokladáme, že platí istá hypotéza, mali by sme preskúmať aj pravdivosť všetkých hypotéz, ktoré z nej logicky vyplývajú. Týmto postupom je počiatočná hypotéza *falzifikovaná*, alebo sa postupne dostávame k hypotéze *korobovanej*.

METÓDY GEOMORFOLOGICKÉHO VÝSKUMU ORIENTOvané NA POZNÁVANIE TEKTONICKÝCH PROCESOV

Väčšina použitých postupov patrí k štandardným geomorfologickým metódam, preto vzhľadom na limitovaný rozsah príspevku sa obmedzujeme len na ich vymenovanie a zdroj. Dosiaľ nepublikované inovačné postupy bližšie komentujeme v časti diskusia a výsledky. Aplikácia metód v danom rozsahu bola možná predovšetkým vďaka využitiu významnej podpory geoinformačných techník.

Súbor parciálnych metód tvorí: morfometrické a morfografické zhodnotenie územia (Mayer 2000), analýza geomorfologických línií a geomorfologickej mriežky (Sabins 1978, Urbánek 2000c, Beták 2006a), zhodnotenie tvarov úpätí (Bull a McFadden 1977, Burbank a Anderson 2001) a tektonicky predisponovaných svahových foriem (Thornbury 1956, Angelier 1994), zhodnotenie plochých častí reliéfu (Thornbury 1956, Mazúr 1963, Lukniš 1964, Bizubová a Mi-

¹ V predkladaných termínoch vnímame blízku príbuznosť. Naša súčasná geomorfologická komunita používa viacero termínov azda duplicitne. Táto problematika však presahuje rámec tejto štúdie. Zaslúžila by si osobitné zhodnotenie, ktoré by malo viesť k vyjasneniu pojmov.

nár 1992), profilov reliéfu, dolinovej textúry a charakteru dolinových kriviek (Zuchiewicz 1980, Novotný 2006), charakter náplavových vejárov (Costa a Fleisher 1984) a modelovanie obáľkových povrchov (Spiridonov 1975, Jedlička a Mentlík 2003, Beták 2006b).

POUŽITÉ DÁTA

Počas riešenia práce sa nám podarilo spracovať, resp. prepracovať niekoľko typov dát v značnom objeme, ktoré obsahujú informácie o reliéfe. Boli to: výškopis topografickej mapy v analógovej i digitálnej forme v mierke 1:50 000 a 1:25 000, digitálny model reliéfu derivovaný z výškopisu topografických máp s veľkosťou buniek 25 m a 10 m, radarový záznam satelitu ERS-2 z 30.3.1998 v predspracovanom PRI dátovom formáte a družicová scéna LANDSAT-u 5TM. Ich povaha a užitočnosti v geomorfologickej analýze sa bližšie venuje napr. práca Betáka (2006a). Tu len pripomíname, že každý typ dát je nositeľom inej kvality informácií o reliéfe. Konkrétne geomorfologické fenomény boli overené, resp. doplnené terénnym výskumom.

STRUČNÉ ZHODNOTENIE POZNATKOV RELEVANTNÝCH K NEOTEKTONIKE ŠTUDOVANÉHO ÚZEMIA

Študované územie tvorí pohorie Považský Inovec a jeho širšie zázemie. Nachádza sa na západnom okraji Vnútrotných Západných Karpát, v území, ktoré rozčleňujú geomorfologické hranice vysokého rangu (podľa geomorfologického členenia Mazúr a Lukniš 1978).

Geomorfologické práce z oblasti Považského Inovca sú v histórii jeho výskumu pomerne zriedkavé. K viacerým zaujímavým problémom sa vyjadruje Lukniš (1972), aj keď poznatky sa viažu viac k doline Váhu ako k samotnému pohoriu. Reliéf je spravidla stručne charakterizovaný aj vo viacerých geologických prácach, zaoberajúcich sa študovaným územím (napr. Štimmel et al. 1984).

Z geologického hľadiska patrí Považský Inovec k jadrovým pohoriam. Tektonická stavba územia je pomerne zložitá, niektoré jej členy dodnes nie sú jednoznačne interpretované. Na západe pohorie ohraničuje sústava považských zlomov, na východe sústava dubodielskych zlomov. Na neotektonickej mape SR (Maglay et al. 1999) sú okrajové zlomy schematicky interpretované ako zlomy s aktivitou v pleistocéne. Pohorie segmentujú priečne zlomy priebehu ZSZ-VJV. Pozdĺž nich mali zrejme jednotlivé tektonické bloky rôznu dynamiku výdvihu.

Z hľadiska litotypnej náplne základ tvoria kryštalické horniny tatrika a infratatrika s ich obalovými sekvenciami, ktoré tvoria mohutné sedimentárne súvrstvia s málo zastúpenými reliktnými paleo-vulkanických telies karbónskeho a permského veku a typickými mezozoickými sedimentami. Na tatrické obalové sekvencie je nasunutá tatrická jednotka, ktorej členy vystupujú najmä na západe a juhu územia. Jednotky hronika, situované v najvyššej štruktúrnej úrovni, tvoria predovšetkým oblasť Tematínskych vrškov na západe a Úhradu na východe pohoria (Ivanička et al. 2007).

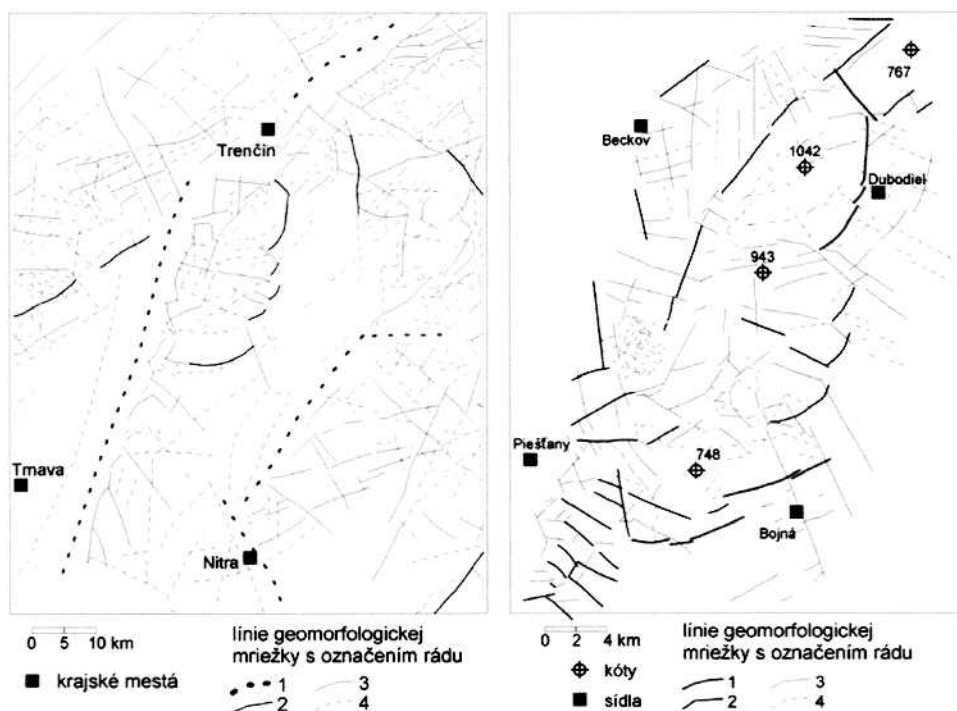
Na základe geologických informácií môžeme vzhľadom na tektonické procesy datovať niektoré fenomény. *Fission track* datovanie na apatitoch (Danišík et al. 2004) preukazujú, že efekt vertikálnych pohybov centrálnej časti severnej časti pohoria od vrchného až stredného miocénu je asi +2-3 km. Pohorie obkolesujú početné neogénne depresie s hĺbkami niekoľko 100 až 4 000 m, dokumentované geofyzikálnymi meraniami. Brestenská (1980) usudzuje z analýzy sedimentov Bánovskej depresie o exhumácii kryštálických bridlic severného bloku až v pliocéne (4 – 5 mil. rokov). V zaujímavej tektonickej pozícii sa nachádzajú aj eupelagické vrchnokriedové sedimenty v severnej časti pohoria (v okolí Selca a Mníchovej Lehoty). Plašienka a Marko (1993) a niektorí ďalší autori im pripisujú pravdepodobnú príslušnosť k váhlickej jednotke. Pre ich existenciu v danej pozícii existujú však aj iné interpretácie (Ivanička et al. 2007).

VÝSLEDKY

Tektonické fenomény je možné študovať na rôznej hierarchickej úrovni. Pre geomorfológiu je vlastný priestorový výskum foriem v rôznych mierkach. Študované územie bolo rozdelené na dve úrovne, v ktorých boli realizované viaceré analýzy. Najpodstatnejšiu z nich tvorila konštrukcia a analýza *geomorfologickej mriežky* (obr. 2). Hierarchia línií bola stanovená kvalitatívne na základe dĺžky línie, resp. systému línií prislúchajúcim jednému dominantnému smeru a mohutnosti a morfotektonickej významnosti geomorfologických foriem, ktoré tieto línie ohraničujú. Vyššia úroveň zahŕňa širšie zázemie pohoria Považský Inovec, je skonštruovaná na dátach menšej mierky a teda je menej detailná. Najvýraznejšie línie tejto mriežky tvoria výrazné úpätia pohorí, ich priebeh spadá do rovnakého smerového kvadrantu (SV↔JZ). Detailnejšia štruktúra mriežky jednotlivých blokov sa však líši. Pohorie Považský Inovec sa od tohoto priestorového poriadku (v zmysle mozaika, textúra a vzor podľa Urbánka 1999) s generálnym smerom geomorfologických línií SV↔JZ mierne odkláňa. Západné i východné úpätie pohoria má skôr SSV↔JJZ priebeh. K tomuto smeru sa približuje aj juhozápadný okraj pohoria Trábeč a niektoré iné významné línie.

Na nižšej úrovni (oblasť pohoria Považský Inovec) bol charakter geomorfologickej mriežky analyzovaný podrobne. V detaile bolo identifikovaných viacerých paternov. K najvýznamnejším fenoménom patria: mriežka západnej časti pohoria má kvázi lineárny charakter, vo východnej časti pohoria je identifikovaných oveľa viac nelineárnych prvkov. Vo všeobecnosti, paterny mriežok v severnej časti sú výraznejšie, systém je ľahšie identifikovateľný, v južnej časti pohoria je identifikácia priestorového poriadku zložitejšia. Výrazné sú niektoré lokálne paterny mriežky (napr. Tematínsky kras, kde dobrou predispozíciou pre jej konzerváciu je prevažne karbonatické geologické podložie).

Pri hodnotení foriem reliéfu bol dôraz kladený na tie, ktoré mriežku ohraničujú, resp. línie mriežky ich pretínajú. K najvýznamnejším a zároveň k neotektonicky najsignifikantnejším patria facetové svahy, ploché povrchy, sedlá, doliny. Tieto formy boli v reliéfe študovaného územia manuálne identifikované a diferencované (predovšetkým na základe ich morfometrických parametrov a niektorých charakteristík vyjadrených na kvalitatívnej úrovni).



Obr. 2. Geomorfologická mriežka v širšom zázemí študovaného územia a v pohorí Považský Inovec

S takouto databázou bolo prístupné k ich systematizácii, teda hľadaniu určitého priestorového poriadku. Bolo preukázané, že tieto formy na základe svojej pozície a charakteristik systematicky korešponujú s priebehom preukázaných tektonických zlomov (považský zlomový systém na Z okraji pohoria) a iných línií geomorfologickej mriežky s vysokým potenciálom tektonickej predispozície. Podľa ich morfometrických znakov (prevýšenie svahov, absolútna/relatívna výška plochých povrchov) možno usudzovať o aktivite zlomov, ktorými sú ohraničené. V študovanom území bolo možné vyjadriť predovšetkým vertikálnu zložku pohybov. O horizontálnej zložke pohybov, ktorých vysokú pravdepodobnosť v neotektonickej etape dokumentujú viaceré štruktúrno-geologické výskumy, sa na základe doterajšieho štúdia reliéfnych črt dá usudzovať len nepriamo.

Veľká pozornosť bola venovaná konštrukcii a analýze *profilov* reliéfov študovaného územia (obr. 3 a 4). V zásade sme hodnotili účelové profily, ktoré boli totožné jednak s chrbáticami, jednak s údolnicami. V prvom prípade sa rozdiel sklonov v priebehu kriviek na hraniciach zlomových svahov najvýznamnejšie prejavil práve na tomto type čiar terénnej kostry. Bolo možné identifikovať stupňovitý charakter pohoria (v dvoch stupňoch – obr. 3, profily b, c, e; resp. v troch stupňoch – obr. 3, profily a, G). V druhom prípade sme získali obraz

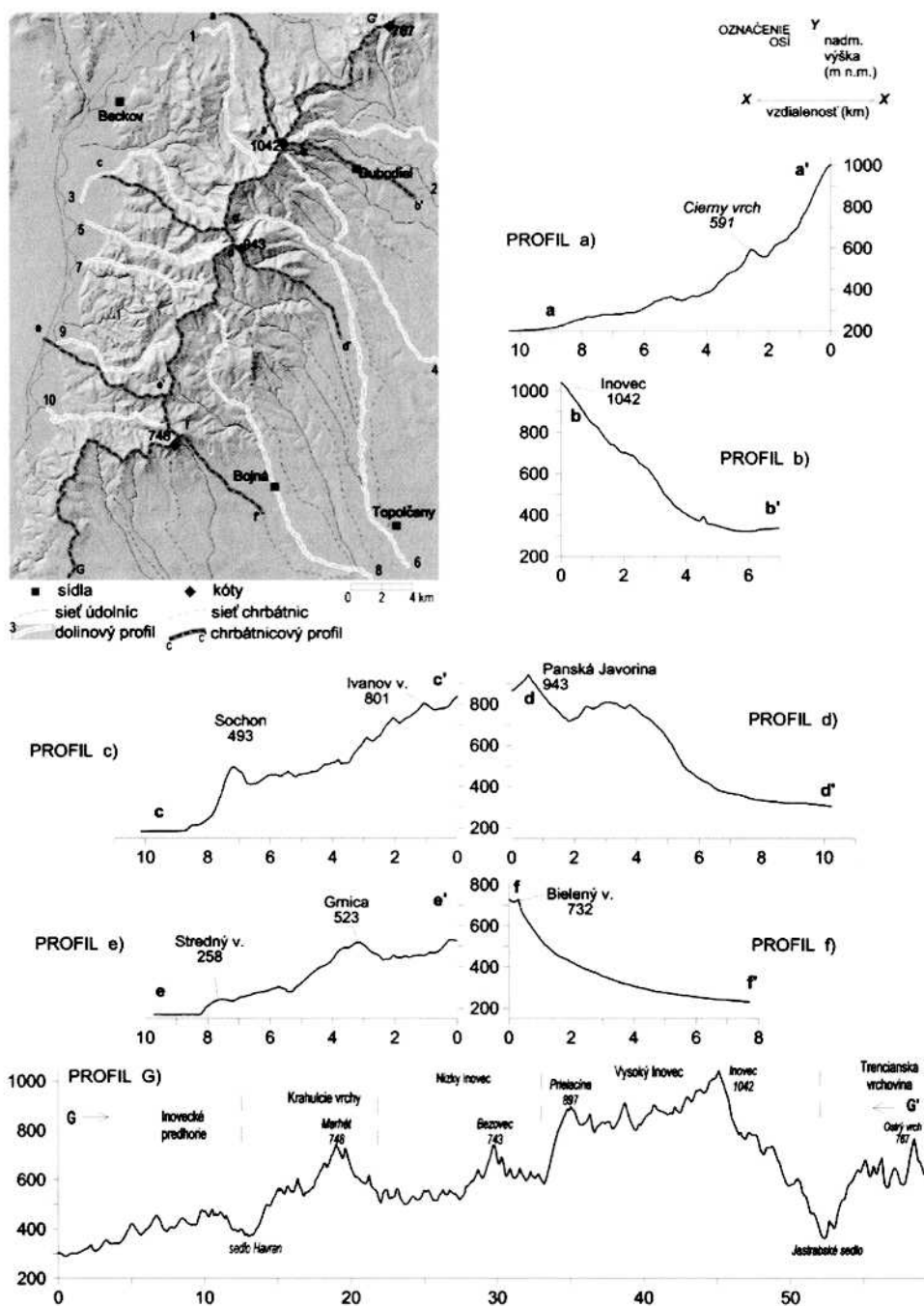
o charaktere pozdĺžnych a priečných profilov dien dolín. Dodatočnými výpočtami boli získané ďalšie parametre, bližšie charakterizujúce dolinové krivky.

Na základe týchto údajov, ako aj analýzy dolinovej textúry bola využitá individuálna regionalizácia, na základe ktorej bolo územie rozdelené na šesť regiónov. V juhozápadnom regióne bol na viacerých profiloch dolín identifikovaný zaujímavý fenomén: dolné časti kriviek profilov majú lineárny až mierne konkavný tvar. Pre každý región bola následne zhodnotená pozícia a tvar *náplavových vejárov*. Identifikované boli len pri severnom (kde sú vyvinuté v masívnej forme) a na západnom okraji pohoria (v nerozvinutej forme). Podľa týchto charakteristík je možné usudzovať najmä na aktivitu okrajových zlomov pohoria, ktorým bola i z hľadiska morfológie venovaná špeciálna pozornosť.

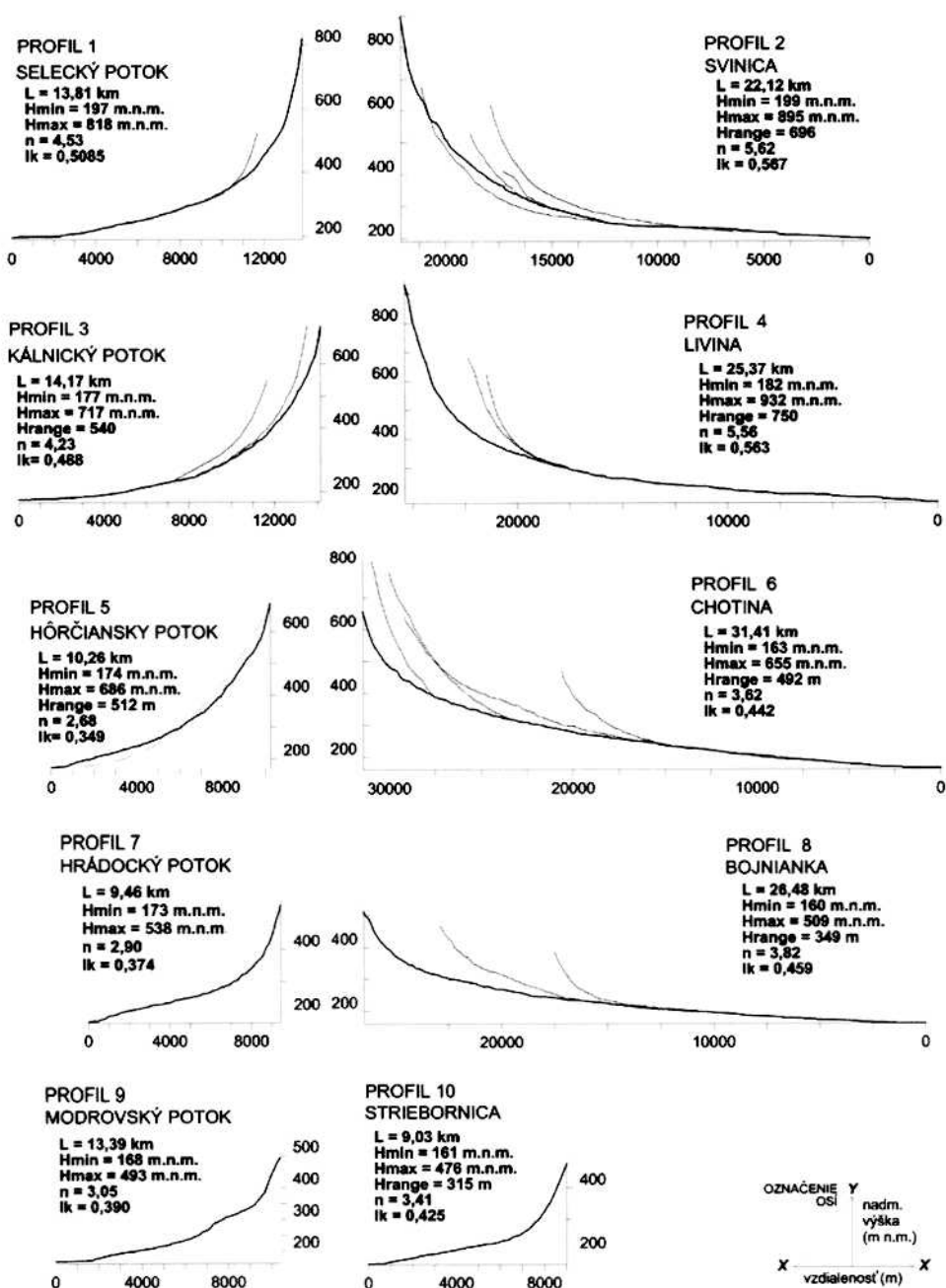
Kvantitatívne bol hodnotený *stupeň linearity* úpätia pohoria: $S = L_{mf}/L_s$, kde L_{mf} je celková dĺžka vymedzeného horského úpätia a L_s úsečka spájajúca koncové body meraného úseku úpätia. Tektonicky aktívne pohoria majú sinusoidu blízku k 1, kým index zahĺbenia približujúci sa k 2 a vyšší je charakteristický pre členité horské úpätie, čo poukazuje na prevahu exogénnych činiteľov pri jeho modelácii a na zníženú aktivitu vertikálnych pohybov v dlhodobej histórii pohoria. Autori indexu Bull a McFadden (1977) však explicitne za ideálny, tektonicky podmienený tvar pokladajú lineárny priebeh úpätia. Podrobnejšie výsledky štruktúrnej geológie (napr. Angelier 1994) poukazujú na viacero mechanizmov vývoja zlomov, ktoré produkujú nelineárne systémy. Preto sme v prípade úpätia na východe a juhovýchode pohoria vo výpočte nepoužili hodnotu dĺžky najkratšej spojnice dvoch koncových bodov úpätia, ale hodnotu dĺžky časti kružnice s polomerom, do ktorej bol daný segment úpätia písaný (obr. 5).

Identifikované boli aj jednotlivé menšie bloky pozdĺž úpätia, ktoré sú navzájom ohraničené rôznymi, hierarchicky nižšími zlomami. Na základe diagnostických znakov tvaru úpätia Burbank a Anderson (2001) vymedzujú viacero možných typov segmentácie v priebehu zlomového ohraničenia pohoria (obr. 5): výbežok (*spurs* alebo *salient*), ohraničný mladšími zlomami; en-echelon odskok (*en echelon step*), najčastejšie spôsobené v dôsledku rotácie sústavy pozdĺž smeru posuvnej zóny; T-križovanie (*T-junction*) je častým prerušením hlavného smeru sústavy zlomov priečnym zlomom, ktorý kolmo alebo pod ostrým uhlom vbíha do pohoria; medzera (*gap*), kde sa zlomová aktivita neprejavuje v reliéfe krehkými deformáciami.

Podrobná analýza geomorfologických foriem a črt reliéfu v súvislosti so systémom geomorfologických línií bola vykonaná na troch špecifických lokalitách. *Západné úpätie Inoveckého predhoria voči nive Váhu* je charakteristické vysokým stupňom linearity ($S = 1,13$). Línia je z východnej strany lemovaná facetovými, málo rozčlenenými svahmi s relatívnym prevýšením v priemere okolo 100 m.



Obr. 3. Priečne profily reliéfom rozvodných chrbtov (profily a-g)



Vysvetlivky: L - dĺžka údolnice; Hmin - nadmorská výška ústia toku; Hmax - nadmorská výška prameňnej oblasti; Hrange - relatívny vertikálny rozsah; n - podiel segmentov plôch opísaného obdĺžnika pod krivkou (viac napr. in Zuchiewicz 1980); Ik - index zahĺbenia (viac napr. in Zuchiewicz 1980; Novotný 2006)

Obr. 4. Pozdĺžne dolinové profily (profily 1-10) a základné charakteristiky dolín

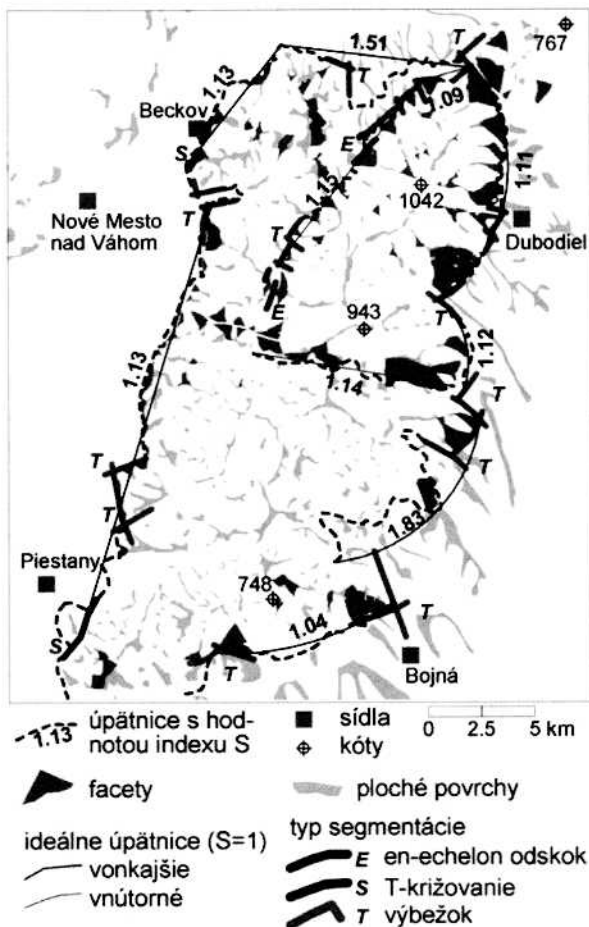
Významným znakom, poukazujúcim na vertikálnu aktivitu na tejto línii je priebeh dolinových kriviek (obr. 4, profily 5, 7, 9, 10), ktoré v okolí prechodu zlomovým pásmom majú lineárny až mierne konvexný tvar. To podporuje hypotézu o recentne aktívnom okraji. Fluviálna erózia nestíha adekvátne reagovať na vertikálny zdvih Inoveckého predhoria voči nive Váhu. Napovedá tomu aj pozícia náplavových vejárov, ktoré sa nachádzajú hneď na kontakte Dolnovážskej nivy s pohorím. Vďaka bočnej erózii Váhu sú rýchlo rozplavované a preto plošne dosahujú malé rozmery. Facetové svahy, lemujúce túto líniu aj napriek blízkosti Váhu, nemajú znaky fluviálne podmieneného rozčleňovania. Horizontálny posun z reliéfnych foriem nie je zrejмый, čiastočne ho však indikuje existencia Kálnickej depresie.

Východné úpätie Vysokého Inovca má nelineárny charakter. Najvýznamnejším fenoménom v reliéfe sú výrazné a relatívne zachované facetové svahy, lemujúce prakticky celé východné úpätie Vysokého Inovca (obr. 5). Ich priemerné sklony sú pomerne nízke – oscilujú okolo hodnôt 11,5° až 13°. Geologický podklad je pozdĺž celej línie pomerne monotónny, tvorený kryštallickými bridlicami. Svahy pri úpäti výrazne sklonovo kontrastujú s plochými časťami reliéfu – zvyškami pôvodne rozsiahleho pedimentu. Tento jav dobre dokumentujú aj profily reliéfu vedené po chrbátniciach. Pri hornom ukončení faciet opäť nachádzame segmenty plochých častí reliéfu, tvoriace jeden výškovo korelujúci systém. Ich priemerná nadmorská výška sa smerom na juh jemne zvyšuje, čo indikuje čiastočne nožnicovité otváranie na zlome vo vertikálnom smere. Pôdorys geomorfologickej mriežky je nelineárny. Východné úpätie Vysokého Inovca však pomerne dobre dokážeme vpišať do kružnice s polomerom asi 8 km. Tak získavame hodnotu S indexu 1,11. Preto hovoríme o paterne geomorfologickej mriežky s *radiálnym* charakterom. Tento charakter mriežky nie je v pohoriach Západných Karpát bežným javom. Môže naznačovať, že sústava dubodielskych zlomov funguje na princípe prešmyku, nie normálových zlomov (zatiaľ na úrovni pracovnej hypotézy). Tento princíp dobre odpovedá súčasným poznatkom geodynamického vývoja tejto oblasti. Významnejšie doliny, ktoré oddeľujú jednotlivé facety sú pomerne úzke a ani smerom do pohoria výraznejšie nerozširujú svoje povodie. Potoky sa sústreďujú najmä na hĺbkovú eróziu, dosiaľ nedosiahli stav a energiu na realizáciu vnútrodoľinovej laterálnej činnosti. Ich profilové krivky v oblasti kontaktu pohoria s panvou sú mierne konkávne až lineárne.

Tretiu, podrobnejšie hodnotenú lokalitu tvorí kvázi lineárny *priebeh hranice podcelkov Vysokého Inovca s Inoveckým predhorím*, ktorú označujeme ako *vnútrohorské úpätie*. V makropohľade má lineárny charakter. Index S dosahuje hodnotu 1,15. Pri dôraze na detail niektoré geomorfologické formy naznačujú jej prerušenie a uplatnenie susednej paralelnej línie. Pokiaľ ide o náplň foriem reliéfu, rozhranie indikujú výrazné facetové svahy, ktoré lemujú prakticky celý priebeh línie. Na druhej strane sú to ploché povrchy, ktoré nachádzame jednak na kontakte pod úpäťami a vo viacerých prípadoch aj vo vrcholovej časti faciet (obr. 5).

Geometria facetových svahov má pomerne rozdielny charakter. Priemerné sklony sa pohybujú od 12°-16°, avšak dominantná faceta karbonátového masívu Hradiska (732 m n. m.) presahuje až 20°. Takisto rozčlenenie faciet je rozdielne. Vertikálny rozsah osciluje okolo 150-200 výškových metrov, v prípade fa-

cety Hradiska hodnota presahuje 350 m. Litotypovo patrí táto lokalita k najpestrejším územiám v rámci celého pohoria. Tieto výrazné rozdiely v morfológii nás nútia uvažovať o uplatnení geomorfologickej hodnoty hornín a jej vplyve na zachovanie tvaru tektonicky podmienených foriem reliéfu.



Obr. 5. Priestorové rozmiestnenie niektorých geomorfologických foriem dôležitých z hľadiska neotektoniky územia

Zaujímavé je aj pokračovanie priebehu línie smerom na sever, kde tvorí hranicu Trenčianskej vrchoviny s Trenčianskou kotlinou (obr. 2). Ak by bolo možné geologickými metódami preukázať genetickú spätosť týchto dvoch regiónov, znamenalo by to, že línia musí presekávať hlboko založený Jastrabiansky zlom a teda môže byť mladšou štruktúrou. Zároveň by sme mohli uvažovať o synchrónnosti vývoja segmentov Trenčianskej vrchoviny s Vysokým Inovcom. Podobne možno pozorovať jej pokračovanie s miernou zmenou smeru proti smeru hodinových ručičiek v smere na juh, až po Hrádockú dolinu.

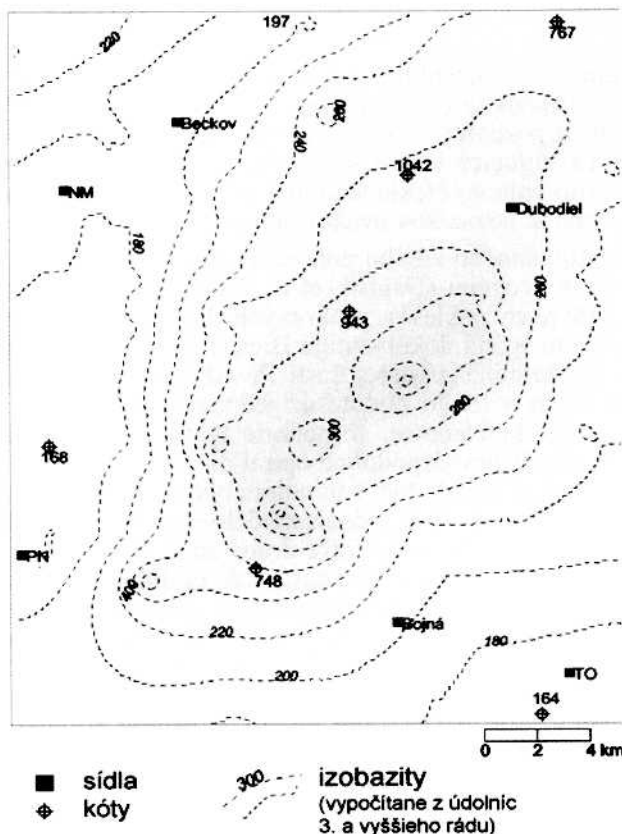
DISKUSIA

Prehodnotením a zosúladením poznatkov bola vo finálnej fáze zostavená časovo-priestorová koncepcia geomorfologického (neotektonického) vývoja pohoria. Model integruje poznatky získané z geomorfologickej analýzy tektonických foriem reliéfu a existujúcich informácií z iných geovied. V koncepcii sa vyjadrujeme najmä o vertikálnom efekte tektonických pohybov, o horizontálnej zložke bolo pre nedostatok poznatkov uvažované len okrajovo.

Existenciu kontinuálneho zdvihu pohoria naznačuje *T-t model* prakticky počas celého obdobia neogénu (Danišík et al. 2004). Zdvih pohoria kontrastuje s hodnotami reálnych poklesov v okolitých depresiách. V panvových sedimentoch vrchného neogénu dokumentuje Brestenská (1980) aj terigénny materiál charakteru kryštalinika severnej časti Považského Inovca, dokumentujúci blízkosť zdroja. Preto v tomto období už jednoznačne môžeme predpokladať existenciu hrastu. Predpokladáme, že pohorie tvorilo výbežok do panónskeho mora. Jeho rozloha bola pravdepodobne oproti dnešnému rozsahu oklieštená. Je možné, že južnejšia časť mohla byť v minulom období výškovo dominantnejšou oproti severnej časti. Indikuje to jednak modelovaný povrch izobazít (obr. 6), jednak rozvinutejšia dolinová sieť. Práve druhý znak predpokladá väčšiu tektonickú stabilitu územia voči severnej časti, kde sa dolinová sieť (najmä na východných svahoch) realizuje v nerozvetvených, relatívne napriamovaných dolinách. Posledným indikátorom sú aj hodnoty FT vekov, ktoré sú predsa len v oblasti Nízkeho Inovca priemerne o niekoľko miliónov rokov vyššie ako v severnej časti. Smerom k súčasnosti vďaka tektonickým pohybom preberal výškovú dominanciu severný blok Považského Inovca. Prípadné potvrdenie váhických komplexov (Plašienka a Marko 1993) na povrchu Inoveckého hrastu by tiež indikovalo niekoľkokilometrový výzdvih len za obdobie neogénu.

Vertikálnu individualizáciu Vysokého Inovca od Nízkeho Inovca nám v reliéfe dokumentujú predovšetkým facetové formy južného ukončenia masívu Prieľačiny (893 m n. m.) a Panskej Javoriny (943 m n. m.), ktorých vertikálny rozsah v súčasnosti je viac ako 300 m.

Vzhľadom na okrajové zlomy v pohorí, jednoznačnejšie možno interpretovať východné úpätie, ktoré na väčšej časti jeho priebehu charakterizuje jeden zložený systém tektonicky podmienených tvarov reliéfu. Západný okraj je v tomto smere zložitejší, nakoľko sa skladá aspoň z dvoch systémov, pozdĺž ktorých sa realizoval vertikálny (a s vysokou pravdepodobnosťou aj horizontálny) pohyb. Prvý systém ohraničuje Vysoký Inovec od Inoveckého predhoria. Smerom na juh pomerne hlboko zasahuje aj do Nízkeho Inovca (až po východný okraj Tematínskych vrchov) a na severe naň pravdepodobne nadväzuje systém západných okrajových zlomov Trenčianskej vrchoviny. Tento zlomový systém je zrejme starší, dlhšie obdobie musel fungovať nezávisle. Svedčí o tom vertikálne výraznejšia topografia reliéfu a sčasti tomu napovedá priestorové rozloženie tektonických jednotiek. Realizácia druhého systému je zhruba totožná so súčasným okrajom, oddeľujúcim pohorie od dnešnej nivy Váhu. Systém pravdepodobne postupne prebral úlohu okrajového systému zlomov.



Obr. 6. Priebeh izobazit v oblasti pohoria Považský Inovec

Produktom križovania viacerých systémov v severnej časti sú vnútrohorské depresie (Kálnická depresia, Selecká vnútrohorská kotlina ako aj samotná Trenčianska kotlina). Pôdorysné ohraničenie Trenčianskej a Seleckej vnútrohorskej kotliny vyjadrené geomorfologickou mriežkou tejto oblasti má tvar kosodĺžnika – typický tvar tektonických kotlín typu *pull appart*.

V období pliocénu možno predpokladať už aj aktívny tektonický výzdvih južného výbežku Inoveckého predhoria od Piešťan smerom k Hlohovcu. Podľa monoklinálne nakloneného masívu, stúpajúceho v smere od juhu na sever, môžeme predpokladať nožnicové roztváranie okrajových zlomov. Dokumentujú to aj nálezy starých pleistocénnych štrkov z vrcholových plošín v oblasti Hlohovca.

Relatívny výzdvih pohoria počas kvartéru indikujú terasy, ktoré sa vo zvyškoch zachovali v dolinách potokov. Najlepšie identifikované sú v povodí Kálnického potoka, Striebornice, Liviny a Bojnianky. Poukazujú na zárez korýt tokov v ich horných častiach až do 200 m, smerom k vyústeniu pohoria sa relatívna výška najstarších úrovní znižuje na 100-120 m. Prakticky na všetkých tokoch pozorujeme aj recentný, holocénny zárez, dosahujúci niekoľko metrov. Súvis-

losť s recentnou tektonickou aktivitou je pravdepodobná. Práve na základe profilových kriviek západných tokov usudzujeme o živej tektonickej aktivite považského zlomového systému.

Koncepcia *zarovnaných povrchov* je často používanou pomôckou pri časovom vyjadrení tektonickej aktivity územia. V morfológii nachádzame viacero systémov povrchov, vzájomne výškovo korelujúcich v absolútnom alebo relatívnom vyjadrení výšky. Pri nekritickej aplikácii niektorej z existujúcich koncepcií o zarovnaných povrchoch v Západných Karpatoch by sme pomerne úspešne uplatnili 3-stupňovú (pre severnú časť študovaného územia) a 2-stupňovú (pre južnú časť). Existujúce koncepcie (Mazúr 1963, Bizubová a Minár 1992 a ďalšie) však v prípade pohoria Považský Inovec nekorešpondujú s inými chronologickými dátami, získanými predovšetkým numerickým datovaním horninových vzoriek a analýzou sedimentov v príľahlých depresiách. Na mladosť pohoria poukazujú aj výsledky ďalších geologických analýz. Ak zohľadníme tieto dáta, nemôžeme sa vyjadriť o zvyškoch plochých povrchov v centre pohoria ako o stredohorskej rovni sformovanej počas období bádén-panón. Centrálné povrchy by mali byť mladšie, po zohľadnení korelátnych sedimentov v bánovskej depresii maximálne z obdobia prelomu miocénu a pliocénu. Okrajové zvyšky plochých povrchov odpovedajú mladšiemu stupňu. Poukazuje na to spravidla ich väčšie plošné rozšírenie a nižší stupeň členitosti, jednak ich menšia absolútna výška. Rozsiahle zvyšky povrchu lokalizovaného v relatívnych nadmorských výškach 120-140 m nad západným úpäťom pohoria severne od Piešťan, popísanú Luknišom (1972) ako *etalón poriečnej rovne* (pôvodne nazývanej aj ako *vrchnopliocénna roveň*), sa nám nepodarilo podporiť novými argumentami. V kontexte geomorfologických foriem má svoje analógie v menších rozsahoch prakticky na celom západnom úpäťi pohoria a takisto na druhom brehu Váhu v oblasti Malých Karpát. Dosiaľ nám však chýba chronologický údaj, ktorý by pomohol presnejšie časovo zaradiť vznik týchto úrovní.

Pre interpretáciu genézy a chronológie plochých častí povrchov zostáva pomerne široký diapazón možností, od jednoduchých (postupne tektonicky rozčleňovaný iníciaľny povrch) po komplikovanejšie, napr. typu *tektoplénov* (v zmysle Minára 2003). Obyčajne, v doterajších morfortektonických výskumoch v oblasti Západných Karpát, bol dôraz kladený na vertikálnu zložku tektonických pohybov. Najmä preto, že efekt vertikálnych tektonických pohybov je v reliéfe rukolapne vyjadrený. Domnievame sa však, že mnohé disproporcie v súčasných koncepciách plio-kvartérneho vývoja reliéfu Západných Karpát pomôže vysvetliť poznávanie *horizontálneho efektu tektonických pohybov*, ktoré v súčasnej dobe pýtajú stále väčšiu pozornosť výskumných kolektívov.

Na úrovni polemiky môžeme vysloviť hypotézu, že vývoj zarovnaných povrchov nebol pravdepodobne na území Západných Karpát synchronný a teda nebude zrejme platiť jedna, globálna koncepcia. Hovoria o tom stále pribúdajúce výnimky, medzi ktoré patrí aj pohorie Považský Inovec. O priestorovej platnosti koncepcie sa treba vyslovovať v zadanom regionálnom meradle.

ZÁVER

Sila geomorfologickej analýzy sa preukazuje najmä v možnosti konfrontácie a efektívneho prepojenia poznatkov získaných analýzami tektonickej geomorfo-

lógie a existujúcimi poznatkami iných geovied. Naviac, možnosť spätnej verifikácie, príp. reinterpretácie získaných poznatkov uľahčuje efektívny prístup k zhromaždenému objemu informácií v prostredí GIS, v ktorom je celá problematika spracovaná.

Riešenie *neotektonických* problémov vyžaduje vysoko interdisciplinárny prístup. Účinnú neotektonickú koncepciu vývoja konkrétneho územia možno zostaviť len vďaka výsledkom, ktoré sú podporené rôznymi prístupmi viacerých geovedných disciplín. Silu geomorfologických metód v neotektonike vidíme predovšetkým v *diagnostickej* časti takéhoto výskumu. V porovnaní s inými metódami patria k časovo jednoduchším a na hmotné zabezpečenie menej náročným metódam. Ich výsledky poskytujú dobrý priestorový náhľad na neotektonickú situáciu v území a dokážu poukázať na miesta, ktorým by mohla byť venovaná užšia pozornosť iných, špecializovanejších geovedných disciplín.

Obdobie pleistocénu ponúkalo bohatú škálu procesov exogénnej modelácie reliéfu. Preto máme v súčasnom reliéfe Západných Karpát zachované rozčlenené segmenty tektonicky podmienených foriem reliéfu, príp. len ich fragmenty. Z toho dôvodu je cesta k nim pomocou geomorfologickej analýzy taká dlhá a opatrná.

Interpretáciou výsledkov vykonaných analýz a poznatkov iných geovedných disciplín pomocou geomorfologickej analýzy môžeme pohorie Považský Inovec zaradiť k územiam s relatívne veľmi mladým reliéfom. Avšak, morfometrické charakteristiky pre neotektoniku kľúčových foriem reliéfu nevykazujú v študovanom území obzvlášť špecifické hodnoty. Tektonické formy, ako aj rôzne patery geomorfologickej mriežky identifikujeme aj v susedných pohoriach, v ktorých je uvažované o násobne staršom reliéfe. Tieto poznatky znovu otvárajú otázky o *miere diferencovanosti geomorfologického vývoja* Západných Karpát v priestorovom aj časovom kontexte a o dĺžke pamäti reliéfu ako takej.

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom finančnej podpory č. APVV-0158-06.

LITERATÚRA

- ANGELIER, J. (1994). Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In Hancock, P. L., ed. *Continental deformation*. London (Pergamon Press, University of Bristol), pp. 53-100.
- BÁRDOŠ, Z. (2000). *Niektoré teoreticko – metodologické problémy geomorfologického výskumu na príklade vybraných území*. Pisomná práca k dizertačnej skúške. Geografický ústav SAV, Bratislava.
- BETÁK, J. (2006a). Extrakcia geomorfologickej mriežky z rôznych typov dát. In Smolová, I., ed. *Geomorfologické výskumy v roce 2006*. Olomouc (Vydavateľstvi UP v Olomouci), pp. 16-21.
- BETÁK, J. (2006b). Konštrukcia izočiarových povrchov indikujúcich tektonicky podmienené formy reliéfu. *Geomorphologia Slovaca*, 2, 33-41.
- BIZUBOVÁ, M., MINÁR, J. (1992). Some new aspects of denudation chronology of West Carpathians. In Stankoviánsky, M., ed. *Abstract of papers. International symposium „Time, frequency and dating in geomorphology“*, Tatranská Lomnica – Stará Lesná, 16.-21. 1992. Bratislava (GÚ SAV), p. 10.
- BRESTENSKÁ, E. (1980). *Vysvetlivky ku geologickej mape Bánovskej kotliny 1:50 000*. Bratislava (Geofond), manuskript.

- 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*. Binghamton (State University of New York at Binghamton), pp. 115-138.
- BURBANK, D. W., ANDERSON, R. S. (2001). *Tectonic Geomorphology*. Portland (Blackwell Science).
- COSTA, J. E., FLEISHER, P. J. (1984). Geomorphic indicators of tectonic activity and paleoseismicity. In Costa, J. E., Fleisher P. J., eds. *Developments and Applications of Geomorphology*. Berlin (Springer), pp. 212-233.
- DANIŠÍK, M., DUNKL, I., PUTIŠ, M., FRISCH, W., KRÁL, J. (2004). Tertiary burial and exhumation history of basement highs along the NW margin of the Pannonian Basin – an apatite fission track study. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 95-96, 60-70.
- HÓK, J., BIELIK, M., KOVÁČ, P., ŠUJAN, M. (2000). Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 32, 459-470.
- IVANIČKA, J., HAVRILA, M., KOHÚT, M. et al. (2007). *Geologická mapa Považského Inovca a JV časti Trenčianskej kotliny, M 1: 50 000*. Bratislava (ŠGÚDŠ).
- JEDLIČKA, K., MENTLÍK, P. (2003). Užití některých prvků morfostrukturní analýzy v prostředí GIS. In Mentlík, P., ed. *Geomorfologický zborník, 2*. Plzeň (ČAG, ZČU), pp. 223-232.
- LACIKA, J. (1986). *Metódy morfoštruktúrnej analýzy reliéfu so zvláštnym zreteľom na vulkanické oblasti Západných Karpát*. Práca k aspirantskému minimu. Geografický ústav SAV, Bratislava.
- LUKNIŠ, M. (1964). Pozostatky starších povrchov zarovnávaní v Československých Karpatoch. *Geografický časopis*, 26, 289-298.
- LUKNIŠ, M. (1972). Reliéf. In Lukniš, M., ed. *Slovensko II – príroda*. Bratislava (Obzor), pp. 124-202.
- MAGLAY, J., HALOUZKA, R., BAŇACKÝ, V., PRISTAŠ, J., JANOČKO, J. (1999). *Neotektonická mapa Slovenska, M 1: 500 000*. Bratislava (MŽP SR, GSSR).
- MARKO, F., VOJTKO, R. et al. (2003). *Vplyv geologických faktorov na kvalitu života. Časť 05: neotektonická aktivita (oblasť hornej Nitry)*. PRIF UK, Manuskript.
- MARKO, F., VOJTKO, R., HÓK, J., SLIVA, Ľ., REICHWALDER, P., PLENCNER, F. (2006). Structural record and tectonic history of the Myto-Tisovec fault (Central Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 57, 211-221.
- MAYER, L. (2000). Application of digital elevation models to macroscale tectonic geomorphology. In Summerfield, M. A., ed. *Geomorphology and Global Tectonics*. New York (Wiley), pp. 15-27.
- MAZÚR, E. (1963). *Zilinská kotlina a príahlé pohoria*. Bratislava (SAV).
- MAZÚR, E. (1965). Major features of the West Carpathians in Slovakia as a result of young tectonic movements. In Mazúr, E., Stehlík, O., eds. *Geomorphological problems of Carpathians. I. Evolution of the relief in Tertiary*. Bratislava (SAV), pp. 9-54.
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. (1978). Regionálne geomorfologické členenie SSR. *Geografický časopis*, 30, 101-125.
- MENTLÍK, P., JEDLIČKA, K., MINÁR, J., BARKA, I. (2006). Geomorphological information system: physical model and options of geomorphological analysis. *Geografie*, 111, 15-32.
- MINÁR, J. (2003). Stredohorská roveň v Západných Karpatoch ako tektoplén: náčrt pracovnej hypotézy. *Geografický časopis*, 55, 141-158.
- NOVOTNÝ, J. (2006). *Geomorfologická analýza kysuckých bradiel*. Geographica Slovaca, 22. Bratislava. Geografický ústav SAV.
- PLAŠIENKA, D., MARKO, F. (1993). Geologická stavba strednej časti Považského Inovca. *Mineralia Slovaca*, 25, 11-22.

- SABINS, F. F. (1978). *Remote sensing – principles and interpretation*. San Francisco (W.H. Freeman and company).
- SPIRIDONOV, A. I. (1975). *Geomorfologičeskoje kartografirovanije*. Moskva (Nedra).
- SUMMERFIELD, M. A. (2000). Geomorphology and global tectonics: introduction. In Summerfield, M. A., ed. *Geomorphology and global tectonics*. New York (Wiley), pp. 3-14.
- ŠTIMMEL, I., MÁTUŠ, J., NOVOTNÝ, L. et al. (1984). *Závěrečná správa o geologicko – prieskumných prácach v oblasti Považského Inovca*. Spišská Nová Ves (Čs. uránový priemysl, koncern Příbram; Uranový průzkum, konc. podnik Liberec; Závod IX), manuskript.
- THORNBURY, W. D. (1956). *Principles of Geomorphology*. New York (Wiley).
- URBÁNEK, J. (1999). Problém zlomových svahov v Západných Karpatoch. *Geografický časopis*, 51, 5-18.
- URBÁNEK, J. (2000a). Geomorfologická analýza – hľadanie systému. *Geografický časopis*, 52, 197-210.
- URBÁNEK, J. (2000b). Geomorfologická analýza – hľadanie pravdy. *Geografický časopis*, 52, 291-301.
- URBÁNEK, J. (2000c). Od geomorfologickej mriežky k mriežke neotektonickej. In Lacika, J., ed. *Zborník referátov, 1. konferencia ASG pri SAV*. Bratislava (ASG pri SAV), pp. 106-109.
- URBÁNEK, J. (2003). Geomorfologická mapa ako systém. *Geografický časopis*, 55, 235-247.
- URBÁNEK, J. (2005). Geomorfologická analýza neotektonických foriem. *Geografický časopis*, 57, 57-70.
- ZUCHIEWICZ, W. (1980). The tectonic interpretation of longitudinal profiles of the Carpathian rivers. *Rocznik Polskiego towarzystwa geologicznego*, L-3/4, 311-328.

Juraj Beták, Rastislav Vojtko

IMPLEMENTATION OF TECTONIC GEOMORPHOLOGY TOOLS IN NEOTECTONIC RESEARCH (THE POVAŽSKÝ INOVEC MOUNTAINS CASE STUDY)

Construction of a serious neotectonic hypothesis is only possible if more information from different fields of geoscience is taken into account. The results of tectonic geomorphology analyses (in the sense of Burbank and Anderson 2001) may essentially contribute to the neotectonic research.

The main place of the geomorphological methods in neotectonics is in the *diagnostic* stage of such research. Their results may provide an excellent spatial neotectonic overview of the studied area highlighting the spots where the attention of other specialized disciplines could be focused in a more detailed way. In comparison with other methods, geomorphological methods offer some advantages: they provide a spatial overview in various scales, they pose lower demands for material support and enable less time-consuming analyses.

The method of *geomorphological analysis* was used as the principal one in research carried out in the study area. The possibility of confrontation of information from tectonic geomorphology and other geosciences and their mutual interconnection are the powerful tools of this method. The gathered data were implemented, processed and stored in the GIS, so the verification or their possible future reinterpretation could be more effective.

The aim of partial geomorphic methods was focused on validation of the geomorphic lines. The partial analyses include the evaluation of the morphometric parameters of the study area, analysis of shapes of the foothill lines, slopes and flat surfaces analyses, specific cross-sections and valley floor profile analyses, valley textures, spatial distribution of the alluvial fans and evaluation of the computed envelope surfaces.

Application of above-mentioned methods was realized in the Považský Inovec mountain range and its surroundings situated among the high rank geomorphological borders (Fig. 1). Firstly, the geomorphic lines were identified (Fig. 2). The most significant lines belong to the same quadrant (in approximately the NE↔SW direction). However, the detailed structure of the pattern is more complicated. Particularly, in the study area we distinguish more patterns. In general, the pattern in the western part is more linear, in the eastern part it is non-linear (radial). The system of the geomorphic lines in the northern part is better identifiable than in the southern part. We also identified some very local patterns (conserved by suitable geologic settings).

Relief forms were identified, differentiated and systemized. Special attention was devoted to those, which delimit or cross the lines of the geomorphic pattern. The important ones are the facet slopes, flat surfaces, saddles, and valleys. These forms systematically correspond to the geomorphic lines and faults proved by the geological methods. According the morphometric parameters of the forms, the vertical tectonic activity of faults could be expressed and the morphostructures can be identified. Horizontal movements were proved by geological methods, but it is not easy to prove this in relief forms.

A few particular localities were analysed precisely, which may be considered as an example of local research. The most significant neotectonic features were documented in the area of the western part of the mountain front line, which divides the Váh river plain and the Považský Inovec Mts. It is typical for a high index of linearity (index $S = 1.13$), flanked by relatively well preserved facets with average relative offset of approximately 100 m (Fig. 4). Relatively steep slopes cut by the perpendicular valleys developed along the streams, springing in the central part of the mountain range. Longitudinal profiles of the streams have linear or even concave shapes in the area where they cut the mountain front line (Fig. 3). The alluvial fans of the recent streams are displaced beyond the mountain front line.

The whole study area was analysed in the reference scale of 1:50 000. Revaluated and synchronized geomorphological and non-geomorphological methods were used to create a concept of the neotectonic development of the study area. The results confirmed that the studied area has many signs of a horst structure with developed marginal fault systems around the whole mountain range. The notable inner-mountain vertical tectonic differentiation was identified, too. There are few geomorphic indications that northern part has been through a more dynamic neotectonic evolution than the southern part with a developed texture of valleys, higher dissection rate and lower vertical range.

Considering the numeric and relative geological data, the Považský Inovec mountain range appears to be a very young horst. However, compared to other neighbouring mountain ranges, which are considered to be genetically older, the identified potential neotectonic forms in the study area in general do not have any significant properties. This knowledge opens again the questions about the time of the relief memory and measurement of the differential geomorphic evolution of the Western Carpathians.