



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE  
INSTITUTE OF GEODESY

MAPA GEODYNAMICKÝCH JEVŮ V OBLASTI  
NÍZKÝCH TATER

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. Denisa Jackulíková

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. RNDr. LUBOMIL POSPÍŠIL, CSc.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM	N3646 Geodézie a kartografie
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
STUDIJNÍ OBOR	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
PRACOVISŤE	Ústav geodézie

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

DIPLOMANT	Bc. Denisa Jackulíková
NÁZEV	Mapa geodynamických jevů v oblasti Nízkých Tater
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, CSc.
DATUM ZADÁNÍ	
DATUM ODEVZDÁNÍ	V termínech určených časovým harmonogramem akademického roku, nejpozději do jednoho roku od data zadání diplomové práce

V Brně dne

.....  
doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

### ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

### STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....  
doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, CSc.  
Vedoucí diplomové práce

## ABSTRAKT

Diplomová práca má rešeršný charakter a poskytuje prehľad o štruktúrnom a kinematickom vývoji Nízkyh Tatier. K dispozícii bolo množstvo podkladov z oblasti študovanej lokality, ktoré boli komplexne spracované v grafickom užívateľskom rozhraní ArcMap. Na podklade týchto dát bola vytvorená Geodynamická mapa Nízkyh Tatier v mierke 1:350 000. V mape sú prezentované geodetické, geomorfologické, geofyzikálne a ďalšie dáta na podklade, ktorých bola mapa analyzovaná z hľadiska tektonickej aktivity a vďaka čomu boli vymedzené dva regióny, ktoré by mohli byť vzhľadom na mieru napätia označené ako rizikové zóny.

## KLÍČOVÁ SLOVA

geodynamická mapa, Nízke Tatry, tektonická aktivita, gravitačný príkrov, zlomová štruktúra

## ABSTRACT

This investigative thesis provides an overview of the structural and kinematic formation of the Low Tatras in Slovakia. Numerous geological and geomorphological data from previous studies of the researched area were available. These were processed in a graphical user interface ArcMap to produce the Geodynamic map of Low Tatras at a scale of 1:200 000. By illustrating geodetic, geomorphologic, geophysical and other similar data on this map, it was possible to undertake a detailed analysis of the area and allow an assessment of the overall tectonic activity. This revealed two regions with higher than normal stress levels and therefore an associated increase in the risk of future seismic activity.

## KEYWORDS

geodynamic map, the Low Tatras, tectonic activity, gravitational nappe, fault structure

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Denisa Jackulíková *Mapa geodynamických jevů v oblasti Nízkých Tater*. Brno, 2017. 55 s., 16 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. RNDr. Lubomil Pospíšil, CSc.

## PROHLÁSENIE

Prehlasujem, že som diplomovú prácu spracovala samostatne a že som uviedla všetky použité informační zdroje.

V Brne dňa 22. 5. 2017

---

Bc. Denisa Jackulíková  
autor práce

## POĎAKOVANIE

Chcela by som touto formou poďakovať svojmu vedúcemu diplomovej práce doc. RNDr. Lubomilovi Pospíšilovi, za všetok čas ktorý mi venoval počas konzultácií a za poskytnutú odbornú pomoc pri tvorbe teoretickej časti.

## OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. GRAFICKÉ SPRACOVANIE .....	10
3. GEOLOGICKÝ VÝVOJ NÍZKYCH TATIER.....	12
4. GEOMORFOLOGICKÝ A GEOLOGICKÝ PREHĽAD .....	13
4.1 Geomorfologická charakteristika územia .....	13
4.2 Geologická charakteristika územia .....	16
4.2.1 Formovanie a vznik terciérnych sedimentov .....	19
5. ŠTRUKTURÁLNA ANALÝZA.....	21
5.1 Popis významných lineárnych rozhraní v okolí Nízkych Tatier.....	21
5.2 Tvorba štruktúry paleohrastu a gravitačného príkrovu .....	22
6. TEKTONIKA A RECENTNÉ AKTÍVNE ZLOMOVÉ SYSTÉMY .....	25
6.1 Letecké snímky .....	25
6.1.1 Interpretácia leteckých snímok .....	25
6.2 Kozmické snímky.....	27
6.2.1 Interpretácia kozmických snímok.....	27
7. GNSS SIETE A GEODETICKÉ ÚDAJE .....	29
7.1 GNSS dáta.....	29
7.1.1 Horizontálne vektory rýchlostí .....	30
7.1.2 Recentné vertikálne pohyby.....	31
8. GEOFYZIKÁLNY OBRAZ ÚZEMIA .....	34
8.1 Geofyzikálne dáta.....	34
8.2 Geofyzikálna analýza Nízkych Tatier .....	35
8.2.1 Gravitačné anomálie .....	35
8.2.2 Magnetické anomálie .....	36
8.2.3 Seizmologicky aktívne oblasti .....	38



8.2.4	Seizmotektonika oblasti.....	39
9.	ANALÝZA GEODYNAMICKÝCH PROCESOV .....	42
10.	ŠTRUKTURÁLNA A KINEMATICKÁ ANALÝZA .....	46
11.	DOPORUČENIE .....	49
12.	ZÁVER.....	50
13.	REFERENCIE.....	51
14.	ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV .....	54
15.	ZOZNAM PRÍLOH.....	55

## 1. ÚVOD

Hlavnou úlohou tejto práce bolo zozbierať všetky dostupné geologicko-geofyzikálne a geodetické materiály z oblastí študovanej lokality a na ich poklade vyhotoviť mapu geodynamických javov. Materiály boli dostupné formou priestorových dát, rôznych rastrových podkladov, nameraných záznamov, publikovanej literatúry a tiež boli využité viaceré mapové služby dostupné na internete. Všetky použité metódy boli uskutočnené v rôznych časových obdobiach a sú navzájom nezávislé. Líšia sa technológiou a metódou zberu dát, ich spracovaním a následnou interpretáciou pozorovaných javov.

Medzi spomínané metódy využité v tejto práci patrí geologicko-geofyzikálny a geomorfologický prieskum študovanej lokality. Taktiež metódy Diaľkového prieskum Zeme, ktoré boli zdrojom informácií, predovšetkým multispektrálnej kozmickej snímky, leteckých a radarových snímok. Jednotlivé snímky boli interpretované a analyzované z hľadiska členitosti reliéfu a morfologických foriem. Všetky tieto údaje a dáta boli konfrontované s výsledkami a dátami získanými z GNSS kampaní [12]. Výsledky analýzy všetkých týchto nameraných a interpretovaných údajov boli zdrojom informácií o horizontálnych a vertikálnych pohyboch povrchu. Pre určenie a zhodnotenia geofyzikálneho obrazu Nízkych Tatier boli použité gravimetrické a magnetometrické mapy, seizmický a magnetotelurický profil pretínajúci celú záujmovú oblasť a údaje o výskyte zemetrasení za posledných 30 rokov [24], [25].

Všetky uvedené metódy mali veľký význam pre štúdium danej lokality. Prinášali mnohé zaujímavé informácie, na ktorých podklade bolo možné oblasť analyzovať. Výsledky analýz sú zaujímavé z hľadiska štrukturálnych a kinematických pohybov.

## 2. GRAFICKÉ SPRACOVANIE

Súčasťou tejto práce sú tiež geografické priestorové vektorové dáta vo formáte shapefile určené v súradnicovom systéme S-JTSK (102067). Tento formát dát je určený pre prácu v geografických informačných systémoch (GIS), ktoré zaručujú interoperabilitu týchto dát. Dátové sady boli vytvorené v programe ArcGIS 10.3 s použitím grafického užívateľského rozhrania ArcMap.

Grafické rozhranie ArcMap umožňuje prácu s dátovými sadami. Každému prvku v jednotlivéj dátovej sade sú priradené atribúty, ktoré daný prvok opisujú (názov, popis, autor, atď.). Jednotlivé vrstvy sa môžu zapínať/vypínať a navzájom kombinovať. Taktiež môžu byť tieto vrstvy doplnené rastrovými dátami a webovými mapovými službami (wms). Na podklade všetkých spomínaných materiálov a ich vhodnou kombináciou boli vytvorené mapové prílohy uvedené v tejto práci. Za najväčšiu prednosť práce s týmito dátami v grafickom prostredí považujem možnosť ich vzájomnej kombinácie a súčinnosť s inými údajmi. Na základe čoho dochádza k prepojeniu rôznych druhov informácií a výsledkom toho môžu byť zaujímavé závery.

Spracovanie dostupných podkladov spočívalo v georeferencovaní a vektorizovaní mapových rastrových dát. Vektorizáciou boli vytvárané bodové, líniové a plošné prvky zložené z bodov, kde každý bod bol určený súradnicami X a Y vo zvolenom súradnicovom systéme. Jednotlivým prvkom boli priradené atribúty a následne boli klasifikované do skupín podľa identifikácie (Id). Každý skupine bol priradený symbol podľa toho, o aký typ prvku sa jednalo.

Postupne sa do vytvoreného projektu pridávali ďalšie rastrové dáta, ktoré boli opäť georeferencované. Prípadne dostupné rastrové podklady obsahovali informáciu o umiestnení v súradnicovom systéme a ich georeferencovanie nebolo nutné.

Ďalšími podkladmi využitými v tejto práci boli excelové súbory obsahujúce údaje o zemetraseniach pochádzajúce z rôznych zdrojov. Údaje boli prebrané z databáze seizmologickej webovej stránky a z verejne dostupných publikácií na internete [24], [25]. Tieto súbory obsahujú presné informácie o každom zemetrasení (zemepisné súradnice polohy epicentra, dátum výskytu, údaj o hĺbke, magnitúde, intenzite atď.). Excelové súbory boli importované a transformované do systému S-JTSK. Výsledkom boli tri bodové vrstvy obsahujúce informácie o zemetraseniach v atribútových tabuľkách.

Ďalším dôležitým materiálom bol shapefile horizontálnych vektorov rýchlosti, ktorý som otvorila ako ďalšiu vrstvu v projekte. V atribútovej tabuľke vrstvy sa nachádzajú údaje o dĺžke a azimute vektorov, ktorými sú vyjadrené smery a veľkosti horizontálnych pohybov.

Na podklade všetkých dostupných a spracovaných materiálov som vytvorila jednotlivé mapové výstupy, ktoré som neskôr použila v tejto práci. Ako mapový podklad bol použitý digitálny výškový model SRTM. Mapové výstupy obsahujú mapové pole doplnené o súradnice mapovej siete, nadpis, legendu, severku, grafickú a číselnú mierku. Severka bola pootočená o meridiánovú konvergenciu vypočítanú podľa zjednodušeného vzorca ( $C=4,5^\circ$ ), aby boli informácie o smere zemepisného severu pravdivé. Pri spracovaní nebola použitá jednotná mierka pre všetky mapové výstupy. Mierka máp bola od pôvodného zadania 1:100 000 a 1:200 000 zmenená a prispôbená rozsahu zobrazovaného územia.

Pomocou SRTM digitálneho výškového modelu som v programe ArcMap vytvorila priečny profil územia. Následne som na podklade geologickej mapy Nízkych Tatier v mierke 1:50 000 [6] vytvorila profil geologickej stavby územia. Geologickým jednotkám som priradila popis, obdobie vzniku a symbol. Nad geologický profil som umiestnila priečny profil tiažových anomálií. Tento profil som vytvorila na podklade mapy tiažového poľa Nízkych Tatier, taktiež v prostredí programu ArcMap.

### 3. GEOLOGICKÝ VÝVOJ NÍZKYCH TATIER

Pre tektonický vývoj Nízkyh Tatier boli rozhodujúce tri základné fázy Alpského cyklu:

- I. Od Staršieho Permu po Strednú Kriedu (Paleo Alpský cyklus),
- II. Od Spodnej Kriedy až po Miocén (Meso Alpský cyklus),
- III. Od Spodného Miocénu (Baden) až po Kvartér (Neskorý Alpský cyklus).

Pohyby v neskorom Alpskom cykle vyústili do celkového pozdvihnutia Západných Karpát. Pohyby jednotlivých blokov pozdĺž transkurentných zlomov sa výrazne líšili. Pohyby boli najmä SV-JZ smeru. Tento pohyb mal za následok pohyb východnej časti západných Karpát na sever a severovýchod. Na pozorovanom území je možné rozoznávať dve oblasti s rôznymi tendenciami pozdvihnutia – poklesnutia:

1. Poklesnutie doliny rieky Hron z VSV na ZJZ.
2. Pozdvihnutie územia Nízkyh Tatier a Veľkej Fatry a severnej časti Veporských vrchov.

Na základe vývoja a rozdielnosti geomorfologických tvarov sa predpokladá, že väčšina zlomov a štruktúralno-tektonických tvarov pochádza z poslednej evolučnej fázy, alebo je výsledkom niekoľkých fáz. Všetky tektonicko-štruktúralne vlastnosti sú vyjadrené tvarom dolín, nesúvislými zmenami odvodňovacieho systému, vlastnosťami erózie, morfologickými štruktúrami atď. [1]

## 4. GEOMORFOLOGICKÝ A GEOLOGICKÝ PREHĽAD

### 4.1 Geomorfologická charakteristika územia

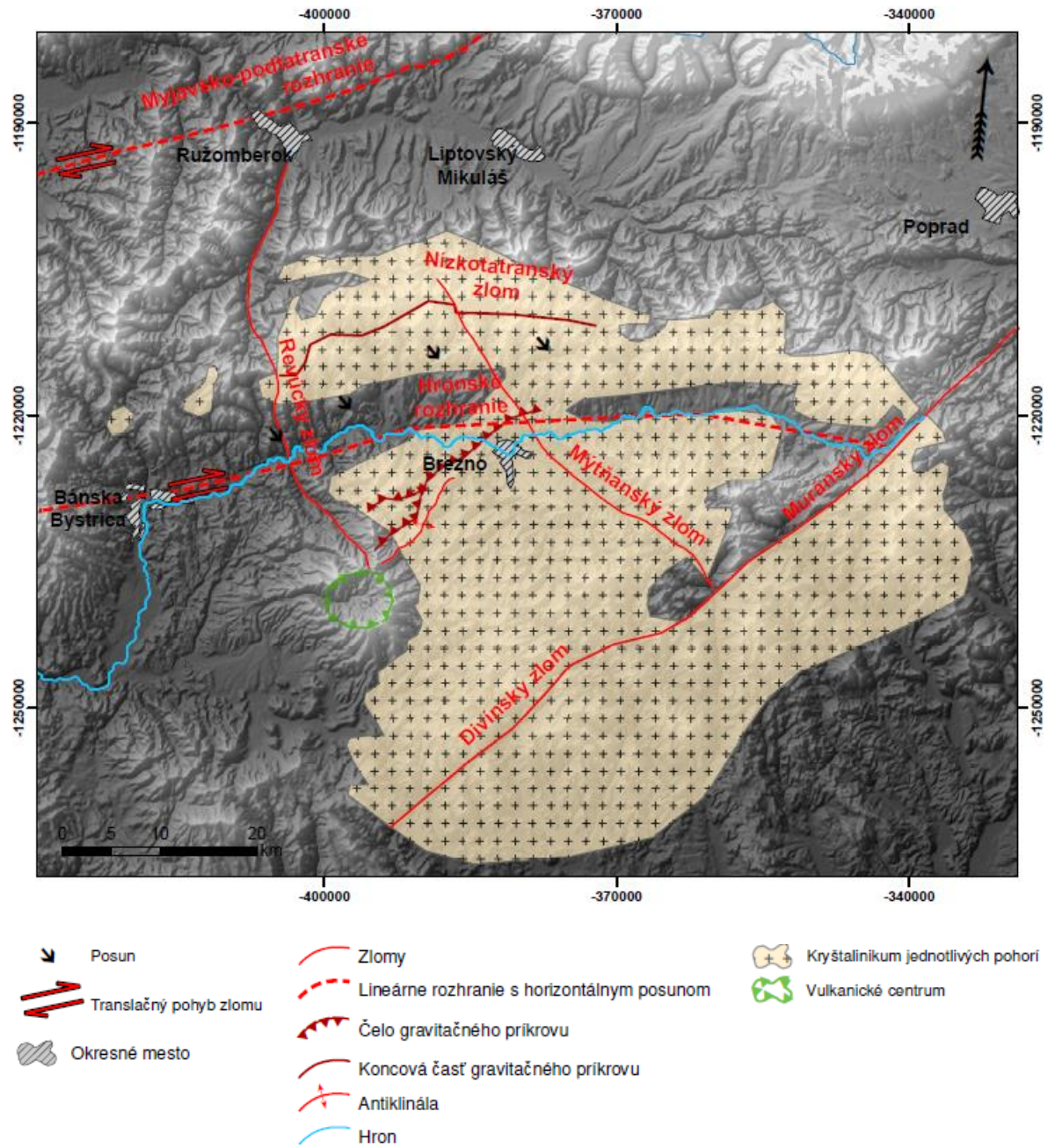
#### Morfologická analýza

Geomorfologický výskum Nízkych Tatier poukázal na rôznorodú povahu reliéfu. V danej oblasti sa stretávame so 14 typmi reliéfu. Morfologická analýza bola uskutočnená aj na základe stereoskopického zhodnotenia leteckých snímok. Táto analýza potvrdila povrchovú deštrukciu v jednotlivých blokoch a pruhoch, ktoré sú výsledkom rôznych pohybov a deštrukcií hornín. [1]

Predmetné územie je považované za pozostatok gravitačných deštrukčných megaprocesov, ktoré boli ovplyvnené pohybmi na Hronskom hlbinnom rozhraní. Táto hypotéza bola podporená výsledkami geologických a geofyzikálnych prieskumov, a tiež zhodnotením textúry reliéfu multispektrálnej kozmickej snímky.

Paleogeografická analýza terciérneho vývoja ukázala, že do oligocénu mala celá oblasť tendenciu zdvíhať sa voči svojmu okoliu. Predpokladá sa, že v poslednej fáze mal tento pohyb obzvlášť rýchly priebeh. Zásadný význam pri tvorbe paleohrastu zohrali horizontálne pohyby karpatských blokov pozdĺž zlomov VSV-ZJZ smeru a lineárnych rozhraní. Medzi tieto rozhrania patrí tiež Hronské hlbinné rozhranie, ktoré prebieha pozdĺž doliny rieky Hron a tiež Myjavsko-podtatranské rozhranie. Rýchly zdvih a odtrhnutie gravitačného príkrovu možno pripísať kolízii dvoch (alebo i viacerých) rozličnou rýchlosťou a smerom sa pohybujúcich blokov. [2] Významným prvkom pri určovaní horizontálneho posunu, je usporiadanie osí antiklinál. Osí popaleogenných antiklinál a synklinál zreteľne identifikujú smer pohybu a sprievodných deformácií pozdĺž celého systému rozhraní. [7]

Tento proces taktiež podmienil vznik viacerých rozsiahlych priečných trhlín (zlomov) ako napríklad Revúckeho zlomu a Mýtňanskeho zlomu. [2]



Obr. 1 - Schéma interpretovaných hlavných rozhraní [2]-upravené

## Geomorfologické členenie

Nízke Tatry sú pohorie a geomorfologický celok v západných Karpatoch. Z geomorfologického hľadiska sú súčasťou Fatransko-tatranskej oblasti. Pohorie Nízkych Tatier sa člení na dva geomorfologické podcelky oddelené sedlom Čertovica. Konkrétne na Ďumbierske Tatry v západnej časti a Kráľovohoľské Tatry vo východnej časti.

Tabuľka 1 – Prehľad geomorfologického členenia Nízkych Tatier

Nízke Tatry	Kráľovohoľské Tatry	Kráľová hoľa
		Predná hoľa
		Priehyb
		Teplická kotlina
	Ďumbierske Tatry	Ďumbier
		Prašivá
		Salatíny
		Lúžňanská kotlina
		Demänovské vrchy

Územie Nízkych Tatier je možné rozdeliť do štyroch súčasných morfoštruktúr (morfoštruktúrou sa rozumie štruktúrny geologický základ, ktorý je ovplyvnený neotektonickými a klimatickými pochodmi). Tri zo spomínaných morfoštruktúr sú pozitívne zóny (klenbohrast Nízkych Tatier, semimasívny mierne vyklenutý blok Slovenského rudohoria, vulkanická bloková štruktúra Poľany) a posledná zóna je negatívna (morfoštruktúrna depresia Horehronského podolia). [2]

Pôvodný hrast, vymedzený čertovickými, revúckymi a nízkotatranskými poruchovými systémami, bol od svojho vzniku povrchovými procesmi pravidelne ničený pri tektonických pohyboch a vyzdvihnutý ako súčasť dnešných pozitívnych morfoštruktúr (predovšetkým v pliocéne). Tento hrast sa dodnes významne podieľa na morfoštruktúrnom delení Nízkych Tatier. Chrbát Ďumbierskych Tatier, ktorý je tiež severným ohraničením pôvodného hrastu, je voči ústredným chrbtom susedných geomorfologických jednotiek vyšší o niekoľko 100 metrov (voči skupine Priehyby v Kráľovohoľských Tatrách o 300 m a voči Starohorským vrchom až o 700 m). [2]

Vzhľadom na extrémne morfológické podmienky je možné rozdeliť územie do štyroch úrovní povrchov:

- menej ako 700 m.n.m,



- od 700 do 1000 m.n.m,
- od 1000 do 1300 m.n.m,
- viac ako 1300 m.n.m. [1]

## 4.2 Geologická charakteristika územia

Nízke Tatry geologicky zasahujú svojou západnou časťou do Tatransko-Fatranského pásma jadrových pohorí a východnou časťou do Veporského pásma. [3]

### **Kráľovohoľské Tatry**

Základnou jednotkou Kráľovohoľských Tatier je veporikum, ktoré je tvorené najmä kryštalinickými komplexami. Veporské pásmo je od pásma jadrových pohorí (tatrika) oddelené čertovickou líniou. Kráľovohoľské Tatry sú na východe ohraničené muránskym zlomom. [4]

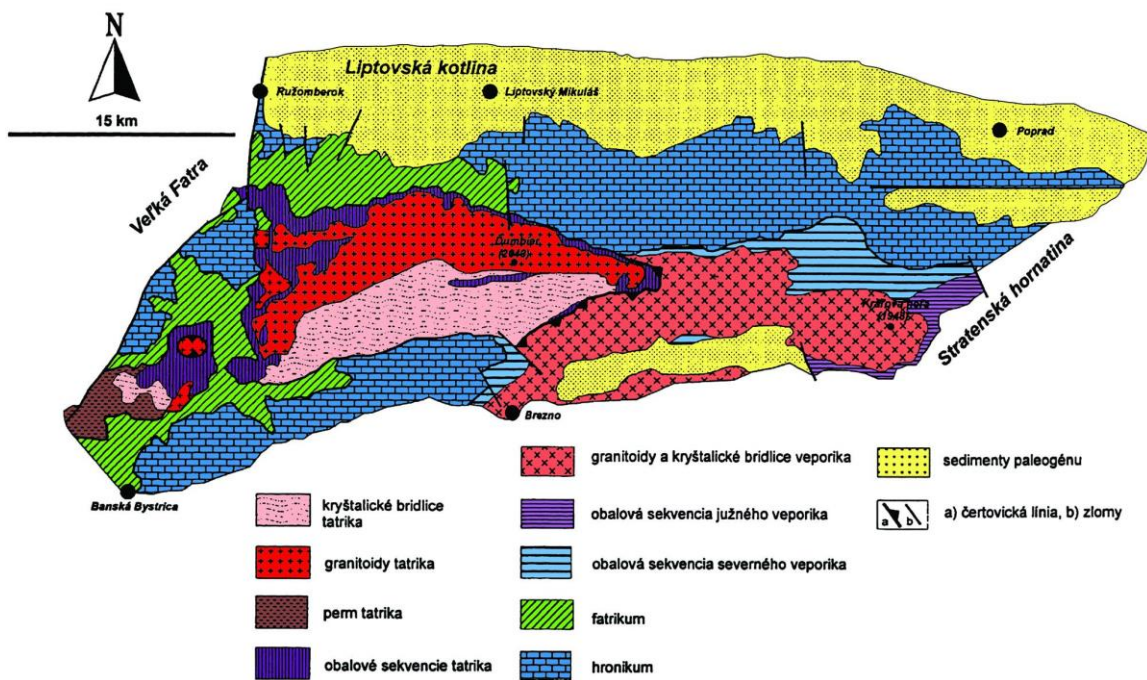
Podstatnú časť hrebeňa Kráľovohoľských Tatier tvorí Kraklovska zóna veporika,. Budovaná je komplexmi metamorfovaných hornín hlavne rúl, svorov a amfibolitov. Podiel magmatických hornín je menší. Druhohorné usadené horniny zastupujú hlavne vápence, dolomity, sliene a pieskovce, ktoré sú tiež miestami rôzne metamorfované. [3]

### **Ďumbierske Tatry**

Ďumbierske Tatry patria do pásma jadrových pohorí. Ich základom je tatrikum, na ktorom ležia príkrovové jednotky (tzv. subtatranské príkrovy). Spodnejší príkrov sa označuje ako fatrikum (krížňanský príkrov) a vyšší ako hronikum (chočský príkrov). [4]

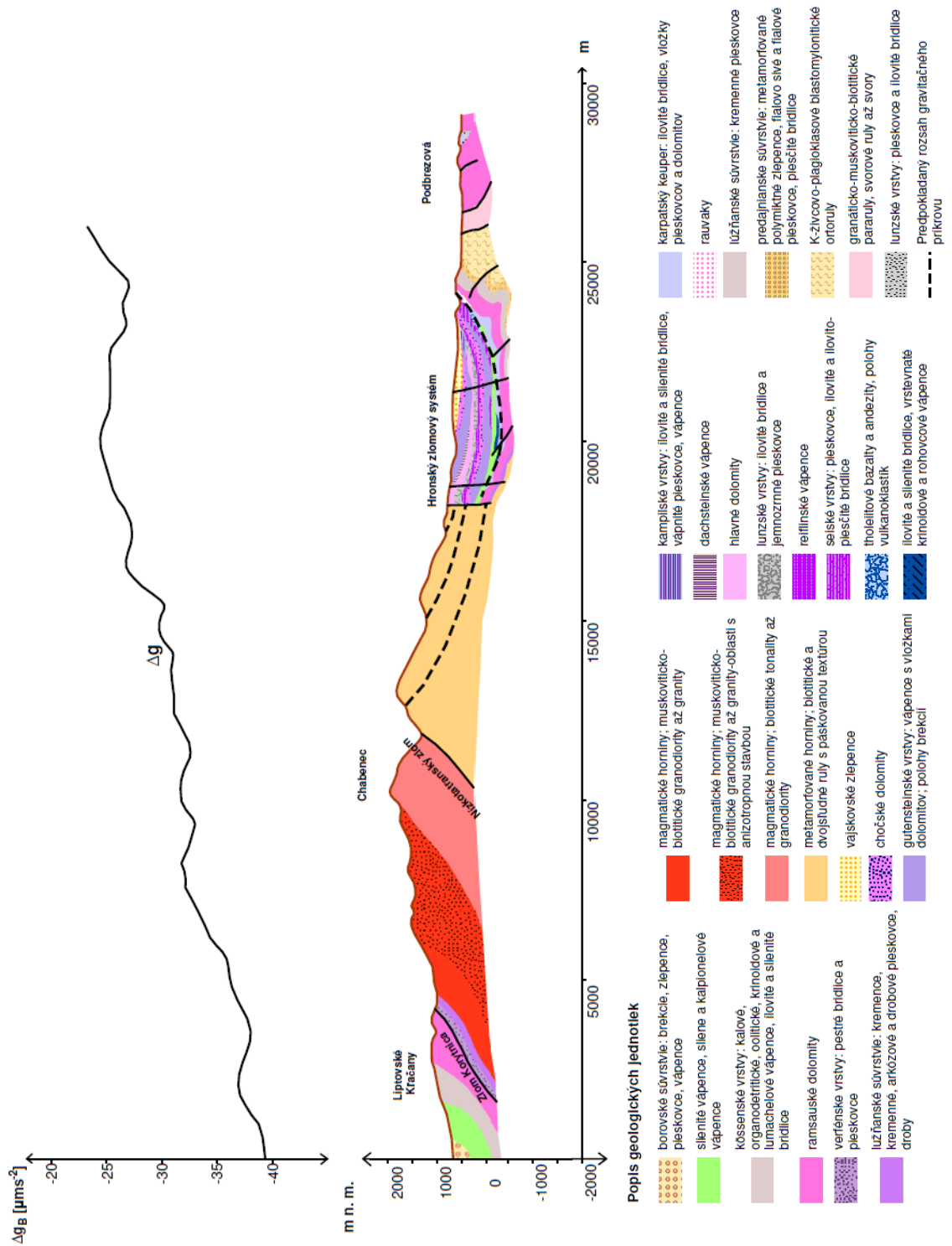
Ďumbierske Tatry možno geologicky rozčleniť na 3 zóny:

- bystrickú s prevahou druhoorných usadených hornín (tatrika, fatrika, hronika, silicika),
  - Ďumbiersku tvorenú kryštalinickými horninami tatrika a relikdami obalovej sukcesie Červenej Magury,
  - demänovskú s prevahou usadených hornín tvoriacich príkrovové telesá fatrika.
- [3]



Obr. 2 - Zjednodušená geologická mapa Nízkych Tatier [5]

# GEOLOGICKO-GEOFYZIKÁLNÝ PROFIL NÍZKYCH TATIER



Obr. 3 – Geologicko-geofyzikálny profil Nízkych Tatier [6]-upravené

### 4.2.1 *Formovanie a vznik terciérnych sedimentov*

Formovanie a vznik terciérnych sedimentov v oblasti južných svahov Nízkých Tatier a pohroní sa zhoduje s jeho vnútornou štruktúrou a tektonickým vývojom. Tieto sedimenty sa usádzali počas paleogénu aj počas neogénu.

Horehronský paleogén je možné rozdeliť na:

- a) *Polhorský vývoj* (kontinentálny sedimentačný cyklus; paleocén - strednýeocén) s fáciou červených dolomitických zlepcov a pestrého súvrstvia.
- b) *Horehronský vývoj* - morský sedimentačný cyklus s terminálnymi brakickými a sladkovodnými sedimentmi (stredný eocén - oligocén).

Na príkrovovom podklade sa usadili kontinentálne sedimenty, ktoré úzko súviseli s aktivitou fundamentu na systéme zlomov VZ smeru (hronský a nízkotatranský zlomový systém). V mieste zlomov došlo k postupnému schodovitému zaklesávaniu stredných častí vznikajúceho gravitačného príkrovu a k vzniku podhorských sedimentačných priestorov. [2]

#### **Polhorský vývoj**

V prvom období vývoja, v období arídnej klímy, sa vytvorili v skúmanej oblasti typické kontinentálne sedimenty (červené karbonátové zlepenca a pieskovce – *vajskovské zlepenca*). Ich najväčší výskyt je v oblasti severne od Podbrezovej, v okolí obce Dolná Lehota.

V nastávajúcom vývoji gravitačného príkrovu vznikali nové, mladšie kontinentálne sedimenty v medzihorských depresiách, tzv. *pestré súvrstvie*. Je to spôsobené vytláčaním gravitačného príkrovu a posúvaním jeho okrajových častí na západ od Revúckeho a na východ od Mýtňanského zlomu.

V ďalšej etape vývoja gravitačného príkrovu sa v sedimentačnom priestore pri Pohronskej Polhore usadili *pelitické sedimenty* s polohami uhlia a pieskovcov. [2]

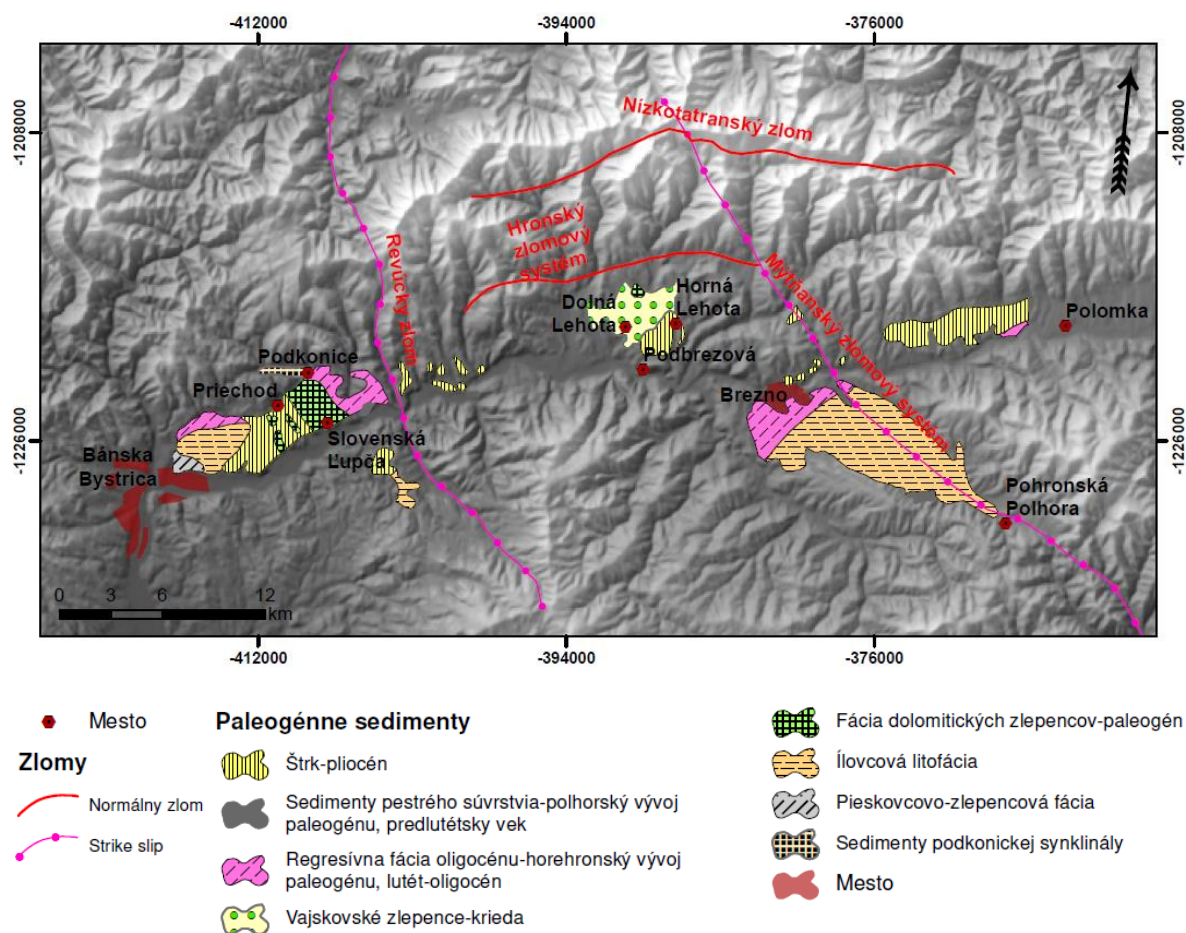
#### **Horehronský vývoj**

Súvrstvie bazálnej transgresívnej litofácie pozostáva zo zlepcov, pieskovcov, piesčitých vápencov a organogénnych biostrómov. Toto zoskupenie hornín postupne prekrylo a vyrovnalo členitý terén kriedového tektogénu.

Na Horehroní, západne od revúckych poruchových systémov sa usadili sedimenty *fácie dolomitických zlepcov a pieskovcov*. Najväčší výskyt týchto sedimentov bol

spozorovaný severne od obce Slovenská Ľubča, východne od obce Priečhod a taktiež boli zaznamenané severne od obce Horná Lehota. Pri obci Podkonice, ležiacej západne od revúckeho zlomu, konkrétne v mieste podkonickej synklinály sa zachovali *brakické morské fácie*, miestami s lumachelami. Predstavujú strednú až vrchnú časť bazálnej transgresívnej litofácie. Z bazálnej transgresívnej litofácie sa potom postupne vyvinuli vyššie paleogénne členy vo fácií *pieskovcovo-ílovcovej* a *ílovcovej*. V okolí Brezna a západne od obce Polomka sa nachádza *regresívne brakické súvrstvie* (spodný oligocén). Paleogénny vývoj vyvrcholil usadením vrchnooligocénnych sedimentov. Tieto sedimenty sa zachovali pri Polomke, Brezne a východne od Slovenskej Ľupče.

Neogén reprezentujú pliocénne sedimenty, ktoré sa usádzali v prietokových jazerách. Vznikali už po čiastočnej konsolidácii gravitačného príkrovu. [2]



Obr. 4 - Paleogénne sedimenty v oblasti Nízkyh Tatier [2]-upravené

## 5. ŠTRUKTURÁLNA ANALÝZA

### 5.1 Popis významných lineárnych rozhraní v okolí Nízkych Tatier

V okolí Nízkych Tatier sa nachádzajú štyri výraznejšie lineárne rozhrania:

- *Myjavsko-podtatranský systém rozhraní VSV-ZJZ smeru.* Systém prebieha od Viedenskej panvy, cez Strážovské vrchy, Turčiansku kotlinu až k okraju Vysokých Tatier, kde sa napája na Podtatranský zlom. Toto rozhranie výrazne ovplyvňuje rozmiestnenie a priebeh základných blokov v Západných Karpatoch.
- *Hronský systém rozhraní VSV-ZJZ smeru.* Tento systém taktiež vybieha z Viedenskej panvy, prechádza Malými Karpatmi a Kremnickými vrchmi, cez Banskú Bystricu až do údolia Hronu. Hronské rozhranie má zásadný význam pri tektonickej analýze celej oblasti Nízkych Tatier.
- *Systém rozhraní SV-JZ smeru,* ktorý sa skoro v celom svojom priebehu zhoduje so systémom Muránsko-malcovského zlomu a v tejto práci je pod týmto názvom označovaný.
- *Systém rozhraní S-J smeru,* ktorý prebieha pozdĺž spojnice Šáhy - Dolný Kubín - Námestovo. Toto lineárne rozhranie je v tejto práci označované ako Stredoslovenské rozhranie.

Myjavsko-podtatranské a Hronské rozhranie má charakter transkurentného zlomu so značným horizontálnym pohybom, ktorý sa na týchto rozhraniach uskutočnil pravdepodobne v období oligocén - pliocén. Tieto rozhrania sú sprevádzané intenzívnymi vertikálnymi posunmi, čo je v prípade transkurentných zlomov bežné. Príkladom čoho môže byť interpretácia gravitačného príkrovu. V dôsledku horizontálnych pohybov blokov pozdĺž týchto rozhraní nastal enormne rýchly zdvih nízkotatranského bloku a na základe jeho kolízie so susednými blokmi došlo k odtrhnutiu gravitačnej štruktúry a k úplnému prekrytiu Hronského rozhrania. [7]

## 5.2 Tvorba štruktúry paleohrastu a gravitačného príkrovu

Počas terciárnej éry JZ časť Nízkych Tatier mala povahu hrastu. Začala vystupovať nad svoje okolie, čo malo za následok porušenie fundamentu. Rýchly zdvih tiež súvisel s poruchami, ktoré tvoria jeho vonkajšie ohraničenie. Z JV strany sa jedná o čertovický poruchový systém, zo SZ strany o revúcky poruchový systém a zo S o systém porúch pozdĺž nízkotatranského zlomu (V-Z).

Na tvorbe štruktúry sa zúčastňujú **plochy diskontinuity hornín fundamentu**, ktoré vznikli v predmezozoickom období a na nich nachádzajúce sa plochy z mezozoickej éry.

V koncovej oblasti gravitačného príkrovu, teda v mieste, v ktorom sa príkrov od domovskej oblasti celkom odlepil, sa nachádzajú vztýčené súbory hornín. Jedná sa o oblasť Nízkotatranského zlomu. V tejto časti sa vytvorilo orientované antiformné zoskupenie hornín V-Z smeru, ktorých vznik bol podmienený kompresiou fundamentu. Ide o rozsiahlu a hlbokú poruchu. Takéto zoskupenie je možné pozorovať od bielovodských porúch na západe poruchy až ku Trangoške a ďalej na východ. Táto porucha je široká až niekoľko stoviek metrov, v najširšom mieste má rozsah až 500 m.

Práve táto diskontinuita fundamentu sa v období terciéru stala severným ohraničením paleohrastu. Neskôr sa pozdĺž nej odtrhli horninové masy gravitačného príkrovu. [8]

Na tvorbe hrastu a na jeho rýchlom zdvihu sa zúčastnili **tektonické poruchy fundamentu**. Medzi tieto poruchy patria poruchy fundamentu sformované v staršej etape alpínskeho vrásnenia (hlavne stredná a vrchná krieda) - čertovický, revúcky a nízkotatranský poruchový systém. Taktiež poruchy pozdĺž Mýtňanského zlomu a systém porúch Biela Voda – Sopotnica západne od gravitačného príkrovu.

### *Čertovický poruchový systém*

Čertovický poruchový systém sa nachádza medzi tektonickými jednotkami veporika a tatrika. Pozdĺž úseku Čertovica - Mýto pod Ďumbierom sa sformovala antiformná zostava, ktorú tvoria horninové komplexy vztýčené kolmo alebo uklonené strmo na JV. Táto zostava smeruje na JZ pod mezozoické komplexy príkrovových jednotiek. JZ priebeh tejto zostavy porušuje Mýtňanský zlom, ktorý smeruje od SZ na JV. Tým došlo k pretrhnutiu poruchového systému a posunutiu mezozoických príkrovových jednotiek o tri až štyri kilometre na JV.

### *Revúcky poruchový systém*

Revúcky systém je od hlavných fáz alpínskeho vrásnenia až dodnes veľmi aktívnou zónou SZ-JV smeru. Predpokladá sa, že systém revúckych porúch má regionálny rozsah a v čase vzniku v hlavných fázach alpínskeho vrásnenia to boli strmé, hlboko siahajúce poruchy fundamentu, pozdĺž ktorých sa južný blok dvíhal.

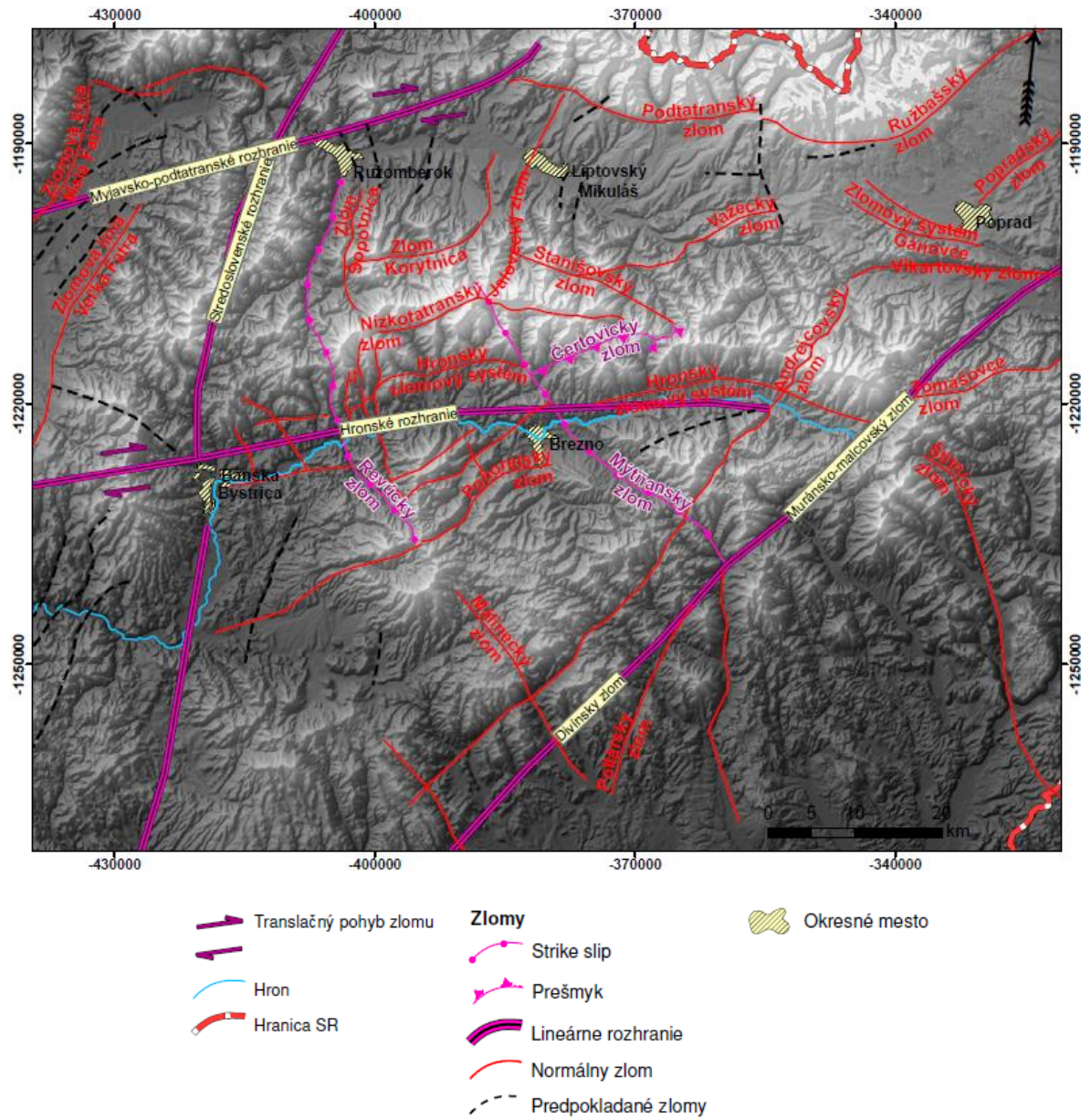
### *Nízkotatranský poruchový systém*

Je pravdepodobné, že koreňová oblasť odtrhnutých horninových más gravitačného príkrovu, situovaná do nízkotatranského poruchového systému, vznikla v hlavných fázach alpínskeho vrásnenia. Je to mohutná, hlboká jazva fundamentu so vztýčenými horninovými pruhmi. V tomto poruchovom pásme je možné pozorovať antifonnú zostavu horninových pruhov.

### *Tektonické poruchy aktívne v terciéri*

Jedná sa o tektonické poruchy fundamentu, medzi ktoré zaraďujeme rejuvenizáciu nízkotatranského zlomového systému a hronský zlomový systém. Tieto poruchové systémy majú VZ smer a zmysel pohybu približne vertikálny. Predpokladá sa, že paleohrast vznikol v terciéri, s najväčšou aktivitou koncom oligocénu. [8]





Obr. 5 - Poruchová štruktúra gravitačného príkrovu na južných svahoch Nízke Tatier [22]-upravené

## **6. TEKTONIKA A RECENTNÉ AKTÍVNE ZLOMOVÉ SYSTÉMY**

Pri zisťovaní tektonicky aktívnych oblastí a recentných zlomových systémov boli použité dáta z leteckého a družicového snímkovania. Tieto dáta boli interpretované z hľadiska geomorfológie využitím exodynamickej analýzy a kvalifikácie reliéfu. Analýzou výsledných tvarov reliéfu sa študuje pôsobenie exogénnych procesov na geologickú stavbu. Zodpovedá sa tým tiež otázka štrukturálno-tektonickej predispozície vývoja reliéfu. [9]

### **Základné princípy exodynamickej analýzy**

Exodynamická analýza sa na rozdiel od geomorfologickej analýzy, ktorá sa sústreďuje predovšetkým na posudzovanie tvarov zemského povrchu, zaoberá tiež dynamikou vývoja zemských tvarov. Študuje súbory exogénnych procesov, ktoré sa podieľajú na vytváraní zemského povrchu, hodnotí uplatnenie geologickej stavby a rekonštruje jednotlivé cykly vývoja reliéfu.

Letecké a družicové snímky v exodynamickej analýze slúžia ako zdroj informácií. Záleží však od ich mierky, od možnosti stereoskopického pozorovania a aké informácie potom podávajú. Snímky, ktorých mierka je v rozmedzí od 1:10 000 až 1:40 000 sú vhodné pri stereoskopickom pozorovaní k identifikácii geomorfologických jednotiek a foriem nižšieho rádu. [9]

### **6.1 Letecké snímky**

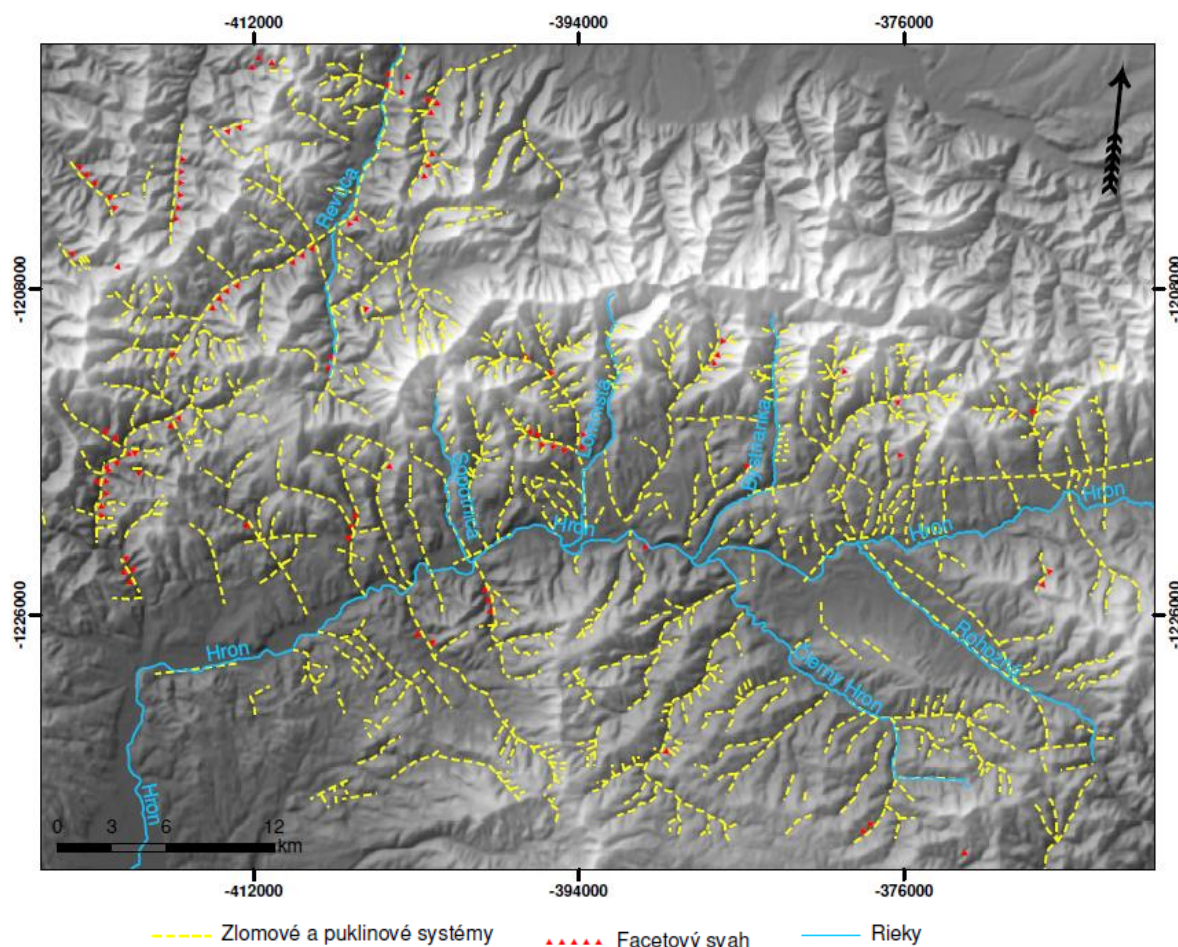
Letecké a fotografické metódy patria medzi najčastejšie používané a ekonomicky najdostupnejšie metódy diaľkového prieskumu Zeme. Pomocou leteckých snímok je možné identifikovať na zemskom povrchu geologické telesá a priebeh štruktúrnych prvkov. Využívajú viditeľnú časť elektromagnetického spektra v rozsahu 300 – 900 nm, a v prípade multispektrálnych snímok aj časť infračerveného žiarenia spektra. [10], [11]

#### **6.1.1 Interpretácia leteckých snímok**

Je pravdepodobné, že dolina rieky Hron, sprevádzaná lineárnymi, strmými a občasne facetovými svahmi, bola založená na dávnom zlome. Podobne lemovaná je tiež Revúcka zlomová línia, ktorá je doprevádzaná niekoľkými facetami pozdĺž severnej časti údolia rieky Korytnice. Vďaka čomu facety v dolinách slúžili ako kritérium pre interpretáciu zlomov.

Je teda možné domnievať sa, že rieky nasledujú línie a zóny tektonického oslabenia. Potom je možné za pomoci odvodňovacieho systému charakterizovať zlomové a poruchové oblasti. Na základe tohto predpokladu boli určené hlavné smery tektonických zón, zlomové a poruchové prvky:

1. SV-JZ, VSV-ZJZ systémy (západná vetva zlomovej zóny Revúca, dolina rieky Hron a systém línií na východe územia). V tomto smere sa tiahne tiež Hronský zlom interpretovaný ako transkurentný zlom s veľkým pravostranným horizontálnym posunom,
2. SZ-JV,SSZ-JJV (východná vetva zlomovej zóny Revúca, priečny zlom medzi obcami Lučatín a Brusno a na východe zlom pozdĺž rieky Čierny Hron a Rohozná),
3. S-J zlomy, ktoré formujú dôležité doliny na južných svahoch Nízkych Tatier ako aj severná časť revúckeho zlomového systému. [1]



Obr. 6 – Tektonická analýza Nízkych Tatier vytvorená na základe stereoskopického pozorovania leteckých snímok v mierke 1:35 000 [1]-upravené

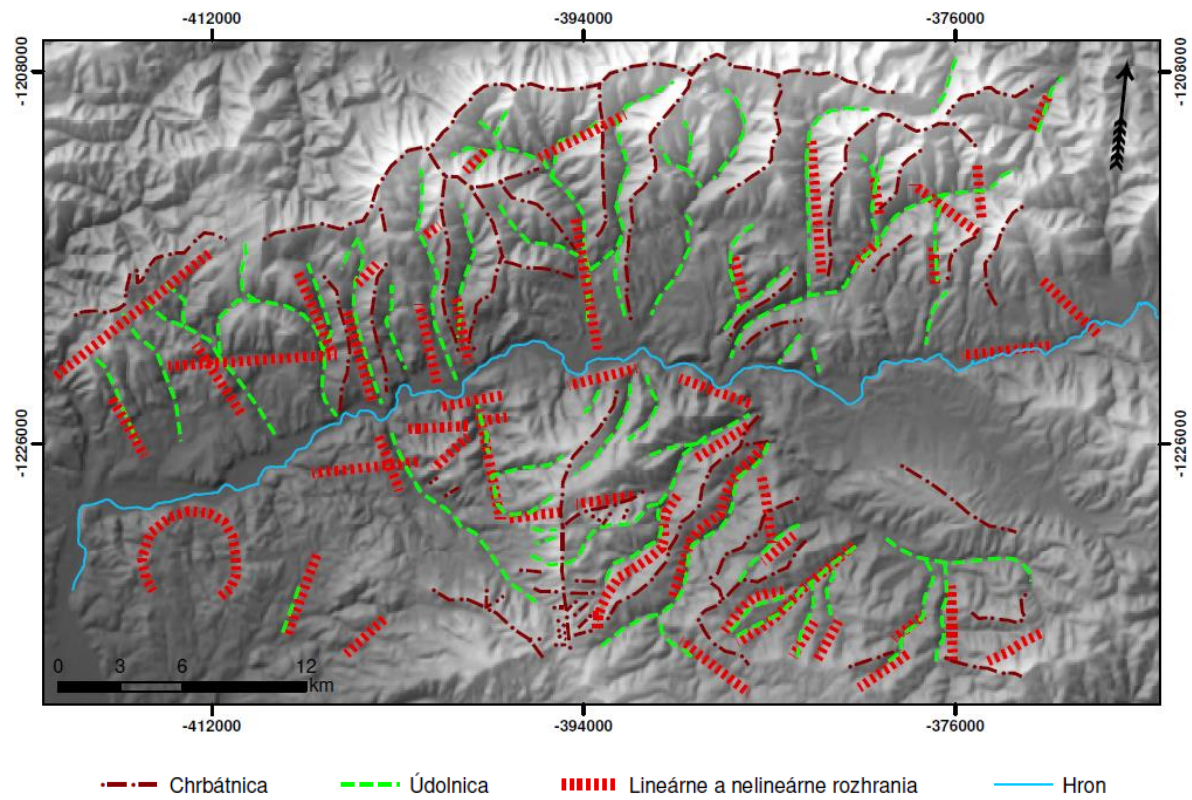
## **6.2 Kozmické snímky**

Využívanie kozmických snímok značne ovplyvnilo rozvoj, metodiku a využívanie diaľkového prieskumu Zeme. Rozsah územia, ktoré snímky pokrývajú je obrovský. Predovšetkým snímky vytvorené aparátami družíc typu Landsat získali značný úspech vo vede a praxi. [8] Analyzovaná časť územia Nízkych Tatier spojovaná s interpretáciou gravitačného príkrovu bola determinovaná práve na základe prvých snímok typu Landsat a neskôr potvrdená z analýz digitálneho modelu reliéfu (DEM, SRTM atd.)

### ***6.2.1 Interpretácia kozmických snímok***

Vizuálna interpretácia bola prevedená na multispektrálnej kozmickej snímke získanej družicou Landsat. Pomocou projektora boli zvýraznené tvarové charakteristiky skúmaných objektov, poruchové línie, depresívne polohy, atď. [2]

Na základe vizuálnej interpretácie bolo vytvorené interpretačné schéma, na ktorom sú zobrazené chrbátnice, údolnice, lineárne a nelineárne rozhrania. Lineárnymi a nelineárnymi rozhraniami sa rozumejú priame, kruhové alebo eliptické rozhrania, ktoré sa na snímkach prejavujú výraznou hustotou zobrazenia a vo väčšine prípadov tiež geomorfologicky. Analýzou lineárnych rozhraní, tvaru a štruktúry dolín a chrbtov bol identifikovaný pravdepodobný výskyt štruktúry gravitačného príkrovu. Zhodnotenie reliéfu kozmickej snímky potvrdilo geologické a geofyzikálne tvrdenia o tvorbe paleohrastu. [2]



Obr. 7 - Interpretáčné schéma Nízkych Tatier [2]-upravené

## 7. GNSS SIETE A GEODETICKÉ ÚDAJE

### 7.1 GNSS dáta

Karpatský región a oblasť Panónskej panvy je od roku 1994 pravidelne monitorovaná GPS technológiou. Spočiatku bola vytvorená sieť bodov určená pre epochové merania pomocou GPS. Táto sieť bola neskôr doplnená sieťou permanentných staníc GPS. Monitorovanie nachádzalo uplatnenie v rôznych oblastiach (geodetických, geokinematických, v určovaní lokálnych deformácií atď.). Ako sa však neskôr ukázalo veľkým nedostatkom týchto nazhromaždených dát bola ich vzájomná nehomogenita a nekompatibilitnosť. Tento fakt bol spôsobený použitím rozličnej techniky a prístrojového vybavenia v priebehu monitorovacieho procesu. [12]

K získaniu regionálneho vektorového rýchlostného poľa s optimálnou homogenitou, dostatočnou hustotou a presnosťou boli použité dve rôzne metódy:

- Metóda založená na zoskupení rôznych vektorových rýchlostných polí publikovaných v posledných rokoch. Výhody, ktoré prináša táto metóda sú:
  - pomerne husté pokrytie vektorovou sieťou,
  - existencia niekoľkých vektorových odhadov rýchlostí na rovnakých miestach, ktoré umožňujú ich vzájomné porovnanie,
  - vytvorenie vektorového rýchlostného poľa pokrývajúceho viac regiónov s dostupnými dátami.

Nevýhodou je, že neposkytuje spoľahlivú presnosť odhadu všetkých miest a vektory nie sú úplne homogénne.

- Presná metóda založená na prepracovaní GPS údajov. K spracovaniu boli použité pôvodné výsledky GPS pozorovaní vo formáte RINEX a denné alebo týždenné koordinovné odhady vo formáte SINEX. Vektory permanentných staníc a epoch-wise staníc sú odhadované súčasne. Výsledkom tejto metódy sú 3-D vektory s úplnou kovariančnou maticou všetkých nastavených parametrov. Nevýhodou tejto výrazne prácnejšej metódy je nutnosť pôvodných GPS pozorovaní alebo SINEX sieťových riešení. Zo spomínaných dôvodov je získané vektorové rýchlostné pole menej husté ako v predchádzajúcom postupe, avšak zaručuje vyššiu spoľahlivosť. [12]

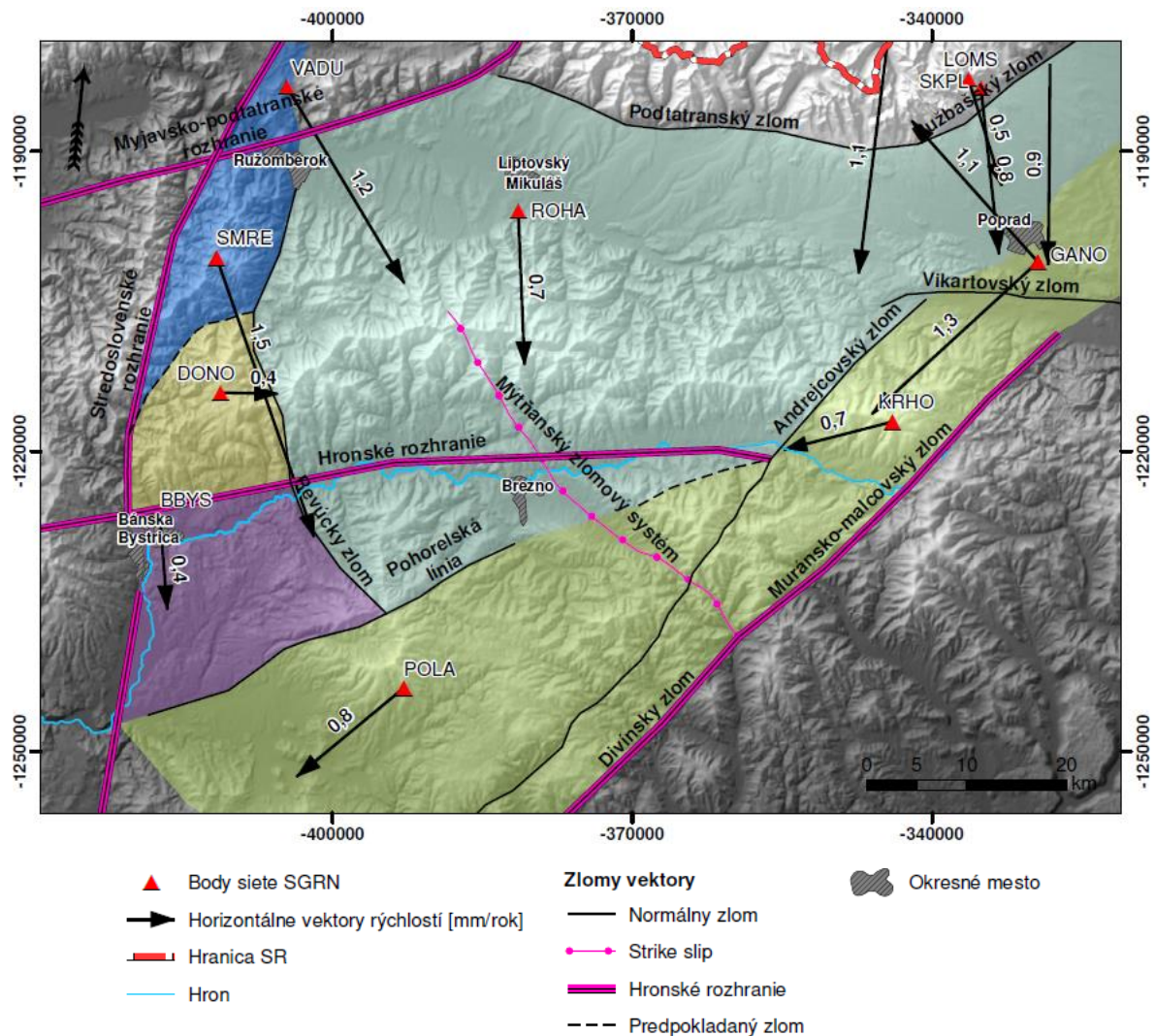
### ***7.1.1 Horizontálne vektory rýchlostí***

Horizontálne vektory rýchlostí predstavujú celkovú, absolútnu zmenu polohy bodu za rok vzhľadom na geocentrický referenčný rámec. Odhady rýchlosti pohybu bodov slúžia na určenie miery napätia a deformácií v danom regióne. [13]

Horizontálne vektory rýchlostí prezentované na obr. 8 sú výsledkom GNSS kampaní [12] na bodoch Štátnej priestorovej siete. Body Štátnej priestorovej siete sa delia na body triedy „A“, „B“, „C“ a „D“. Pre účely tejto práce boli použité merania na bodoch triedy „B“, teda na bodoch Slovenskej geodynamickéj referenčnej siete (SGRN). Tieto geodetické body sa využívajú k monitorovaniu geokinematiky a geodynamiky.

Na bodoch SGRS sa observovalo niekoľko krát a celý proces viedol k vytvoreniu vektorového rýchlostného poľa zahŕňajúceho vektory rýchlostí na 192 miestach. Merania horizontálnych vektorov rýchlostí sa uskutočňujú v záväznom európskom geodetickom systéme ETRS89 a vyjadrujú sa aj v medzinárodnom (svetovom) geodetickom systéme ITRS 2000. Výsledky meraní sú redukované na kinematický model APKIM 2000 (Actual Plate Kinematics Model). Presnosť vodorovnej zložky vektorov rýchlostí, sa pohybuje od 0,4 mm do 1,6 mm za rok v závislosti na časovom rozpätí epochových meraní. [12]

V blízkosti geodetického bodu GANO (Gánovce) sa nachádza absolútny gravimetrický bod a taktiež permanentná GNSS stanica GANP siete IGS, EPN a SKPOS. GANP A BBYS sú geodetické body s hĺbkovou stabilizáciou 10 m, na ktorých sa vykonáva permanentné pozorovanie pohybov povrchu územia.



Obr. 8 - Horizontálne vektory rýchlostí [12]

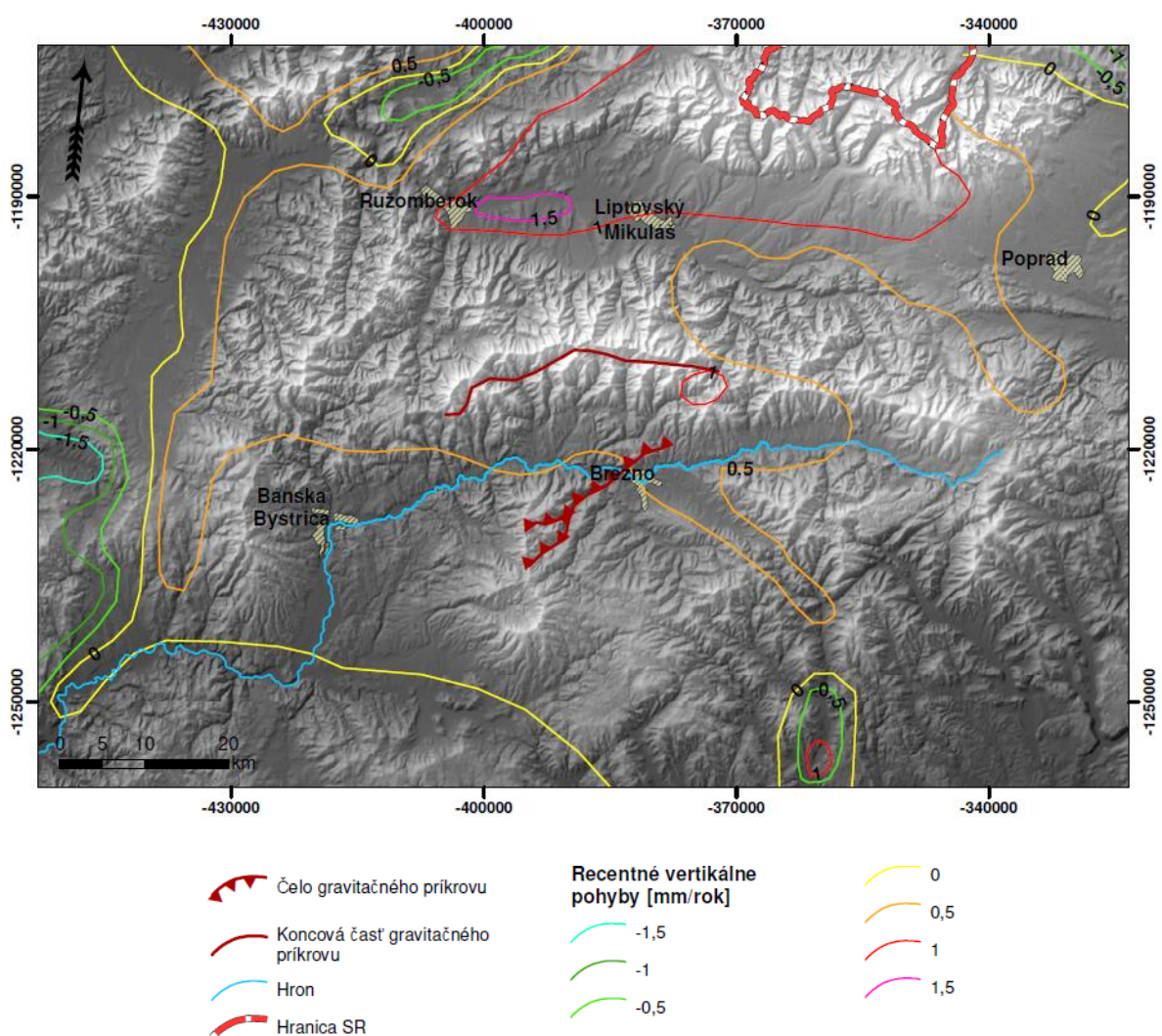
### 7.1.2 Recentné vertikálne pohyby

Určovanie vertikálnych pohybov slúži k monitorovaniu tektonickej a seizmickej aktivity územia. V súčasnosti sa vertikálne pohyby povrchu pozorujú spravidla meraním na 24 bodoch Slovenskej geodynamickej referenčnej siete (SGRN), ktoré sú aj súčasťou siete Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS). [15]

Vertikálne pohybové tendencie sú prezentované v mape recentných vertikálnych pohybov Nízkych Tatier a okolia. Základným zdrojom pre vytvorenie mapy recentných vertikálnych pohybov bolo niekoľkoročné epochové meranie vektorov rýchlostí v rokoch 1948 až 1964. Vertikálna zložka je vyjadrená izolíniami rýchlostí pohybov, ktorých veľkosť je uvedená v mm za rok. [14]



Na základe mapy recentných vertikálnych pohybov Strednej Európy sa dá usudzovať, že celá oblasť Karpatského oblúka ma všeobecne zdvihový charakter. Vertikálne pohyby záujmovej oblasti Západných Karpát boli vyhodnotené na podklade mapy recentných vertikálnych pohybov Vanka a Kvitkoviča [16]. Táto mapa bola zostrojená na základe výsledkov geodetických metód v geodynamickom procese štúdia. Analýzou mapy je zrejmé, že vertikálne pohybové tendencie pre oblasť Nízkych Tatier sa pohybujú v rozmedzí od 0,0 mm do 1,0 mm za rok. Tieto pohyby majú zdvihový charakter pre celú oblasť Nízkych Tatier. [12]



Obr. 9 - Recentné vertikálne pohyby Nízkych Tatier a okolia [16]-upravené

V tejto oblasti boli tiež monitorované vertikálne pohyby pozdĺž nivelačných tratí metódou presnej digitálnej geometrickej nivelácie. Podľa výsledkov nivelácie SZ časť Zvolenskej kotliny a príľahlá časť územia Starohorských vrchov sa vyznačuje zdvihovými pohybmi o rýchlosti nad 1 mm za rok. Najvyššia rýchlosť zdvihového charakteru (+ 1,8 mm za rok) bola zaznamenaná v Banskej Bystrici. Táto rýchlosť vyzdvihovania je súčasne najvyššia zistená v celých Západných Karpatoch a svedčí o značnej lokálnej pohybovej aktivite zemskej kôry. [15]

## **8. GEOFYZIKÁLNY OBRAZ ÚZEMIA**

### **8.1 Geofyzikálne dáta**

#### **Gravimetrická mapa Slovenska**

Gravimetria je oblasť aplikovanej geofyziky, zaoberajúca sa meraním a vyhodnocovaním tiažového zrýchlenia gravitačného poľa Zeme. Namerané hodnoty sú využívané k určovaniu nehomogenít v zemskej kôre.

Gravimetrická mapa, použitá pri spracovaní tejto práce, bola vytvorená na podklade tiažových meraní na cca. 212 500 bodoch z celého Slovenska. Výsledky regionálnych meraní boli následne komplexne spracované a zjednotené. Bola zostavená databáza regionálnych gravimetrických meraní na báze geofyzikálneho informačného systému. Následne sa vyhotovila mapa úplných Bouguerových anomálií (ÚBA) v mierke 1:25 000. ÚBA je odrazom odchýlok nameraného tiažového poľa a teoretických účinkov Zeme ako celku. [17], [18]

#### **Magnetická mapa Slovenska**

Magnetometria je oblasť aplikovanej geofyziky, skúmajúca magnetické pole Zeme a možnosti jeho využitia pre rôzne účely.

K zostaveniu magnetickej mapy Slovenska boli využité rôzne výsledky, údaje a podklady zhromaždené z výsledkov meraní do roku 2008. Medzi ktoré patria aeromagnetické merania (sledovanie magnetických vlastností hornín a minerálov) spolu s výsledkami pozemných meraní vertikálnej zložky totálneho vektora magnetickej indukcie zemského magnetického poľa ( $Z$ ). Tieto merania boli získané počiatkom 60-tých rokov z oblasti Podunajskej a Východoslovenskej nížiny a v západnej časti vonkajšieho flyšového pásma Západných Karpát. Neskôr boli k týmto dátam pridané výsledky z doplňujúceho geomagnetického merania uskutočneného v rokoch 2005-2008.

Hodnoty totálnej indukcie magnetického poľa Zeme ( $T$ ) boli opravené o Medzinárodné referenčné normálne pole (IGRF 1995). [19]

## 8.2 Geofyzikálna analýza Nízkyh Tatier

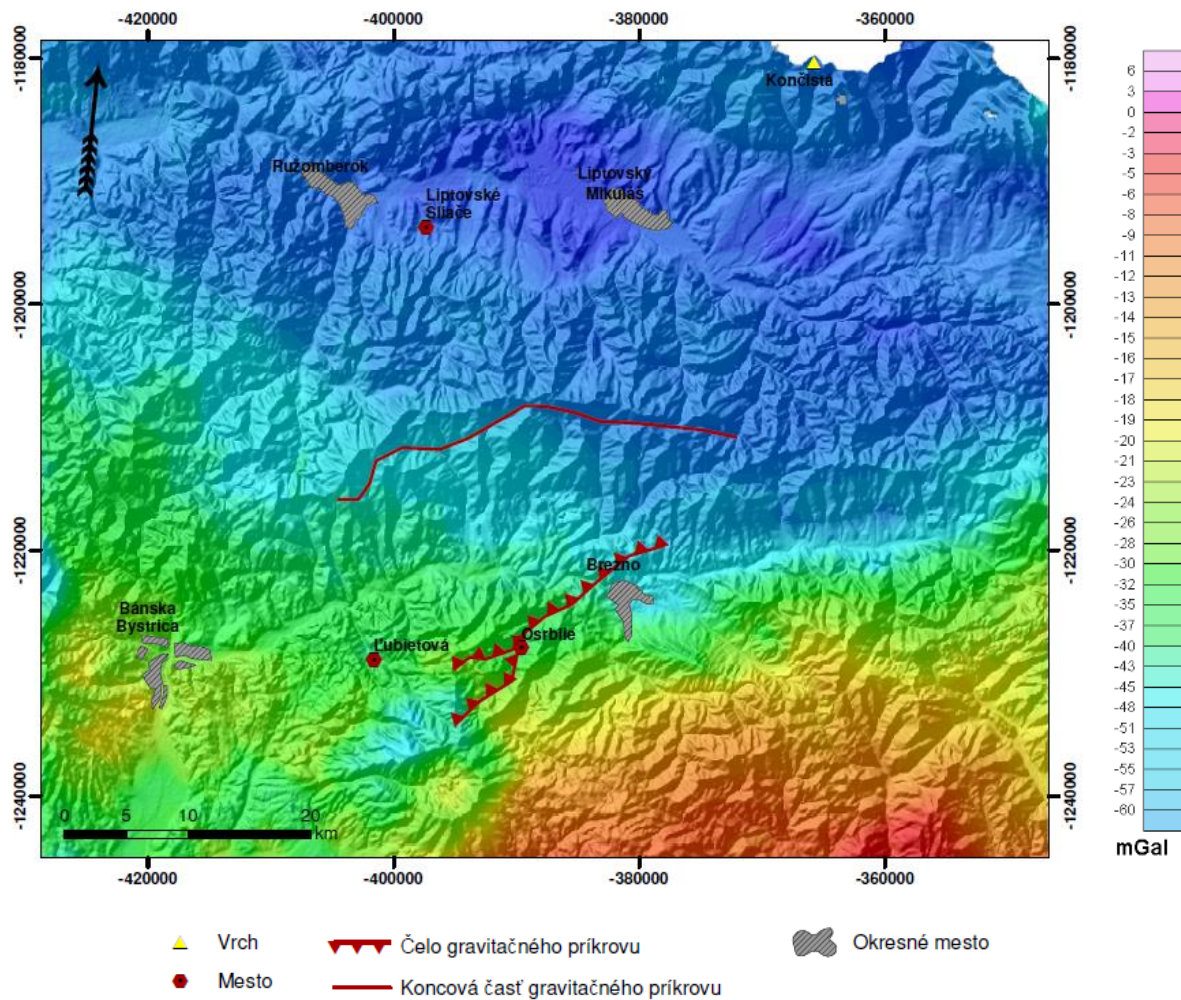
Pri analýze záujmovej oblasti boli použité výsledky tiažových a magnetických meraní (Archív Geofyzika a.s., Brno a Geofond, GS DŠ SR) v mierke 1 : 25 000.

### 8.2.1 Gravitačné anomálie

#### *Tiažové pole*

Oblasť Nízkyh Tatier, podobne ako územie Centrálnych Západných Karpát sa nachádza v časti karpatského tiažového minima. Tiažové pole sa v oblasti Nízkyh Tatier prejavuje dvoma rozličnými charakteristikami:

- Približne od spojnice Osrbľie – Končistá smerom na východ má oblasť veľmi intenzívny V-Z tiažový gradient, bez výraznejších porušení, resp. členitosti. Výnimkou je oblasť breznianskej depresie, ktorá sa svojou sedimentárnou výplňou prejavuje ako tiažová depresia V-Z smeru. Za hlavný zdroj tiažového minima v oblasti Brezno-Poprad sa považuje zhrubnutie kôry v oblasti najvyšších nadmorských výšok. [17], [2]
- Oblasť západne od spomínanej pomyslenej spojnice má odlišný obraz tiažového poľa. Dochádza k zmene smeru gradientu (SZ-JV) aj k zníženiu jeho intenzity. Výrazná zmena je i v členitosti poľa, prejavujúca sa tiažovými eleváciami a depresiami, nepravidelne usporiadanými v oblasti južných svahov Nízkyh Tatier. V oblasti Ľubietová - potok Zúbra (prítok Sliačanky pretekajúcej obcou Liptovské Sliače) sa striedajú pásma širokých pozitívnych anomálií s úzkymi zápornými anomáliami, ktoré si zachovávajú SV-JZ smer. Výrazná záporná kruhová tiažová zóna južne od Ľubietovej zodpovedá stratovulkánu Poľany. [2]



Obr. 10 - Úplné Bouguerové anomálie [18]-upravené

## 8.2.2 Magnetické anomálie

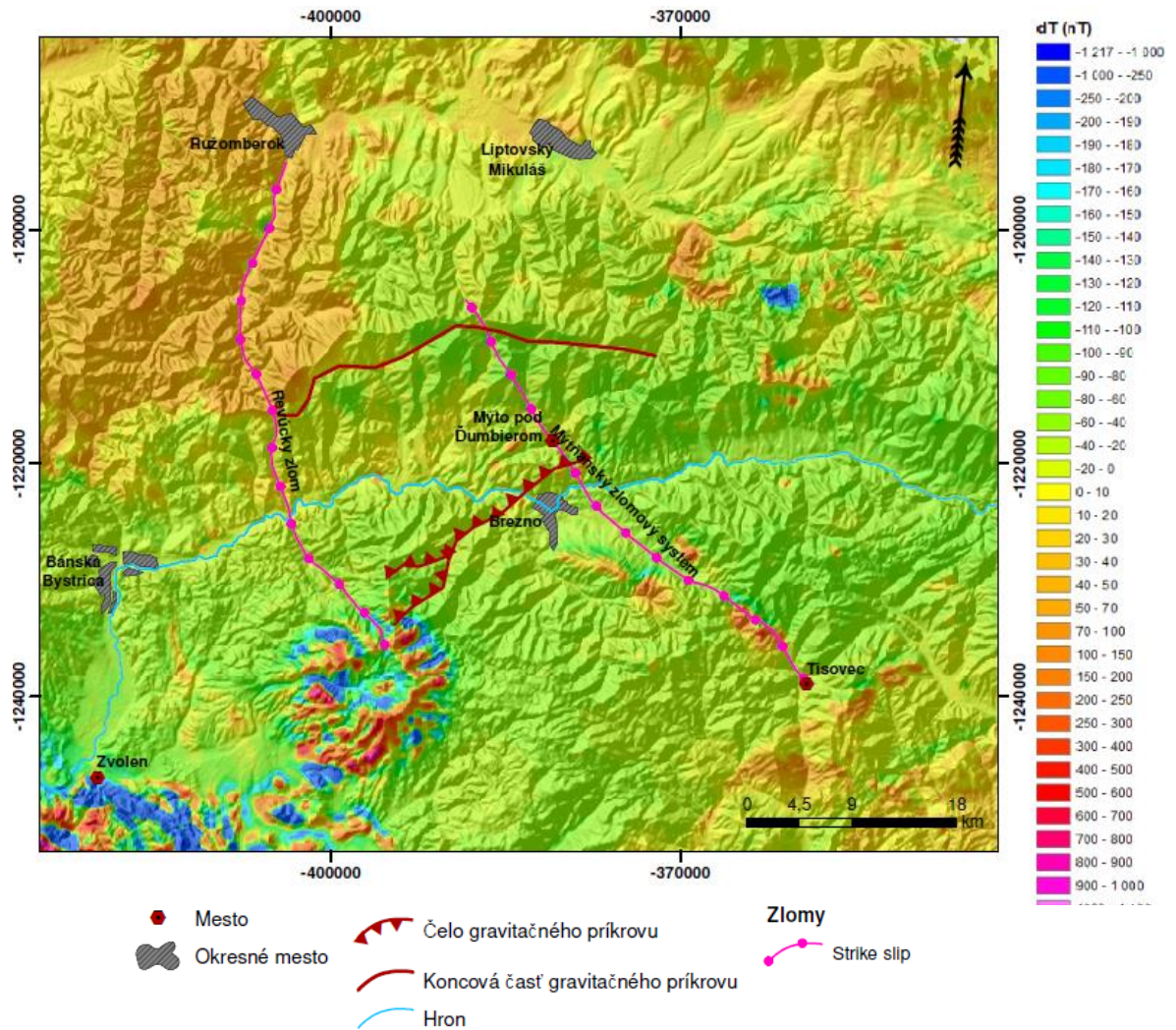
Dodnes nebola celá oblasť Nízkyh Tatier pokrytá magnetickými meraniami. No aj napriek tomuto faktu podávajú doterajšie výskumy zaujímavé informácie.

Najintenzívnejšie sa prejavuje tzv. Tisovsko-mýtňanský prelom sprievodnými terciérnymi vulkanitmi. Taktiež intenzívne sa prejavujú amfibolitové telesá medzi Breznom a Mýtom pod Ďumbierom. Územie Nízkyh Tatier by sa dalo z hľadiska magnetickej polarít anomaly plošne rozdeliť na:

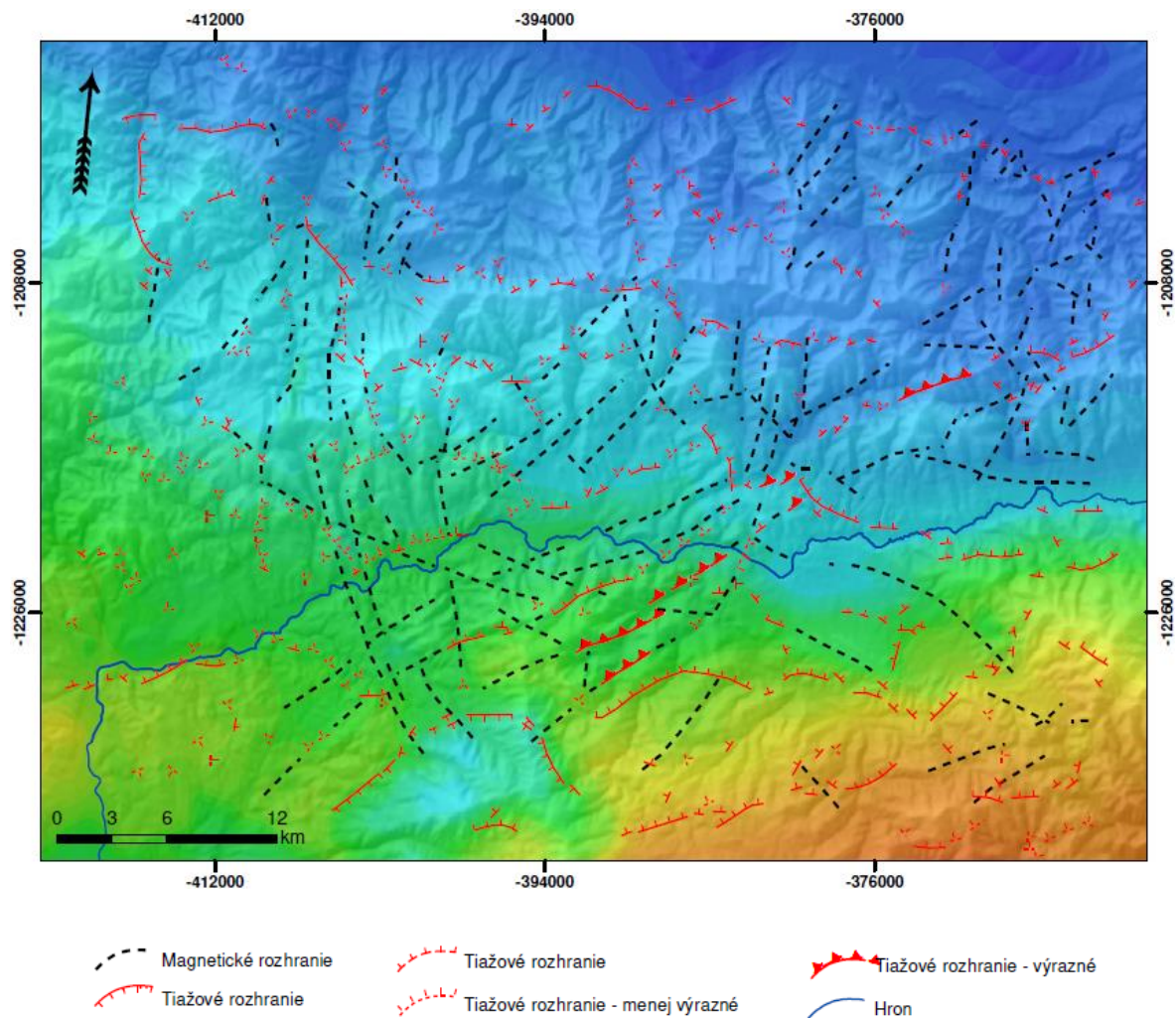
- južné svahy Nízkyh Tatier, ktoré sa (až na malé úseky) prejavujú ako zóna pozitívnych anomaly,
- vrcholové časti a údolie Hrona, ktoré si zachovávajú zápornú polaritu.

Za najzaujímavejšie rozhranie a z hľadiska vysvetlenia identifikovanej štruktúry aj najdôležitejšie, je považovaný revúcky poruchový systém. Toto rozhranie zasahuje až do oblasti stratovulkánu Poľany a pravdepodobne slúžilo ako kanál sopečným produktom. [2]

Ďalší významný priečný poruchový systém sa vymedzil na základe magnetických anomálií pozdĺž spojnice miest Tisovec - Mýto pod Ďumbierom. Uvedený poruchový systém fungoval podobne ako revúcky a tvoril výstupovú cestu neogénnych vulkanitov. [2]



Obr. 11 - Magnetická mapa Slovenska [19]-upravené



Obr. 12 - Hlavné geofyzikálne rozhrania na podklade Gravimetrickej mapy Slovenska [2]-upravené

### 8.2.3 Seizmologicky aktívne oblasti

Seizmické javy na území Slovenskej republiky sú monitorované seizmickými stanicami Národnej siete seizmických staníc (NSSS), na ktorých sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. V súčasnosti je NSSS tvorená 12 seizmickými stanicami, ktoré sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo Veľkej Británii: [20]

Tabuľka 2 - Zoznam seizmických staníc na Slovensku

Bratislava –Železná studnička (ZST)	Kečovo (KECS)
Červenica (CRVS)	Kolonické sedlo (KOLS)
Vyhne (VYHS)	Likavka (LIKS)
Modra (MODS)	Moča (SRO2)
Hurbanovo (HRB)	Stebnícka Huta (STHS)
Iža (SRO1)	Šrobárová (SRO)

Predmetom monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity územia je pozorovanie pohybovej aktivity geologických štruktúr a relatívnych pohybov pozdĺž zlomov. Oba typy pohybovej aktivity môžu mať priamy nepriaznivý dopad na stavbu a krajinné prostredie alebo dopad nepriamy, prostredníctvom aktivizácie iných geodynamických javov (zosuvy, plazivé pohyby, atď.). Výsledkom hodnotenia je dokumentácia seizmických javov s epicentrom na území Slovenskej republiky, prípadne v blízkosti hraníc. [21]

Územie Západných Karpát a celého Slovenska je považované za oblasť s miernou seizmickou aktivitou. Na území Slovenska bolo na základe údajov seizmogramov a geologického prieskumu vyčlenených šesť ohniskových zón: Malé Karpáty, Dobrá Voda, Žilina, **Stredné Slovensko**, Komárno a Slanské vrchy. Dobrá Voda je najlepšia priestorovo definovaná ohnisková zóna, vďaka stálemu zoskupovaniu macroseizmicky lokalizovaných epicentier zemetrasení. [22]

Makroseizmické zemetrasenia sú zemetrasenia, ktorých lokálne magnitúdo  $M_L$  je väčšie ako 2,5. Od roku 1995 do roku 2015 bolo na území Slovenska a v jeho blízkom okolí zaznamenaných 45 zemetrasení s magnitúdou väčšou ako 2,5. [23] Hĺbka ohniska makroseizmických zemetrasení bola určená približne pre 10% z ich celkového počtu. Na Slovensku sa pohybuje hĺbka ohnísk od pár kilometrov až po 15 alebo 18 kilometrov. Z tohto dôvodu sa oblasť považuje za lokalitu vyznačujúcu sa plytkými kôrovými zemetraseniami. [22]

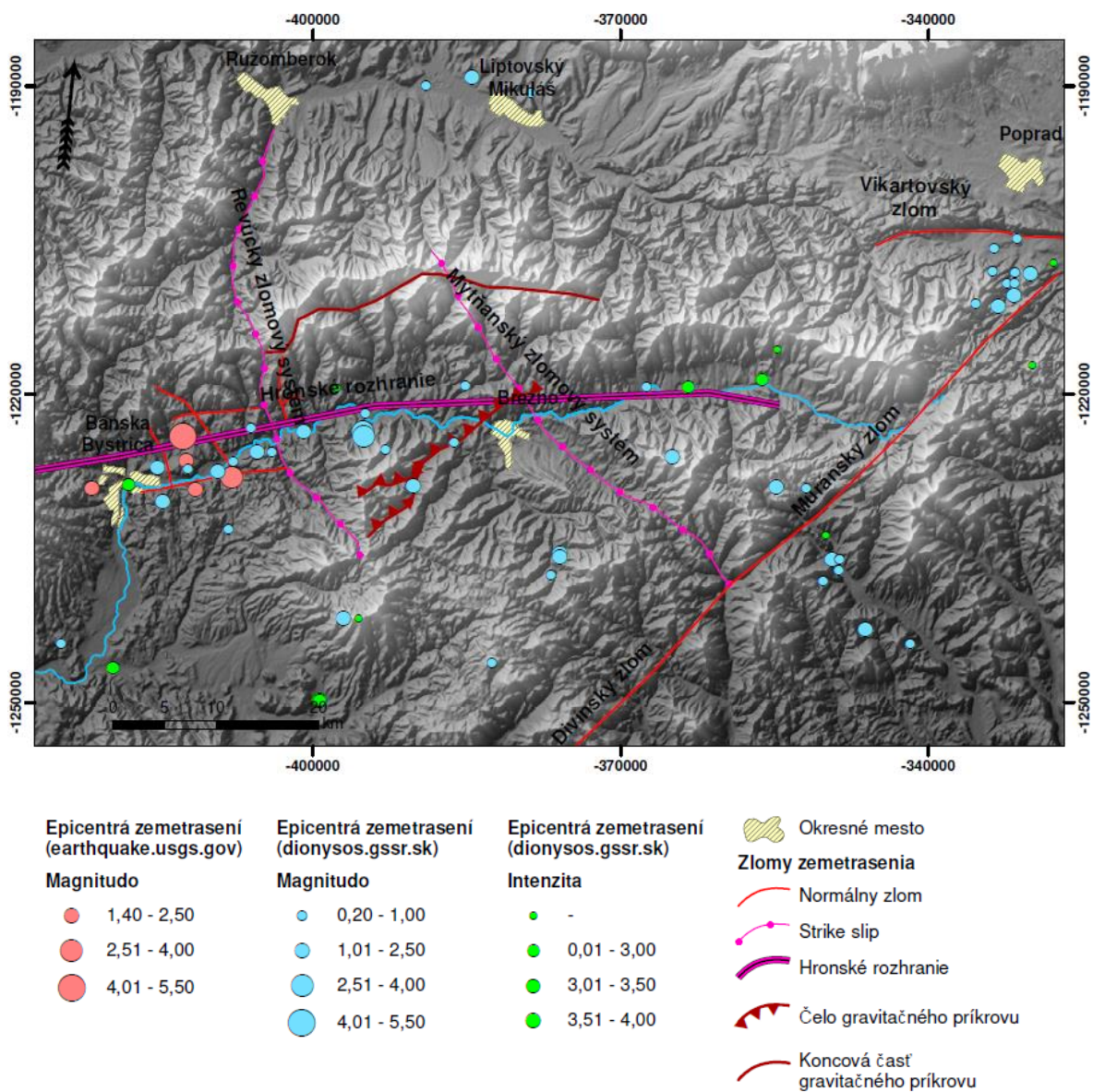
#### **8.2.4 Seizmotektonika oblasti**

Údaje o seizmickej aktivite na území Slovenska použité v tejto práci pochádzali z rôznych zdrojov. Časť prezentovaných údajov pochádzala z databáze U.S. Geological Survey (USGS). [24] Použité údaje obsahujú informácie o zemetraseniach zaznamenaných v rokoch 1984 až 2014.

Ďalším zdrojom boli verejne prístupne informácie v publikáciách a správach Čiastkového monitorovacieho systému Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ). [25] V týchto správach sa nachádzajú podrobné informácie o seizmických javoch na území Slovenska. Pre túto prácu boli použité výsledky seizmologicky lokalizovaných zemetrasení a makroseizmicky pozorovaných zemetrasení v rokoch 2004 až 2015. Tieto výsledky pochádzali zo záznamov seizmických staníc NSSS. Dokumentácia obsahuje



informácie o mieste, dátume a čase vzniku zemetrasenia, súradniciach epicentra, hĺbke ohniska pod povrchom, veľkosti zemetrasenia ( $M_L$ ) a intenzite zemetrasenia ( $I_0$ ).



Obr. 13 - Epicentrá zemetrasení v oblasti Nízkych Tatier [24], [25]

Na podklade údajov o seizmickej činnosti v oblasti stredného Slovenska je možné konštatovať, že veľká časť zemetrasení sa vyskytuje v okolí revúckeho zlomového systému a v okolí údolia rieky Hron. Časť zemetrasení je tiež lokalizovaná v oblasti Muránskeho zlomu, najmä v mieste kríženia s Vikartovským zlomom. Zemetrasenia zaznamenané v tejto oblasti s magnitúdou väčšou ako 2,5° sú obvykle viazané na širšie okolie mesta Banská Bystrica (medzi Banskou Bystricou a Ľubietovou). Výskyt zemetrasení v tejto časti môže byť tiež do určitej miery spájaný s miestom kríženia revúckeho zlomového systému

s hronskou tektonickou zónou. Slabšie zemetrasenia s magnitúdou pohybujúcou sa od 0,5° do 2,5° boli zaznamenané v blízkosti Muránskeho zlomu.

Za veľmi zaujímavé je tiež považované zemetrasenie z dňa 5. júna 1443, ktoré spôsobilo vážne škody. Je možné, že otrasy boli zaznamenané tiež v Maďarsku, Poľsku, na Morave, v Česku a v Rakúsku. Z dostupných informácií nie je možné presne určiť jeho polohu, avšak s najväčšou pravdepodobnosťou miestom výskytu bolo širšie okolie Banskej Bystrice. Hĺbka tohto zemetrasenia sa odhaduje na 25 km. Je možné sa domnievať, že jeho pôvod by mohol byť viazaný na hronskú tektonickú zónu. [1]

## 9. ANALÝZA GEODYNAMICKÝCH PROCESOV

Geodynamické javy sú geologické procesy ale aj výsledné zmeny štruktúry a reliéfu horninového prostredia, ktoré týmito procesmi vznikajú.

V študovanej lokalite sa sústredila pozornosť na nasledujúce geodynamické javy:

1. svahové deformácie (zosuvy, plazivé pohyby, sklzy a poklesy, rozpad blokov hornín, sutinové polia),
2. erózne elementy (výmoľová a plošná erózia, erózne hrany),
3. povrchové krasové javy (závrty, plošné a lineárne povrchové krasové útvary),
4. formovanie náplavových kužeľov,
5. zvetrávanie. [1]

### Svahové poruchy

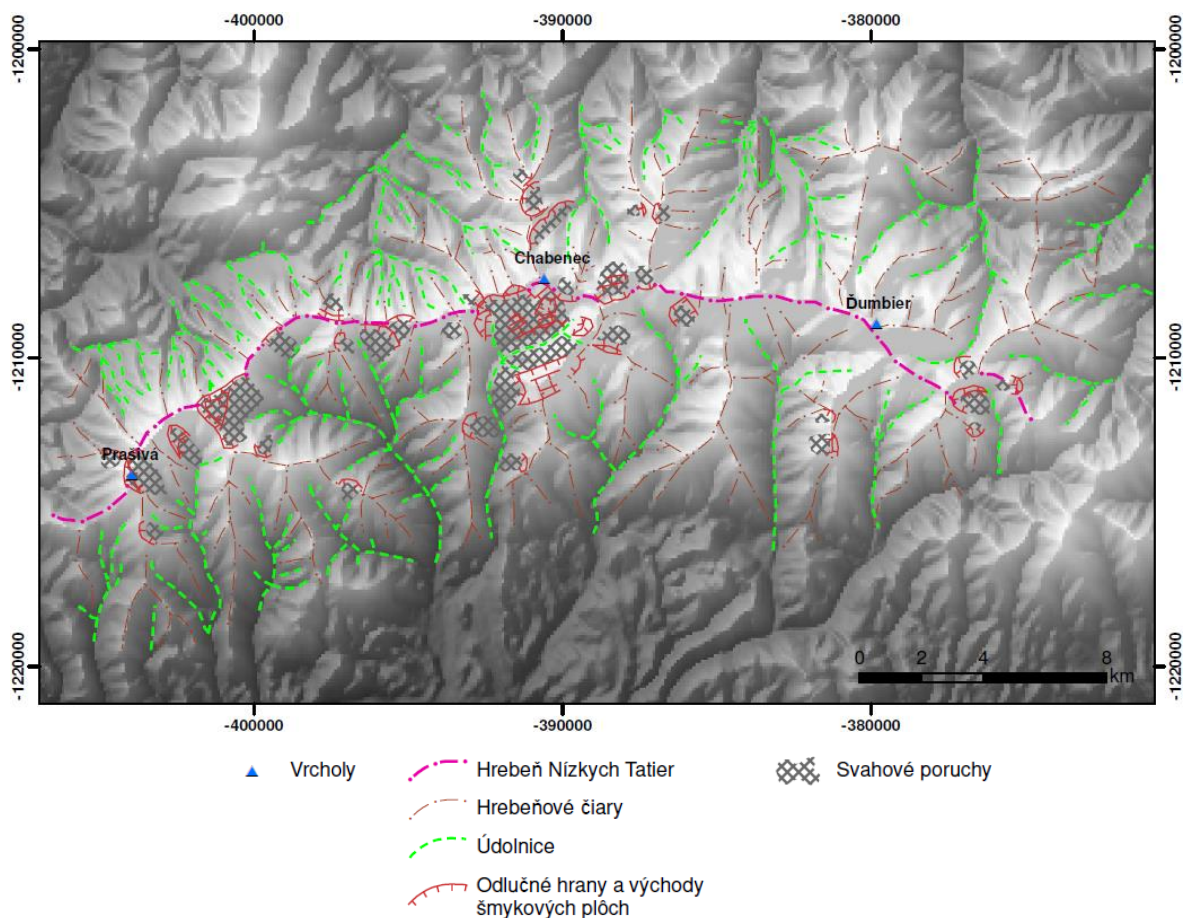
Pod pojmom svahové poruchy sa rozumie gravitačný pohyb horninových mas z vyšších polôh do nižších. Hlavnou podmienkou pre začatie gravitačného svahového pohybu v prírodných pomeroch je geologická štruktúra, priaznivá pre rozvoj gravitačných pohybov. Častou príčinou svahových porúch býva zväčšovanie sklonu a výšky svahu v dôsledku riečnej erózie alebo hĺbenia zárezov, priťaženie vrchnej časti svahu a otrasy zeme. [26]

Menšie *skalné zrútenie* v Nízkych Tatrách bolo zaznamenané z hrebeňa Kotlísk.

Na južných a západných svahoch Skalky, na južných svahoch Kráľovej hole, Strednej hole a Bartkovej boli zaznamenané *kamenné prúdy*, ktorých vznik bol zapríčinený prívalovými vodami. Kamenné prúdy vznikajú v žľaboch ale aj na rovných svahoch nad premennými líniami a nad pásmom lesa.

*Podpovrchové plazivé poruchy* zapríčiňujú posuny blokov, celkov po jednom alebo dvoch systémoch diskontinuit. V prípade posunu po jednom systéme ide o pohyb po naklonenej rovine smerom do doliny. V druhom prípade sa bloky sústavy posúvajú a vykláňajú na rôzne strany, a celkový pohyb tiež smeruje do doliny. Najvýznamnejšie plazivé poruchy v Nízkych Tatrách sú na Chabenci, Košariskách, Latiborskej holi, Panskej holi, na Zvolene, Novej holi, Kozom chrbte, atď. Formu povrchového plazivého pohybu majú fosílné kamenné ľadovce v ľadovcových kotloch. V Nízkych Tatrách sú

najzachovalejšie zvyšky kamenných ľadovcov v kotloch pod Chopkom, Derešmi, Ďumbierom, Štiavnicou, Chabencom, Strednou hoľou a Bartkovou. [26]



Obr. 14 - Hlbinné svahové poruchy na hrebeňoch Prašivej, Chabence a Ďumbiera [26]-upravené

## Erózia

Eróziou sa rozumie rozhlodávanie, rozrušovanie litosféry a pedosféry. V geologickom zmysle slova ide o rušivú činnosť exogénnych činiteľov, medzi ktoré patrí voda, ľad, sneh, vzduch (vietor), zvetraliny, organizmy (fauna a flóra) a človek. [27]

V danej oblasti sa stretávame s dvoma druhmi erózie: výmoľovou a plošnou eróziou. V dôsledku veľkého pozdvihnutia pohoria dochádzalo k intenzívnemu zarezávaniu vodných tokov, čo malo za následok vytvorenie variabilného erózneho reliéfu s rôznymi typmi vodného systému. Dnes je veľkosť erózneho zarezávania a rozširovania závislá od klimatických zmien a od rozpadu horniny.

Na miestach tektonického a litologického oslabenia, najmä na strmých svahoch, možno pozorovať značný pokrok spätnej erózie. Vymieľaním sa tvoria hlboké rokliny a tiesňavy a tiež ploché ústia horských dolín vo vrcholových častiach hrebeňov. Na mnohých

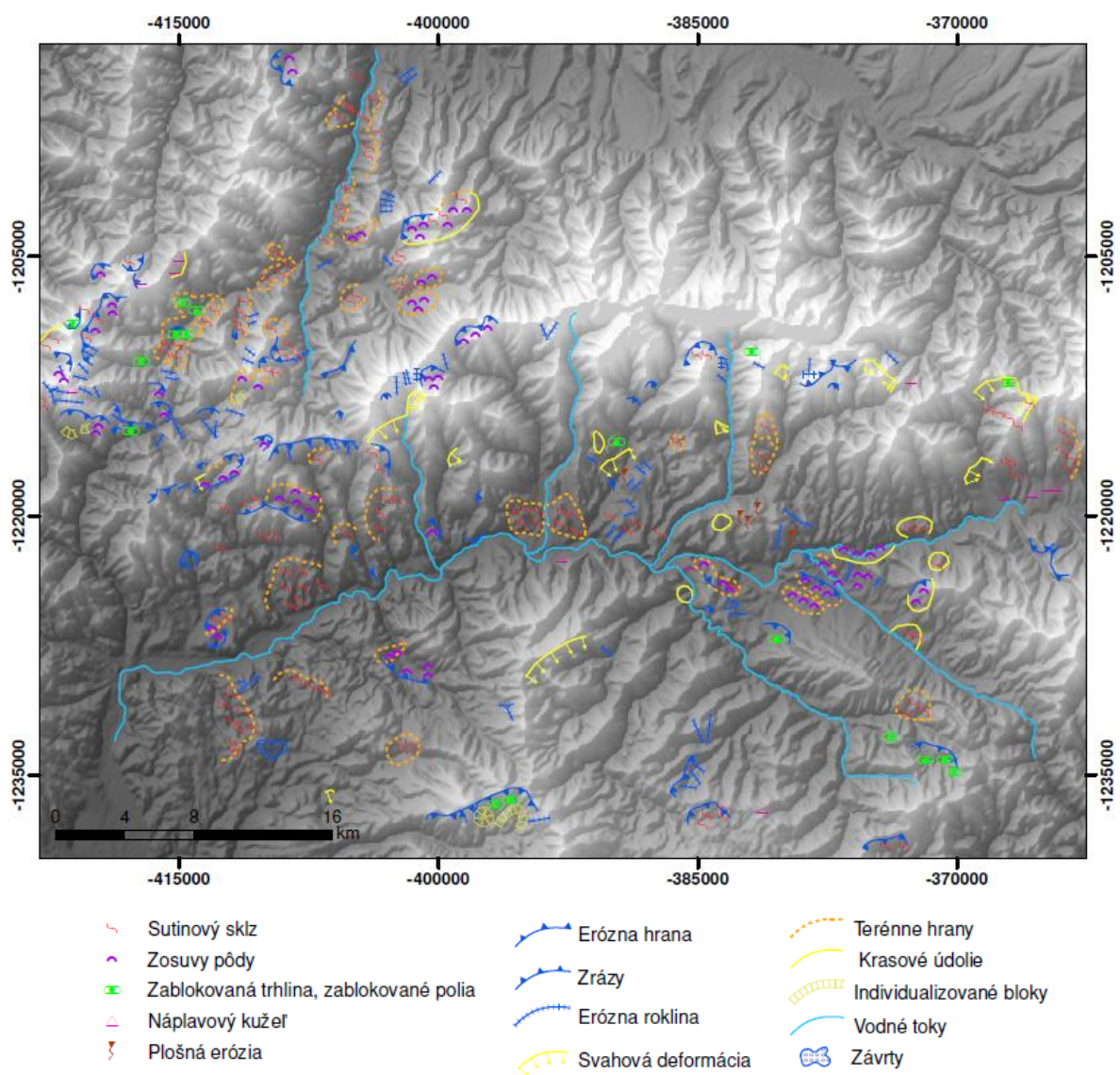
územíach spätná erózia sformovala vrchné časti do ostro zrezaných tvarov a tak rozložila staré štruktúrne roviny. [1]

### Krasové javy

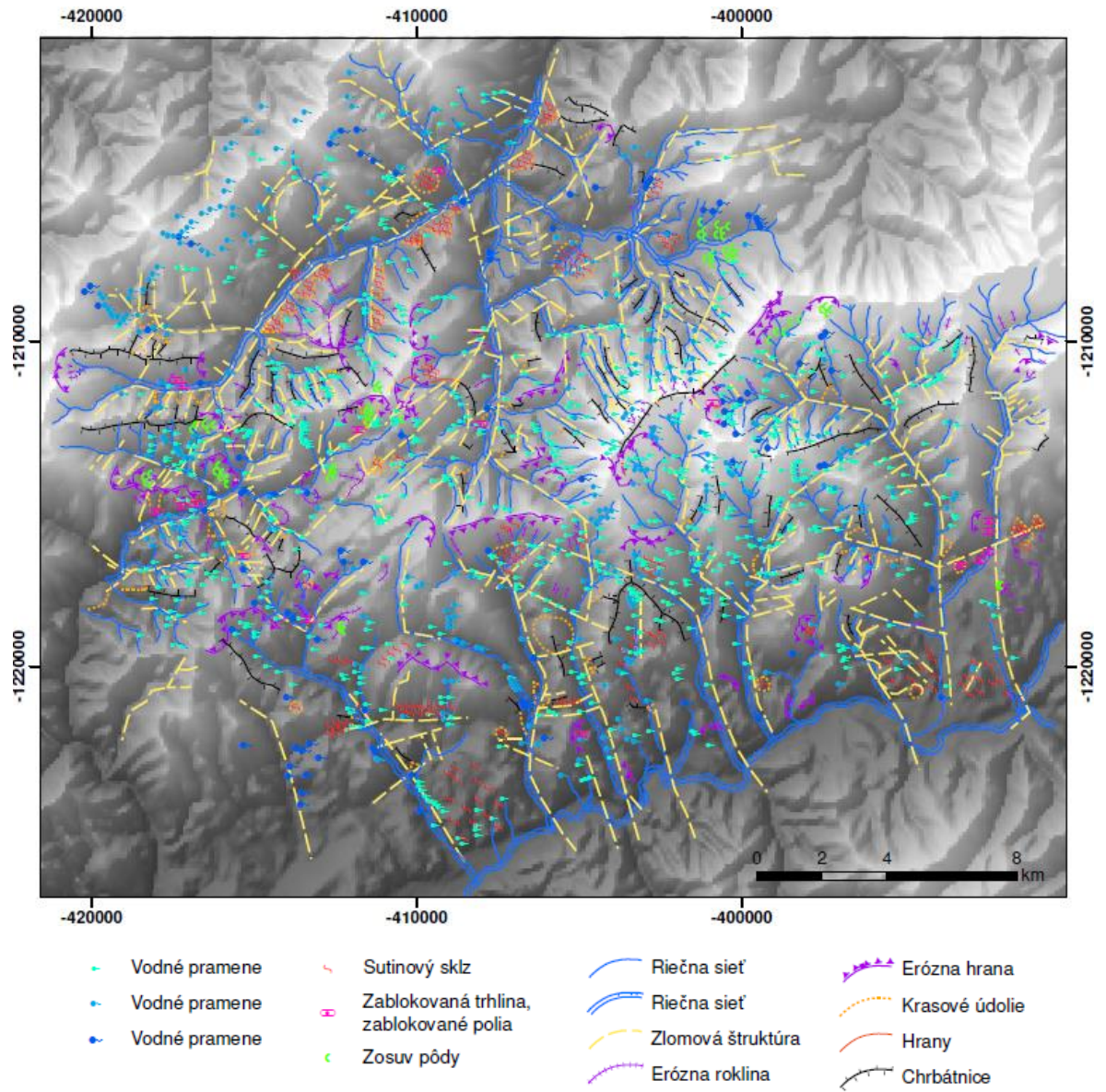
V oblasti Nízkych Tatier je tvorba krasových javov veľmi vzácnym procesom. Krasové oblasti vznikajú pôsobením povrchovej a podpovrchovej vody v dobre rozpustných horninách. Medzi krasové javy patria tiež závrty, ktorých menšie zoskupenie sa nachádza juhozápadne od obce Poníky.

### Ostatné javy

Medzi najlepšie identifikované javy patria proluviálne sedimenty. Na snímkach sú zreteľne viditeľné pomocou prítokov rieky Hron. [1]



Obr. 15 - Geodynamické javy v Nízkych Tatrách [1]-upravené



Obr. 16 - Geodynamické javy a obraz vodných tokov a prameňov v Ďumbierskej časti Nízkych Tatier

## 10. ŠTRUKTURÁLNA A KINEMATICKÁ ANALÝZA

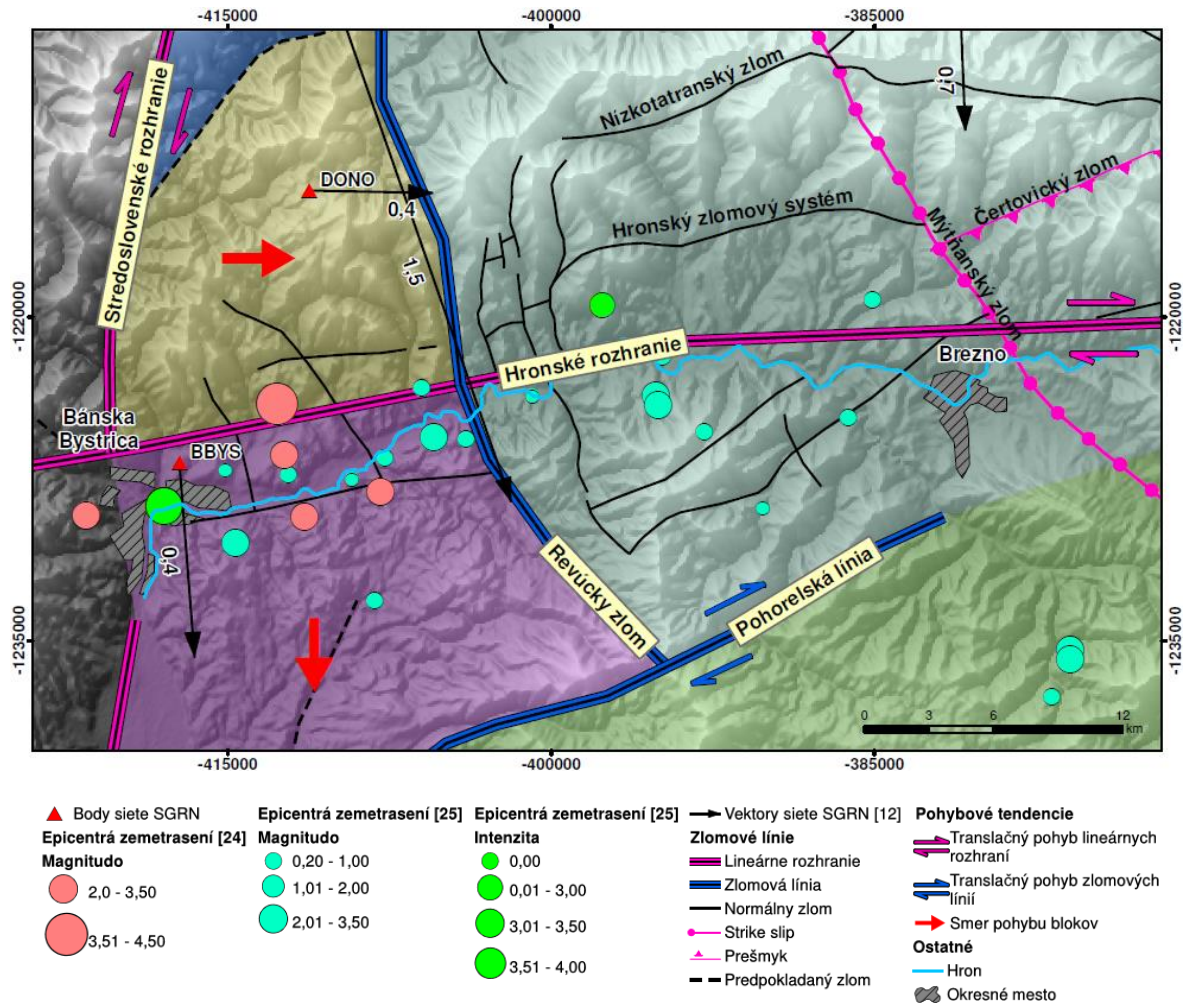
Na základe nameraných horizontálnych rýchlostí pohybu bodov siete SGRN je možné rozdeliť predmetné územie do piatich skupín, na základe rozdielneho smeru pohybových tendencií jednotlivých blokov. Smer pohybu môže byť ovplyvnený svahovými pohybmi, činnosťami zlomov alebo lineárnych rozhraní, atď.

V tejto práci som venovala bližšiu pozornosť tektonickej aktivite v okolí Hronského rozhrania a v okolí Muránsko-malcovského zlomu, ktoré by mohli byť vzhľadom na mieru napätia označené ako rizikové zóny.

### **Okolie Hronského rozhrania**

O stálej aktivite Hronského rozhrania svedčia viaceré výsledky prezentované v tejto práci. Hronské rozhranie rozdeľuje oblasť v okolí Banskej Bystrice na dva bloky. Podľa výsledkov meraní horizontálnych vektorov rýchlostí na bodoch DONO (Donovaly) a BBYS (Banská Bystrica) siete SGRN sa tieto bloky pohybujú rôznymi smermi rýchlosťou 0,4 mm za rok. Tento diferencovaný pohyb blokov stavby zemskej kôry môže byť za určitých okolností zdrojom seizmických otrasov. Tento predpoklad je potvrdený výsledkami údajov o seizmickej aktivite za posledných 30 rokov [24], [25]. Zvýšená seizmická aktivita bola zistená pozdĺž Hronského rozhrania v úseku Banská Bystrica – Brezno. V tejto časti bolo zaznamenaných množstvo zemetrasení s magnitúdou od 0,2° do 4,3° a hĺbkou ohniska do 25 km. Zvýšená seizmická aktivita v tejto časti môže byť spájaná s miestom križenia revúckeho zlomového systému s hronskou tektonickou zónou. Slabšie zemetrasenia boli zaznamenané tiež v okolí Hronského rozhrania medzi Mýtňanským a Andrejcovským zlomom. (obr. 17)

Za zvýšenú pozornosť stoja tiež namerané vertikálne pohybové tendencie, zaznamenané metódou presnej digitálnej geometrickej nivelácie, podľa ktorých sa okolie Banskej Bystrice vyznačuje zdvihovým charakterom územia a dosahuje rýchlosť vertikálneho pohybu +1,8 mm za rok. Tento pohyb svedčí o značnej lokálnej pohybovej aktivite zemskej kôry.



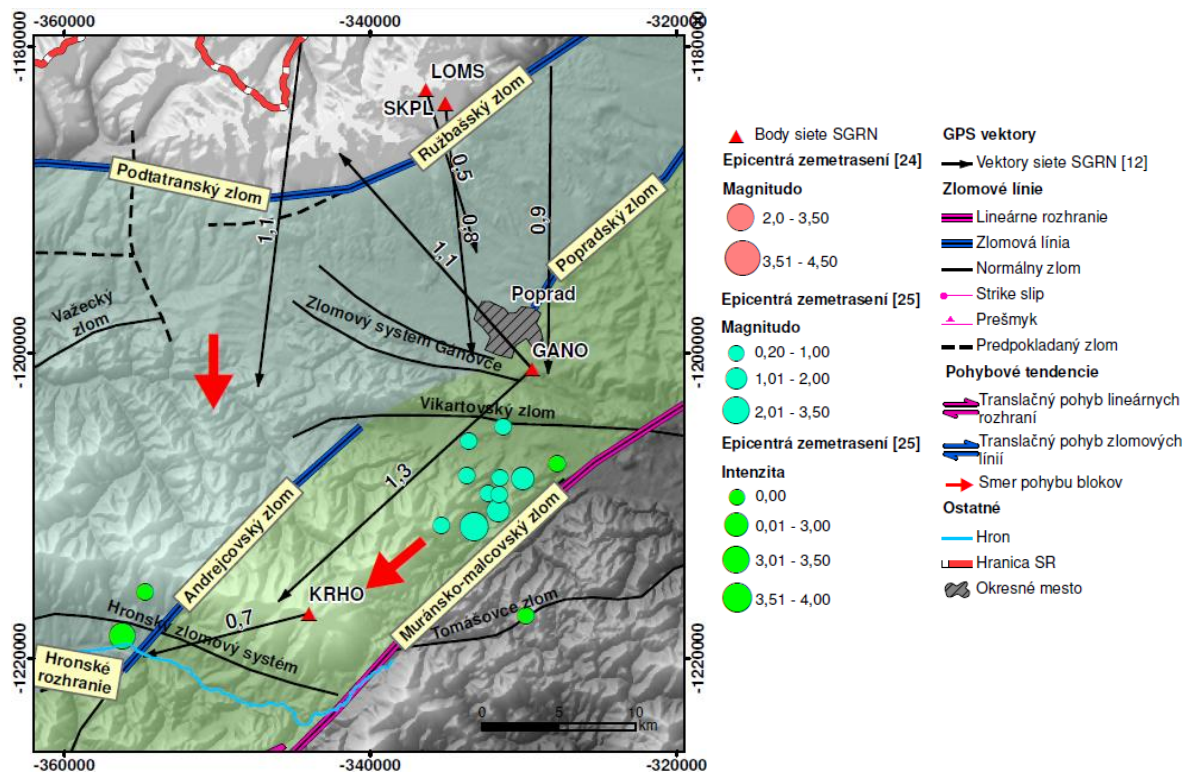
Obr. 17 - Zvýšená tektonická aktivita v okolí Hronského rozhrania

## Okolie Muránsko-malcovského zlomu

Ďalšou významnou oblasťou z hľadiska tektonickej aktivity je okolie Muránsko-malcovského zlomu, predovšetkým na styku s Vikartovským zlomom. V tejto časti lokality bol nameraný výrazný horizontálny pohyb JZ smeru bodu GANO (Gánovce), ktorý činí +1,3 mm za rok. Predpokladá sa, že príčinou môže byť zvýšená S-J kompresia v podhorí Tatier, ktorú môžu naznačovať tiež namerané horizontálne vektory rýchlostí J smeru na bodoch siete SGRN (na bode LOMS, SKPL, atď.). Nezanedbateľnú úlohu zohráva tiež samotná aktivita Vikartovského zlomu, ktorého činnosť je jednoznačne preukázateľná. Tieto faktory môžu byť podnetom k vyvolaniu seizmickej činnosti v danej lokalite, ktorej výskyt nie je ojedinelý. Len v posledných rokoch bolo zaznamenaných niekoľko zemetrasení s magnitúdou od 0,5° do 2,5° a hĺbkou ohniska do 10 km. (obr. 18)



Podľa mapy recentných vertikálnych pohybov Vanka a Kvitkoviča [16] má celá lokalita zdvihový charakter +0,5 mm za rok.



Obr. 18 - Zvýšená tektonická aktivita v okolí Muránsko-malčovského zlomu

Uvedené skutočnosti sú jasným dôkazom, že región Nízkych Tatier je aktívnou a stále živou časťou Západných Karpát.

## 11. DOPORUČENIE

V oblasti Nízkych Tatier bola identifikovaná výrazná poruchová štruktúra, ktorú označujeme ako gravitačný príkrov. Táto štruktúra bola potvrdená morfológickou analýzou leteckých a kozmických snímok a tiež geologickými a geofyzikálnymi výsledkami prieskumov [7]. Táto štruktúra nie je neobvyklým javom. Podobný pohyb horninových mäs bol identifikovaný tiež v oblasti Malých Karpát a v ukrajinskej časti flyšového pásma.

Vzhľadom na predchádzajúci vývoj pohoria a s ohľadom na neotektonickú aktivitu danej oblasti, ktorú veľmi dobre vystihuje výskyt zemetrasení v regióne, odporúčam naďalej monitorovať tektonickú a seizmickú aktivitu územia. Navrhujem pokračovať v monitorovaní pohybovej aktivity na bodoch siete SGRN. Pre vytvorenie lepšieho obrazu o pohybových tendenciách by bolo vhodné doplniť údaje o ročné zmeny polohy bodov štátnej priestorovej siete triedy „A“, teda o body observačnej služby SKPOS a prípadne doplniť body epochových meraní GNSS. Prínosom pre ďalšie analýzy považujem tiež pokračovanie v opakovaných meraniach nivelačných sietí vybudovaných na území stredného Slovenska sústredených na čelné a centrálné časti gravitačného príkrovu. Za nezanedbateľnú súčasť výskumu pokladám tiež monitorovanie súčasnej seizmickej aktivity územia.

Zvýšenú pozornosť by som odporúčala venovať najmä vymedzeným rizikovým zónam, kde môže dochádzať k zvýšenej tektonickej a seizmickej aktivite. Predovšetkým v hraničných častiach vymedzených kinematických blokov, pozdĺž aktívnych zlomových línií. Permanentné monitorovanie je nevyhnutné vzhľadom na relatívnu pomalosť tektonických pohybov a dlhodobé intervaly opakovania silnejších zemetrasení.

## 12. ZÁVER

Táto práca má rešeršný charakter a poskytuje prehľad o štruktúrnom a kinematickom vývoji Nízkych Tatier. K spracovaniu boli využité viaceré podklady z oblasti geologického a geomorfologického prieskumu. Použité boli tiež dáta z diaľkového prieskumu Zeme, prostredníctvom ktorých bola charakterizovaná zlomová štruktúra v oblasti Nízkych Tatier a boli identifikované viaceré lineárne rozhrania a rozsiahla gravitačná deštrukcia na južných svahoch Nízkych Tatier. K dispozícii boli tiež dáta z GNSS kampaní [12], ktoré boli zdrojom údajov o horizontálnych pohyboch bodov siete SGRN. Využitá bola aj mapa recentných vertikálnych pohybov od Vanka a Kvitkoviča [16] a pre lepšie objasnenie a pochopenie identifikovanej štruktúry boli využité zistenia z geofyzikálneho prieskumu. Nakoniec bol celkový obraz doplnený o seizmologické dáta [24], [25].

Tieto údaje boli komplexne spracované v grafickom programe ArcMap. Kombináciou geodetických a geofyzikálnych dát a s ohľadom na štruktúrnu stavbu predmetného územia, bola vyhotovená Geodynamická mapa Nízkych Tatier v mierke 1:350 000. Mapa prezentuje tektonické pomery danej lokality. Na podklade čoho boli vymedzené dva regióny, kde sa predpokladá zvýšená miera napätia a deformácií. Konkrétne sa jedná o okolie Hronského rozhrania v úseku Banská Bystrica – Brezno a o okolie Muránsko-malcovského zlomu na styku s Vikartovským zlomom.

Predložené výsledky môžu slúžiť ako podklad pre ďalšie spracovanie problematiky určovania tektonicky aktívnych oblastí v danej lokalite a ako základ pre ďalšie analýzy podobných území Západných Karpát.

### 13. REFERENCIE

- [1] Užítá geofyzika = Applied geophysics. Praha: Český geologický ústav, 1992. ISBN 80-7075-110-X.
- [2] KLINEC, Albín, POSPÍŠIL, Lubomil, PULEC, Miroslav a FERANEC, Ján. Identifikácia gravitačného príkrovu v Nízkyh Tatráh pomocou kozmických snímok. *Mineralia Slovaca*. Časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologických organizácií. Bratislava: Slovenská geologická spoločnosť, 1985, roč. 17, č. 6. ISSN 1338-3523.
- [3] MAHEL, Michal. Geologická stavba československých Karpát 1: Paleoalpínske jednotky. Bratislava: Veda, 1986. 503 s.
- [4] SOKOL, Ľuboš. Tektonika Trangošskej synklinály. Brno, 2013. Diplomová práca. Masarykova univerzita. Přírodovědecká fakulta.
- [5] HÓK, Jozef, Štefan KAHAN a Roman AUBRECHT. *Geológia Slovenska*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2001. ISBN 80-223-1592-3.
- [6] BIELY, Anton ai. *Geologická mapa Nízkyh Tatier*. Regionálne geologické mapy Slovenska 1:50 000. 1. vyd. Bratislava: Geologický ústav Dionýza Štúra, 1992.
- [7] POSPÍŠIL, Lubomil, NEMČOK, Ján, GRANICZNY, Marek a DOKTÓR, Stanislaw. Príspevek metod dálkového průzkumu k identifikaci zlomů s horizontálním posunem v oblasti Západních Karpat. *Mineralia Slovaca*. Časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologických organizácií. Bratislava: Slovenská geologická spoločnosť, 1986, roč. 18, č. 5. ISSN 1338-3523.
- [8] DORNIČ, Ján. *Dálkový průzkum Země*. Praha: Český geologický ústav, 1992. ISBN 80-7075-099-5.
- [9] ŠEBESTA, Jiří. Využití leteckých a družicových snímků při exodynamické analýze. *Aerokosmické metody v geologii*. 1998, **7**(11), 1-3.
- [10] TONIKA, Jaroslav. Zkušenosti s využíváním leteckých snímků v JZ Grónsku. *Aerokosmické metody v geologii*. 1998, **10**(20), 1-2.
- [11] DORNIČ, Ján. *Dálkový průzkum Země*. Praha: Český geologický ústav, 1992. ISBN 80-7075-099-5.
- [12] HEFTY, Ján, POSPÍŠIL, Lubomil, HIPMANOVÁ, Lucie. Risk and geodynamically active areas of the carpathian lithosphere on the base of geodetical and geophysical data. *Acta Geodaetica et Geophysica*. Budapešť: Akadémiai Kiadó, 2012, **47**(3), 287-309. Online ISSN: 1587-1037.

- [13] PAPČO, Juraj. *Monitorovanie deformácií zemskej kôry vo vysokohorskom prostredí*. [online]. Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009 [cit. 4. 5. 2017]. Dostupné z: [https://www.svf.stuba.sk/docs/web\\_katedry/gza/studium/diz\\_prace/Autoreferat\\_Papco.pdf](https://www.svf.stuba.sk/docs/web_katedry/gza/studium/diz_prace/Autoreferat_Papco.pdf)
- [14] RAJNOHA, Milan. *Geodynamická mapa Moravy a okolia*. Brno, 2013. Diplomová práca. Vysoké učení technické v Brne. Fakulta stavebná.
- [15] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. *Čiastkový monitorovací systém - geologické faktory*. Správa za obdobie 2002-2009 [online]. Bratislava: Apríl, 2011 [cit. 4. 5. 2017]. Dostupné z: [http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Ciast\\_spr\\_2002\\_2009/02/02.pdf](http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Ciast_spr_2002_2009/02/02.pdf)
- [16] VANKO, Jozef a KVITKOVIČ, Jozef. *Mapa recentných pohybov Západných Karpát pre epochu 1948-1964*. 1:1000 000.
- [17] ŠEFARA, Ján a BIELIK, Miroslav. *Geofyzikálny obraz Západných Karpát a ich okolia*. [online]. Univerzita Komenského Bratislava, 2009 [cit. 4. 5. 2017]. ISBN 978-80-223-2626-1. Dostupné z: <https://fns.uniba.sk/uploads/media/GeofObrazZK.pdf>
- [18] GLUCH, A. a kol.: *Gravimetrická mapa SR* [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2009. Dostupné na internete: <http://apl.geology.sk/gravimetria>
- [19] GLUCH, A. a kol.: *Magnetická mapa SR* [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2009. Dostupné na internete: <http://apl.geology.sk/magnet>
- [20] MADARÁS, Ján. *Čiastkový monitorovací systém geologických faktov životného prostredia Slovenskej republiky*. Tektonická a seizmická aktivita územia [online]. Spolupracovali Dušan FERIANC, Lubomír PETRO, Andrej CIPRIAR, Miriam KRISTEKOVÁ. Bratislava: November, 2013 [cit. 6. 4. 2017]. Dostupné z: [http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Hodn\\_monitor\\_2012/02\\_Tektonicka\\_aktivita\\_2012.pdf](http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Hodn_monitor_2012/02_Tektonicka_aktivita_2012.pdf)
- [21] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. *Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory*. Správa za obdobie 2002-2009 [online]. Bratislava: Apríl, 2011 [cit. 6. 4. 2017]. Dostupné z: [http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Ciast\\_spr\\_2002\\_2009/Uvod/Uvod.pdf](http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/files/Ciast_spr_2002_2009/Uvod/Uvod.pdf)

- [22] Seismic activity and neotectonic evolution of the Western Carpathians (Slovakia). In: Stephan Mueller Special Publication Series. Göttingen: Copernicus Publications, 2002, s. 167-184. ISSN 1868-4556.
- [23] PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04249-6.
- [24] USGS. Science for changing world [online]. USGS, 1984-2014 [cit. 11. 5. 2017]. Dostupné z: <https://www.usgs.gov>
- [25] Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. *Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory*. [online]. ŠGÚDŠ, 2004-2015. [cit. 12. 5. 2017]. Dostupné z: <http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/>
- [26] NEMČOK, Arnold. *Zosuvy v Slovenských Karpatoch*. Bratislava: VEDA vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1982.
- [27] ZACHAR, Dušan. *Erózia pôdy*. 2. vyd. Bratislava: Slovenská akadémia vied, 1970.

## 14. ZOZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKOV

Obr. 1 - Schéma interpretovaných hlavných rozhraní [2]-upravené .....	14
Obr. 2 - Zjednodušená geologická mapa Nízkych Tatier [5] .....	17
Obr. 3 – Geologicko-geofyzikálny profil Nízkych Tatier [6]-upravené.....	18
Obr. 4 - Paleogénne sedimenty v oblasti Nízkych Tatier [2]-upravené.....	20
Obr. 5 - Poruchová štruktúra gravitačného príkrovu na južných svahoch Nízkych Tatier [22]-upravené.....	24
Obr. 6 – Tektonická analýza Nízkych Tatier vytvorená na základe stereoskopického pozorovania leteckých snímok v mierke 1:35 000 [1]-upravené.....	26
Obr. 7 - Interpretačné schéma Nízkych Tatier [2]-upravené .....	28
Obr. 8 - Horizontálne vektory rýchlostí [12] .....	31
Obr. 9 - Recentné vertikálne pohyby Nízkych Tatier a okolia [16]-upravené .....	32
Obr. 10 - Úplné Bouguerové anomálie [18]-upravené .....	36
Obr. 11 - Magnetická mapa Slovenska [19]-upravené .....	37
Obr. 12 - Hlavné geofyzikálne rozhrania na podklade Gravimetrickej mapy Slovenska [2]- upravené.....	38
Obr. 13 - Epicentrá zemetrasení v oblasti Nízkych Tatier [24], [25] .....	40
Obr. 14 - Hlbinné svahové poruchy na hrebeňoch Prašivej, Chabenca a Ďumbiera [26]- upravené.....	43
Obr. 15 - Geodynamické javy v Nízkych Tatrách [1]-upravené .....	44
Obr. 16 - Geodynamické javy a obraz vodných tokov a prameňov v Ďumbierskej časti Nízkych Tatier .....	45
Obr. 17 - Zvýšená tektonická aktivita v okolí Hronského rozhrania.....	47
Obr. 18 - Zvýšená tektonická aktivita v okolí Muránsko-malcovského zlomu.....	48

## 15. ZOZNAM PRÍLOH

1. Geodynamická mapa Nízkych Tatier
2. Hlavné interpretované rozhrania
3. Geologicko-geofyzikálny profil
4. Paleogenné sedimenty
5. Poruchová štruktúra gravitačného príkrovu
6. Tektonická analýza Nízkych Tatier
7. Interpretačné schéma Nízkych Tatier
8. Horizontálne vektory rýchlostí
9. Recentné vertikálne pohyby
10. Úplné Bouguerové anomálie
11. Magnetická mapa Slovenska
12. Hlavné geofyzikálne rozhrania
13. Epicentrá zemetrasení
14. Hlbinné svahové poruchy
15. Geodynamické javy v NT
16. Geodynamické javy a vodné toky