

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
BRATISLAVA**



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM
GEOLOGICKÝCH FAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

Tektonická a seizmická aktivita územia

Subsystem 02

Správa za obdobie: rok 2011

Zodpovedný riešiteľ:

RNDr. Pavel Liščák, CSc.

Správu vypracoval:

RNDr. Ján Madarás, PhD.

Spolupracovali:

**Ing. Dušan Ferianc, ÚGK Bratislava
doc. RNDr. Miroslav Hrašna, CSc.
Ing. Ľubomír Petro, CSc., ŠGÚDŠ Bratislava**

Obsah

2.1	Úvod	1
2.2	Pohyby povrchu územia	1
2.2.1	Permanentné merania na hĺbkovo stabilizovaných bodoch	1
2.3	Pohyby pozdĺž zlomov	8
2.3.1	Lokalita Branisko (úniková štôľňa diaľničného tunela)	8
2.3.2	Lokalita Demänovská jaskyňa Slobody (Čarovná chodba)	10
2.3.3	Lokalita Ipeľ (opustená prieskumná štôľňa Izabela)	12
2.3.4	Lokalita Vyhne (opustená štôľňa sv. Anton Paduánsky)	13
2.3.5	Lokalita Banská Hodruša – Hámre (opustená banská štôľňa Všetechsvätých – stará)	15
2.4	Seizmická aktivita na území Slovenska	17
2.4.1	Seizmická aktivita v roku 2011	18
2.4.2	Historické údaje o seizmickej aktivite a katalógy makroseizmicky pozorovaných zemetrasení	20
2.4.3	Seizmogénne zóny na území Slovenska	22
2.4.4	Vývoj a prognóza seizmickej aktivity na území Slovenska od začiatku monitorovania	26
2.5	Literatúra	28

2.1 Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska boli v roku 2011 monitorované pohyby povrchu systémami globálneho určenia priestorovej polohy (GNSS) Zeme na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch. Pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu TM 71. Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe údajov Geofyzikálneho ústavu Slovenskej akadémie vied (GFÚ SAV) za rok 2011.

2.2 Pohyby povrchu územia

Na presné určenie lokalizačných parametrov bodov v referenčných súradnicových systémoch sa využívajú geodetické merania a to najmä technológia na určovanie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiažového zrýchlenia.

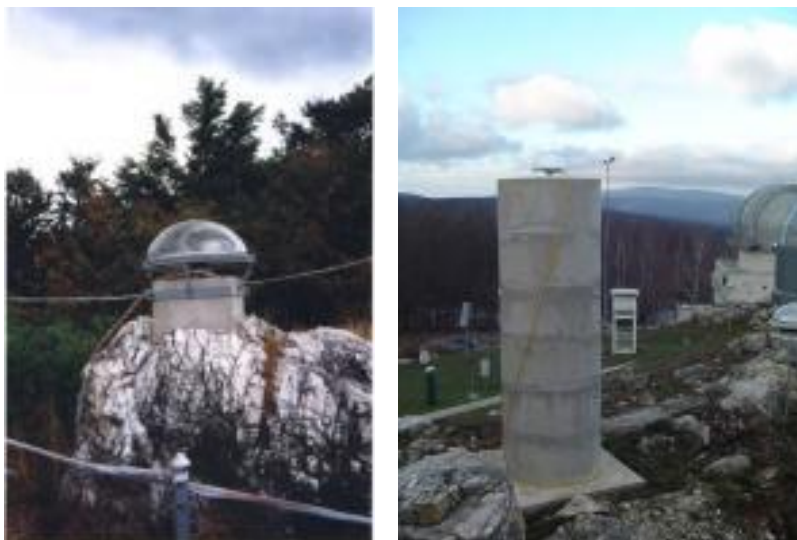
Z pohľadu monitorovania geodynamických zmien povrchu územia je dôležité najmä permanentné meranie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch, ktoré vylučujú rad chýb zo stabilizácie bodu. Technológia GNSS sa využíva aj na meranie na geodetických bodoch, ktoré sú súčasťou SGRN (Slovenskej geodynamickej referenčnej siete). Etapové kampane meraní boli vykonávané od roku 2001 statickou metódou v dvojročnom intervale. Rozvojom technológie sa prešlo najmä k permanentným meraniam GNSS, čoho výsledkom bolo zriadenie siete permanentných staníc na geodetických bodoch a spracovanie meraní v podobe Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS).

Slovenská priestorová observačná služba GNSS (pod označením SKPOS) bola spustená do prevádzky koncom roka 2007. Momentálne má sieť 26 geodetických bodov (referenčných staníc), z nich 5 je stabilizovaných až do hĺbky 10 m. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na staniciach by sme mali získať spoľahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov.

Predmetom vyhodnotenia sú výsledky meraní z troch staníc: Modra – Piesok, Gánovce a Banská Bystrica. Dosahovaný odhad presnosti v polohových zložkách (x,y) je v úrovni milimetrov, ale vo výškovej zložke (z) je to asi trojnásobok.

2.2.1 Permanentné merania na hĺbkovo stabilizovaných bodoch

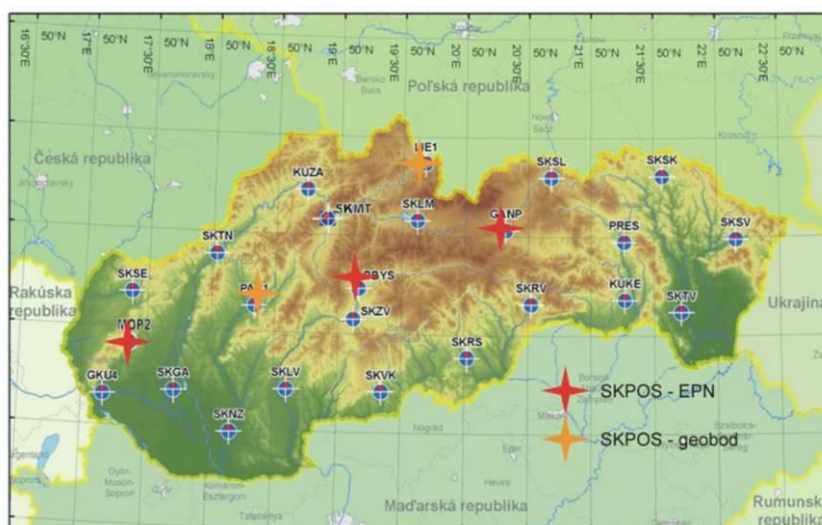
Body MOPI, MOP2 (*Modra - Piesok*), GANP (*Gánovce pri Poprade*) a BBYS (*Sásová v Banskej Bystrici*; obr. 2.2.1, 2.2.2a,b, 2.2.3) sú aj súčasťou európskej permanentnej siete (EPN - Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG). Za reprezentatívne výsledky monitorovania môžeme považovať najmä globálne rýchlosti (rýchlostný trend pohybu), z permanentných meraní GNSS s príjmom z družíc amerického systému NAVSTAR GPS a ruského GLONASu. Výsledky monitoringu pre jednotlivé body EPN sú spracované vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec (ITRS, resp. ITRF2005), Európsky terestrický referenčný rámec (ETRF89), ako voľné (merané) údaje (RAW) a upravené s rýchlostným trendom (CLEAN). Zmeny polohy bodu (stanice) sa merajú v smere zemepisných osí sever (N) – juh (S); východ (E) – západ (W) a vo výške (U; obr. 2.2.5 – 2.2.8).



Obr. 2.2.1 Body MOPI a susedný nový bod MOP2 - stanice SKPOS

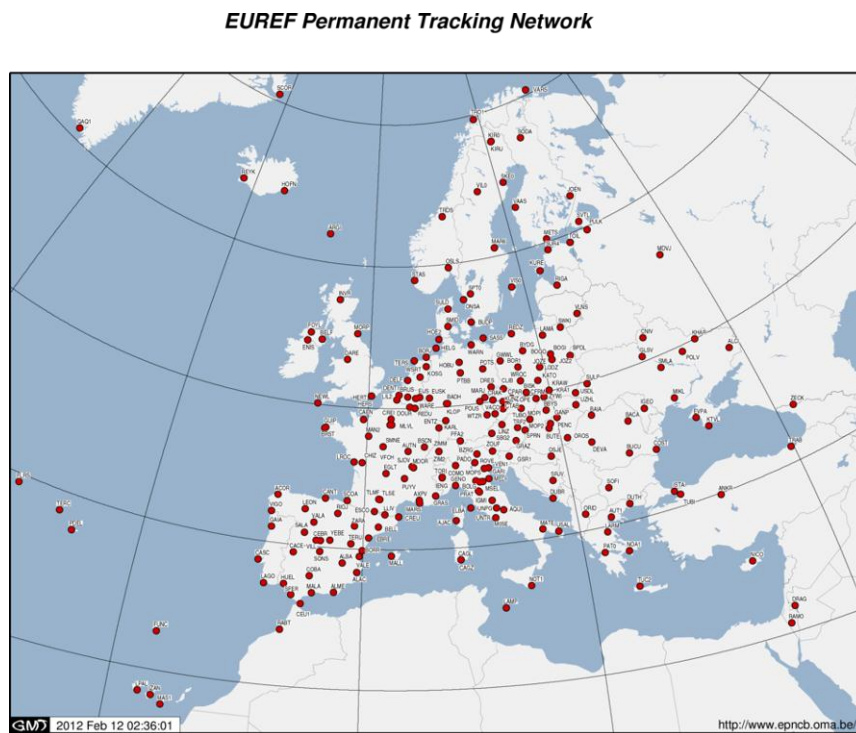


Obr. 2.2.2a,b Body GANP (a) a BBYS (b) - stanice SKPOS

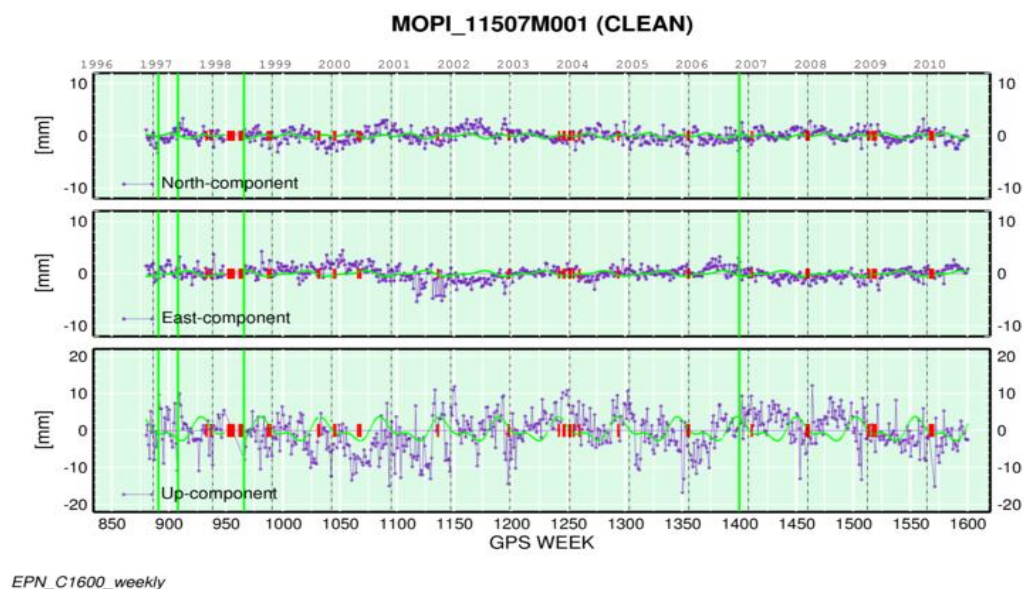


Obr. 2.2.3 Rozmiestnenie bodov SKPOS na území Slovenska

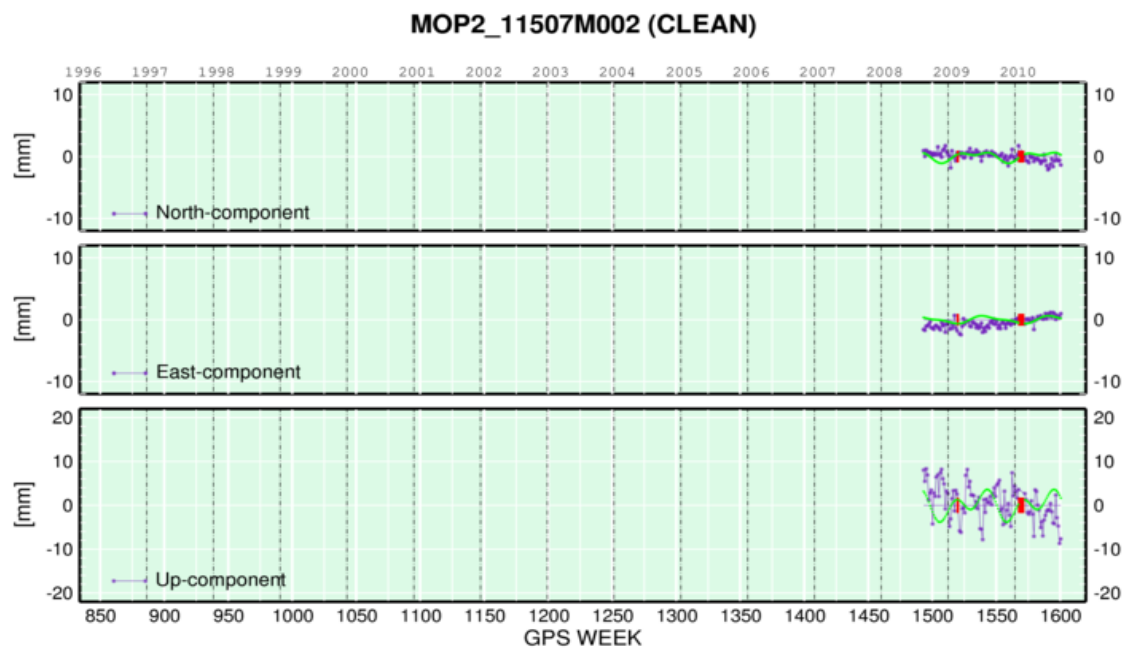
Údaje GNSS staníc GANP, MOPI a BBYS sú zasielané aj do európskej permanentnej siete (EPN -Euref Permanent Network), Európska sieť permanentných staníc dnes spracováva údaje cca 250 staníc GNSS. Na obr. 2.4 je schéma rozmiestnenia staníc z európskej časti.



Obr. 2.2.4 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN

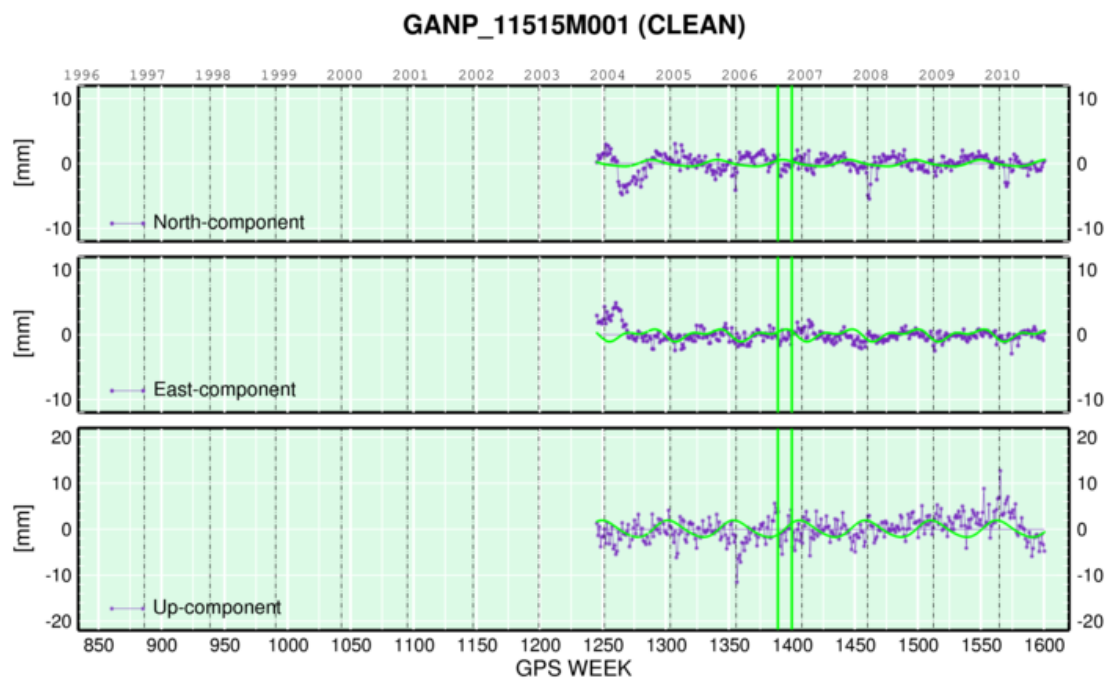


Obr. 2.2.5 Znázornenie rýchlostného trendu bodu MOPI



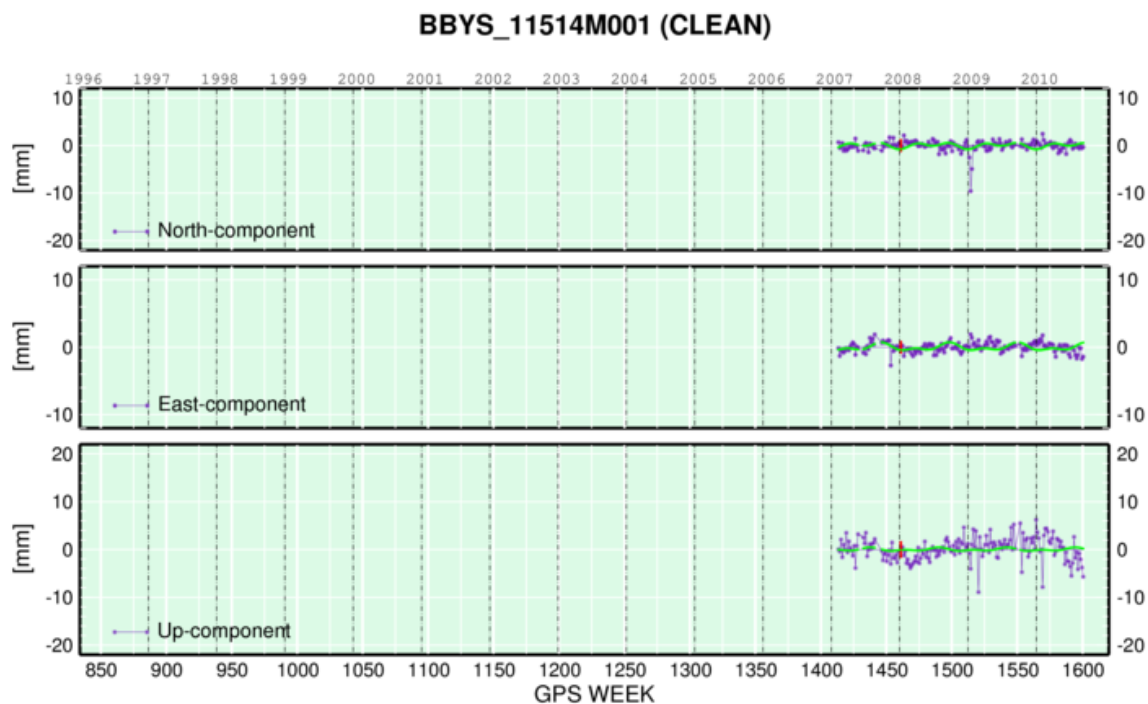
EPN_C1600_weekly

Obr. 2.2.6 Znázornenie rýchlostného trendu bodu MOP2



EPN_C1600_weekly

Obr. 2.2.7 Znázornenie rýchlostného trendu bodu GANP

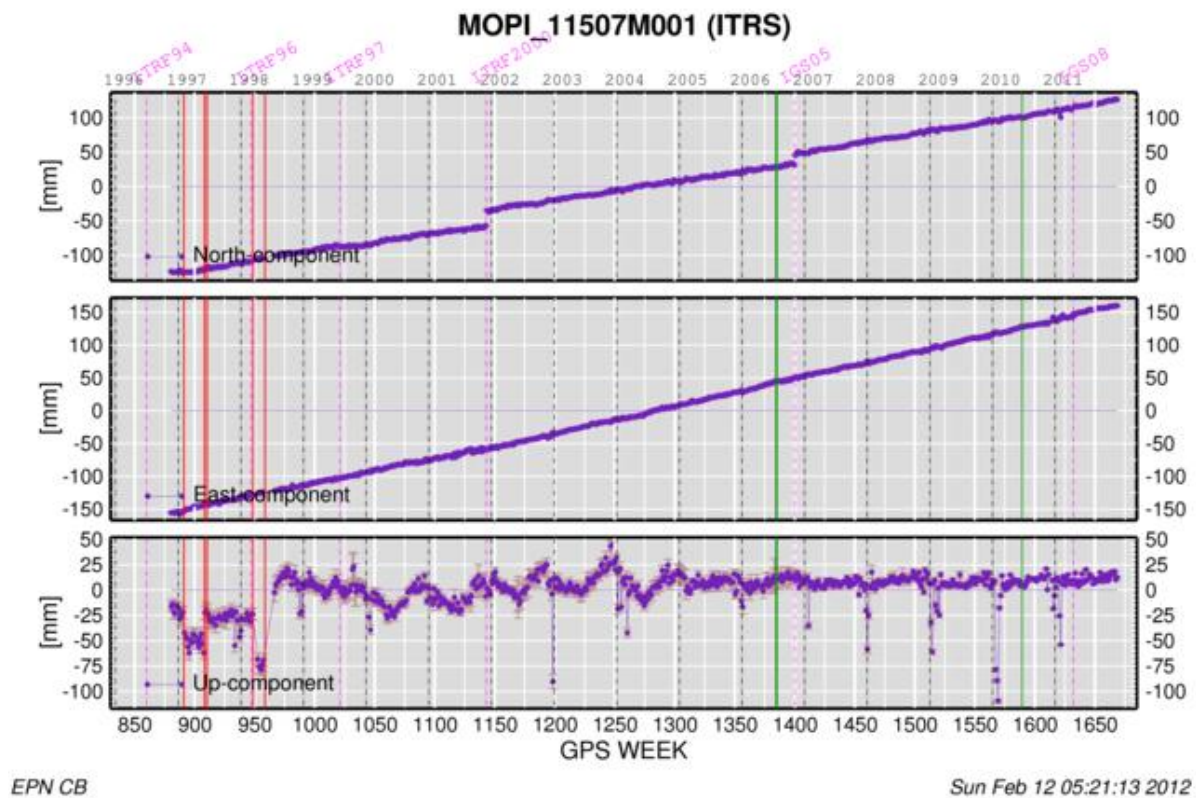


EPN_C1600_weekly

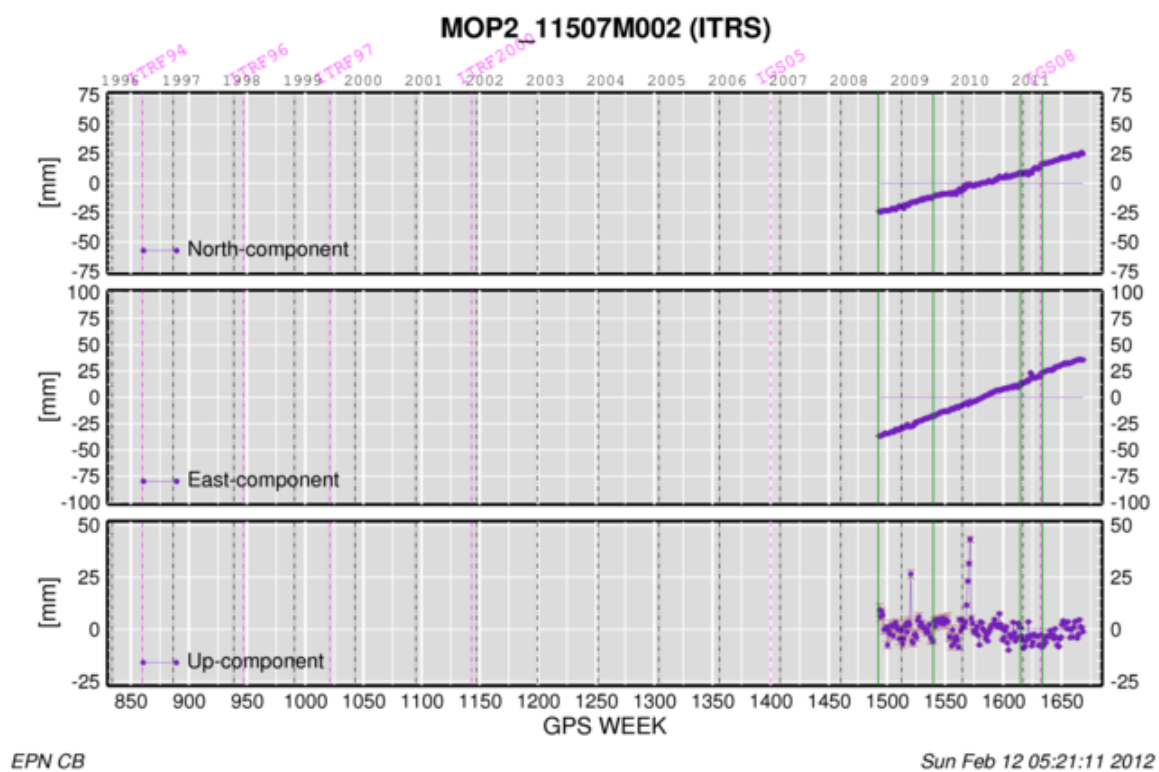
Obr. 2.2.8 Znáznornenie rýchlostného trendu nového bodu BBYS

Z upravených údajov sú v EPN odhadnuté rýchlosti pohybu pre body – stanice GPS. V jednotlivých riešeniach je odhadnutá rýchlosť k epoche do ktorej sú zahrnuté kumulatívne údaje v smere zemepisných osí sever (N - north) – východ (E - east) – a vo výške (U - up).

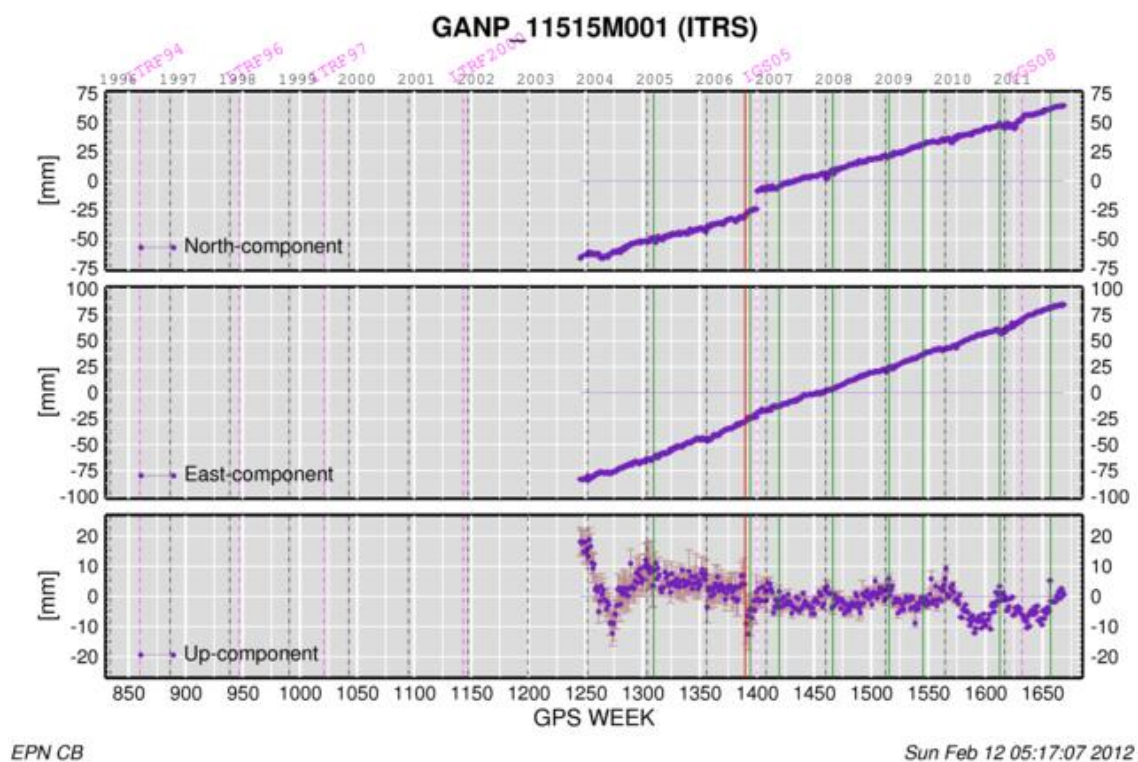
V rámci rýchlostného trendu (CLEAN) na meraných bodoch (staniciach) neboli zaznamenané významnejšie odchýlky v polohových zložkách a vo výškovej zložke oproti dlhoročným hodnotám. V referenčnom rámci ITRS na všetkých staniciach pretrvával permanentný pohyb bodov rýchlosťou cca 2-3 cm za rok na severovýchod (obr. 2.2.9 – 2.2.12). Je to však globálny pohyb veľkej časti Európy v rámci euroázijskej tektonickej platne voči africkej platni a na možné regionálne pohyby jednotlivých bodov nemá vplyv.



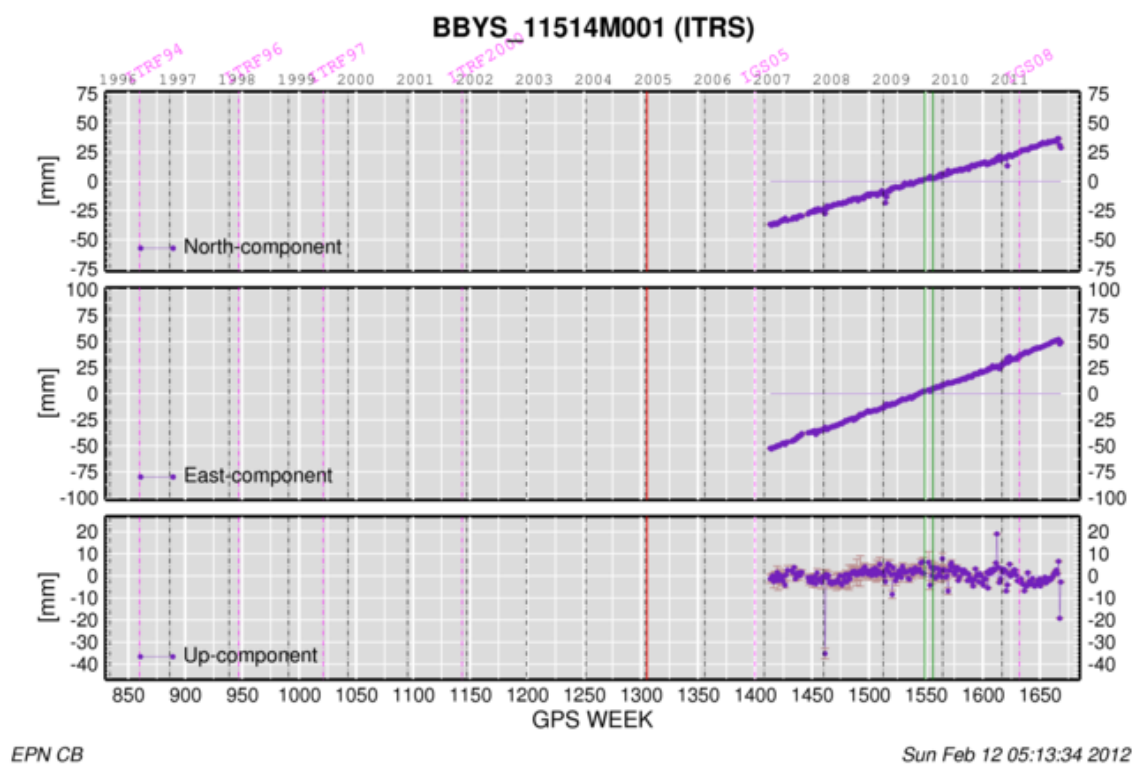
Obr. 2.2.9 Znáznorenie pohybu bodu MOPI v ITRS



Obr. 2.2.10 Znáznorenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



Obr. 2.2.11 Znáozornenie pohybu bodu GANP v ITRS



Obr. 2.2.12 Znáozornenie pohybu bodu BBYS v ITRS

2.3 Pohyby pozdĺž zlomov

Sledovanie pohybov pozdĺž zlomov, na ktorých sú osadené dilatometre TM 71, bolo v roku 2011 realizované na 6 lokalitách: **Branisko, Demänovské jaskyne, Banská Hodruša, Vyhne, Ipeľ, Dobrá Voda**. Na väčšine lokalít bola zistená iba nepatrná tektonická aktivita. Významnejšie pohyby boli zaznamenané iba na zlomoch v lokalite Ipeľ a Branisko.

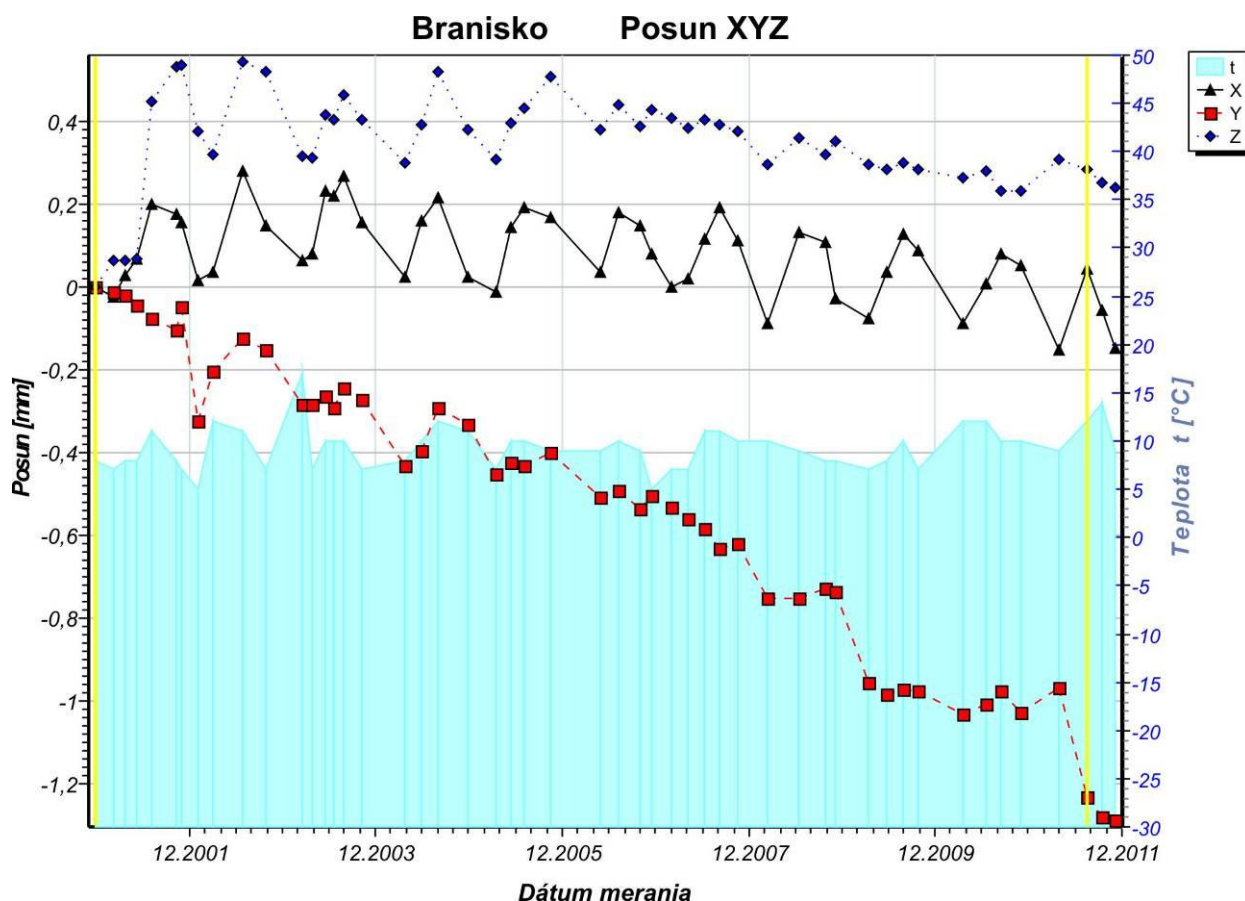
Vzhľadom na to, že tektonické pohyby nemajú ustálený trend, ale pohyb je v čase nerovnomerný a niekedy sa prejavuje i skokom, odporúčame pokračovať v meraniach na všetkých sledovaných lokalitách. Typickým príkladom tohto javu je lokalita Banská Hodruša, kde boli po predchádzajúcich nepatrných pohyboch v období medzi augustom a novembrom 2010 zaznamenané výraznejšie posuny v smere osi y i z . V prvom prípade ide o posun 0,412 mm, v druhom 0,323 mm.

Pokračovala i spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR v Prahe, ktorý inštaloval v okolí Dobrej Vody na povrchu i pod povrchom (v jaskyniach) viacero dilatometrov za účelom sledovania tektonickej a seizmickej aktivity. Počas viacerých rokov tu boli namerané najmä pohyby spôsobené zmenami teploty, v ostatných rokoch i pomalé otváranie tektonickej trhliny. Pohyby spôsobené zmenami teploty dosahovali na povrchu veľkosť do 1 mm, pod povrchom veľkosť do 0,1 mm.

Pre porovnanie tektonických pohybov pozdĺž zlomov v seizmicky aktívnej oblasti sú v správe uvedené aj výsledky meraní dvoch dilatometrov TM-71 inštalovaných na lokalite Kaparelli v Korintskom zálive v Grécku.

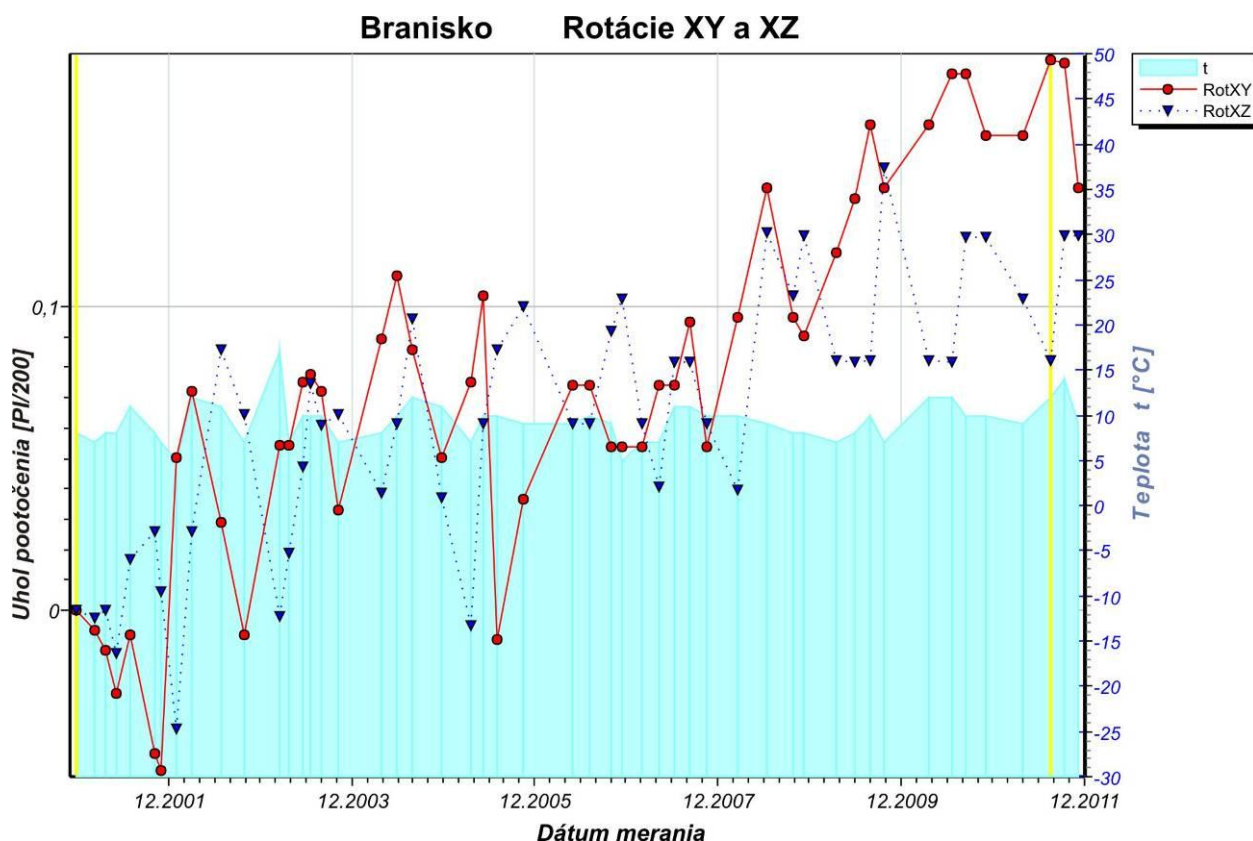
2.3.1 Lokalita Branisko (úniková štôlna diaľničného tunela)

V roku 2011 boli na lokalite realizované 4 merania (15. 4.; 3. 8.; 30. 9. a 24. 11.). Výsledky po vyhodnotení potvrdili (obr. 2.3.1a), že pohyb pozdĺž šindliarskeho zlomu pokračoval vo všetkých troch monitorovaných smeroch (osiach). Najväčší pohyb nastal opäť v smere osi y , ktorý interpretujeme ako pravostranný šmykový posun. Oproti roku 2010 narástol posun o 0,32 mm na celkových 1,29 mm. Tento pohyb bol rýchlejší do augusta (0,26 mm), potom sa trochu spomalil. V ostatných smeroch (osi x a z) bol zachovaný doterajší trend pohybu, t. j. minimálny pokles a minimálne otváranie trhliny ($< 0,05$ mm za rok). Hoci trend rotačného pohybu v oboch rovinách (XZ , YZ) je zrejmý (obr. 2.3.1b), ide o zanedbateľné hodnoty ($< 0,05$ gr). V priestore ide teda o mierne šikmý pravý pokles jv. tektonického bloku (hanging wall) a jeho rotáciu proti smeru pohybu hodinových ručičiek.



Obr. 2.3.1a Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Branisko (úniková štôľňa) za obdobie 2000 – 2011

Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity v priebehu roku 2012 je potrebné informovať prevádzkovateľa tunela (NDS).



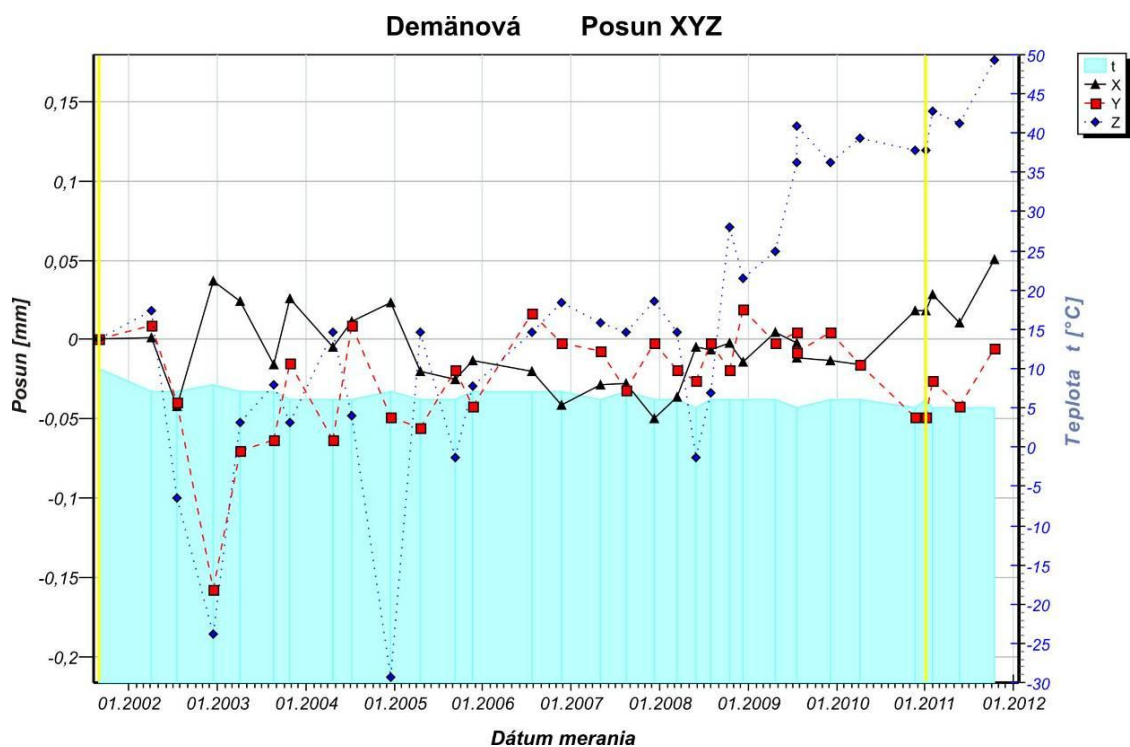
Obr. 2.3.1b Rotácie tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Branisko (úniková štôľňa) za obdobie 2000 – 2011

2.3.2 Lokalita Demänovská jaskyňa Slobody (Čarovná chodba)

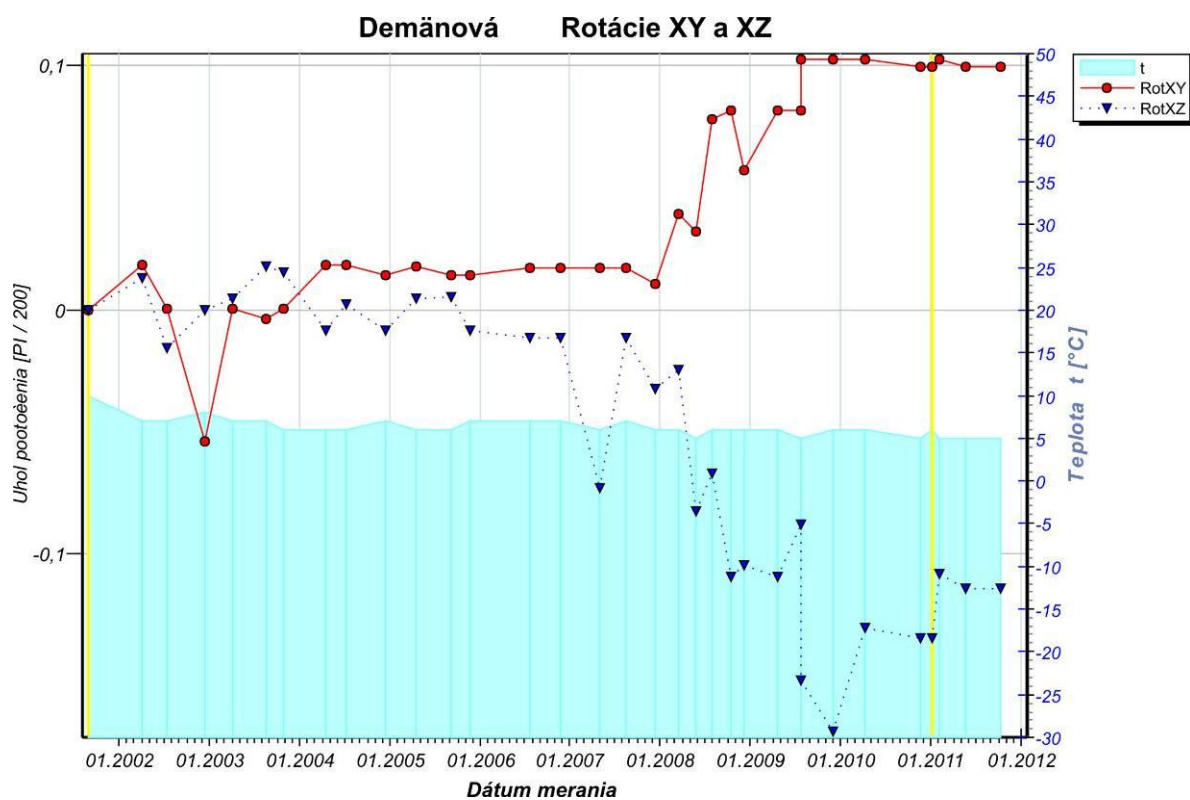
Štyri merania (4. 1.; 2. 2.; 24. 5. a 12. 10.) mikroposunov na danej lokalite preukázali (obr. 2.3.2a) malý pokles západného tektonického bloku (0,06 mm) pozdĺž jaloveckého zlomu a slabé zovretie trhliny (0,032 mm). Šmykový pohyb aj v tomto roku stagnoval podobne, ako aj rotácie v oboch rovinách (obr. 2.3.2b). Celkový pokles bloku od roku 2001 dosiahol 0,18 mm.

Začiatkom roka (3. 1. – 4. 1. 2011) boli na tejto lokalite a súčasne na ďalších lokalitách na Slovensku (Čachtická jaskyňa), v Českej republike, Poľsku, Slovinsku a Kirgizsku už tretíkrát realizované 24-hodinové merania mikroposunov počas čiastočného zatmenia Slnka. Merania organizovali kolegovia z Ústavu štruktúry a mechaniky hornín AV ČR Praha v rámci svojho projektu, ktorého cieľom bolo aj preukázanie vplyvu slapových účinkov na stabilitu tektonických blokov. Fotografické záznamy boli vyhodnotené v ČR špeciálnou technikou (presnosť posunov 0,001 mm a rotácií 0,001 grádu) a porovnané z výsledkami z meraní počas zatmení v rokoch 2008 a 2009. Okrem toho boli merania korelované s meraniami slapových účinkov pomocou kremenného extenzometra umiestneného na slapovej stanici GÚ SAV vo Vyhníach. Na väčšine lokalít boli potvrdené prejavy slapov na zlomových poruchách.

Na zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu treba pokračovať v pravidelnom odčítavaní hodnôt na inštalovanom dilatometri aspoň 4x ročne.



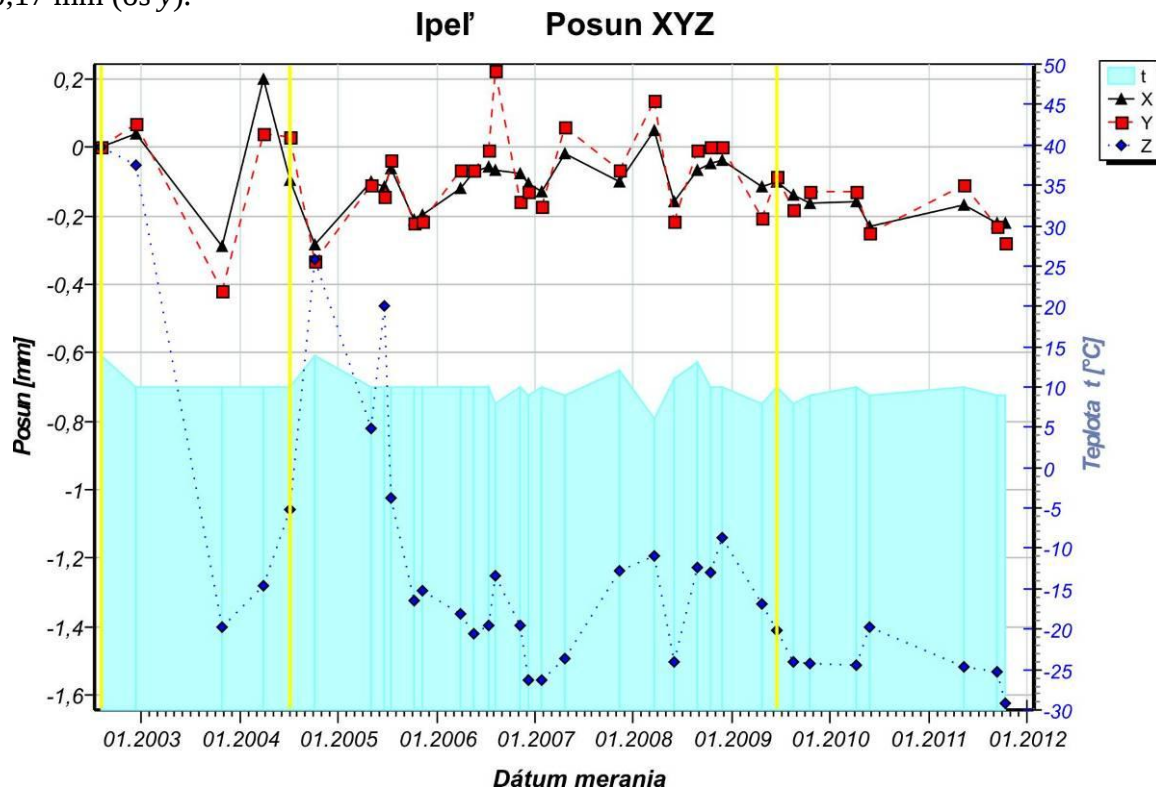
Obr. 2.3.2a Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody (Čarovná chodba) za obdobie 2001 – 2011



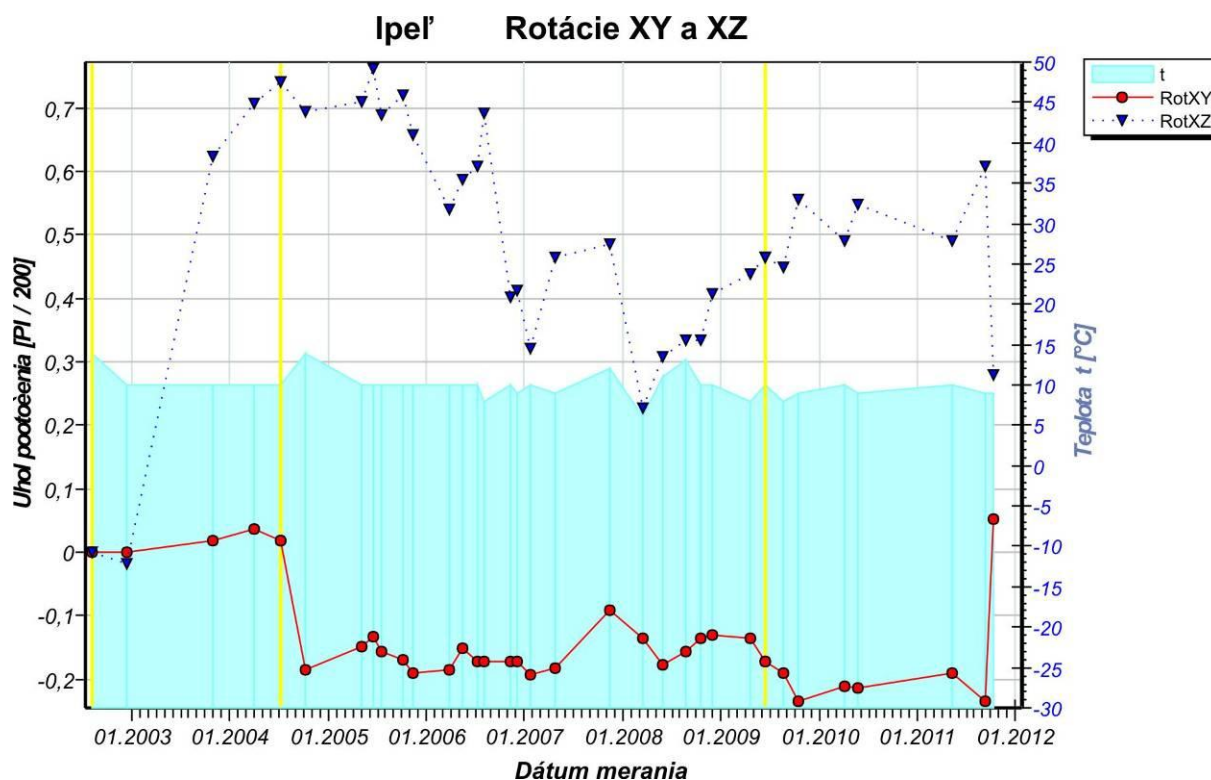
Obr. 2.3.2b Rotácie tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody (Čarovná chodba) za obdobie 2001 – 2011

2.3.3 Lokalita Ipeľ (opustená prieskumná štôľňa Izabela)

Tri merania uskutočnené na lokalite v roku 2011 (10. 5.; 9. 9. a 13. 10.) preukázali pomerne slabú tektonickú aktivitu (obr. 2.3.3a). Svedčia o tom posuny 0,11 mm (osi x a z) a 0,17 mm (os y).



Obr. 2.3.3a Posun tektonických blokov pozdĺž jednej z vetiev muránskeho zlomového systému zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Ipeľ (štôľňa Izabela) za obdobie 2002 – 2011



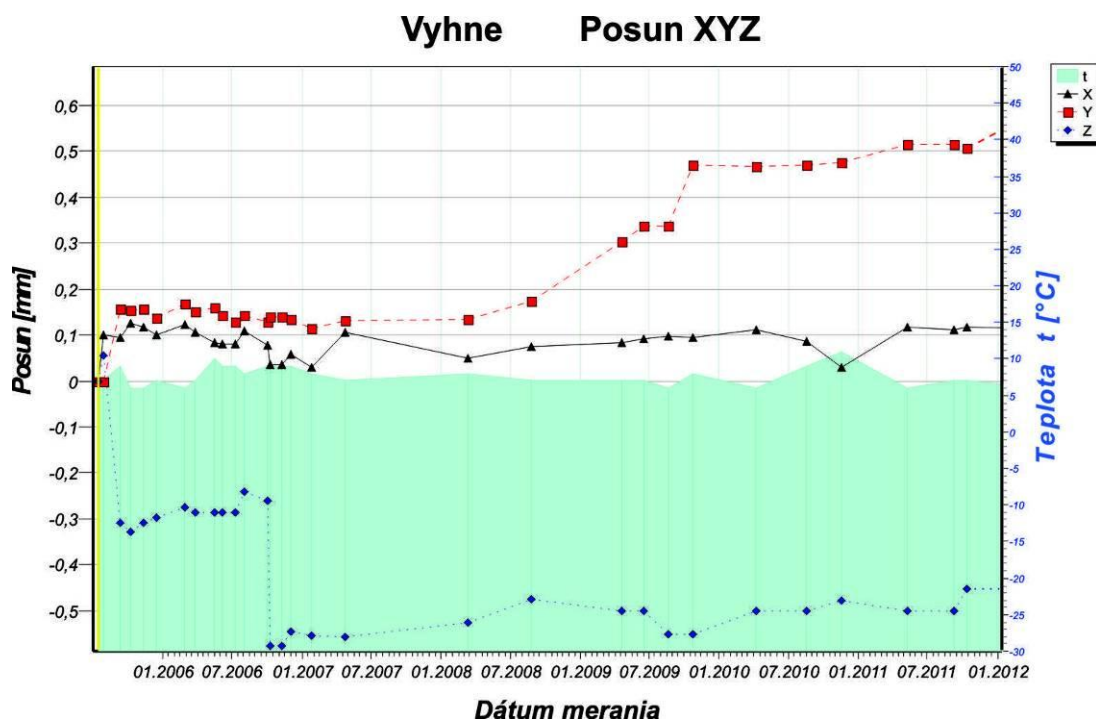
Obr. 2.3.3b Rotácie tektonických blokov pozdĺž jednej z vetiev muránskeho zlomového systému zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Ipeľ (štôlna Izabela) za obdobie 2002 – 2011

Celkový pohyb na zlome je interpretovaný ako šikmý ľavostranný pokles jv. tektonického bloku, ktorý zároveň slabo rotuje doľava (obr. 2.3.3b). Pokles bloku od roku 2002 dosiahol 1,625 mm. Výsledky meraní v roku 2011 potvrdili pokračujúci trend otvárania trhliny.

Vzhľadom na perspektívnosť lokality z hľadiska PVE treba lokalitu naďalej monitorovať najmenej 4x ročne.

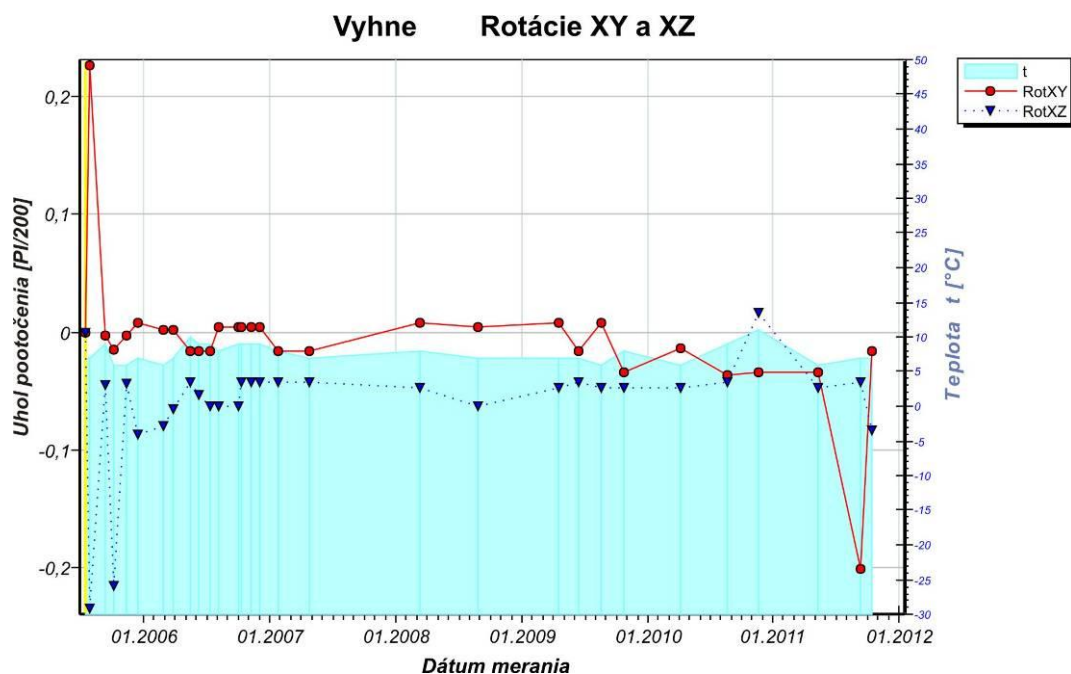
2.3.4 Lokalita Vyhne (opustená štôlna sv. Anton Paduánsky)

V roku 2011 neboli meraniami (20. 5.; 9. 9. a 12. 10.) zistené významnejšie posuny v smere žiadnej osi ani v rotáciách (obr. 2.3.4a , 2.3.4b). Dlhodobý trend šmykového pohybu pozdĺž zlomu je však evidentný. Interpretujeme ho ako ľavostranný posun pozdĺž monitorovaného zlomu. Koncom roku 2011 presiahol tento posun hodnotu 0,5 mm. Posledný výraznejší pokles (cca 0,31 mm) západného tektonického bloku bol zaznamenaný koncom roku 2006. Táto anomália môže byť výsledkom tektonickej aktivity, prípadne seizmickej udalosti.



Obr. 2.3.4a Posun tektonických blokov pozdĺž zlomu prechádzajúceho opustenou banskou štôľňou sv. A. Paduánsky vo Vyhniach zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2005 – 2011

Navrhujeme pokračovať v meraniach s frekvenciou 4x ročne.

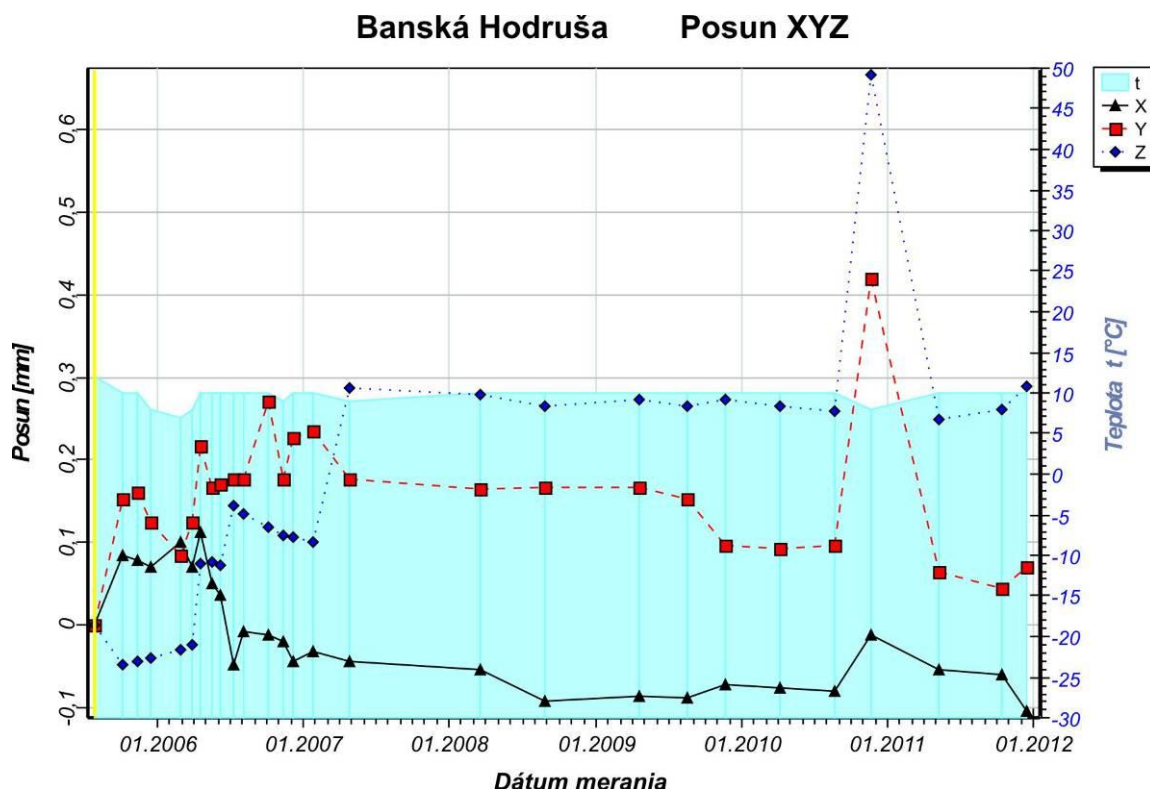


Obr. 2.3.4b Rotácie tektonických blokov pozdĺž zlomu prechádzajúceho opustenou banskou štôľňou sv. A. Paduánsky vo Vyhniach zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2005 – 2011

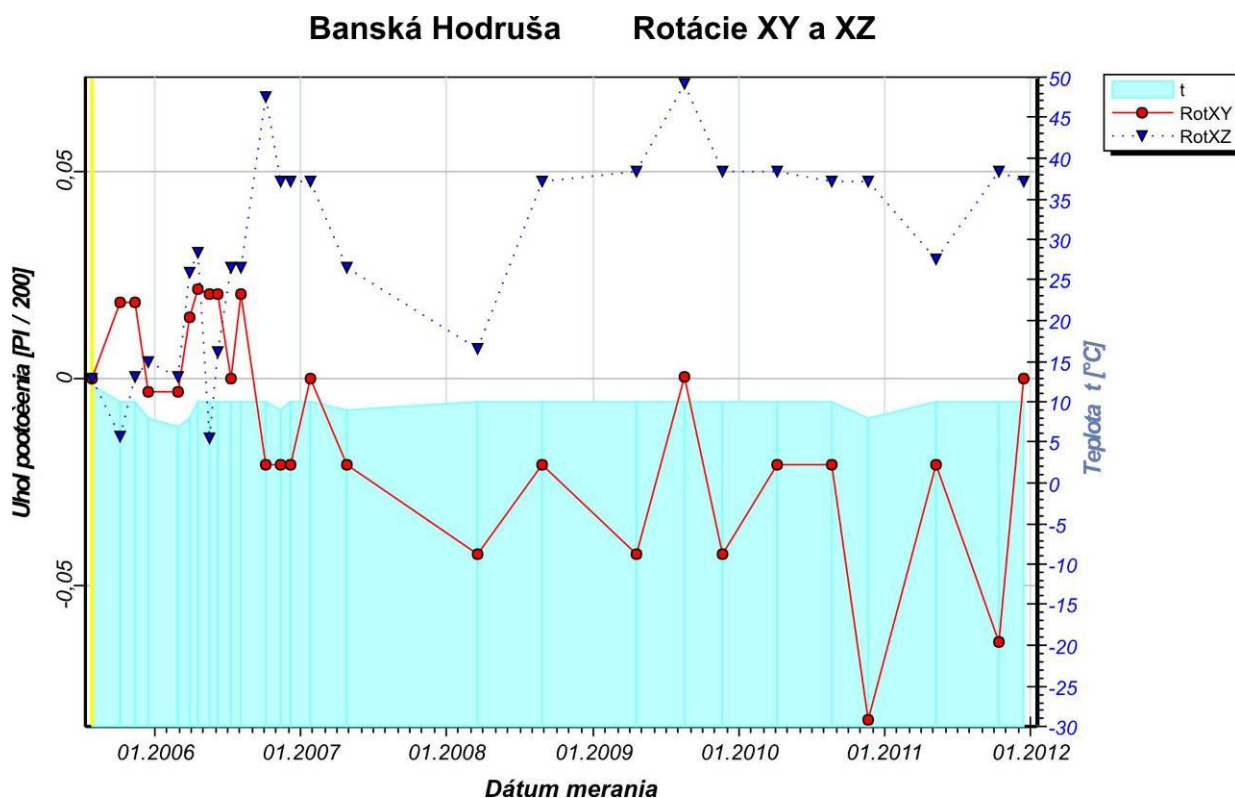
2.3.5 Lokalita Banská Hodruša - Hámre (opustená banská štôľňa Všetehsvätých – stará)

V roku 2011 boli na lokalite realizované tri merania (10. 5.; 13. 10. a 13. 12.). Pohyb pozdĺž všetkých troch osí zistený v tomto roku možno označiť za veľmi malý ($\leq 0,05$ mm). Výsledky doterajších meraní potvrdili pokračujúci trend otvárania trhliny, ľavostranný šmykový pohyb pozdĺž monitorovaného zlomu (obr. 2.3.5a) a nevýznamný rotačný pohyb blokov (obr. 2.3.5b). Celkové otvorenie trhliny dosiahlo 0,1 mm. Zvislý pohyb (os z) od roku 2007 stagnuje. Priestorový pohyb do roku 2007 možno interpretovať ako ľavý šikmý pokles jv. tektonického bloku.

Na zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu treba pokračovať v pravidelnom odčítavaní hodnôt na inštalovanom dilatometri aspoň 4x ročne.



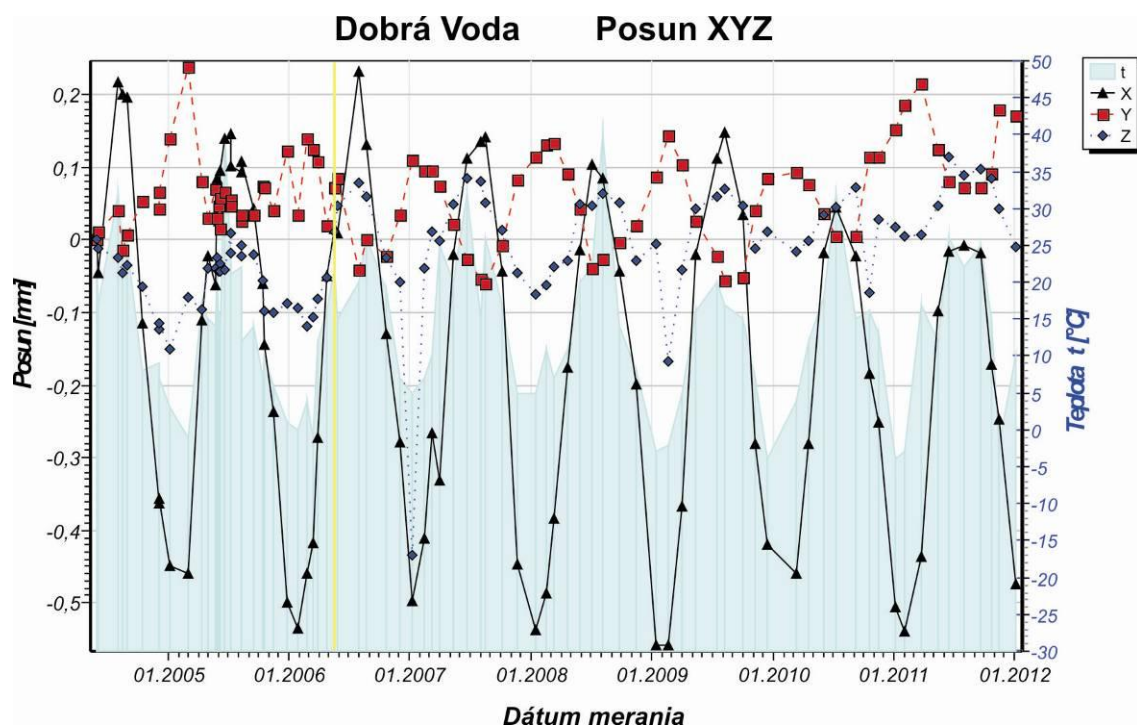
Obr. 2.3.5a Posun tektonických blokov pozdĺž zlomu vo vnútri opustenej banskej štôľne Všetehsvätých v Banskej Hodruši zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2005 – 2011



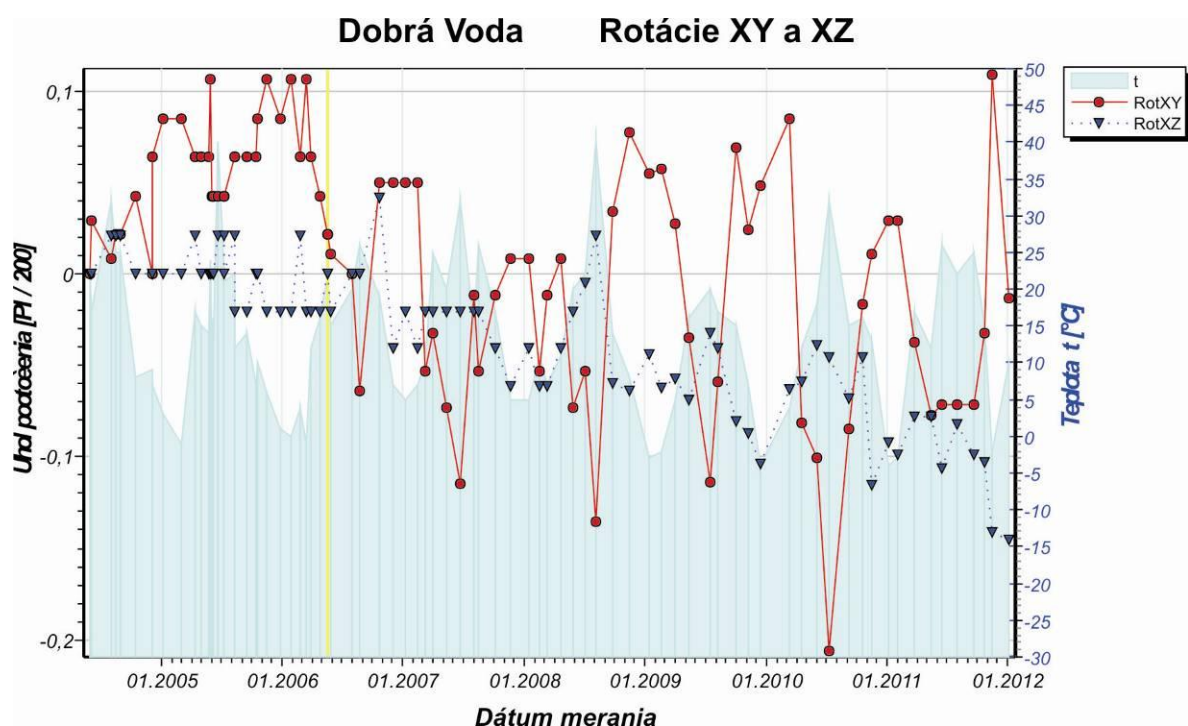
Obr. 2.3.5b Rotácie tektonických blokov pozdĺž zlomu vo vnútri opustenej banskej štôlne Všetehsvätých v Banskej Hodruši zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2005 – 2011

Ide o lokalitu monitorovanú ako Akadémiou vied Českej republiky (AV ČR), ako aj Štátnym geologickým ústavom D. Štúra (ŠGÚDŠ) od roku 2004. Výsledky sú spracovávané dvomi rôznymi softvérmi a nezávisle vyhodnocované odborníkmi z Ústavu struktúry a mechaniky hornín AV ČR v Prahe a ŠGÚDŠ Košice. Výsledky za rok 2011 napriek značným výkyvom spôsobeným výrazným kolísaním teplôt preukázali doterajší trend pohybov blokov (obr. 2.3.6a, 6b). V posunoch je zrejme pomalé narastanie rozširovania trhliny (os x), ktorého celková hodnota od roku 2004 dosiahla 0,45 mm. Celkový šmykový pohyb pozdĺž trhliny (os y) presiahol 0,17 mm. Veľmi slabý, ale zreteľný, je aj trend rotácií, predovšetkým vo vertikálnej rovine (XZ).

Na tejto lokalite sa vďaka medzinárodnej spolupráci darí v posledných rokoch dodržiavať frekvenciu meraní 8 – 12 x za rok. Takýto počet meraní umožňuje presnejšie interpretovať získané údaje a ich koreláciu so seizmickými udalosťami (Briestenský et al., 2010). Odporúčame takýto interval zberu údajov i v najbližších rokoch.



Obr. 2.3.6a Posun tektonických blokov pozdĺž zlomu na lokalite Dobrá Voda zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2004 – 2011



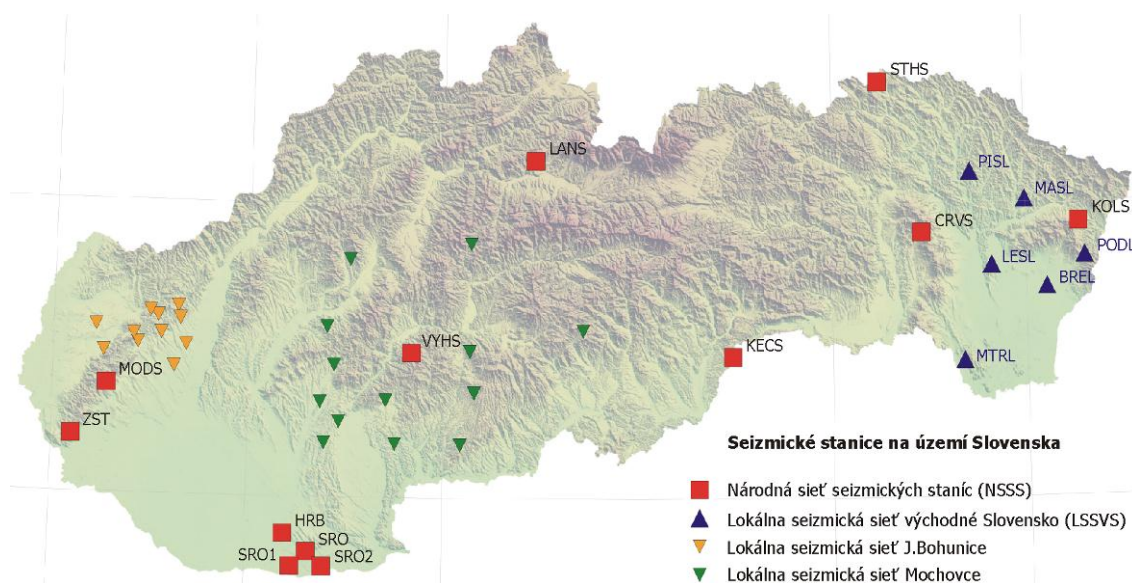
Obr. 2.3.6b Rotácie tektonických blokov pozdĺž zlomu na lokalite Dobrá Voda zistený dilatometrom TM-71 za obdobie 2004 – 2011

2.4 Seizmická aktivita na území Slovenska

Nepretržitá registrácia seizmických javov je vykonávaná na staniciach Národnej siete seizmických staníc, ktorej prevádzkovateľom je Geofyzikálny ústav SAV. Národná sieť

seizmických staníc je tvorená 12 seizmickými stanicami - Bratislava Železná studnička (ZST), Modra – Piesok (MODS), Šrobárová (SRO), Iža (SRO1), Moča (SRO2), Hurbanovo (HRB), Vyhne (VYHS), Liptovská Anna (LANS), Kečovo (KECS), Červenica (CRVS), Kolonické sedlo (KOLS) a Stebnícka Huta (STHS) (obr. 2.4.1). Všetky stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo Veľkej Británii. Seizmické stanice kontinuálne zaznamenávajú rýchlosť seizmického pohybu pôdy a poskytujú zaznamenané údaje dátovému centru v reálnom čase (okrem HRB, ktorá je v prevádzke viac-menej z historických dôvodov). Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum v reálnom čase zhromažďuje zaznamenané údaje zo staníc Národnej siete a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z cca 55 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť GFÚ SAV. Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. V ďalšom kroku je vykonávaná manuálna analýza, v rámci ktorej sú pre každý seizmický jav určené časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz) a pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítané magnitúda a vykonaná lokalizácia.

V roku 2011 pokračovala v oblasti monitorovania seizmických javov spolupráca GFÚ SAV so spoločnosťou Progseis a Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava. Spoločnosť Progseis prevádzkuje lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava prevádzkuje lokálnu seizmickú sieť na východnom Slovensku.

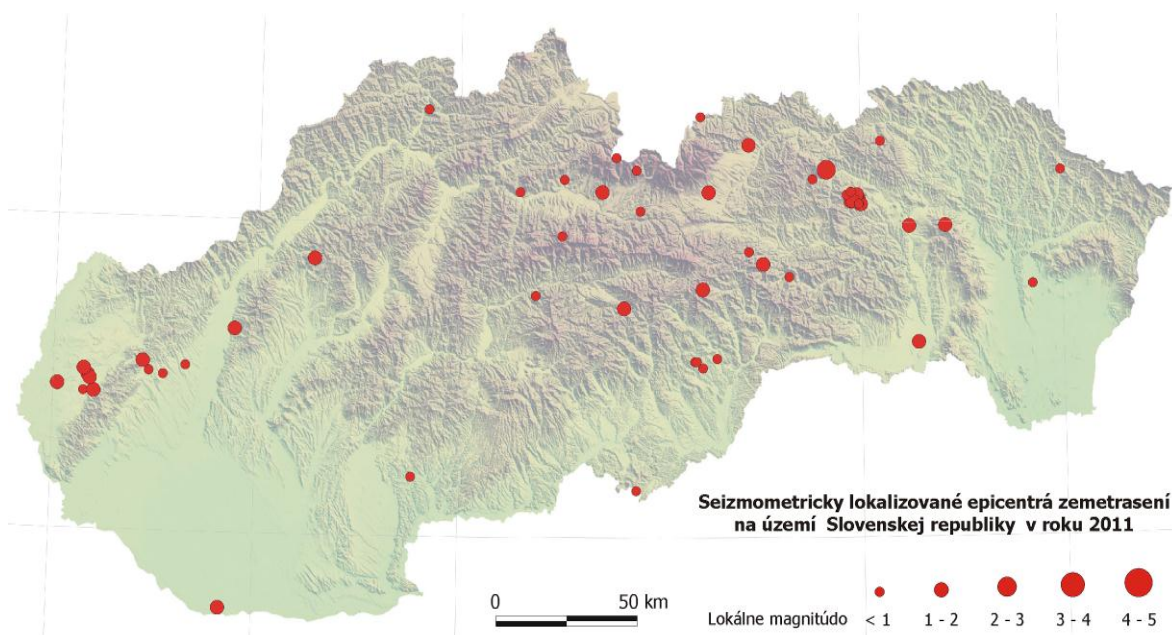


Obr. 2.4.1 Seizmické stanice na území Slovenska - stav v roku 2011
(Cipciar a Kristeková, 2012)

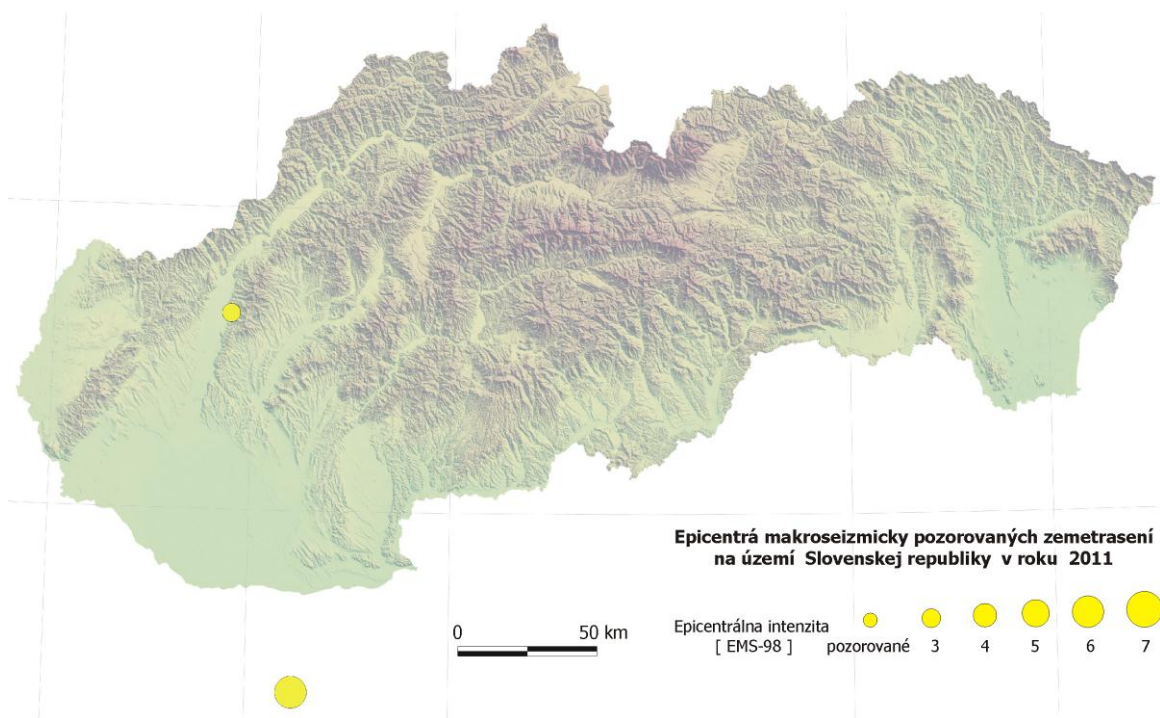
2.4.1 Seizmická aktivita v roku 2011

Podľa správy Geofyzikálneho ústavu SAV (Cipciar a Kristeková, 2012 – samostatná správa v prílohe) bolo v roku 2011 zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 8695 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 43 650 seizmických fáz. Seizmometricky bolo lokalizovaných 63 zemetrasení s epicentrom na

území Slovenskej republiky (obr. 2.4.2). Makroseizmicky boli na území Slovenska pozorované 2 zemetrasenia, ktoré boli aj seizmometricky lokalizované – zemetrasenie zo dňa 29. 1. 2011 s epicentrom vo severnom Maďarsku (Madarás et al., 2011) a zemetrasenie zo dňa 20. 7. 2011 s epicentrom v oblasti Považského Inovca (obr. 2.4.3). Silnejšie z nich bolo zemetrasenie s epicentrom v severnom Maďarsku, pre ktoré máme k dispozícii 1745 makroseizmických hlásení zo 175 lokalít na území Slovenska. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 6° EMS-98.



Obr. 2.4.2 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2011 (Čipciar a Kristeková, 2012)



Obr. 2.4.3 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2011 (Cipciar a Kristeková, 2012)

2.4.2 Historické údaje o seizmickej aktivite a katalógy makroseizmicky pozorovaných zemetrasení

Územie Slovenska môžeme charakterizovať ako oblasť s miernou seizmickou aktivitou (Moczo et al., 2002). Hoci ostatné stredne silné zemetrasenia s magnitúdou nad 5,0 boli na našom území v roku 1906 (Réthly, 1907) a v roku 1930 (Zátopek, 1940), náhle uvoľnenie akumulovaného napätia v zemskej kôre v podobe silnejšieho zemetrasenia môže prísť prakticky kedykoľvek a kdekoľvek. Morfológia Západných Karpát vykazuje znaky neotektonickej a recentnej mladosti a prejavy historických, ale najmä súčasných makro- a mikro-seizmických javov umožňujú čoraz presnejšie vzťahovať ich lokalizáciu na konkrétne seizmoaktívne oblasti, resp. širšie zlomové zóny.

Historické údaje o seizmickej aktivite na území Slovenska, alebo v jeho blízkom okolí, dokumentujú ojedinelé zápisy v stredovekých a novovekých kronikách miest a obcí, ktoré sú však často poznačené značnou dávkou nepresnosti a subjektivity, nakoľko záznamy boli dodatočne spísané aj niekoľko rokov až desaťročí po udalosti. Takým je napr. záznam z roku 1501 v Mestskej knihe Banskej Štiavnice o zemetrasení ktoré postihlo stredoslovenské banské mestá 5. 6. 1443 (Moczo et al., 2002; Rogul'ová, 2002), ale aj pomerne podrobná informácia v obecnej kronike Dobrej Vody z roku 1935 o pozorovaniach zemetrasení s epicentrom v okolí Dobrej Vody v roku 1906 a 1930 (kópia zápisu z kroniky poskytnutá Obecným úradom v Dobrej Vode). Známe sú napr. zápisy o účinkoch zemetrasenia v r. 1443 (epicentrum v oblasti Banskej Štiavnice – Kremnice), zemetraseniach z 5. 6. 1643 a 9. 8. 1662 s epicentrami v regióne severného Spiša a pozorovaní účinkov zemetrasenia s epicentrom v okolí Košíc 28. októbra 1656 v knižnom spracovaní levočskej kroniky Gašpara Haina (Bal et al., 1910 – 1913). Zrútenie štítu a časti klenby kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote na deň sv. Bartolomeja – 13. augusta 1813, ktoré je latinsky zaznamenané na nápisovej tabuli v kostole, sa tiež spomína v súvislosti so zemetrasením (Glatz et al., 2006). Je však

pravdepodobnejšie, že súvisí s výdatným dažďom, búrkou, víchricou a povodňou, ktorá v ten deň katastrofálne postihla oblasť Tatier, Oravy a horného Považia (M. Koreň – in Bezák et al., 2011). Ďalším príkladom je pozorovanie silného zemetrasenia v Tisovci zo 14. januára 1810 s epicentrom pri meste Mór v severnom Maďarsku (Kozák a Prachař, 2010), kde v kronike je chybné uvedené rok 1809 (Hutka a Uhrin, 2011). Čo sa týka starších udalostí (najmä do druhej polovice 18. storočia), prvé katalógy a štúdie jednotlivých zemetrasení zostavené na základe historických prameňov mohli a môžu obsahovať aj viaceré nepresnosti – napr. Réthlyho katalóg, Kárníkov katalóg, Pagaczewského katalóg (cf. Réthly, 1952; Kárník et al., 1957; 1981; Pagaczewski, 1972). Miera neurčitosti miesta epicentra zemetrasenia je pri údajoch do polovice 18. storočia veľmi vysoká; zo štúdií sporadických historických dokumentov často nie je možné určiť ani len presný dátum pozorovaného prírodného javu. Ak bolo zemetrasenie zaznamenané napr. v historických análoch mesta Levoča, neznamená to, že zemetrasenie malo epicentrum v jeho blízkom okolí; môžeme sa len domnievať, že takáto udalosť sa vzťahuje k územiu Vysokých Tatier, alebo severného Spiša, čo predstavuje mieru neurčitosti epicentra aj na viac ako 50 km v okolí mesta. Spoľahlivejšou informáciou o lokalizácii sú záznamy o opakovaných zemetraseniach počas kratšieho časového obdobia (mesiac, rok) z rovnakej oblasti. Po katastrofálnom zemetrasení v roku 1763 v okolí Komárna registrujeme väčšiu pozornosť obyvateľstva o zemetrasenia. Zvyšujúci sa počet záznamov ale nemusí znamenať väčšiu seizmickú aktivitu: je len odrazom zvýšeného záujmu o dianie v prírode. Kvantitatívne, ale najmä kvalitatívne novou kapitolou je začiatok pravidelného prístrojového monitorovania seizmickej aktivity územia dnešného Slovenska – v našom prípade zriadenie seizmickej stanice v roku 1902 v Ógyalle (dnešnom Hurbanove), neďaleko Komárna. Od tohto míľnika sa začala odvíjať moderná seizmológia na Slovensku a od 20. storočia postupne rozširovaná a modernizovaná sieť seizmických staníc umožňovala čoraz presnejšiu lokalizáciu zemetrasení (c.f. Moczo et al., 2002, Madarás et al., 2008).

Podrobnejší prehľad starších deskriptívnych a parametrických katalógov uvádza Labák (2000); Moczo et al. (2002) a Hrašna (2002). V polovici deväťdesiatych rokov 20. storočia bol na Geofyzikálnom ústave SAV zostavený nový katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska (Labák a Brouček, 1996). Katalóg zachytáva základné údaje o zemetraseniach s epicentrami na Slovensku, alebo v jeho blízkom okolí, prípadne na Slovensku pozorované silné vzdialenejšie zemetrasenia. Za zmienku stojí, že v tejto verzii katalógu (rok 1996) je pre obdobie od roku 1034 dokumentovaných 580 makroseizmicky pozorovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenska, z ktorých viac ako 550 sa vyskytlo po komárňanskom zemetrasení 28. 6. 1763. Za predchádzajúcich 700 rokov bolo možné spoľahlivejšie verifikovať len necelých 30 zemetrasení. Akékoľvek nové, resp. spresňujúce údaje o zemetraseniach pred 1. polovicou 18. storočia sú preto vítané, aj keď na kvantitatívnu, resp. kvalitatívnu úroveň katalógu nemajú zásadnejší vplyv. Od roku 1996 je Labákov a Broučkov katalóg každoročne dopĺňaný o nové údaje. V súčasnosti je preto vhodnejšie slovenský katalóg zemetrasení v publikáciách citovať ako kolektívne dielo pracovníkov Geofyzikálneho ústavu SAV. Nevýhodou je, že slovenský katalóg nie je voľne prístupný štúdiu, k nahliadnutiu je potrebné dohodnúť sa s pracovníkmi oddelenia seizmológie GFÚ SAV. Niektoré katalógové informácie seizmologických pracovísk susediacich krajín sú spracované aj s ohľadom na makroseizmické javy s epicentrom na území Slovenska. Je to napr. publikácia Guterch et al., 2005; Guterch, 2009; Malýtskyy, 2006, alebo čiastkové katalógy vo výročných správach maďarských (napr. Tóth et al., 2011), českých (napr. Zedník, 2012), rakúskych (napr. ZAMG, 2008) a poľských seizmologických pracovísk (viď internetové adresy v zozname literatúry). Archivované a on-line údaje o silnejších javoch, ktoré by sa týkali územia Slovenska (zemetrasenia s magnitúdou nad 2,0

z Európy a nad 4,0 zo sveta) sú vo veľmi dobrej užívateľskej forme prístupné napr. na stránke Európsko – mediteránneho seizmologického centra EMSC (www.emsc-csem.org).

Pre potreby ŠGÚDŠ - Strediska čiastkového monitorovacieho systému (ČMS) – subsystému 02 (Tektonická a seizmická aktivita územia), M. Hrašna zostavil katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení v rámci vymedzených epicentrálnych oblastí. Tabuľky javov sú kompilované z vyššie spomenutých a dostupných katalógov a sú dopĺňané z každoročných správ monitorovania seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV, ktoré sú taktiež súčasťou publikovaných správ ČMS (cf. Cipciar a Kristeková, 2012) dostupných na internetovej stránke Strediska ČMS (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/cmsgf_publicacie.html).

2.4.3 Seizmogénne zóny na území Slovenska

Seizmogénne, resp. seizmicky aktívne zóny, zdrojové, alebo ohniskové (epicentrálne) zóny, sú oblasti so zvýšeným seizmickým ohrozením. V Západných Karpatoch a priľahlých oblastiach boli v minulosti derivované z geofyzikálne interpretovaných zlomových zón. Na Slovensku boli prvýkrát definované Fusánom et al. (1979; 1981; 1987). Pioniersky bol krok Šefaru et al. (1998) v spojitosti seizmogénnych zón s novo definovanými neotektonickými blokmi v Západných Karpatoch. Na základe geologického štúdia tektonických zón (základných alpínskych oceánických, alebo intrakontinentálnych sutúrnych zón), refrakčných (DSS) a reflexných (CDP) seizmických línií, gravimetrie a epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení (Labák a Brouček, 1996) vyčlenili Šefara et al. (l.c.) v západnej časti Slovenska nasledovné seizmogénne zóny:

- A) **Váhická sutúra.** Zahŕňa západnú časť Slovenska v smere SV – JZ od Bratislavy cez Dobrú Vodu po Žilinu. Hlavné krehké zlomové štruktúry, ktoré generujú zemetrasenia, sú na línii Mur – Mürz – Leitha, pokračujúcej na Slovensko z východoalpskej oblasti v Dobrovodskom a Považskom zlomovom systéme. Maximálna epicentrálna intenzita $I_{\max} = 8-9^{\circ}$ MSK-64, predpokladaná hĺbka hypocentier je do 15 km.
- B) **Čertovická sutúra.** Hlavnou krehkou štruktúrou, ktorá generuje zemetrasenia je Hronský zlomový systém (okolie Banskej Bystrice). Maximálna epicentrálna intenzita potenciálnych zemetrasení $I_{\max} = 7-8^{\circ}$ MSK-64, predpokladaná hĺbka hypocentier je menej než 10 km.
- C) **Meliatska sutúra.** Je situovaná v južnej časti Slovenska, pozdĺž V-Z orientovanej zlomového systému Hurbanovo – Diósjenő. Túto seizmogénnu zónu charakterizuje maximálna epicentrálna intenzita $I_{\max} = 9^{\circ}$ MSK-64 a predpokladaná hĺbka hypocentier viac než 15 km.

Hrašna (1997; 2002) zostavil prvú seizmotektonickú mapu Slovenska. Mapa zobrazuje priebeh významnejších geofyzikálne a geologicky zdokumentovaných tektonických línií a seizmické oblasti s predpokladanou maximálnou intenzitou zemetrasenia 6,7, 8 a 9° MSK-64. Podľa Hrašnu (l.c.) najvýznamnejšie seizmotektonické pásmo na území Slovenska sa tiahne pozdĺž hlbinného peripieninského lineamentu od Záhoria cez Trenčín, Žilinu a južné Poľsko až po Humenné a hranicu s Ukrajinou (sleduje prakticky priebeh bradlového pásma). V západnej časti tohto pásma sa vyskytujú zemetrasenia s epicentrálnou intenzitou do 8° MSK (Dobrá Voda, Žilina) a vo východnej do 7° MSK (Prešov – Humenné).

Bus et al. (2000) vyčlenili v maďarskej časti Panónskej panvy 14 seizmogénnych zón. Štyri z nich: č.12 Mur – Mürz, č.1 Hurbanovo – Diósjenő, č.5 Ostoros, a č.14 Érmelek (Satu Mare) zasahujú na územie juhozápadného, južného a juhovýchodného Slovenska.

Hók et al. (2000) študovali neotektonický charakter Slovenska. Pod termínom neotektonika pre územie Slovenska a Západných Karpát definujú v zhode s Hrašnom (1998) také tektonické udalosti a procesy, ktoré sa odohrali od konca miocénu po recent. Tento časový úsek zahŕňa približne posledných 5,4 miliónov rokov. Hók et al. (l.c.) na základe mapy zlomov a zlomových systémov na území Slovenska, mapy recentného napätového poľa, mapy izolínií recentných vertikálnych pohybových tendencií, hrúbky kôry a tepelného toku a mapy epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska zostavili mapu neotektonických oblastí Slovenska, kde vyčlenili a charakterizovali šesť regiónov:

1. flyšové pásmo,
2. bradlové pásmo,
3. západné Slovensko,
4. stredoslovenské neovulkanity,
5. stredné Slovensko,
6. východné Slovensko.

Aktívne zemetrasné oblasti zahrnuli do troch zón:

- A) **Bradlové pásmo,**
- B) **Čertovická zóna,**
- C) **Zóna Rába – Hurbanovo.**

Kováč et al. (2002) na základe údajov z katalógu Labák a Brouček (1996) vyčlenili na Slovensku 6 epicentrálnych oblastí:

1. Komárno,
2. Malé Karpaty,
3. Dobrá Voda,
4. Žilina,
5. Stredné Slovensko,
6. Slanské vrchy.

Tie patria do štyroch seizmicky aktívnych zón:

- A) **Pieninské bradlové pásmo** (Žilina, Slanské vrchy - sever);
- B) **Čertovická zóna** (Stredné Slovensko, Slanské vrchy – juh);
- C) **Hurbanovská zóna** (Komárno);
- D) **Zóna Mur – Mürz – Leitha** (Malé Karpaty, Dobrá Voda).

Členenie na neotektonické regióny (bloky) je rovnaké ako u Hóka et al., 2000.

Hrašna (2002) v rámci prezentácie výsledkov monitorovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska vytvoril databázu takmer 200 aktívnych zlomov na Slovensku (v mierke 1:200 000), čiastočne inovoval seizmotektonickú mapu Slovenska z roku 1997 a zostavil Mapu seizmotektonickej rajonizácie. Rajonizácia vychádza zo základného členenia Západných Karpát na vnútorné a vonkajšie Karpaty a bradlové pásmo, ktoré sa odlišujú rozdielnym geotektonickým vývojom a majú zrejme rozdielny tektonický vývoj aj v súčasnosti. Pri ďalšom členení na jednotky nižšieho rádu bola kritériom jednak orientácia vertikálnych pohybov (podľa nej boli vyčlenené základné oblasti), jednak rýchlosť pohybov (podľa nej boli vyčlenené časti). Hranice medzi vyčlenenými územnými jednotkami tvoria spravidla významné zlomy, resp. zlomové pásma. Rajonizácia aj princípy vyčlenenia jednotlivých oblastí a ich častí sú z väčšej časti totožné, alebo takmer rovnaké ako členenie

Hóka et al. (2000) na neotektonické oblasti. Hrašna (l.c.) člení územie Slovenska na štyri základné oblasti a bradlové pásmo:

Vnútorne Západné Karpaty

1. **Západná oblasť**: časti 1A, 1B, 1C, 1D (podľa rýchlosti pretrvávajúcich poklesov);
2. **Centrálna oblasť**: časti 2A, 2B, 2C (podľa rýchlosti pretrvávajúcich výzdvihov, alebo viac – menej stability)
3. **Východná oblasť**: časti 3A, 3B (podľa rýchlosti pretrvávajúcich poklesov)

Vonkajšie Západné Karpaty

4. **Flyšové pásmo**: časti 4A, 4B, 4C (prevládajúce výzdvihy)
Bradlové pásmo (poklesy aj výzdvihy)

Všetci spomenutí autori členení vychádzali v rámci dokumentovaných seizmických javov z údajov pred modernizáciou seizmického monitorovania a mohli sa opierať väčšinou len o makroseizmické údaje z minulosti. Vďaka detailnejšiemu monitorovaniu Slovenska sieťou národných seizmických staníc (výrazná modernizácia v roku 2004), lokálnym seizmickým sieťam Jaslovské Bohunice (monitorovanie makro a mikrozemetrasení od roku 1985), Mochovce (monitorovanie od roku 1992) a východné Slovensko (začiatok zberu údajov v roku 2007) môžeme dnes s oveľa väčšou presnosťou lokalizovať nielen makro- ale aj mikrozemetrasenia (zväčša obyvateľmi nepocítené).

Na základe archívnych katalógov, správ a publikácií a spresnených údajov zo seizmologických správ Geofyzikálneho ústavu SAV, ktoré sú súčasťou publikovaných správ Strediska čiastkového monitorovacieho systému (http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/cmsgf_publicacie.html) od roku 1993, Hrašna et al. (2011) zostavil podrobnú charakteristiku a schematické mapové vymedzenie 16 epicentrálnych oblastí na území SR (obr. 2.4.4):

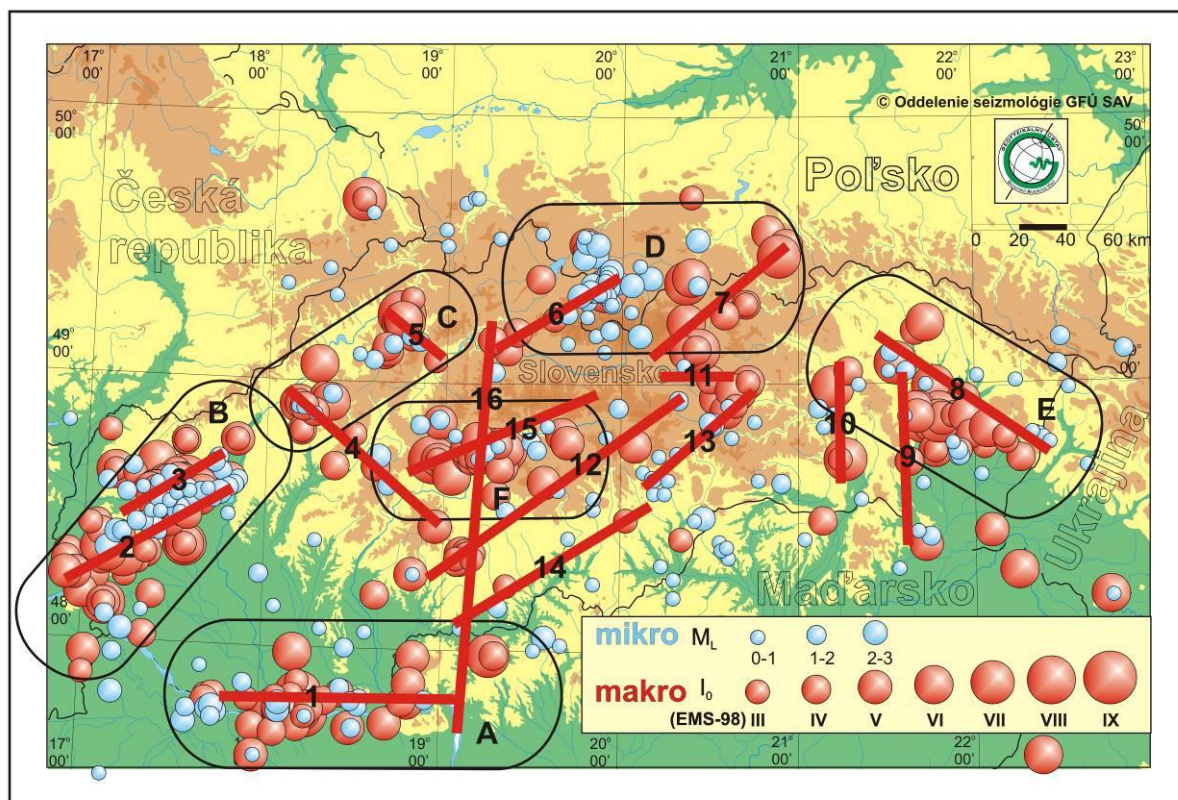
- *južná časť Malých Karpát* – 1. okolie Bratislavy; 2. oblasť Pernek – Modra;
- *severovýchodná časť Malých Karpát* – 3. oblasť Dobrá Voda;
- *stredné Považie* – 4. oblasť Trenčianske Teplice; 5. oblasť Žilina;
- *severné Slovensko západne od Tatier* – 6. Chočské vrchy; 7. severná Orava;
- *severné Slovensko východne od Tatier* – 8. oblasť Spišská Stará Ves; 9. oblasť Kežmarok – Spišská Belá; 10. oblasť Levoča – Spišská Nová Ves;
- *východné Slovensko* – 11. oblasť Humenné – Vranov nad Topľou; 12. oblasť južne od Vihorlatu;
- *stredné Slovensko* – 13. oblasť Banská Bystrica; 14. oblasť Banská Štiavnica; 15. oblasť Krupina;
- *južné Slovensko* – 16. oblasť Komárno.



Obr. 2.4.4 Epicentrálne oblasti zemetrasení na Slovensku vyčlenené Hrašnom (2011)

Madarás et al. (2008); Madarás a Fojtíková (2009) v súvislosti so seizmickou aktivitou na Slovensku vo vzťahu k tektonike navrhli vyčleniť nasledovné ohniskové oblasti a seizmicky aktívne zóny (obr. 2.4.5):

- A) **oblasť Komárna a prilahlé časti severného Maďarska popri Dunaji;**
- B) **oblasť Malých Karpát od Bratislavy po Vrbové s podoblastami:**
 - Bratislava;
 - Pernek – Modra;
 - Dobrá Voda;
- C) **oblasť od Trenčína po Žilinu**
- D) **oblasť Tatier, poľského Podhalia, severného a stredného Spiša;**
- E) **oblasť Zemplína**
- F) **oblasť stredného Slovenska v okolí Banskej Bystrice;**
- G) **ostatné oblasti (s pravdepodobnou väzbou na konkrétne zlomové línie).**



Obr. 2.4.5 Epicentrálne oblasti na Slovensku vyčlenené Madarásom a Fojtíkovou (2009)

A-F – seizmoaktívne zóny; G – seizmicky aktívne zlomové zóny: zlom Rába –Hurbanovo - Diósjenő (1); malokarpatský zlom (2); dobrovodský zlom (3); jastrabiansky zlom (4); zlom strečnianskeho prielomu (5); chočský zlom (6); ružbašský zlom (7); okrajový zlom bradlového pásma (8); okrajové zlomy Slanských vrchov – hornádske zlomy (9,10); vikartovský zlom (11); muránsko – divínsky zlom (12); zdychavská línia (13); rapovsko – lysecká zóna (14)

Na základe analýzy historických seizmických udalostí z katalógu zemetrasení, doplnených údajmi monitorovania mikrosezimických javov na území Slovenska najmä za ostatných 20 rokov je možné jasnejšie definovať seizmicky aktívne zóny. Monitorovanie Slovenska stálymi seizmickými stanicami národnej seizmickej siete a lokálnymi seizmickými sieťami prvýkrát v dlhšom časovom rozpätí zberu údajov umožňuje lokalizovať seizmické javy s väzbou na konkrétne zlomové zóny. Opísané seizmicky aktívne zóny umožňujú presnejší obraz o súčasnej seizmickej aktivite na Slovensku a rozširujú doterajší pohľad na seizmicitu viazanú predchádzajúcimi autormi viac – menej len na veľké sutúrne rozhrania v kôre Západných Karpát.

2.4.4 Vývoj a prognóza seizmickej aktivity na území Slovenska od začiatku monitorovania

Analýzou historických makroseizmických javov a prístrojovým meraním cca od začiatku 20. storočia bolo možné na Slovensku vyčleniť oblasti zvýšenej seizmickej aktivity (obr. 2.4.4; 2.4.5). Naďalej platí, že najaktívnejšou seizmickou zónou je oblasť Malých

Karpát. Seizmická činnosť v širšej oblasti Malých Karpát a Záhoria sa viaže na geologicky komplikovaný kontakt Východných Álp, Západných Karpát a Českého masívu vo Viedenskej panve. Oblasť je súčasťou veľkého zlomového systému, ktorý sa tiahne z východného Rakúska cez najzápadnejšiu časť Slovenska – tzv. tektonická línia Mur – Mürz – Leitha, s predĺžením do seizmicky najaktívnejšej oblasti na Slovensku – okolia Dobrej Vody. Aj keď sa seizmická energia v tejto oblasti uvoľňuje v súčasnosti v podobe slabých zemetrasení, fakt, že ostatné silné zemetrasenie v oblasti Dobrej Vody bolo v roku 1906, naznačuje, že po vyše 100 rokoch môže v oblasti narastať tektonické napätie, ktoré sa môže prejaviť aj silným zemetrasením so škodami na infraštruktúre. To isté môžeme konštatovať aj v ohniskovej oblasti okolia Komárna: ostatné silné zemetrasenia tam boli v 18. a prvej polovici 19. storočia, odvtedy je oblasť v štádiu relatívneho útlmu. Zvýšenú seizmickú aktivitu však môže naznačovať zemetrasenie z 29.1. 2011 s epicentrom v severnom Maďarsku (obr. 2.4.3; Cipciar a Kristeková, 2012; Madarás et al., 2011).

V ostatných ohniskových zónach je trend uvoľňovania seizmickej energie viac – menej stabilizovaný. Stredne silné zemetrasenia (s magnitúdou okolo 4 – 4,5) sa vyskytli v poslednom dvadsaťročí mimo územia Slovenska, avšak v jeho relatívnej blízkosti (Krynica – 1992 – 1993; Zakopané 2004; Zakarpatská oblasť - Berehovo 2006). Na Slovensku boli epicentrá ostatných silnejších zemetrasení v okolí Krupiny (1999), Vihorlatu (2003), prípadne Vrbového (2006). Zaujímavý je však trend nárastu makroseizmicky pocítených slabých zemetrasení s magnitúdou do 2,0. Vo väčšine prípadov ide o zemetrasenia, ktoré mali plytkú hĺbku hypocentra (max. niekoľko km pod povrchom). Takéto slabé zemetrasenia sa vyskytujú v okolí Banskej Bystrice, Trenčína (Strážovské vrchy, Považský Inovec), ale najmä od roku 2008 na Zemplíne. Veľmi dobrým rozhodnutím bolo zriadenie lokálnej seizmickej siete Východné Slovensko (LSSVS, prevádzkuje FMFI a GFÚ SAV od konca roku 2007), kde je jasný trend nárastu registrovaných seizmických javov. Či tento jav súvisí s prerozdeľovaním tektonických napätí i seizmickej aktivity, alebo s novou možnosťou registrácie slabých zemetrasení v oblasti, ktorá doteraz nebola adekvátne monitorovaná, je v tejto chvíli predčasné tvrdiť. Podobne to platí aj v možnom náraste trendu uvoľňovania seizmickej energie z celkového počtu registrovaných seizmických javov na území Slovenska. Zatiaľ čo v roku 2004 bolo na Slovensku seizmometricky zaznamenaných 31 zemetrasení, v roku 2005 a 2006 to bolo vyše 50, v roku 2007 vyše 70 a v rokoch 2008 až 2010 vyše 80 (Moczo et al., 2011). Aj keď je tento trend spôsobený zvýšeným počtom a zdokonalením prístrojového vybavenia seizmických staníc, je možné, že v súčasnosti registrujeme aj celkový nárast uvoľňovanej seizmickej energie. Pozitívnym javom je, že seizmická energia sa aj v seizmických oblastiach, v ktorých sa v minulosti častejšie vyskytovali silnejšie makrootrasy, uvoľňuje v súčasnosti početnejšími slabšími otrasmi. Pri takomto trende by ani v blízkej budúcnosti nemalo na Slovensku dochádzať k silným zemetraseniam.

2.5 Literatúra

- Bal, J., Förster, J. & Kauffman, A., 1910 – 1913: Hain Gáspár Lőcsei krónikája. *Lőcse (Levoča), Reiss József. T. könyvnyomó intézete, 558s.*
- Bezák, V., Fleischer, P., Hanzel, V., Chovancová, B., Koreň, M., Kyselová, Z., Madarás, J., Maglay, J., Ostrožlík, M., Pavlarčík, S., Reichwalder, P., Bohuš, I., Čurlík, J., Ferenc, Š., Michalík, D., Soják, M., Kucharič, L., Olšovský, M., Gross, P., Sýkora, M., Borecká, A., Danel, W., Derkacz, M., Gaždicka, E., Iwanow, A., Piotrowska, K. & Zabielski, R., 2011: Sprievodca ku geologickej mape Tatier : 1 : 50 000. Editor: Bezák, V., Bratislava; Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra; Štátne lesy TANAP-u; Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy. 100 s. ISBN 978-80-89343-55-3.
- Briestenský, M., Košťák, B., Stemberk, J., Petro, L., Vozár, J. & Fojtíková, L., 2010: Active tectonic fault microdisplacement analyses: A comparison of results from surface and underground monitoring in Western Slovakia. *Acta Geodyn. Geomater.*, Vol. 7, No 4 (160), 387 – 397.
- Bus, Z., Szeidovitz, G. & Vaccari, F., 2000: Synthetic Seismogram Based Deterministic Seismic Zoning for the Hungarian Part of the Pannonian Basin. *Pure appl. geophys. Birkhäuser Verlag, Basel, Vol. 157, pp. 205–220.*
- Cipciar, A., 2001: Analýza údajov o zemetraseniach v seizmickej zdrojovej zóne Dobrá Voda. *Manuskript - Rigorózna práca, FMFI UK, Bratislava, 50 s.*
Dostupné na internete:
http://www.fyzikazeme.sk/mainpage/prace/2001_RNDr_Cipciar.pdf
- Cipciar, A., Fojtíková, L., Bystrický, E., Kristeková, M., Franek, P., Gális, M., Kristek, J., Moczo, P. & Pažák, P., 2009: Slovak Earthquakes Catalogue, Version 2010. *Oddelenie seizmológie GFÚ SAV Bratislava.*
- Cipciar, A. & Kristeková, M., 2011: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV v roku 2010. *Manuskript, GFÚ SAV, Bratislava, 28s.* Dostupné na internete:
http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/download/spravy/Hodnot_monitor_za_rok_2010/Hodnotenie_monitorovania_za_rok_2010_v_subsysteme_02_SEIZ.pdf
- Cipciar, A. & Kristeková, M., 2012: Monitorovanie seizmických javov stálymi seizmickými stanicami Geofyzikálneho ústavu SAV v roku 2011. *Manuskript, GFÚ SAV, Bratislava, 14s.*
- Fusán, O., Ibrmajer, J. & Plančár, J., 1979: Neotectonics blocks of the West Carpathians. In: *Babuška, V. & Plančár, J. (Eds.): Geodynamic investigation in Czechoslovakia. Final Report. Veda, Bratislava, 187-192.*
- Fusán, O., Ibrmajer, J., Kvitkovič, J. & Plančár, J., 1981: Block dynamic of the West Carpathians. In: *Zátopek (Ed.): Geophys. syntheses in Czechoslovakia. Final Report. Veda (Bratislava), 153-157.*
- Fusán, O., Plančár, J. & Ibrmajer, J. 1987: Tektonická mapa podložia terciéru vnútorných Západných Karpát. In: *Fusán et al. (Ed.): Podložie terciéru vnútorných Západných Karpát. 103.* Mapa dostupná na internete: http://www.geology.sk/?pg=geois.ms_tpm
- Glatz, A.C., Zubko, P. & Jiroušek, A., 2006: Kostol sv. Juraja v Spišskej Sobote. *Agentúra SÁŠA Košice.*
- Guterch, B., Lewandowska - Marciniak, H. & Niewiadomski, J., 2005: Earthquakes recorded in Poland along the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians. *Acta Geophysica Polonica, vol. 53, no.1, pp. 27-45.* Dostupné na internete:
http://agp2.igf.edu.pl/agp/files/53/1/Guterch_et_al.pdf

- Guterch, B., 2009: Sejsmicznosc Polski w swietle danych historycznych (Seismicity in Poland in the light of historical records.) *Prz. Geol.*, 57: 513–520. Dostupné na internete: http://www.pgi.gov.pl/images/stories/przeglad/pg_2009_06_20.pdf
- Hók, J., Bielík, Kováč, P., & Šujan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca, Bratislava*, 32, 459–470.
- Hók, J., 2010: Čo nám hrozí z podzemia? *Geovedy pre každého, Prírodovedecká fakulta UK, Manuskript*, 6s. Dostupné na internete: <http://www.fyzickageografia.sk/geovedy/texty/hok.pdf>
- Hrašna, M., 1997: Seizmotektonická mapa Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 29, 427–430.
- Hrašna, M., 1998: Tektonická a seizmická aktivita územia Slovenska. In: Wagner, P. & Durmeková, T. (Eds.): *Geology & Environment. Dionýz Štúr Publ., Bratislava*, 107 – 109.
- Hrašna, M., 2002: Monitorovanie tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska. *Geologické práce, Správy 106, ŠGÚDŠ, Bratislava*, s. 103 – 114.
- Hrašna, M., Ferianc, D. & Petro, L., 2011: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky. Tektonická a seizmická aktivita územia. Subsystem 02. Správa za obdobie: rok 2010. *Manuskript, ŠGÚDŠ, Bratislava*, 9s. Dostupné na internete: http://dionysos.gssr.sk/cmsgf/download/spravy/Hodnot_monitor_za_rok_2010/Hodnotenie_monitorovania_za_rok_2010_v_subsysteme_02_TEKT.pdf
- Hutka, D. & Uhrin, M., 2011: Zaujímavé prírodovedné záznamy z kroník mesta Tisovec. *Reussia*, 6, 1-2, 111–122. Dostupné na internete: http://botanicka.gaya.sk/reussia/obsah/2011_Reussia06_Hutka-Uhrin.pdf
- Kárník, V., Michal, E. & Molnár, A., 1957: Erdbebenkatalog der Tschechoslowakei bis zum Jahre 1956. *Práce Geofyzikálního ústavu ČSAV, Praha*, vol. 69 (1957), pp. 411–598.
- Kárník, V., Procházková, D. & Brouček, I., 1981: Catalogue of Earthquakes for the Territory of Czechoslovakia for the Period 1957–1980. *Travaux Géophys. XXIX, No 555, Praha*, 155–186.
- Kováč, M., Bielík, M., Hók, J., Kováč, P., Kronome, B., Labák, P., Moczo, P., Plašienka, D., Šefara, J. & Šujan, M., 2002: Seismic activity and neotectonic evolution of the Western Carpathians. In: *Neotectonics and surface processes: the Pannonian Basin and Alpine/Carpathian System*. Eds. Cloeting, S.D.P.L., Horváth, F., Bala, G., Lankreijer, A.C. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series*, 3, 167–184. Dostupné na internete: ftp://www.nuquake.eu/pub/Papers/Kovac_et_al_EGU_2002.pdf
- Kozák, J. & Prachař, I., 2010: First macroseismic map in transalpine Europe (1810 Mór earthquake in the Pannonian Basin). *Studia Geophysica et Geodaetica, Volume 54, Number 2*, 339–341. Dostupné na internete: <http://www.springerlink.com/content/v170065451611145/fulltext.pdf>
- Labák, P. & Brouček, I., 1996: Katalóg makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenska od roku 1034. (Verzia 1996). *Manuskript – Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava*.
- Labák, P., 2000: Pravdepodobnostný výpočet charakteristík seizmického ohrozenia pre lokalitu atómových elektrární Bohunice. *Manuskript – dizertačná práca. GFÚ SAV, Bratislava*, 120 s. Dostupné na internete: http://www.fyzikazeme.sk/mainpage/prace/2000_PhD_Labak.pdf
- Madarás, J., Pažák, P., Kristeková, M., Fojtíková, L., Labák, P. & Cipciar, A., 2008: Zemetrasenia na Slovensku. *Enviromagazín, MŽP SR a SAŽP, Banská Bystrica*, r. 13, č. 05/2008, s. 4–7, príloha s. 5–7. ISSN 1335–1877. Dostupné na internete: http://www.enviromagazin.sk/enviro2008/enviro5/03_zemetrasenia.pdf a príloha: <http://www.enviromagazin.sk/enviro2008/enviro5/priloha05.pdf>

- Madarás, J. & Fojtíková, L., 2009: Seizmická aktivita na Slovensku vo vzťahu k tektonike. In: *Zborník abstraktov Spoločného geologického kongresu Slovenskej a Českej geologickej spoločnosti. ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 120-121*. Dostupné na internete: http://www.geologickykongres.eu/SGK09/abstrakty/Madaras_SGK09.pdf
- Madarás, J., Pažák, P., Franek, P. & Fojtíková, L., 2011: Tektonická interpretácia zemetrasenia v severnom Maďarsku 29. januára 2011. *Mineralia Slovaca, vol.43, č. 2, s. 157-162. ISSN 0369-2086*. Dostupné na internete: http://www.geology.sk/doc/min_slov/ms_2011_2/MS_2_2011_08_Madaras_et_al.pdf
- Malýtskyy, D., 2006: Seismicity of the Carpathian region. *International Journal of Physical Sciences Vol. 1 (2), pp. 085-092*. Dostupné na internete: <http://www.academicjournals.org/IJPS>
- Moczo, P. & Labák, P., 2000: Zemetrasenia a seizmické ohrozenie. *Geofyzikálny ústav SAV, Manuscript, 24 s.* Dostupné na internete: http://www.nuquake.eu/Earthquakes/Moczo_Labak_2000.pdf
- Moczo, P., Labák, P., Cipciar, A., Kristek, J., Kristeková, M., Bielik, M., Šajgalíková, J. & Režuchová, D., 2002: 100 rokov seizmológie na Slovensku / 100 Years of Seismology in Slovakia. *Geofyzikálny ústav SAV a Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Bratislava, 106. ISBN 80-85754-11-8*.
- Moczo, P., Bielik, M., Kristek, J., Kristeková, M., Gális, M., Fojtíková, L., Cipciar, A., Franek, P. & Bystrický, E., 2011: Seismological and integrated geophysical research in Slovakia 2007-2010. In: *Contributions to Geophysics and Geodesy, 2011, vol. 41, special issue, p. 83-111. ISSN 1335-2806*. Dostupné na internete: http://www.nuquake.eu/Publications/Moczo_et_al_IUGG_report_CGG_2011.pdf
- Pagaczewski, J., 1972: Catalogue of earthquakes in Poland in 1000–1970 years. *Publs. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc. 51: 3–36*. Dostupné na internete: <http://private.igf.edu.pl/~pwiejacz/p/>
- Réthly, A., 1907: Az 1906 évi Magyarországi földrengések. Die Erdbeben in Ungarn im Jahre 1906. *M. Kir. Orsz. Meteorológiai és Földmágnasségi Intézet. Budapest*.
- Réthly, A., 1952: A Kárpátmedencék földrengései (455-1918). *Akadémiai Kiadó, Budapest, 510 pp.* Čiastočne dostupné na internete: http://emidius.eu/AHEAD/digital_library/popup_root_info.php?root_code=RETH952
- Roguľová, J., 2002: Keď sa trasie zem. Historická seizmická aktivita na Slovensku. *História, Revue o dejinách spoločnosti, Historický ústav SAV, Bratislava, roč. 2, č. 1, s. 36-38*.
- 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*.
- Tóth, L., Mónus, P., Zsíros, T., Bus, Z., Kiszely, M. & Czifra T., 2011: Magyarországi földrengések évkönyve - Hungarian Earthquake Bulletin - 2010 GeoRisk - MTA GGKI, Budapest, 140 oldal, HU ISSN 1589-8326. Dostupné na internete: <http://www.georisk.hu/Bulletin/bulletine.html>
- Wiejacz, P. & Dębski, W., 2005: Podhale, Poland, Earthquake of November 30, 2004. *Acta Geophysica vol. 57, no. 2, pp. 346-366. DOI: 10.2478/s11600-009-0007-8*. Dostupné na internete: <http://www.springerlink.com/content/x43671608085txp1/fulltext.pdf>
- Zamg (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), 2008: Jahrbuch 2008, Seismische Beobachtungen. Dostupné na internete: <http://www.zamg.ac.at/fix/klima/jb2008/index.html>
- Zátopek, A., 1940: Zemětřesná pozorování na Slovensku a bývalé Podkarpatské Rusi 1923-1938. Erdbebenbeobachtungen in der Slowakei und in ehem. Karpaterussland 1923-1938. *Spec. Práce č. 2, Publikace Geofyzikálního ústavu v Praze. Spezialarbeit Nr. 2, Prag, Inst. f. Geophysik. 79s.*

Zedník, J., 2012: Bulletin seismických jevů, zaregistrovaných stanicemi České regionální seismické sítě.(Od r. 1976). Dostupné na internetu:
http://storing.ingv.it/bulletins/Czech_Republic/index.html