

INDIKÁTORY ZLOMOVEJ AKTIVITY BREZOVSKÉJ ČASTI MALÝCH KARPÁT

MILOŠ BRIESTENSKÝ*

Miloš Briestenský: Fault activity indicators of the Malé Karpaty Mts. Brezová part. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 8, 2008, 1, 7 figs., 28 refs.

The Brezová Carpathians, creating the northern Malé Karpaty part, were selected for study of active faults display. There were chosen some geomorphological, geological and geotechnical methods to discover fault activity expression as well as recent tectonic regime. The obtained results showed close relationship between fault striking and drainage system orientation as well as erosion furrows orientation. Furthermore, wide-ranging slope deformations are located along faults with proved activity. The both phenomenon were studied and registered. Moreover, striking faults are reflexing by tuffas, sag ponds and swallow holes occurrence on the surface. The subsurface active fault display is documented by sinter damages along the fault in the local Zbojnická and Slopý Caves. This manifestation influenced these caves to study fault microdisplacements and the net was extended by two extensometric TM71 gauges situated on the surface localities, too. The monitoring results showed significant tenths and hundredths of mm movement trends per year as well as strain regime changes during local significant earthquakes. On the other hand, sense of the fault displacements showed sinistral block rotation in the wide-ranging sinistral Mur-Mürz-Leitha fault zone, which can be changed into dextral block rotation after quake as a strain relaxation.

Key words: The Brezová Carpathians; faults; erosion furrow; drainage orientation; linear slope sections orientation; sinter damages; slope failures; tuffas; peat; sag ponds; microdisplacements

1 ÚVOD

Brezovské Karpaty sú medzi geologickou a geomorfologickou verejnosťou pomerne známe a dlhodobo skúmané. Táto časť Malých Karpát je významná predovšetkým svojou výraznou seizmickou aktivitou a spadá do tzv. Dobrovodskej epicentrálnej oblasti, ktorá je považovaná za najzemtrasnejšiu časť Slovenska počas 20. storočia. Cieľom práce bolo sledovať prejavy zlomovej aktivity priamo v centre danej epicentrálnej oblasti, vymedziť najvýznamnejšie charakteristiky tektonickej aktivity a predložiť obraz o súčasnom režime danej oblasti.

2 CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÉHO ÚZEMIA

Vývin Brezovských Karpát je výrazne ovplyvňovaný prítomnosťou zlomového pásma Mur-Mürz-Leitha sv.- jz. smeru, ako aj východných a západných okrajových poklesových zlomov Malých Karpát. Z geologického hľadiska je podstatná časť územia budovaná karbonatickými sériami chočského príkrovu. Poklesové časti územia naopak vyplňajú neogénne zlepenca a na časti územia vystupujú aj paleogénne karbonatické zlepenca. Na formovaní tejto oblasti mala významný podiel prítomnosť SV-JZ strihových zlomov ako aj prešmykov, na okrajoch elevačnej štruktúry Bre-

zovských Karpát i poklesových zlomov. Významné sú predovšetkým poklesy na juhovýchodnej strane, upadajúce od Podunajskej panvy. Počas geologického vývinu dochádzalo k zmene smerov pohybov na horizontálnych smerne-posuvných zlomoch ako aj k rotácii blokov v rámci zlomovej zóny Mur-Mürz-Leitha (MARKO et al. 1991).

3 METODIKA A VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH ANALÝZ

Za účelom preukázania prejavov zlomovej aktivity v danom území som využil mnohé geologické, geomorfologické a geotechnické metódy vhodné pre dané územie. Použité indikátory reflektujúce zlomovú aktivitu som rozdelil na nepriame a priame. Ako nepriame som použil linearitu riečnej siete, linearitu svahov, orientáciu erózných rýh, lineárne združovanie krasových javov, výskyt sladkovodných vápencov, svahovo-gravitačných porúch, bezodtokových depresii a rašelin. Skupinu priamych indikátorov reprezentuje: seizmická aktivita, výskyt zlomových porúch, porušenie jaskynnej výzdoby a monitoring zlomových pohybov. Najviac prác bolo koncentrovaných do oblasti Dobrovodskej epicentrálnej zóny. Modelová lokalita je vymedzená súradnicami 48,197° – 48,221° severnej šírky a 17,168° – 17,216° východnej dĺžky.

*Ústav štruktúry a mechaniky hornin AV ČR, V Holešovičkách 41, Praha 8, Česká republika, e-mail: milos.b@post.sk

3.1 LINEARITA RIEČNEJ SIETE

Lineárne segmenty doliny toku Blavy, najvýznamnejšieho toku územia, si už všimla práca LACIKU (2002). Tento autor predpokladá založenie lineárnych úsekov dolín na aktívnych zlomoch. Na zreteľný zlomový pôvod údolia tokov Blava, Víteku, strednej časti údolia toku Raková, východného ohraničenia dobrovodskej depresie a jej pokračovania do masívu smerom na sever a juh upozornili aj KALVODA a STEMBERK (1993). Na základe predchádzajúcich prác som si zvolil metodiku vyjadrenia orientácie riečnej siete z topografickej mapy mierky 1:50 000 v intervale zobrazenia po 10 stupňoch v ružicovom diagrame podľa spôsobu Stinyho (KUNSKÝ et al. 1959). Metodika bola prispôbena podľa prác SCHEIDEGGERA (1980).

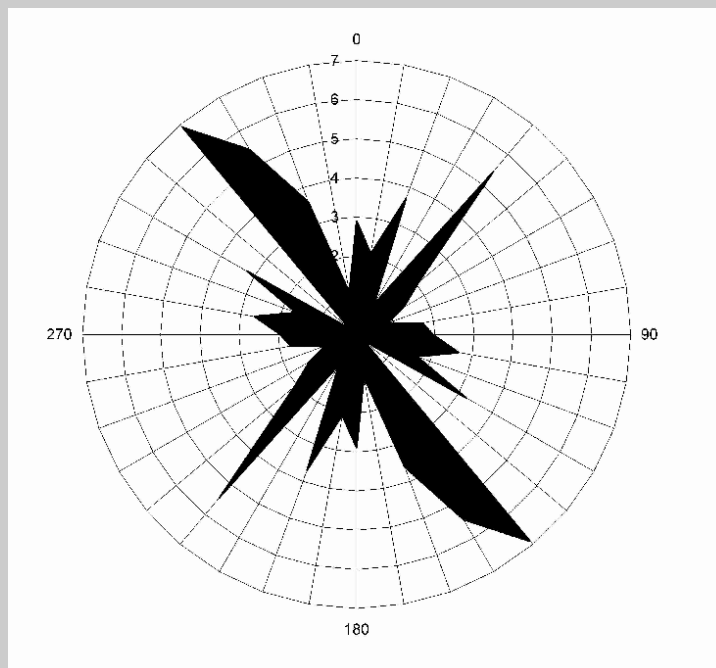
Zo získaných výsledkov (**obr. 1**) vyplýva, že z celkovej generalizovanej dĺžky 47,85 km riečnej siete je najviac zastúpený smer 140° , za ním nasleduje smer 150° a následne smer 40° . Vzťah medzi usmernením riečnej siete a zlomovými poruchami sa mi podarilo preukázať pre časť toku Blava v oblasti Dechtického lomu, kde na okraji údolia výrazne vystupuje zlom 041/70 (smer sklonu/sklon) s pravostranným zmyslom pohybu a jeho smer v tejto časti predurčuje orientáciu doliny. Zlomový pôvod má i časť úseku Krupského potoka od sútoku so Švajčiarkou smerom na sever. Dokumentuje ho prítomnosť ľavostranne smerne posuvného vertikálneho zlomu v bývalom lome.

3.2 LINEÁRNE ÚSEKY SVAHOV

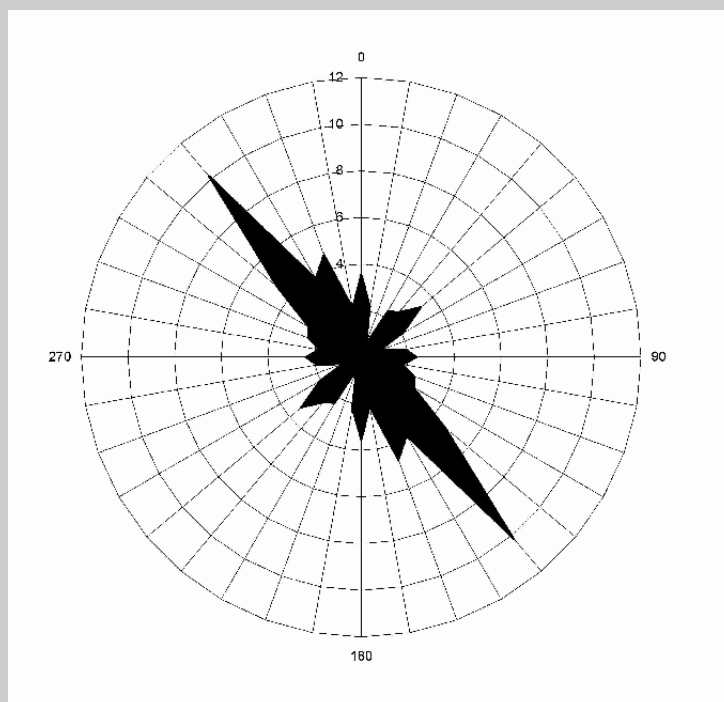
V sledovanej oblasti bola už v predchádzajúcom období realizovaná analýza lineárnych a nelineárnych rozhraní (JÁKAL). Daná práca však bola realizovaná na topografickej mape mierky 1:50000. Pre potreby nepriameho definovania dominantného smeru aktívnych zlomových štruktúr som použil podobnú metódu ako predchádzajúca uvedená práca, s čiastočnou modifikáciou a na mapovom podklade väčšej mierky (BRIESTENSKÝ 2005). Na mapovom podklade 1:10000 som sledoval azimut a celkovú dĺžku lineárnych úsekov svahov s dĺžkou väčšou ako 300 m. Z výsledkov tejto analýzy vyplynulo, že dominantným smerom lineárnych úsekov v oblasti je smer SZ-JV (**obr. 2**), prevažuje smer 140° a rovnako smery čiastočne odchylené od tohoto azimutu: 130° , 160° a 150° .

3.3 ORIENTÁCIA ERÓZNYCH RÝH

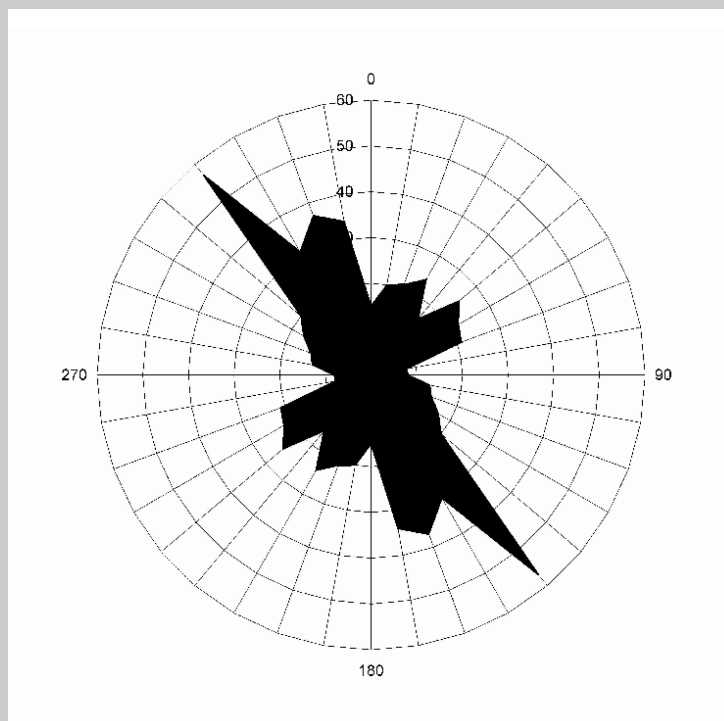
Smery erózných rýh boli merané priamo v teréne. Pre erózne ryhy väčšieho rozsahu som generalizoval ich smer z topografickej mapy mierky 1:10000. Celková suma sledovaných javov dosiahla hodnotu 403. Percentuálne je tu najviac zastúpený smer erózných rýh s azimutom 140° ; za ním nasledujú smery: 160° , 170° , 150° a 50° (**obr. 3**). Dominancia smerov SZ-JV a SV-JZ vyplynula i z práce STANKOVIAN-SKEHO (1994) zo susednej časti územia - Trnavskej pahorkatiny.



Obr. 1 Dĺžkové zastúpenie orientácií smerov lineárnych úsekov tokov. Vertikálna os znázorňuje dĺžku toku v km



Obr. 2 Dĺžkové zastúpenie orientácií smerov lineárnych úsekov syahov s dĺžkou väčšou ako 300 m. Radiálna os vyjadruje dĺžku v km



Obr. 3 Orientácia erózných rýh na sledovanom území. Radiálna os znázorňuje počet objektov; kruhová os azimut erózných rýh v stupňoch

Počas terénnych prác som sa rovnako snažil hľadať priame dôkazy vzťahu orientácie erózných rýh so smermi zlomov v blízkych odkryvoch (BRIESTENSKÝ a STEMBERK 2007). Podarilo sa mi nájsť niekoľko odkryvov priamo v erózných ryhách, kde azimut zlomov koreloval s azimutom erózných rýh. Jedná sa napríklad o lokalitu Za kláštorom, kde dve smerne posuvné zlomové poruchy s azimutom 180° a 40° prestupovali neogénne štrkovité sedimenty. Obidva smery sa reflektovali v orientácii erózných rýh v ich okolí.

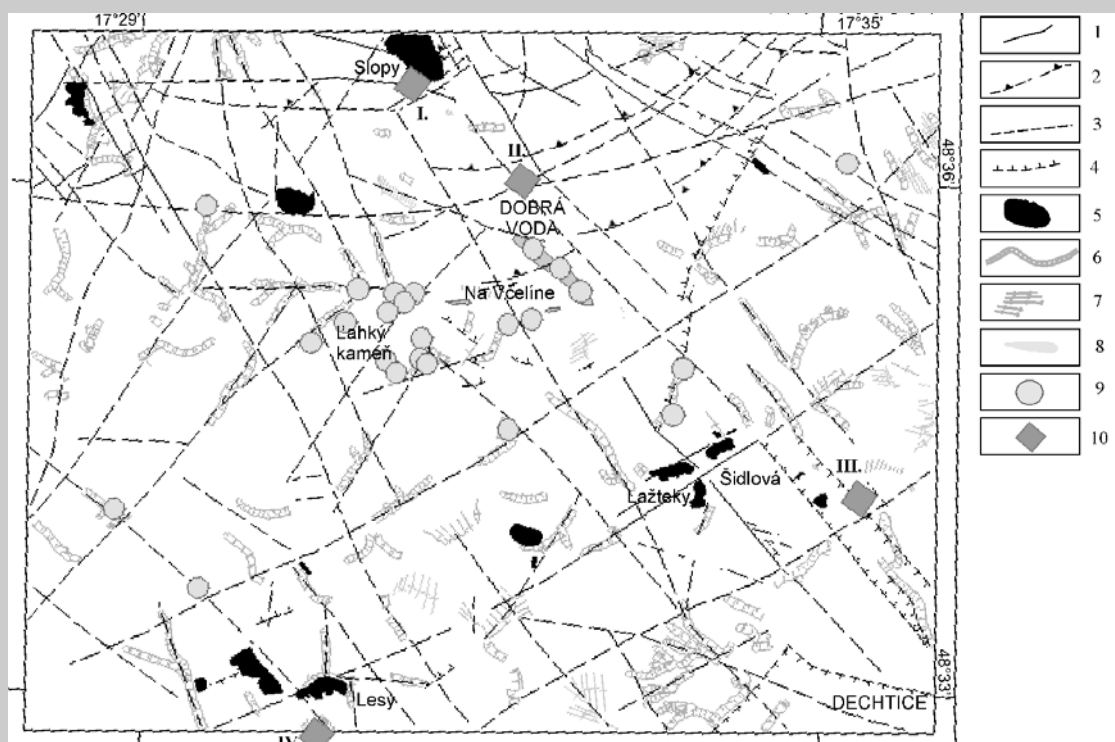
3.4 LINEÁRNE ZDRUŽOVANIE KRASOVÝCH JAVOV

Sledovanie krasových javov má v oblasti so značným výskytom karbonatických hornín svoj opodstatnený význam. Predovšetkým výskyt závrtovej v daných podmienkach odrzkadľuje prítomnosť aktívnych porúch (KHORSANDI a MIYATA 2007). Študovaná oblasť spadá do oblasti tzv. Dobrovodského krasu (MITTER 1983a) a nachádza sa v nej i niekoľko známych jaskýň.

Skupinu dvoch úval a šiestich závrtovej zružených na línii 140° som vymapoval napr. západne od Dobrovodského hradu. Ďalšie lineár-

ne združené výskyt závrtovej som nachádzal na lok. Lesy, Miškozlovo, Bzová, Šidlová a Lažteky. Prevažuje tu smer línii SZ-JV menej SV-JZ. Najvýraznejšie sú však združené závrty severne od mapovaného územia na lokalite Hlboký dol, ktoré v minulosti vymapovala skupina miestnych jaskyniarov. Na línii SV-JZ sa tu nachádza 53 aktívnych závrtovej s jednou známou jaskyňou D64. V Brezovskej časti Dobrovodského krasu je taktiež vyvinutých viacero suchých dolín. Z mapovanej časti je najznámejšia „Dolina“, prechádzajúca popod Dobrovodský hrad. O jej krasovom pôvode svedčí línii závrtovej nachádzajúca sa v dne údolia severne od Dobrovodského hradu od nadmorskej výšky 322 m. Úvalinovitý tvar údolia prechádza smerom na juhovýchod do tvaru "V", čo svedčí o založení na zlomovej poruche. Dolina sleduje okraj kryhy Dobrovodského hradu, severne od kryhy sa stáča na východ a spätne pozdĺž hradnej kryhy zase na JV. Lineárne pokračovanie zlomov Doliny možno vysledovať aj línii závrtovej smeru SZ-JV, situovanou západne od hradu.

Lineárne združovanie krasových javov z blízkej oblasti Čachtických Karpát uvádza aj MITTER (1974) a STANKOVIANSKÝ (1979).



Obr. 4 Mapa najvýznamnejších geodynamických javov v dobrovodskej oblasti so situáciou meradiel TM71. 1 — overené zlomy, 2 — prešmyky, 3 — predpokladané zlomy, 4 — poklesy, 5 — rozsiahle svahové deformácie, 6 — erózne ryhy veľkých rozmerov, 7 — erózne ryhy menších rozmerov, 8 — bezodtokové depresie, 9 — penovce, 10 — extenzometrické meradlá TM71: I. Jaskyňa Slopy, II. Dobrá Voda, III. Zbojnická jaskyňa, IV. Prekážka

3.5 VÝSKYT SLADKOVODNÝCH VÁPENCOV

Výskyt penovcov je v oblasti Západných Karpát viazaný často na prítomnosť aktívnych zlomových porúch. Najznámejším náleziskom pramenitov v dobrovodskej oblasti je penovcová kopa na lokalite Ľahký kameň, ktorá bola v roku 1993 vyhlásená za prírodnú pamiatku. V blízkej oblasti sa rovnako nachádza viacero prameňov s aktívnou tvorbou sladkovodného vápenca. Oblasť výskytu penovcov je v tejto časti vymedzená zhruba jeden kilometer širokou zónou medzi lokalitami Zlámaná hora, Kopec, Záblavie a Piešť (obr. 4). Nachádza sa tu 12 aktívnych prameňov s recentnou tvorbou pramenitov. Smerom na východ sa dané pásmo zužuje a výskyt penovcov je viazaný na severné úpätia svahu na lokalite Hlavina. Lokalizoval som tu dva aktívne penovcové pramene. Smerom ďalej na východ je výskyt viazaný na bezodtokovú depresiu tiahnúcu sa od priemyselnej zóny k obci Dobrá Voda. Penovce sa tu vyskytujú v rašelinných sedimentoch pochovaných pod ílovitými svahovinami. Úlomky vápnitých sedimentov je možné nájsť aj na okolitých poliach. Pokračovaním tejto zóny smerom VSV sa dostávame až do Chtelnickej doliny, kde opäť nachádzam menšiu penovcovú kopy na sv. svahu na lokalite Starý háj. Smerom na juhozápad od lokality Ľahký kameň na lokalite Prostredný breh som zamerlal dve penovcové kopy. Menší výskyt pramenitov som našiel i na lokalite Suchánka a na lokalitách Obora a Čierna hora.

3.6 VÝSKYT SVAHOVO-GRAVITAČNÝCH PORÚCH

Do súčasnosti neboli v danej oblasti registrované žiadne svahové poruchy. Našiel som iba jedinú zmienku v publikácii MITTERA (1983b) o balvanovom poli na východnom okraji Šidlovej. Počas mapovacích prác som v sledovanej oblasti zdokumentoval 72 svahových porúch, ktoré zaberali plochu 0,902947 km², čo predstavuje zhruba 1,2 % z celkovej rozlohy sledovaného územia. Z konečného počtu objektov je 60 viazaných na zosúvanie brehov tokov a erózných rýh (obr. 5), prípadne súvisí s podrezaním päty svahu tokom. Vznik dvanástich objektov ovplyvnil gravitačný rozpad karbonatických plošín a nachádza sa v tesnom susedstve výrazných zlomových porúch (obr. 4), prípadne odľučnú hranu predisponovala prítomnosť významnej poruchy s dokumentovanými indikátormi strižných pohybov. S takým javom som sa stretol napr. na lokalite Slopý, Šidlová a Lažteky. V korunnej časti svahovej deformácie Slopý sa na spätnom prešmykovom zlome vyvinula i jaskyňa Slopý a recentnú aktivitu tohoto zlomu sa nám podarilo preukázať na základe extenzometrických meraní prebiehajúcich od roku 2005 (BRIESTENSKÝ A STEMBERK 2008).

Táto deformácia so šírkou 600 m tvorí aj najrozsiahljší útvar tohoto charakteru na danom území.

Dve susediace lokality Šidlová a Lažteky sú rovnako postihnuté poklesávaním sz. svahov na kontakte druhohorných a neogénnych formácií, ktorých odľučnou oblasťou prechádza výrazný zlom s ľavostrannou horizontálnou zložkou pohybu (BRIESTENSKÝ 2008). Táto porucha, smerom na juhozápad (obr. 4), rovnako predurčila vznik svahovej poruchy postihujúcej sz. svah budovaný jablonickými zlepenkami na lokalite Lipy so šírkou 550 m.

3.7 VÝSKYT BEZODTOKOVÝCH DEPRESÍ A RAŠELÍN

V oblasti som vymapoval viacero bezodtokových depresí v údolí Suchej Blavy a Životína. Uvedené údolie Životína je charakteristické i vysokým výskytom penovcov. Najvýznamnejším výskytom bezodtokovej depresie je však územie od sútoku Životína a Blavy po sútok Mariáša a Blavy, situované pozdĺž pravého brehu toku Blava (obr. 4). Dĺžka depresie je 1,075 km a jej šírka 0,15 km. Je vyplnená rašelinnými sedimentmi s hrúbkou viac než 2 m, čo nasvedčuje na ich vznik v podmienkach bezodtokovej depresie, založenej pravdepodobne na poklesávajúcom podklade. Orientácia tejto depresie je SZ-JV.

3.8 SEIZMICKÁ AKTIVITA

Sledované územie sa nachádza v centrálnej časti epicentrálnej zóny Dobrá Voda, ktorá je považovaná za najseizmickjšiu oblasť na území Slovenska v priebehu 20. storočia. V blízkosti obce Dobrá Voda bolo situované aj druhé najsilnejšie historické zemetrasenie na našom území. O danej problematike bolo uverejnených už viacero prác (PROCHÁZKOVÁ et al. 1986, ŠEFARA et al. 1998, SCHENKOVÁ et al. 1995, PROCHÁZKOVÁ a ŠIMŮNEK 1998, BROUČEK 1981, MACHNEROVÁ et al. 1991, HRAŠNA 2002, LABÁK et al. 1998).

I napriek značnému počtu zemetrasení vyskytujúcich sa v danej oblasti, do súčasnosti boli pre dobrovodskú oblasť vyhodnotené iba dva spoľahlivé fokálne mechanizmy opisujúce pohyby na smerne posuvných zlomoch (LABÁK et al. 1997).

3.9 VÝSKYT ZLOMOVÝCH PORÚCH

Pre sledované územie je typická značná absencia povrchových výstupov zlomových porúch so stopami po pohyboch a zmysle týchto pohybov. Je to spôsobené rozsiahlym výskytom neogénnych sedimentov bez ostrej modelácie povrchu a prirodzených odkryvov a tak-



Obr. 5 Opitý les na lokalite Sabatín dokumentuje neprerušené svahové pohyby na ľavom brehu do svahovín sa zahlbujúceho miestneho toku. Pretrvávajúci pohyb tu reflektuje ohyb briez. Foto: Bristenský

tiež značnou hrúbkou svahových sedimentov. Dolomitické, výrazne tektonicky postihnuté horniny na danom území rovnako neumožňujú priame sledovanie zlomov. Prevažná časť odkrytov, na ktorých bolo možné dokumentovať zlomové poruchy so zachovanými indikátormi strižných pohybov sa nachádza v lomoch; tri lokality v jaskyniach Slopy, Zbojníckej jaskyni a j. Handliarova skala. Na dvoch miestach v dne erózných rýh bolo taktiež možné dokumentovať zlomové poruchy. Celkový počet dokumentačných bodov je 13.

Z výsledkov priamych pozorovaní vyplýva, že v sledovanej oblasti prevládajú zlomy s azimutom SV-JZ a SZ-JV. Rovnako sa uplatňujú aj poruchy S-J smeru (**obr. 6**). Zmysel horizontálnych pohybov sa na poruchách SZ-JV a SV-JZ smeru mení, zatiaľ čo na poruchách S-J smeru som vysledoval výlučne ľavostranný zmysel pohybu. Zmena smeru zmyslu pohybov je v súlade so zmenami paleonapätí v priebehu geologického vývoja daného územia (viď KOVÁČ et al. 1991, MARKO et al. 1991).

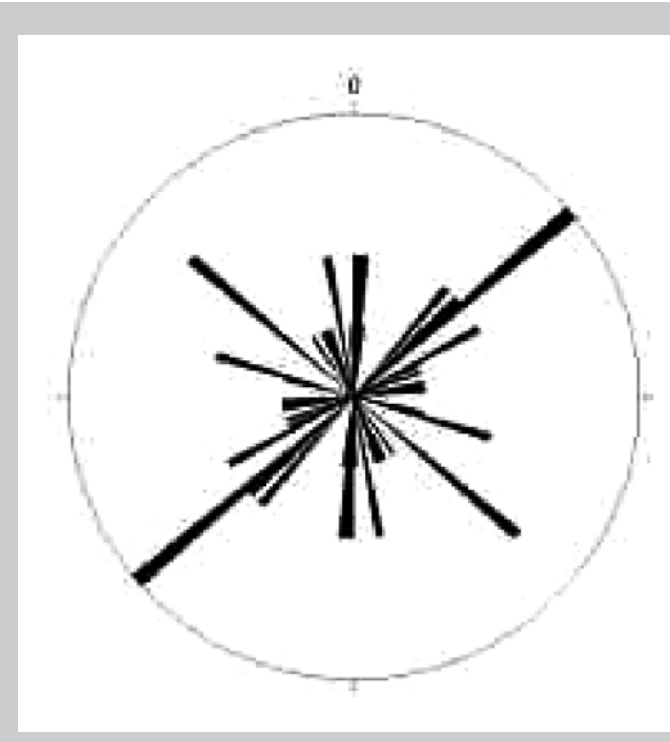
V roku 2005 sme v spolupráci s ŠGÚDŠ, s cieľom potvrdiť aktivitu zlomov v centrálnej časti dobrovodskej depresie, vybudovali na lok. Na Včelíne prieskumnú ryhu (podľa výsledkov pripravených k publikácii). Podarilo sa nám zastihnúť zlomové poruchy prestupujúce

pliocénnymi sedimentmi. Najvýraznejšia porucha 130/35, poklesového charakteru upadajúca do údolia Životína, reflektujúceho sa vysokým počtom indikátorov recentnej zlomovej aktivity, potvrdila zlomový pôvod tejto doliny.

3.10 PORUŠENIE JASKYNNEJ VÝZDOBY

Počas mapovacích prác som vykonal i prieskum podzemných priestorov sledovaného územia a výsledky ukázali na výrazné porušenie sintrovej výzdoby, viazanej na zlomové poruchy, ktoré podmienili vznik priestorov jaskyne Slopy a Zbojníckej jaskyne (BRIESTENSKÝ a STEMBERK 2007, 2008). Na základe uvedených pozorovaní som rozšíril výskum týchto javov i mimo sledované územie. Porušenie sintrovej výzdoby na zlomových poruchách predurčilo i umiestnenie extenzometrických meradiel TM71, zameraných na sledovanie zlomových mikropohybov, práve do jaskynných priestorov (BRIESTENSKÝ a STEMBERK 2008). V oblasti Západného Slovenska bolo do súčasnosti osadených v jaskynných priestoroch celkovo 10 meradiel (j. Sedmička, Plavecká j., j. Driny, j. Slopy, Zbojnica j., Čachtická a Becovská jaskyňa).

3.11 MONITORING ZLOMOVÝCH POHYBOV



Obr. 6 Ružicový diagram azimutov zlomov dobrovodskej oblasti s preukázaným zmyslom pohybu

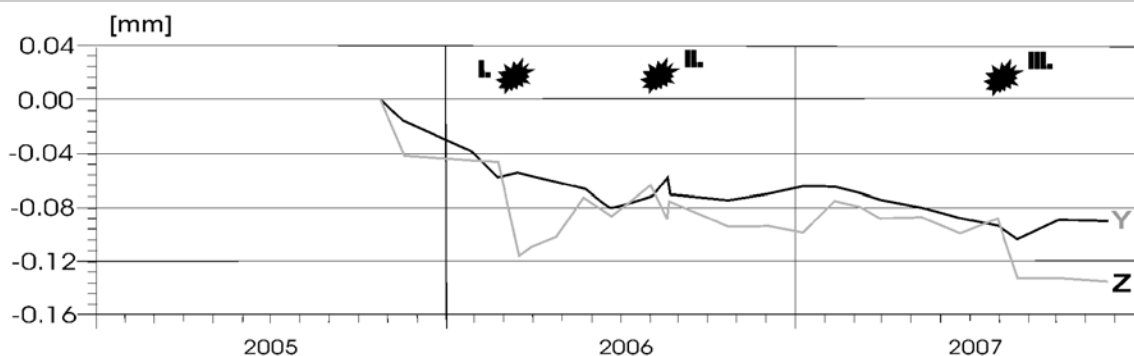
Na základe predchádzajúcich mapovacích prác bol uskutočnený výber miest pre situovanie exzometrických meradiel TM71, určených na sledovanie mikropohybov na výrazných zlomových štruktúrach uvedenej oblasti. Boli tu vybrané štyri lokality: poklesový Smolenický zlom na lok. Prekážka, spätný prešmykový zlom na lok. Slopy, horizontálny smerný zlom sz. okraja centrálnej dobrovodskej depresie s dokumentovaným pravostranným zmyslom pohybu v obci Dobrá Voda a zlom SZ-JV smeru s pravostrannou zložkou pohybu prechádzajúci Zbojnickou jaskyňou. Tri poruchy majú afinitu k smeru SV-JZ a jedna k SZ-JV. Z doterajších meraní je zreteľný trend zlomových pohybov rádo vo stotínach až desatinách mm za rok (BRIESTENSKÝ et al. 2007, BRIESTENSKÝ a ŠTEMBERK 2008). Rovnako je významný aj zmysel pohybov. Na zlomoch SZ-JV dochádza k pravostranným pohybom zatiaľ čo na zlomoch SV-JZ k ľavostranným smerným posunom. Tento fakt je vysvetliteľný na základe rotácie blokov v rámci ľavostrannej strihovej zóny, pričom na okrajoch blokov dochádza k vzniku pravostranných smerných posunov (BRIESTENSKÝ et al. 2007). Tento mechanizmus dokumentuje pre danú oblasť v období stredného miocénu MARKO et al. (1991). To poukazuje na fakt, že uvedený mechanizmus funguje aj v súčasnej dobe. Výnimku v zmysle pohybu na zlome SV-JZ v tejto oblasti tvorí iba zlom jaskyne Slopy, na ktorom dochádza k pravostranným horizontálnym smerným pohybom. Zlom sa nachádza ale v zóne tzv. Brezovskej elevácie, obmedzenej zo SZ Brezov-

ským zlomom a z JV Plavecko-Dobrovodským zlomom. Zmysel pohybu na danej štruktúre reflektuje teda rotáciu blokov medzi týmito zlomami. Pravostranný a ľavostranný zmysel horizontálnych posunov na priečnom systéme zlomových porúch sme potvrdili i meraniami v jaskyni Driny (BRIESTENSKÝ a ŠTEMBERK 2008).

Okrem pohybových trendov sa vo výsledkoch meraní prejavuje i vplyv blízkych zemetrasení (BRIESTENSKÝ et al. 2007, BRIESTENSKÝ 2008), ktoré spôsobujú zrýchlenie pohybov (**obr. 7**) a zmenu trendov mikroposunov. Zmena smeru posunov, teda smeru rotácie blokov je spôsobená relaxáciou pohybov v dôsledku uvoľnenia napätí zemetrasením. Po poslednom najsilnejšom zemetrasení z 13. 3. 2006 napr. došlo k zmene ľavostrannej rotácie blokov na pravostrannú. Toto zemetrasenie bolo generované na poklesových zlomoch blízkej Podunajskej depresie. Poklesy sme zaznamenali na lokalite Prekážka, ktoré začali zhruba mesiac pred samotným zemetrasením a dosiahli hodnotu 0,3 mm. Po zemetrasení však došlo k spätnej zmene na pôvodnú ľavostrannú rotáciu blokov.

4 DISKUSIA

Z výsledkov morfometrických analýz pre dobrovodskú oblasť vyplýva dominancia smerov SV-JZ a SZ-JV. Za predpokladu prekopirotovania sa aktívnych porúch do povrchových procesov by tieto zlomy mohli byť v súčasnosti aktivizované nielen v dôsledku ľavostranných



Obr. 7 Posuny registrované prístrojom TM71 v jaskyni Slopy. Pokles Z - pokles sz. bloku, pokles Y - pravostranný horizontálny pohyb, 1. zemetrasenie $M=3,2$ z 13. 3. 2006 pri obci Vrbové, 2. zemetrasenia $M_{max}=2,2$ z 5.-8. 8. 2006 z oblasti Trstína, 3. zemetrasenie $M=1,8$ z 4. 8. 2007 s epicentrom v Dobrej Vode

strihov na poruchách SV-JZ (Mur-Mürz-Leitha) ale i odozvou na extenzný režim Blatnianskej depresie. Juhovýchodný okraj sledovaného územia je ovplyvnený poklesávaním uvedeného bazénu, a v rámci jeho extenzie SV-JZ (HÓK et al. 2000) sa aktivizujú i ťahové poruchy SZ-JV smeru - aktivita údolia v oblasti Zbojníckej jaskyne. Najväčšie vertikálne pohyby za sledované obdobie som zaregistroval práve na okraji Blatnianskej depresie na lokalite Prekážka, kde dosiahli v roku 2006 hodnotu 0,6 mm (BRIESTENSKÝ 2008). Z priamych pozorovaní zlomových štruktúr zároveň vyplýva, že dominantný smer porúch SV-JZ na zlomoch sa v morfometrických analýzach reflektuje až na druhom mieste za smerom SZ-JV. Smer SV-JZ teda nie je v súčasnosti dominantne morfológicky určujúci. Na základe uvedených poznatkov je možné predpokladať, že prejavy zlomovej aktivity nemajú v danej oblasti primárny pôvod výlučne v prítomnosti zlomovej strihovej zóny Mur-Mürz-Leitha smeru SV-JZ, ale v kontakte tejto zóny a severovýchodného okraja Podunajskej nížiny (Blatnianskej depresie), pričom SV-JZ extenzia Podunajskej depresie umožňuje aktivizáciu porúch SZ-JV smeru. Obidva procesy: horizontálne strihy a poklesy sa v oblasti stýkajú a vzájomne dopĺňajú. Nemožno tu ale vylúčiť i ďalší mechanizmus vzniku pohybov. Taktiež je zreteľné, že pri porovnaní ružicových diagramov azimutu zlomov a orientácii lineárnych úsekov tokov sú si tieto dva grafy značne podobné. Daná skutočnosť vysvetľuje vlastnosť riečnej siete kopírovať oslabené zóny.

Na zlomové systémy SZ-JV a SV-JZ smeru sú v danej oblasti viazané i výskyt rozsiahlych zosuvov, výstupov podzemných vôd, výskyt pramenitov, bezodtokových depresí a výskyt rašielin. Na križovaní týchto dvoch systémov sa nachádzajú najväčšie zosuvy na

lokalite Šidlová, Lažteky a Lipy. Aktivita uvedených zlomov sa reflektuje i v priestorovom usporiadaní krasových javov. Najvýraznejšie sa prejavuje lineárnym združením závrto v oblasti Hlboký dol a Šidlová. Rozsiahly výskyt rašielin je rovnako viazaný na zlomové údolie toku Blava, ktoré má dokumentovaný zlomový pôvod a smer SZ-JV. V pokračovaní tohoto zlomu sa nachádza rozsiahla gravitačno-tektonická porucha postihujúca sv. svah Slopy a taktiež lineárne združené závrty v údolí Dolina. Dominancia uvedených zlomov sa reflektuje i v orientácii erózných rýh. Významne predisponuje ich smer na lokalitách Pálenice, Za kláštorom, Pod Rakytkou, Čierna hora a Kultúra. V orientácii rýh dominuje hlavný smer SZ-JV.

Priamu kontrolu zlomov na formovanie údolí som vysledoval v údolí Zbojníckej jaskyne, kde na dne tohoto údolia (v jaskyni) je možné nájsť tektonické zrkadlá poklesových zlomov. Rovnako zosuvný sv. okraj Šidlovej naznačuje návaznosť na aktívne zlomy. Priamy dôkaz som predložil na základe meraní pomocou meradla TM71 osadeného v Zbojníckej jaskyni pod dnom údolia. Druhé údolie kontrolované zlomovou aktivitou je údolie toku Blavy. Okrem tektonických zrkadiel v Dechtickom lome, bývalej vápenke v obci Dobrá Voda, deklarujúcich minulé aktivitu týchto štruktúr, priamy dôkaz o neotektonickej aktivite tohoto systému poskytol výskyt bezodtokových depresí a rašielin pod obcou Dobrá Voda. Zlomová kontrola vzniku údolia reflektuje i údolie toku Životín. Prítomnosť bezodtokových depresí, lineárne združených výskytov pramenitov ako aj priame pozorovanie pomocou výkopových prác dokladajú recentnú aktivitu zlomov prechádzajúcich týmto údolím. Tektonickú kontrolu vzniku dolín na sz. strane Šidlovej a Lažtekov, transversálnych na zlomové údolie Bla-

vy, odráža prítomnosť zlomových plôch a rozsiahly výskyt zosuvov. Toto zlomové pásmo sa rovnako reflektuje i v údolí pravostranného prítoku Krupského potoka na lokalite Lipy. Zlomový pôvod má i časť úseku Krupského potoka od sútoku so Švajčiarkou smerom na sever, ktorý je dokumentovaný prítomnosťou smerne posuvného zlomu v bývalom lome.

Na základe mapovacích prác a archívnych podkladov som vytvoril i novú schému priebehu zlomov daným územím. Z výsledkov extenzometrickým meraní taktiež významne vystupuje skutočnosť, že aktivita zlomov v tomto regióne je výrazná a dosahuje stotiny až desiatiny mm za rok. Pohyby môžu byť ale urýchlené v období s výraznejšou seizmickou aktivitou. Taktiež ľavostranná rotácia blokov v rámci širokej zlomovej zóny Mur-Mürz-Leitha môže byť relaxovaná pravostrannou rotáciou počas zmeny horizontálnych napätí v danej oblasti, pričom tieto zmeny sú doprevádzané seizmickými udalosťami.

5 ZÁVER

Výsledky štúdia indikátorov zlomovej aktivity v Brezovskej časti Malých Karpát poukázali na významný výskyt prejavov v tejto časti. Okrem zreteľnej transformácie orientácie zlomových porúch do riečnej siete, orientácie úsekov svahov a orientácie erózných rýh, priebeh aktívnych zlomov sa tu reflektuje prítomnosťou rozsiahlych zosuvov, združených výstupov podzemných vôd, výskytov pramenitov, porušenia jaskynnej výzdoby, bezodtokových depresii a výskytom rašelin. Na základe analýzy týchto javov tu bola vybudovaná i sieť extenzometrických meradiel TM71. Jej cieľom je sledovanie procesov spätých so zlomovou činnosťou sledovaného územia. Do súčasnosti vysledovala pohyby charakteru dlhodobých trendov ako aj krátkodobé zmeny v priebehu seizmických udalostí. Merania však naďalej pokračujú a pravdepodobne poodhalia ďalšie črty súčasného vývinu územia.

Pod'akovanie

Práce boli hradené z projektov Grantovej agentúry Českej republiky č. 205/05/2770, č. 205/06/1828 a z výskumného zámeru ÚSMH AV ČR, v.v.i kód A VOZ30460519.

LITERATÚRA

BRIESTENSKÝ, M. (2005). Tectonic research in Dobrá Voda depression, Western Carpathians, (Slovakia). In: Zuchiewicz, W., Przybylski, B. Badura, J., eds. *Aktivne Uskoki Europy Środkowej*, Wrocław, 106-110.

BRIESTENSKÝ, M. (2008). Geodynamické riziká severnej časti Malých Karpát. *Doktorská práca*, in print

BRIESTENSKÝ, M., STEMBERK, J. (2007). Súčasný pohyby registrované vo vybraných jaskyniach dobrovodskeho krasu. *Slovenský kras*, XLV, Liptovský Mikuláš, 55-63.

BRIESTENSKÝ M., STEMBERK J., PETRO L. (2007). Displacements registered around March 13, 2006 Vrbové earthquake, M=3,2 (Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 58, 4, 487-493.

BRIESTENSKÝ, M., STEMBERK, J. (2008). Monitoring mikropohybov v jaskyniach západného Slovenska. *Slovenský kras*, XLVI, (in print).

BROUČEK, I. (1981). *Seizmologická studie Jaslovské Bohunice*. Správa, SAV, Bratislava.

HÓK, J., BIELIK, M., KOVÁČ, P., ŠUJAN, M. (2000). Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 32, 459-470.

HRAŠNA, M. (2002). Monitorovanie tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska. *Geologické práce*, Správy 106, ŠGÚ DŠ, Bratislava, 103 – 114.

JAKÁL, J., STANKOVIANSKY, M., LACIKA, J., URBÁNEK, J., ČILLAG, I., FERANEC, J. (1988). *Morfoštruktúrna analýza Malých Karpát a prilahlých oblastí s ohľadom na neotektonický vývoj územia*. Správa, Archív Geografického ústavu SAV.

KALVODA, J., STEMBERK, J. (1993). Morphotectonic evidence of the Quaternary geodynamics in selected localities of nuclear power plants. *Acta montana*, 4, 90, Series A, 63-80.

KHORSANDI, A., MIYATA, T. (2007). Fault determination due to sinkhole array on Lar valley, Northeast of Tehran (Iran). *Acta Carso-logica*, 36/2, 203-208.

KOVÁČ, M., BARÁTH, I., ŠUTOVSKÁ, K., UHER, P. (1991). Zmeny v sedimentárnom zázname v dobrovodskej depresii. *Mineralia Slovaca*, Bratislava, 201-213.

KUNSKÝ, J., LOUČEK, D., SLÁDEK, J., (1959). *Praktikum fyzického zeměpisu*. Nakla-

- datelství Československé Akademie věd, Praha, str. 70 - 75.
- LABÁK, P., BYSTRICKÁ, A., MOCZO, P., ROSENBERG, L. (1997). *Probabilistic seismic hazard computation for the Bohunice Power Plant site*. Správa, Geofyz. ústav SAV, 1-20.
- LABÁK, P., BYSTRICKÁ, A., MOCZO, P., CAMPBELL, K., W., ROSENBERG, L. (1998). Preliminary probabilistic seismic hazard assesment for the Nuclear Power Plant Bohunice (Slovakia) site. *11th European Conference on Earthquake Engineering*, Rotterdam, 1 – 11.
- LACIKA, J. (2002). Vybrané analýzy morfoštruktúry Malé Karpaty. *Geomorfologický zborník 1*, Stav geomorfologického výzkumu v roce 2002, Brno, 77 – 81.
- MACHNEROVÁ, E., BAČOVÁ, Z., PLCH, J., ORČÍK, J., HOLEŠINSKÁ, M., MIŠÍK, M., et al., KOVÁČ, M., et al., HALMEŠOVÁ, S., ŠTICHOVÁ, M., et al., a HALÁSOVÁ, R. (1991). *Dobrá Voda – Dechtice – hgp*. Správa, Geofond ŠGÚDŠ, Bratislava.
- MARKO, F., FODOR, L., KOVÁČ, M. (1991). Miocene strike-slip faulting and block rotation in Brezovské Karpaty Mts. *Mineralia Slovaca*, 23, 189-200.
- MITTER, P. (1974). Čachtický kras. *Slovenský kras*, 12, 115-134.
- MITTER, P. (1983a). Geomorfologická rajonizácia krasu Malých Karpát. *Slovenský kras*, 21, 3 – 31.
- MITTER, P. (1983b). Dobrovodsko-Prašnícky zlepecový kras. *Slovenský kras*, 21, 3 – 31.
- PROCHÁZKOVÁ et al. (1986). Earthquakes in Europe and their relation to basement structures and fault tectonics. *Rozpr. Čs Akad. Věd*, 2, Praha, 80 pp.
- PROCHÁZKOVÁ, D., ŠIMŮNEK, P. (1998). *Fundamental Data for Determination of Seismic Hazard of Localities in Central Europe*. Editorial Gradus, Praha, 132.
- SCHEIDEGGER, E. A. (1980). Alpine joints and valleys in the Neotectonic stress-field. *Rock Mech.*, Suppl. 9, 109 – 124.
- SCHENKOVÁ, Z., SCHENK, V., POSPÍŠIL, L., KOTTNAUER, P. (1995). Seismological pattern of a transition area between the Eastern Alps and the Western Carpathians. *Tectonophysics*, 248, 235-245.
- STANKOVIANSKY, M. (1979). Geomorfologické pomery Čachtických Karpát s osobitým zreteľom na Čachtický kras. *Slovenský kras*, 17, 59-76.
- STANKOVIANSKY, M. (1994). Morfoštruktúrne jednotky Trnavskej pahorkatiny v širšom zázemí Jaslovských Bohuníc a ich vývoj. *Geografický časopis*, 46, 4, 381-397.
- ŠEFARA, J., KOVÁČ, M., PLAŠIENKA, D., ŠUJAN, M. (1998). Seismogenic zones in the Eastern Alpine-Western Carpathian-Pannonian junction area. *Geologica Carpathica*, 49, 4, 247-260.