

**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 2014

Zodpovedný riešiteľ: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

Správu vypracoval: **Ing. Lubomír Petro, CSc.**

Spolupracovali: **Ing. Dušan Ferianc EUR ING, SSGK Bratislava
RNDr. Andrej Cipciar, GFÚ SAV Bratislava
Mgr. Miriam Kristeková, PhD., GFÚ SAV Bratislava
Mgr. Miloš Bristenský, PhD., ÚSMH AV ČR, v.v.i. Praha**

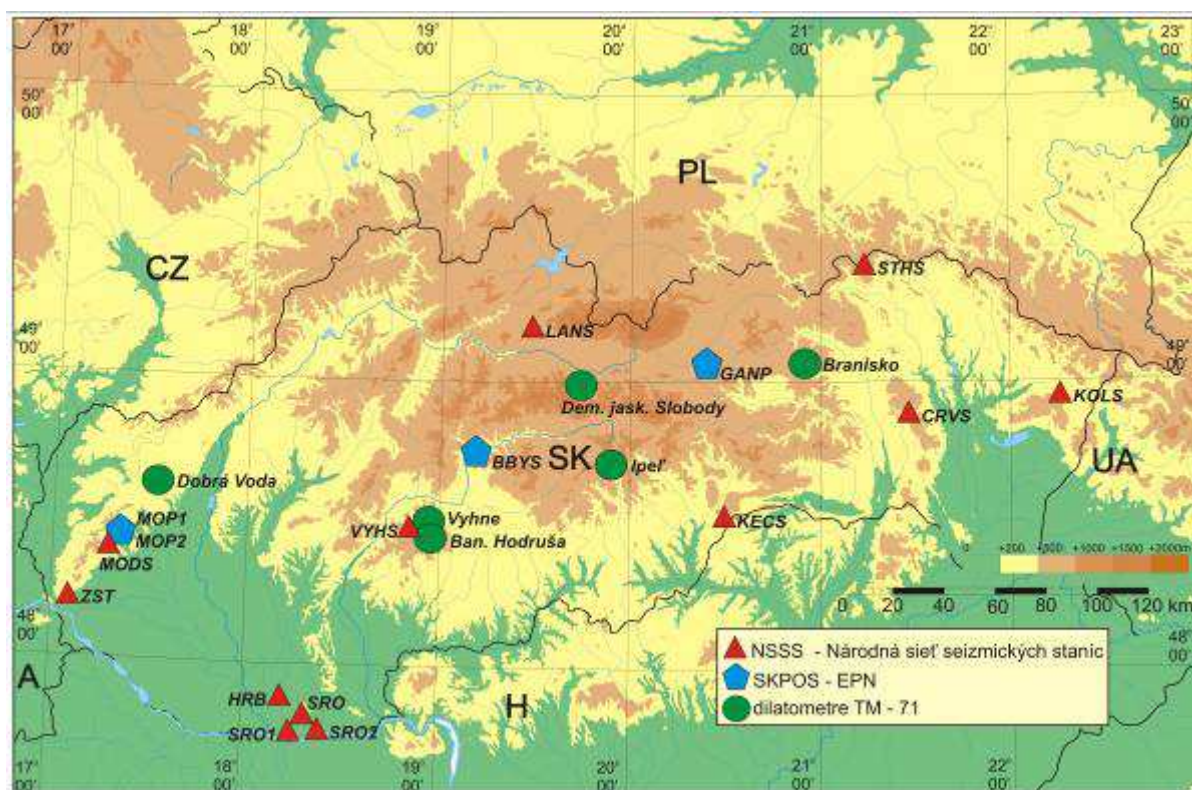
November 2015

OBSAH

1. Úvod	2
2. Pohyby povrchu územia (D. Ferianc)	2
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN... 5	
2.2 EUPOS – permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN	Chyba! Záložka nie je definovaná. 1
2.3 Projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska	13
3. Pohyby pozdĺž zlomov (Ľ. Petro, M. Briestenský)	14
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	14
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia.....	19
3.3 Výsledky monitorovania	20
3.4 Diskusia	28
4. Monitorovanie seizmických javov (A. Cipciar, M. Kristeková).....	29
4.1 Dátové a spracovateľské centrum	31
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky.....	31
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	34
5. Literatúra	39

1. Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2014 (2015) monitorované pohyby povrchu aj systémami globálneho určenia priestorovej polohy (GNSS) Zeme na vybraných hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch (Geodetický a kartografický ústav Bratislava - GKÚ). Pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu *TM-71* (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice). Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená Geofyzikálnym ústavom Slovenskej akadémie vied (GFÚ SAV) na základe meraní za rok 2014.



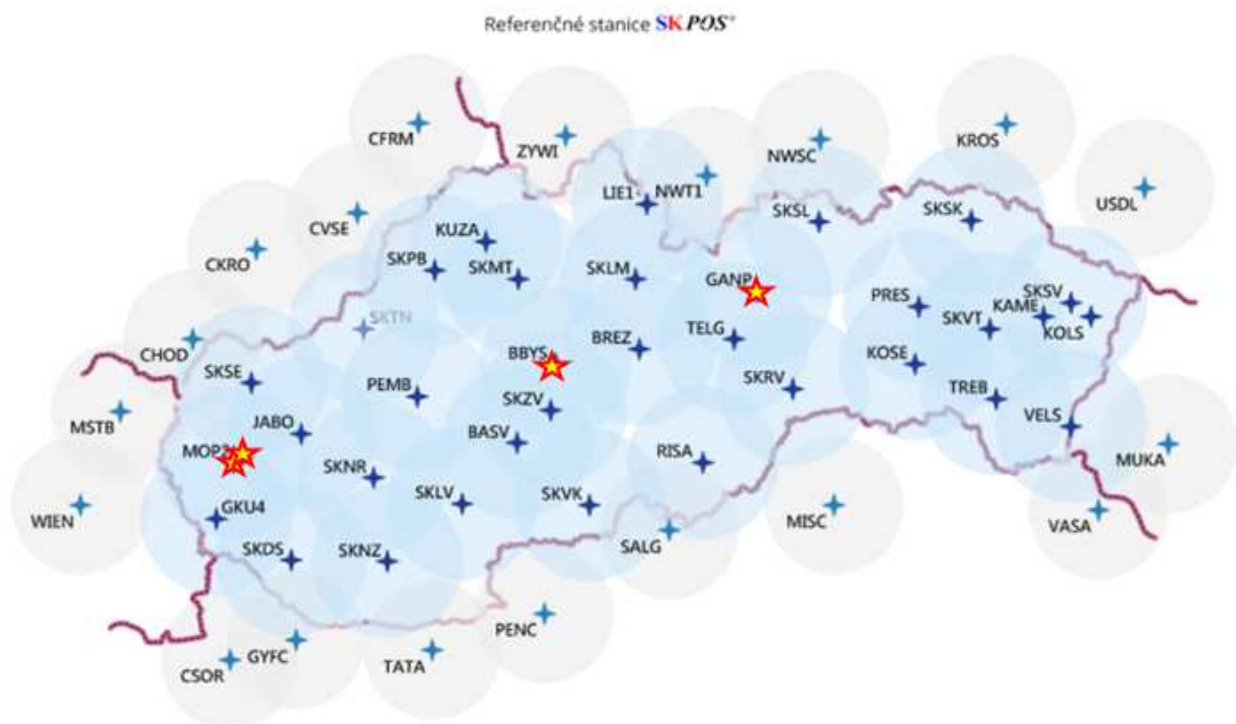
Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystem 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

2. Pohyby povrchu územia

Monitorovanie geodynamických prejavov vrchnej vrstvy zemskej kôry geodetickými metódami umožnili až vysoko presné geodetické prístroje vybavené vyspelou elektronikou, zvyčajne plne automatizované s objektívnym záznamom vylučujúcim z procesu merania merača s jeho osobnou chybou. Na presné určenie lokalizačných parametrov bodov v referenčných súradnicových systémoch sa využívajú geodetické merania, a to najmä techno-

lógia na určovanie priestorovej polohy bodom pomocou globálnych navigačných družicových systémov (*GNSS*), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiažového zrýchlenia. Ako efektívna metóda na relatívne určovanie polohy bodov s uvádzanou horizontálnou neistotou (x,y) 2 - 3 mm a s neistotou vo výške (z) asi 4 - 9 mm.

Geodetický a kartografický ústav Bratislava (*GKÚ*) je prevádzkovateľom a správcom slovenskej observačnej služby *GNSS* označenej menom *SKPOS*, ktorá zabezpečuje od jesene 2006 permanentné meranie *GNSS* s príjmom signálov z družíc amerického systému *NAVSTAR GPS*, ruský *GLONASS*, ale už aj európsky systém *GALILEO*. *SKPOS* v súčasnosti tvorí sieť 34 geodetických bodov, referenčných staníc *GNSS*, realizujúcich geodetický referenčný systém *ETRS89* na Slovensku. *ETRS89* – Európsky terestrický referenčný systém, je systém priestorových súradníc označovaný parametrami B, L, h, alebo karteziánskymi súradnicami x, y, z , zavedený na návrh Európskej subkomisie pre referenčné rámce (*EUREF*) pri Medzinárodnej federácii geodetov (*FIG*) Európskou úniou a direktívach *INSPIRE*. *SKPOS* poskytuje v reálnom čase údaje zo 4 bodov do spracovania v EPN (obr. 2) a z ďalších bodov aj do projektu zoskupenia *EUPOS*.

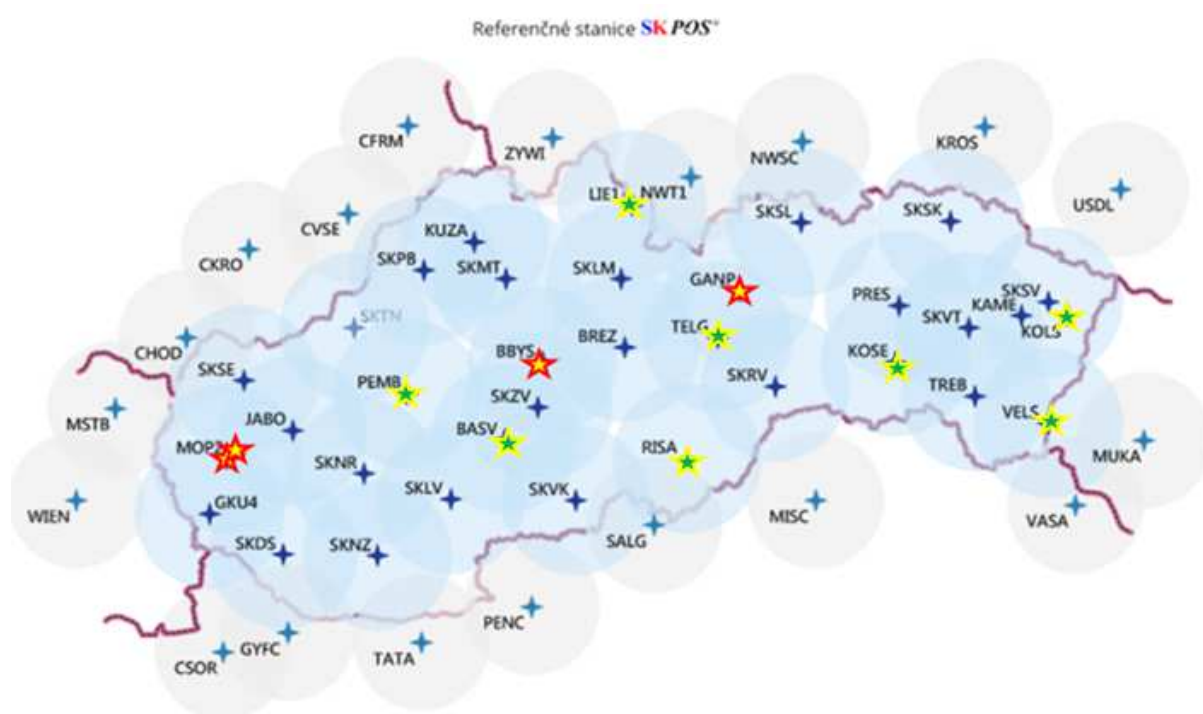


Obr. 2 Rozmiestnenie bodov *SKPOS* – (EPN) na území Slovenska

Prvoradou úlohou *SKPOS* je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému *ETRS89* pre subjekty využívajúce technológiu *GNSS*. Merané údaje *GNSS* z bodov špeciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

Rozmiestnenie a vybudovanie bodov bolo realizované najmä na dosiahnutie požadovanej presnosti pri geodetických meraniach na mapovacie a katastrálne geodetické činnosti.

Z 34 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2015 už 12 bodov (obr. 3) stabilizovaných spôsobom umožňujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 7 špecializovaných geodetických bodov, ktoré sú realizované ako hĺbkové stabilizácie ukotvené až do 10 m hĺbky so stabilizovanou geodetickou značkou. Novostabilizovaných 5 geodetických bodov realizovaných tyčovou stabilizáciou je ukotvených v hĺbke 5 m. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na týchto bodoch by sa dali získať spoľahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov (lokality).



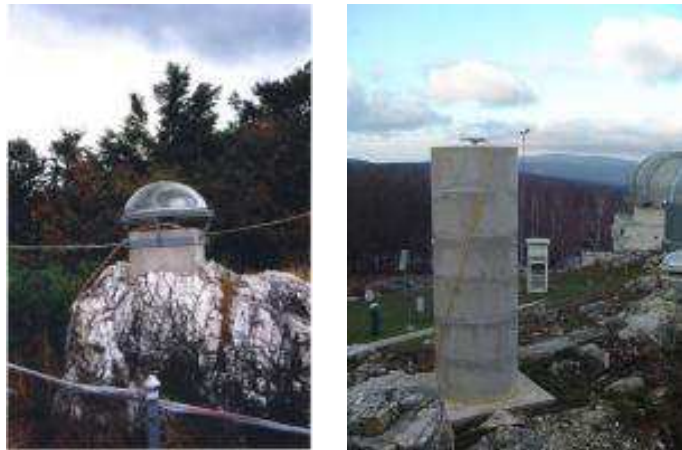
Obr. 3 Rozmiestnenie špeciálnych stabilizácií v SKPOS na území Slovenska

Najstarším bodom – stanicou GNSS je *MOP1* (obr. 4), v lokalite Modra – Piesok, stabilizovaný na skalnom hrebeni Tisových skál, a to od 17.11.1996, čo je 880. GPS týždeň. Od 24.8.2008, t. j. 1494. GPS týždeň, je permanentne meraný bod *MOP2*, stabilizovaný vedľa pôvodného bodu na skale pilierom. Rezortný bod je v lokalite Gánovce pri Poprade (obr. 5) a observácie sú monitorované od 16.11.2003, t. j. 1245. GPS týždeň. Posledným bodom zaradeným do *EPN* je *BBYS* v lokalite Banská Bystrica, ktorý pracuje od 4.02.2007 (1413. GPS týždeň). Pre tieto body je monitoring a určenie rýchlostí spracovávané v rámci Európskej permanentnej siete GNSS. Údaje GNSS staníc *GANP*, *MOP1*, *MOP2* a *BBYS* sú zasielané aj do

Európskej permanentnej siete (*EPN* - Euref Permanent Network), ktorú riadi Európska komisia pre referenčné rámce (*EUREF*) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (*IAG*).

2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN

Európska sieť permanentných staníc *GNSS* dnes spracováva údaje z cca 276 staníc *GNSS*.

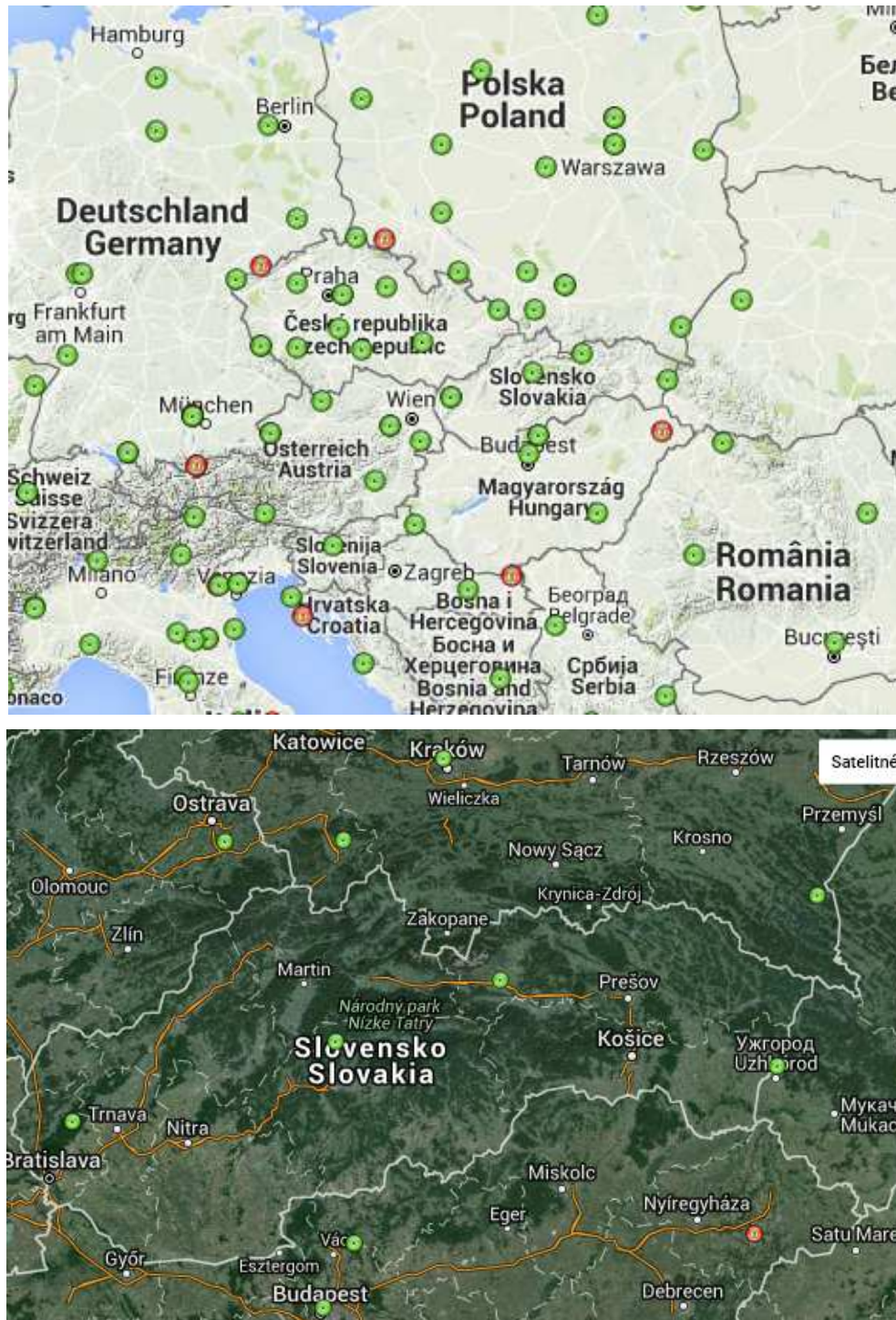


Obr. 4 Body *MOPI* (1996) a susedný bod *MOP2* (2008)- stanice *SKPOS*



Obr. 5 Body *GANP* a *BBYS* - stanice *SKPOS*

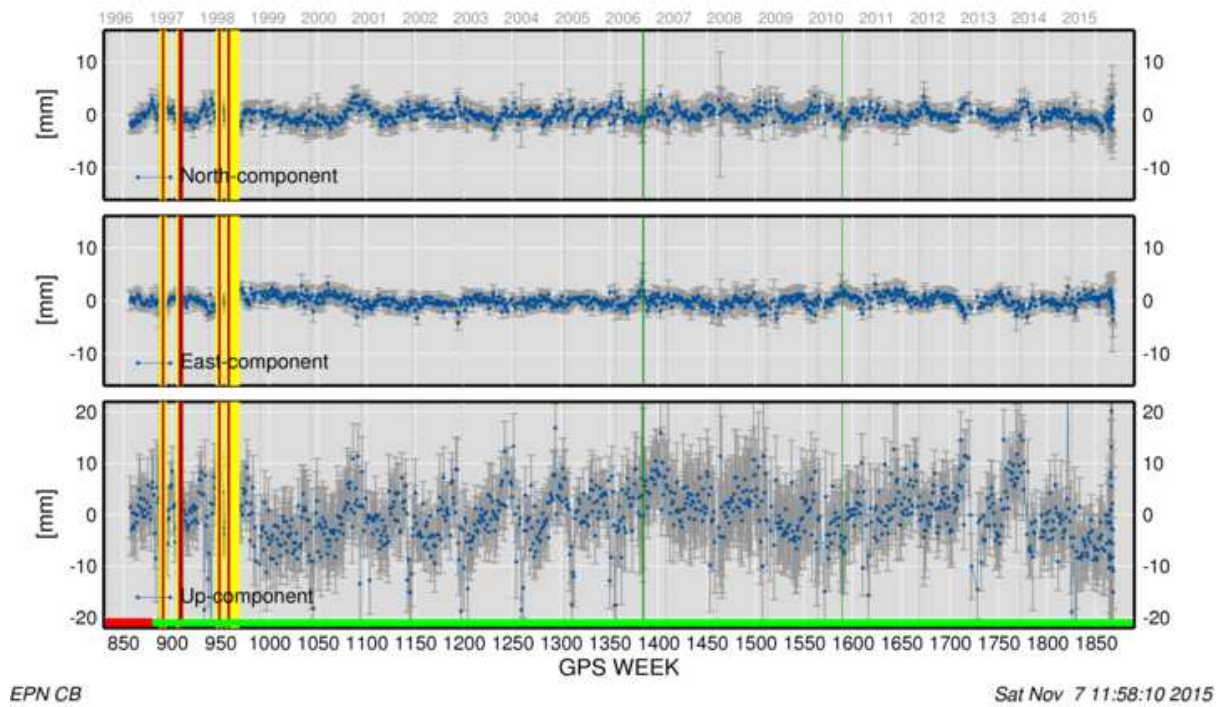
Na obr. 6 je schéma rozmiestnenia staníc *EPN* zo stredoeurópskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do spracovania (<http://www.epncb.oma.be/networkdata/stationmaps.php>).



Obr. 6 Rozmiestnenie stredoeurópskych permanentných staníc EPN k 7.11.2015 s detailom pre SR na podklade družicovej snímky

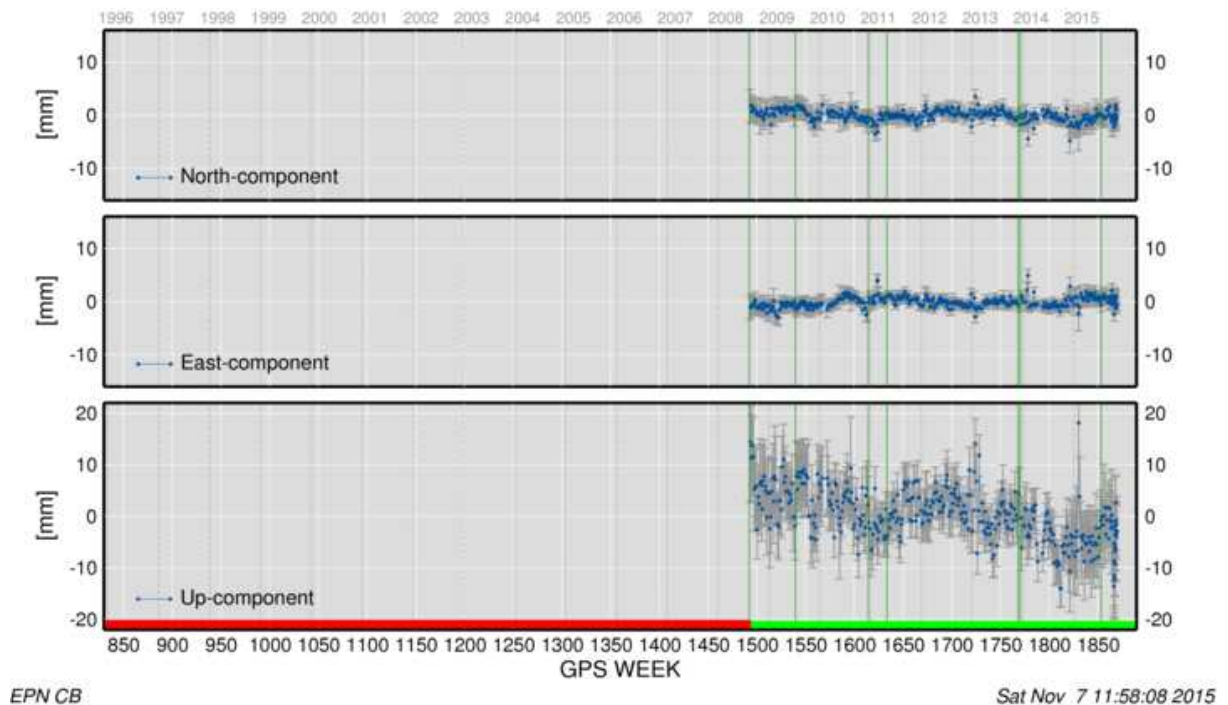
Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec - *ITRF2008*, Európsky terestrický referenčný rámec - *ETRF89*. Údaje zo slovenských staníc v Modre - Piesku (*MOPI, MOP2*), v Gánovciach pri Poprade (*GANP*) a Banskej Bystrici (*BBYS*) sú prezentované v grafoch a upravené o periodické chyby so znázorneným pohybom bodov v grafoch na obr. 7, 8, 9, 10.

MOPI_11507M001 (Quick Update of Official EPN Solution)

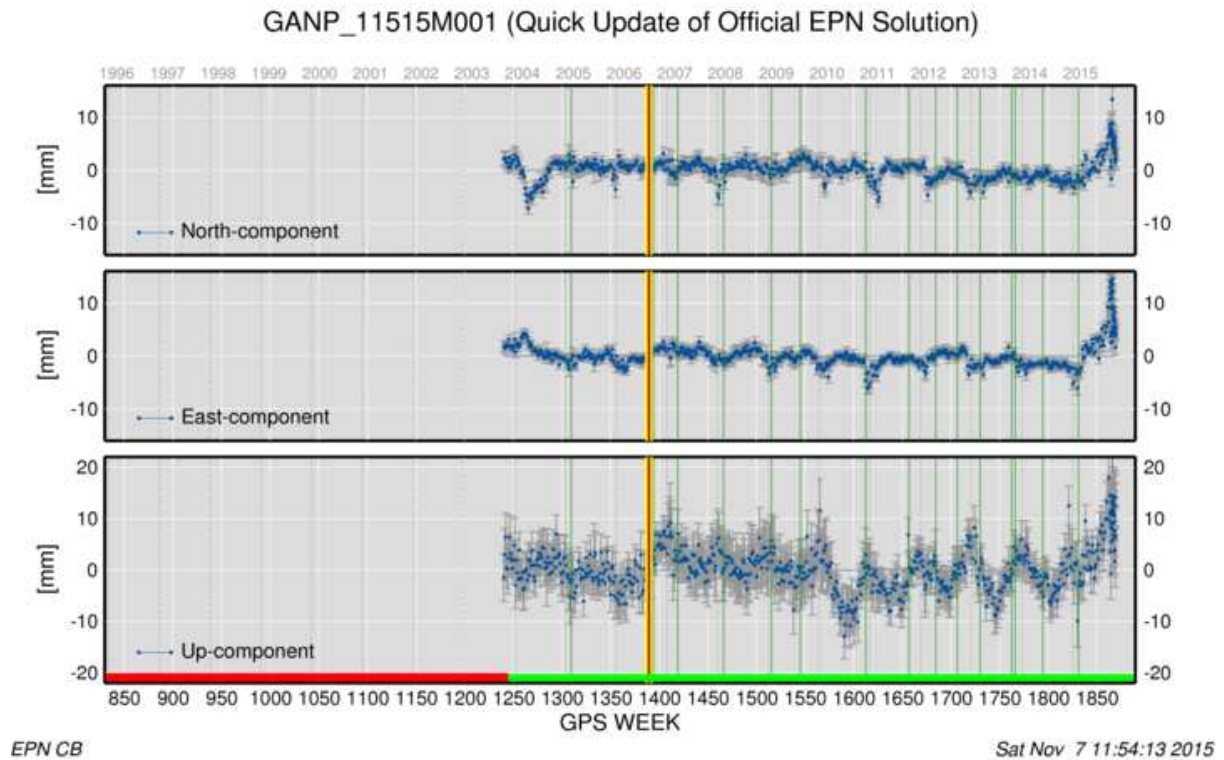


Obr. 7 Znážornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89

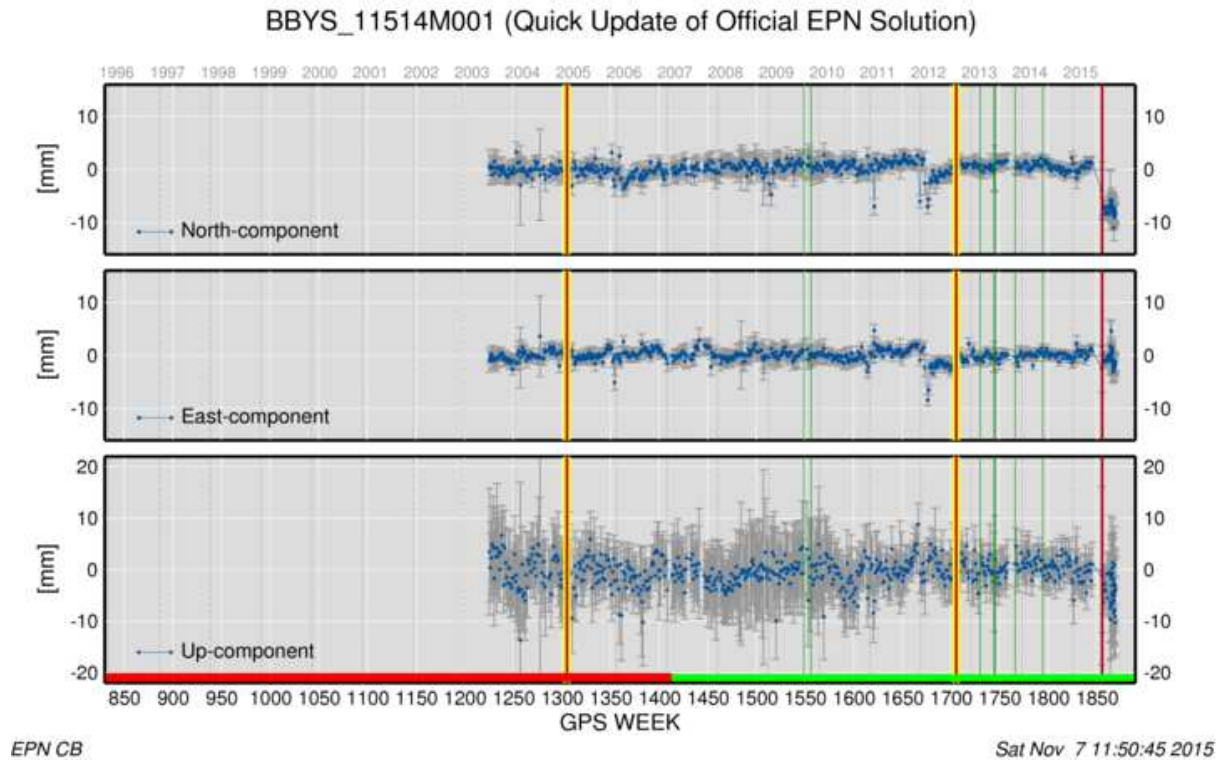
MOP2_11507M002 (Quick Update of Official EPN Solution)



Obr. 8 Znážornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89

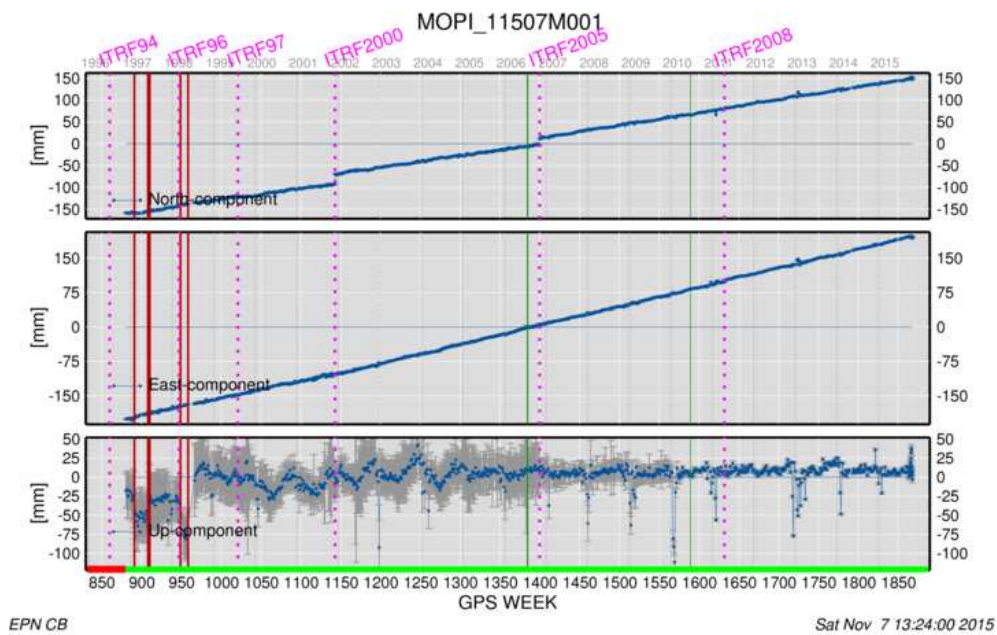


Obr. 9 Znážornenie pohybu bodu GANP v ETRS89

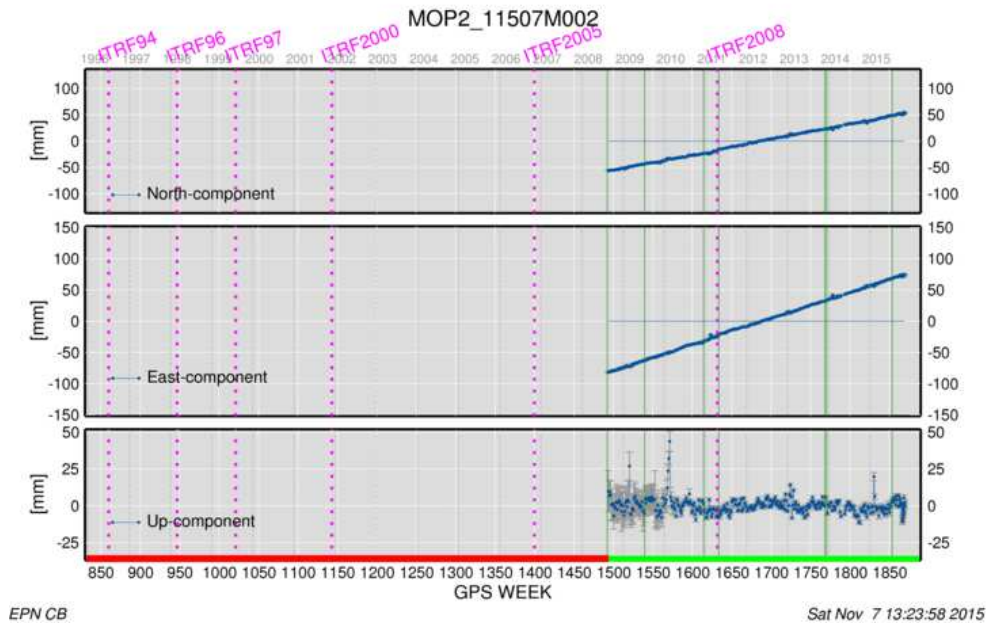


Obr. 10 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89

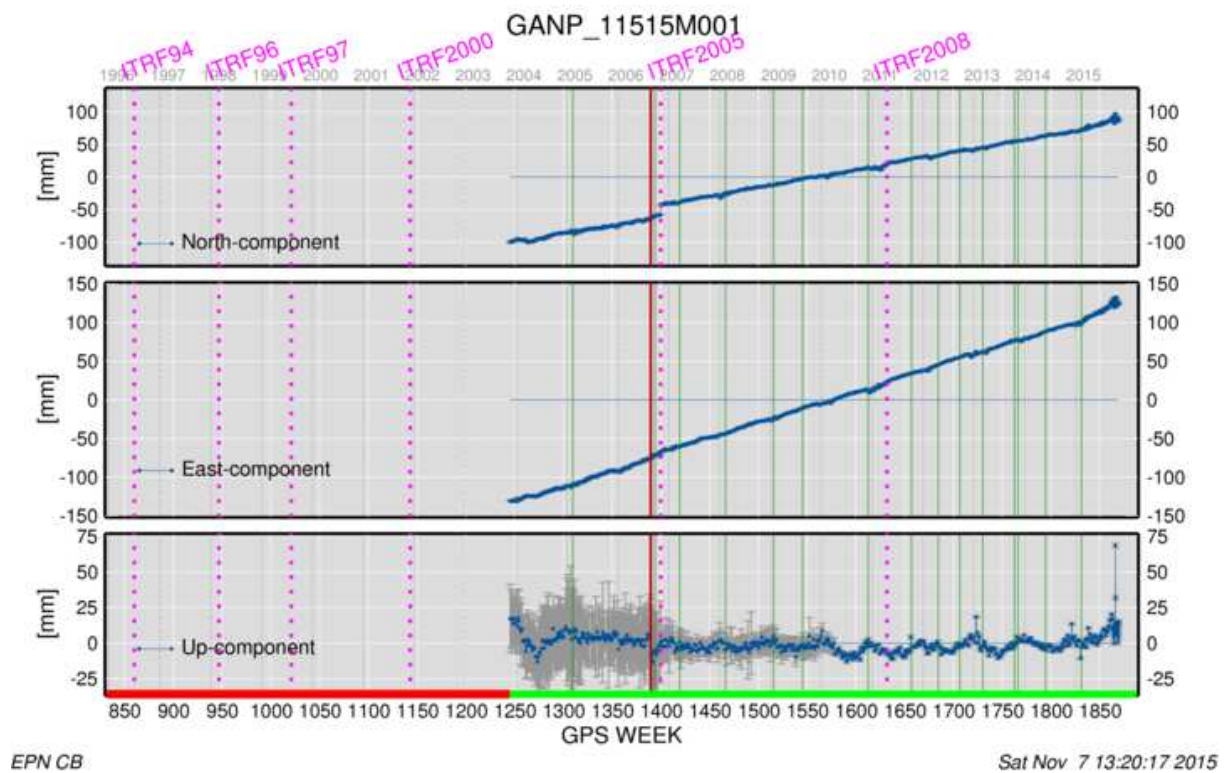
Na obr. 11, 12, 13 a 14 sú grafy pohybu bodov v *ITRF2008*. Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené v grafe zmeny polohy bodu - stanice uvedenej v mm, a to v smere zemepisných osí sever (N) – juh (S), východ (E) – západ (W) a vo výške (U). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v *GPS* týždňoch. *GPS* týždeň sa datuje od vzniku systému *GPS NAVSTAR*; zvislá v optimalizovanej mierke zmenu bodu v mm. Zobrazované hodnoty v grafoch sú vždy z týždenných riešení. Datovanie týždňov je od spustenia *GPS* (*GPS WEEK*). Zvislé priamky v tabuľkách určujú zmenu referenčného rámca *ITRFxx* (fialovobodková priamka), zmenu antény (červená priamka) a zmenu prijímača, resp. upgrade firmwaru (zelená priamka).



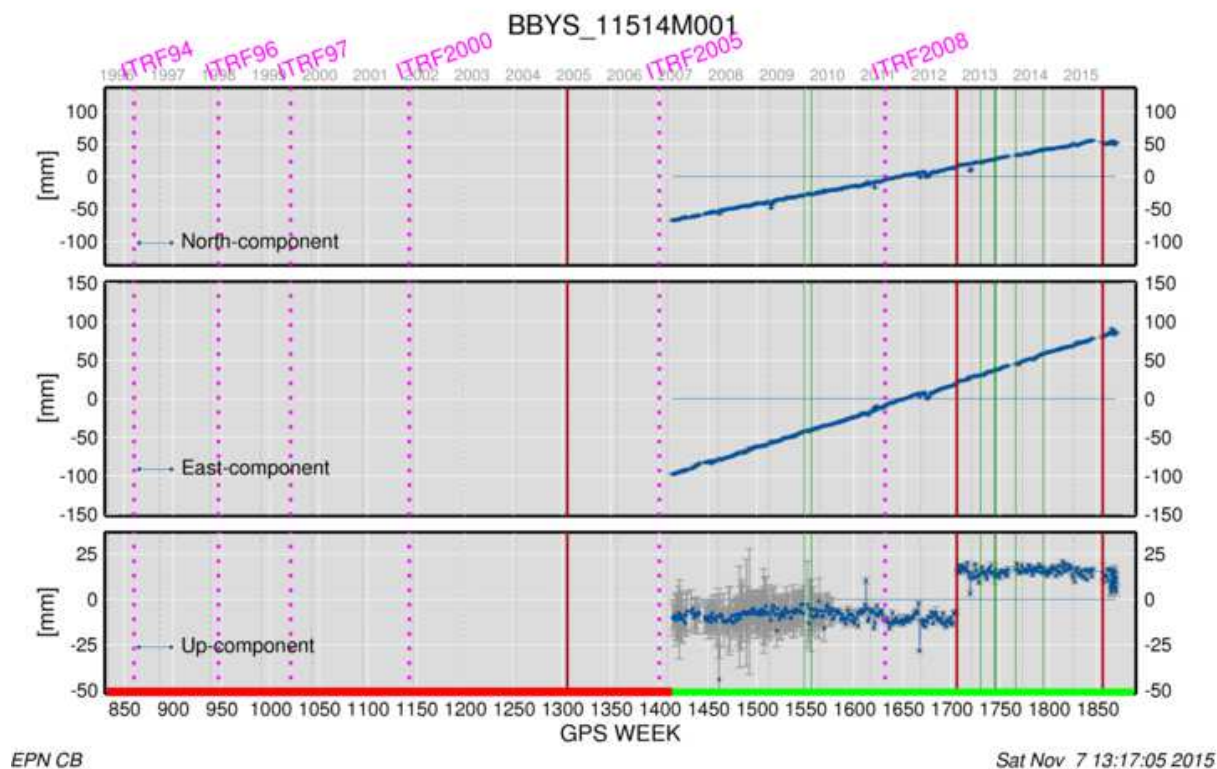
Obr. 11 Znázornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



Obr. 12 Znáozornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



Obr. 13 Znáozornenie pohybu bodu GANP v ITRS



Obr. 14 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ITRS

Z upravených údajov sú v EPN odhadnuté rýchlosti pohybu pre body – stanice GNSS. Jednotlivým riešeniam 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).

Na základe súčasných výsledkov z monitoringu pomocou technológie GNSS si dovoľíme konštatovať, že krátka doba epochy (pod 6 rokov) dala skresľujúce výsledky – náznaky pohybu bodov. Po spracovaní dlhšej epochy, môžeme vidieť, že pozorované body sú stabilné v rámci euroázijskej platne (tab. 1) a ich rýchlosť nepresahuje 1 mm za rok.

MOPI00SVK - 11507M001

EPN_B_ETRF2000_C1845.SSC - EPN_B_IGb08_C1845.SSC (September 4, 2015)

ETRF2000	epoch to	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
193/1998 - 143/2015	164/2006	4053738.201 ± 0.000	1260571.378 ± 0.000	4744940.660 ± 0.000	NA	NA	NA
144/1998 - 192/1998	149/1999	4053738.198 ± 0.001	1260571.376 ± 0.001	4744940.654 ± 0.002	NA	NA	NA
074/1998 - 136/1998	053/1999	4053738.152 ± 0.001	1260571.369 ± 0.000	4744940.599 ± 0.001	NA	NA	NA
159/1997 - 073/1998	215/1998	4053738.179 ± 0.001	1260571.373 ± 0.000	4744940.630 ± 0.001	NA	NA	NA
040/1997 - 158/1997	024/1998	4053738.169 ± 0.001	1260571.371 ± 0.000	4744940.617 ± 0.001	NA	NA	NA
162/1996 - 039/1997	183/1997	4053738.188 ± 0.001	1260571.376 ± 0.000	4744940.639 ± 0.001	NA	NA	NA

MOP200SVK - 11507M002

EPN_A_ETRF2000_C1845.SSC - EPN_A_IGb08_C1845.SSC (September 4, 2015)

ETRF2000	epoch to	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
230/2008 - 143/2015	001/2005	4053742.961 ± 0.000	1260569.436 ± 0.000	4744939.947 ± 0.000	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0004 ± 0.0000

GANP00SVK - 11515M001

EPN_A_ETRF2000_C1845.SSC - EPN_A_IGb08_C1845.SSC (September 4, 2015)

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_x	V_y	V_z
239/2006 - 143/2015	001/2005	3929181.847 ± 0.000	1455236.514 ± 0.000	4793653.703 ± 0.000	0.0004 ± 0.0000	-0.0010 ± 0.0000	-0.0010 ± 0.0000
286/2003 - 232/2006	001/2005	3929181.865 ± 0.000	1455236.517 ± 0.000	4793653.711 ± 0.000	0.0004 ± 0.0000	-0.0010 ± 0.0000	-0.0010 ± 0.0001

BBYS00SVK - 11514M001

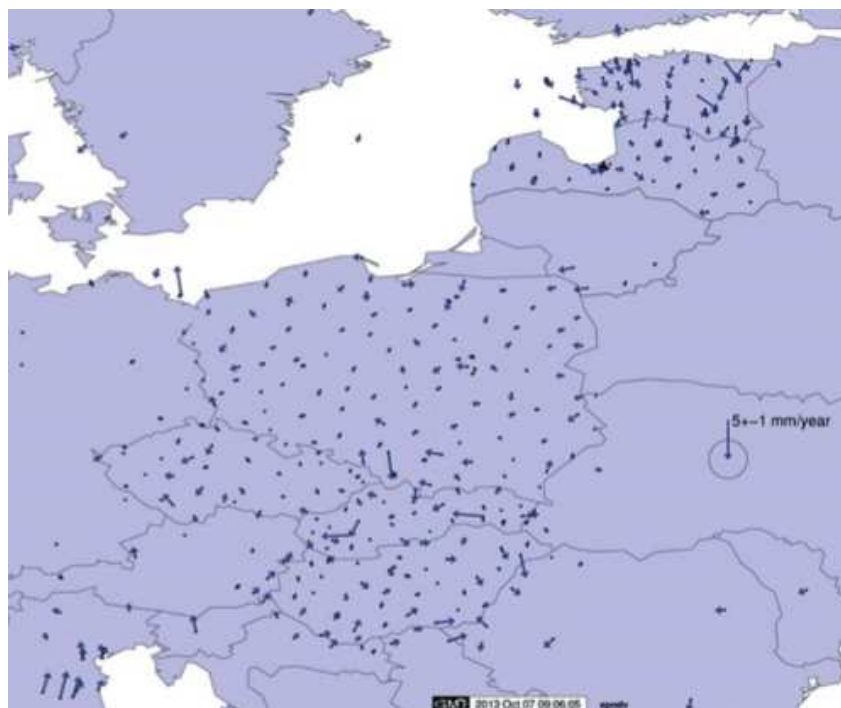
EPN_A_ETRF2000_C1845.SSC - EPN_A_IGb08_C1845.SSC (September 4, 2015)

ETRF2000	epoch t_0	Position (m)			Velocity (m/y)		
		X	Y	Z	V_x	V_y	V_z
260/2012 - 140/2015	001/2005	3980359.143 ± 0.001	1382291.874 ± 0.000	4772771.771 ± 0.001	-0.0003 ± 0.0001	-0.0006 ± 0.0000	-0.0008 ± 0.0001
016/2005 - 252/2012	001/2005	3980359.127 ± 0.000	1382291.867 ± 0.000	4772771.750 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0001	-0.0006 ± 0.0000	-0.0007 ± 0.0001
185/2003 - 015/2005	001/2005	3980359.114 ± 0.000	1382291.863 ± 0.000	4772771.735 ± 0.001	-0.0003 ± 0.0001	-0.0006 ± 0.0000	-0.0007 ± 0.0001

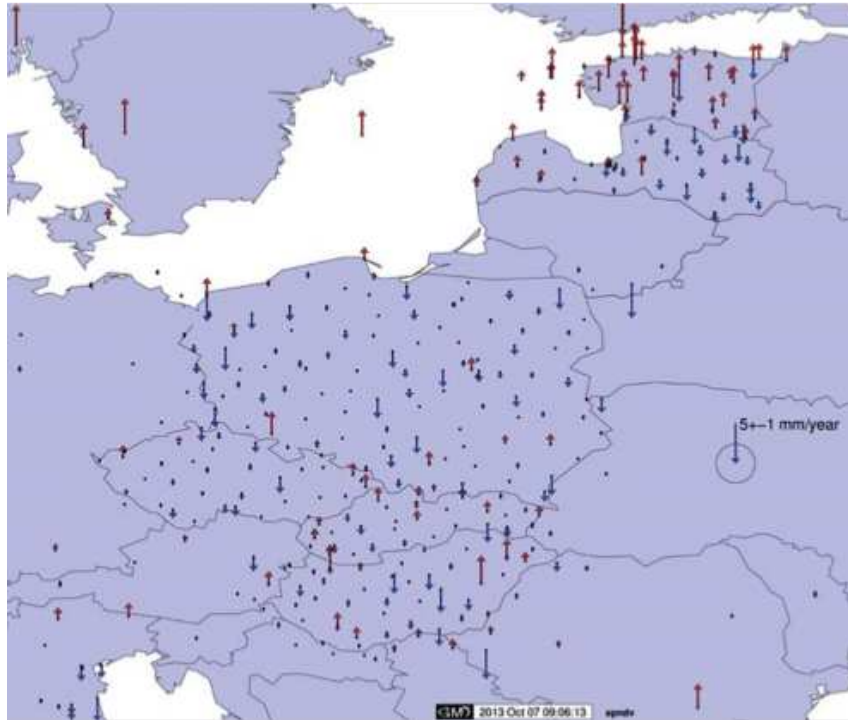
Tab. 1 Tabuľky s referenčnými súradnicami a rýchlosťou na staniciach EPN

2.2 EUPOS - permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN

EUPOS je európska iniciatíva, ktorá spojila organizácie prevádzkujúce služby zo siete permanentných staníc *GNSS* štátov strednej a východnej časti Európy. Na základe prijatých pravidiel zjednocuje technické podmienky prevádzkovania siete, kvalitu údajov a ich dostupnosť cez týždňové údajové bloky vo výmennom formáte *SINEX* (Solution INdependent Exchange). Projektom *ECC* (*EUPOS* - Combination Center) bol stanovený cieľ - tvorba európskeho vnútroplatňového modelu rýchlostí, určeného na novú definíciu *ETRS89*. Prvé publikované výsledky boli prezentované na konferencii *EGU*, General Assembly 2015 vo Viedni. Horizontálne a vertikálne posuny staníc *GNSS*, ktoré boli určené zo spoločného vyrovnania údajov v rámci skupiny *EUPOS*, sú zobrazené pomocou smerových vektorov na obr. 15 a 16.



Obr. 15 Znážornenie horizontálnych pohybov na staniach zaradených do ECC



Obr. 16 Znážornenie vertikálnych pohybov na staniach zaradených do ECC

Prvé výsledky riešení projektu *ECC* sú základným materiálom pre geokinematické štúdie a výskum a umožnia i spresnenie realizácie *ITRF* a *ETRF*.

2.3 Projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska

V rámci projektov Európskej únie je na Katedre geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave realizovaný projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska, ktorý využíva špeciálne stabilizácie *SKPOS* na permanentné aktualizovanie databázy údajov o dynamike zemskej kôry na území Slovenska so stanovením rizikových oblastí na výstavbu a monitorovanie stavebných diel. V rámci projektu boli vo vybraných lokalitách stabilizované nové špeciálne (tyčové) stabilizácie, na ktorých boli zriadené stanice *GNSS* a v roku 2014 boli začlenené aj do siete *SKPOS*. Monitorovacia referenčná sieť projektu má 9 geodetických bodov, ktoré sú permanentnými stanicami *GNSS* a tiež sú na týchto bodoch zabezpečené podmienky umožňujúce absolútne gravimetrické meranie tiažového zrýchlenia a nivelačné pripojenie.



A)



B)



C)



D)

Obr. 17 Tyčová stabilizácia bodov - staníc GNSS v Rimavskej Sobote (A), Telgárt (B), Banská Štiavnica (C) a Kamenica nad Cirochou (D)

Celkovo v projekte sú body – stanice GNSS v lokalitách Partizánske, Liesek, Banská Bystrica, Gánovce, Lomnický štít (nezaradený do SKPOS), ktoré boli doplnené o nové stabilizácie v lokalitách Rimavská Sobota, Banská Štiavnica, Telgárt a Kamenica nad Cirochou (obr. 17).

Tak, ako bolo uvedené v úvode kapitoly, musíme konštatovať, že na bodoch sú vykonávané permanentné a epochové geodetické merania, ale na interpretácie údajov a výsledkov spracovania je potrebný niekoľko ročný zber údajov. Prvé výsledky zo základných meraní a spracovaní zatiaľ potvrdzujú kvalitu stabilizácie bodov a vhodnosť zvolenej prístrojovej techniky s navrhnutými technologickým postupom geodetických meraní.

3. Pohyby pozdĺž zlomov

Mechanicko-optický dilatometer *TM-71* (Košťák, 1969) je prístroj schopný zaznamenávať 3D mikroposuny v prípade svahových porúch typu plazenia a zosúvania (napr. Košťák & Rybář, 1978; Kostak & Cruden, 1990; Petro et al., 1999), ale aj historických objektov (napr. Vlčko, 2002; Vlčko & Petro, 2002; Vlčko, 2004; Vlčko et al., 2009). Použitie dilatometrov na sledovanie mikroposunov na aktívnych tektonických poruchách začalo pred takmer 30-timi rokmi v Bulharsku (Avramova-Tacheva et al., 1984) a pokračovalo v Českej republike (napr. Košťák, 1998; Štepančíková et al., 2008), Slovenskej republike (napr. Petro et al., 2004;

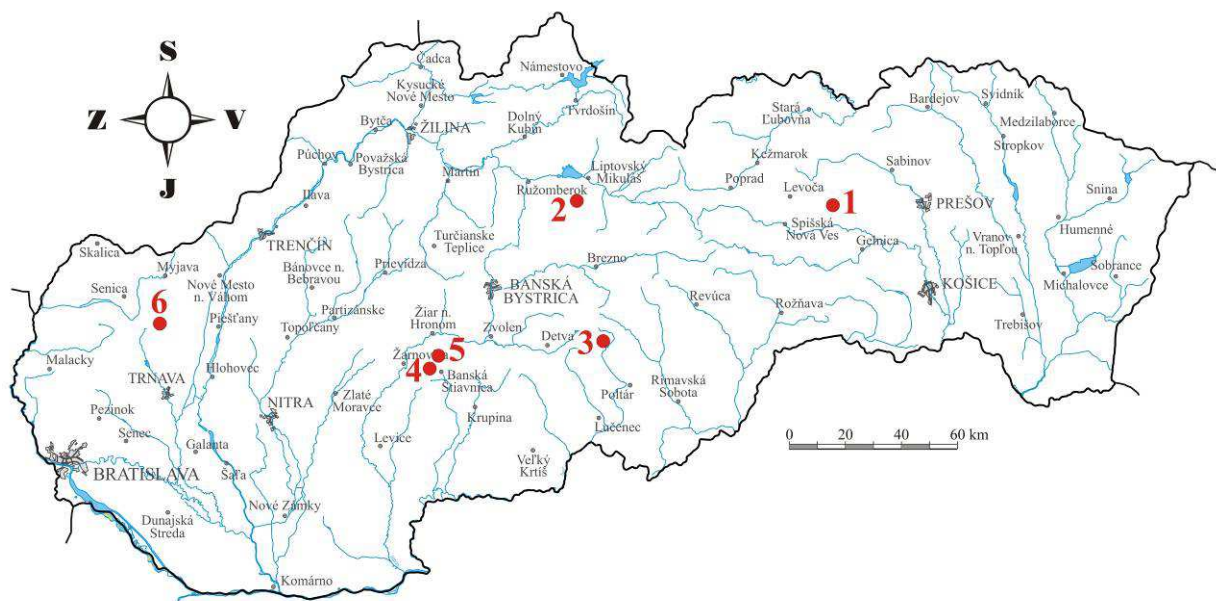
Briestenský & Stemberk, 2008, Briestenský et al., 2007, 2010, 2011, 2014), Poľsku (napr. Kontny et al., 2005), Taliansku (Borre et al., 2003), Peru (Košťák et al., 2002), Grécku (napr. Drakatos et al., 2005; Stemberk & Košťák, 2007), Slovinsku (napr. Šebela et al., 2005; Gosar et al., 2009), Nemecku, Kirgizsku a na Špicbergoch (Stemberk et al., 2015).

3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pohyby pozdĺž zlomov boli v roku 2014 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených v 6 lokalitách: *Branisko*, *Demänovská jaskyňa*, *Ipel'*, *Banská Hodruša*, *Vyhne* a *Dobrá Voda* (obr. 17).

Branisko

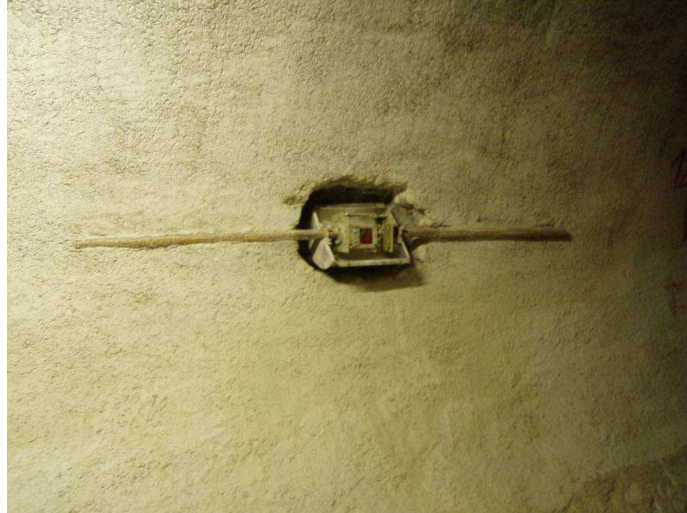
Lokalitu reprezentuje uniková štôľňa tunela Branisko, presnejšie šindliarsky zlom, ktorý prechádza východným okrajom pohoria Branisko. Zlom má smer SSV – JJZ a oddeľuje sedimenty centrálnokarpatského paleogénu (podtatranská skupina) od kryštalinika tatrika – severného veporika (Polák a Jacko, 1996). Na tomto styku bol koncom roka 2000 inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 18).



Obr. 17 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2014 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami *TM-71-1*. 1 – Branisko, 2 – Demänovská jaskyňa Slobody, 3 – Ipel', 4 – Banská Hodruša- Hámre, 5 – Vyhne, 6 – Dobrá Voda

Demänovská jaskyňa Slobody

Jaskyňa je súčasťou takmer 40 km dlhého, niekoľkoúrovňového krasového systému nachádzajúceho sa na pravej strane doliny riečky Demänovka. Jaskynný systém je najdlhší na Slovensku. Morfológicky je okolie jaskyne súčasťou Nízkych Tatier, ktorých územie je dnes národným parkom. Pohorie je budované tromi tektonickými jednotkami v príkrovovej pozícii



Obr. 18 Inštalácia dilatometra TM-71 v únikovej štôlni tunela Branisko

– tatrikom, fatrikom a hronikom (Biely et al., 1992). Tatrikom ako subautochtónna jednotka zahŕňa kryštalický fundament a obalové mezozoické jednotky. Ďalšie dve príkrovové štruktúry sú tvorené väčšinou vápencami a dolomitmi. Paleogénne sedimenty v širšom okolí jaskyne sú súčasťou posttektonickej výplne Liptovskej kotliny.

Jaskyňa vznikla v strednotriasových vápencoch krížňanského príkrovu fatrika dlhodobým podpovrchovým pôsobením riečky Demänovka. Podzemné chodby a priestory sa viažu na dva zlomové systémy s orientáciou SZ-JV a SV-JZ (Droppa, 1957 a 1972). Prvý systém je kvázi-paralelný s hlavným jaloveckým zlomom (Hók et al., 2000) prechádzajúcim dnom údolia. Dilatometer *TM-71* bol inštalovaný v tzv. Čarovnej chodbe (obr. 19), ktorá má približne smer SZ-JV.



Obr. 19 Inštalácia dilatometra TM-71 v Čarovnej chodbe (Demänovská jaskyňa Slobody)

Ipeľ

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipeľa nad obcou Ipeľ, ktorá geomorfologicky patrí do Stolických vrchov. Dolinou rieky prechádza jeden z najvýznamnejších zlomových systémov Západných Karpát – muránsko-malcovský systém (Pospíšil et al., 1986; Dvořák et al., 2005), resp. jeho južnejšia časť v podobe muránsko - divínskeho systému, ktorý pozostáva z niekoľkých paralelných SV-JZ zlomov (Pospíšil et al., 1989). Dolina Ipeľa je budovaná staropaleozoickými metamorfovanými (pararuly, ortoruly a migmatity) a magmatickými (granity, granodiority, tonality a aplity) horninami kryštallického jadra veporika (Bezák et al., 1999). Horniny vo vnútri zlomového pásma širokého viac než 600 m sú silno tektonicky porušené a mylonitizované (Ondrášik et al., 1987). Na jednom zlome systému, v bývalej prieskumnej štôlni Izabela, bol v roku 2002 inštalovaný dilatometer *TM-71* (obr. 20).



Obr. 20 Inštalácia dilatometra TM-71 v prieskumnej štôlni Izabela na lokalite Ipeľ

Banská Hodruša (Hámre)

Lokalita sa nachádza v Štiavnických vrchoch, asi 9 km na Z od Banskej Štiavnice. Na inštaláciu dilatometra *TM-71* (obr. 21) bolo vybraté miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štôlne Vŕšesvätých (stará). Štôlna je vyrazená v kremenno-dioritových porfýroch reprezentujúcich strednú stratovulkanickú štruktúru (Konečný et al., 1998). Orientácia zlomov, ako aj horninových dajok v banskoštiavnickom stratovulkáne odráža zmeny v smeroch paleonapätí počas neogénu (Nemčok et al., 2000). Väčšina zlomov má orientáciu SSV-JJZ.



Obr. 21 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štôlni Vŕšesvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša (Hámre)

Vyhne

Lokalita sa nachádza asi 9 km na SZ od Banskej Štiavnice a je súčasťou banskoštiavnického stratovulkánu. Dilatometer *TM-71* bol inštalovaný v roku 2005 na S-J zlomovej poruche vo vnútri opustenej štôlne sv. Anton Paduánsky (obr. 22). Štôlna bola vyrazená v tektonicky porušených porfyrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula). Výhodou tejto lokality okrem vhodných mikroklimatických podmienok (stabilná teplota a vlhkosť) je prítomnosť seizmometra (Geofyzikálny ústav SAV), čo umožňuje koreláciu výsledkov monitoringu so seizmickými udalosťami v regióne a jeho širšom okolí.



Obr. 22 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne

Dobrá Voda

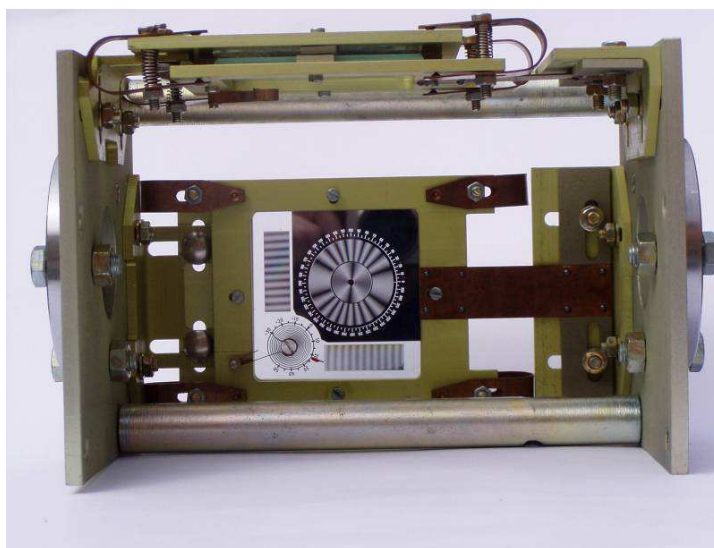
Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát južne od Brezovej pod Bradlom. Morfológicky ide o dobrovodskú depresiu, ktorou prechádza zlom smeru SV-JZ. Podľa Maglay et al. (1999) bol zlom aktívny od stredného pleistocénu do holocénu. Oblasť Dobrej Vody je známa ako seizmicky aktívna. V minulosti tu bolo zaznamenané jedno z najsilnejších zemetrasení na našom území. Najsilnejšie známe zemetrasenie z 9. 1. 1906 v okolí Dobrej Vody malo epicentrálnu intenzitu $I_0 = 8,5^\circ$ MSK-64 (23 hod 07 min, $48,58^\circ$ N, $17,46^\circ$ E, $h = 10$ km, $M_L = 5,7$). V spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR v Prahe bol v máji roku 2004 na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 23).



Obr. 23 Inštalácia dilatometra TM-71 na tektonickej poruche na lokalite Dobrá Voda

3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Na monitorovanie posunov na vybratých neotektonických poruchách sa v rámci danej úlohy aj v roku 2014 používali mechanicko-optické dilatometry typu *TM-71* (obr. 24). Prístroj je možné merať veľmi pomalé posuny, t. j. $\leq 0,01$ mm a rotácie 0,01 gr. Merania sa realizujú v 2 na seba kolmých rovinách, takže výpočtami možno zistiť priestorový pohyb (3D) oboch monitorovaných blokov. Na spracovanie nameraných údajov sa používa špeciálna aplikácia *MSDilat* (Stercz, 2004) programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows (+ MS Windows XP).



Obr. 24 Mechanicko-optický dilatometer typu TM-71

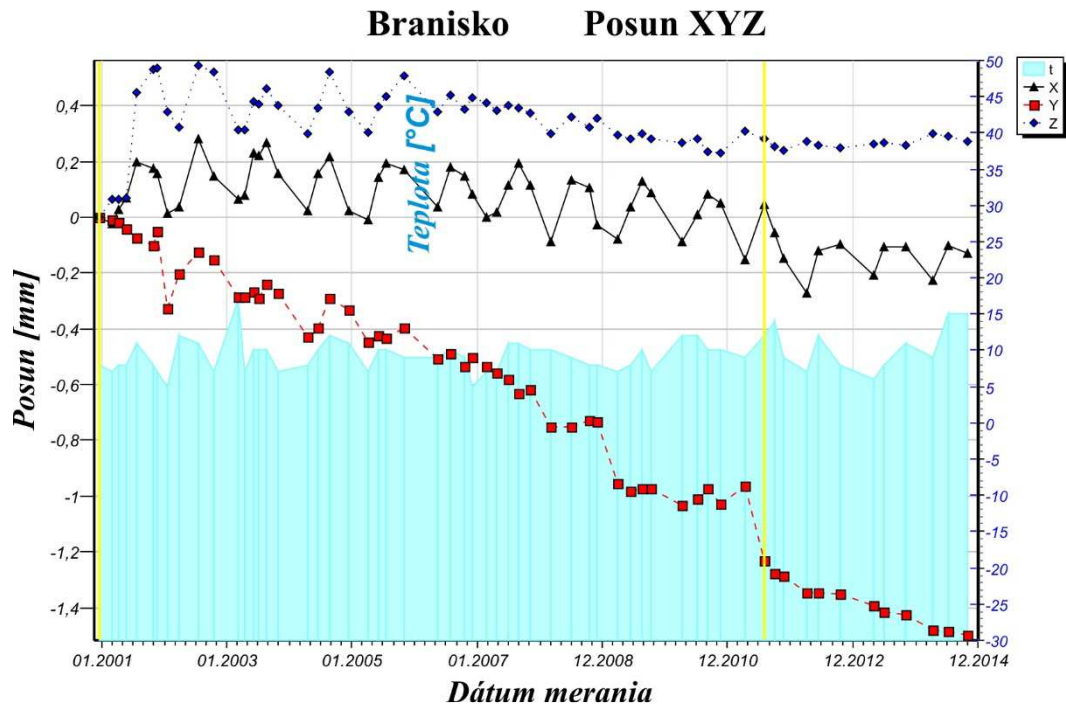
Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2014 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 2x (Banská Hodruša-Hámre, Ipeľ a Vyhne), 3x (Branisko), resp. 8x (Dobrá Voda). Treba uviesť, že 4 merania ročne sa pre daný typ prístroja považujú za minimálne kvôli dostatočne presnej interpretácii výsledkov vzhľadom k sezónnej dilatácii masívu a korelácii výsledkov so seizmickými udalosťami. Z tohto dôvodu by bolo vhodné realizovať najmenej 4 (a viac) merania i nasledujúcich rokoch na všetkých monitorovaných lokalitách.

3.3 Výsledky monitorovania

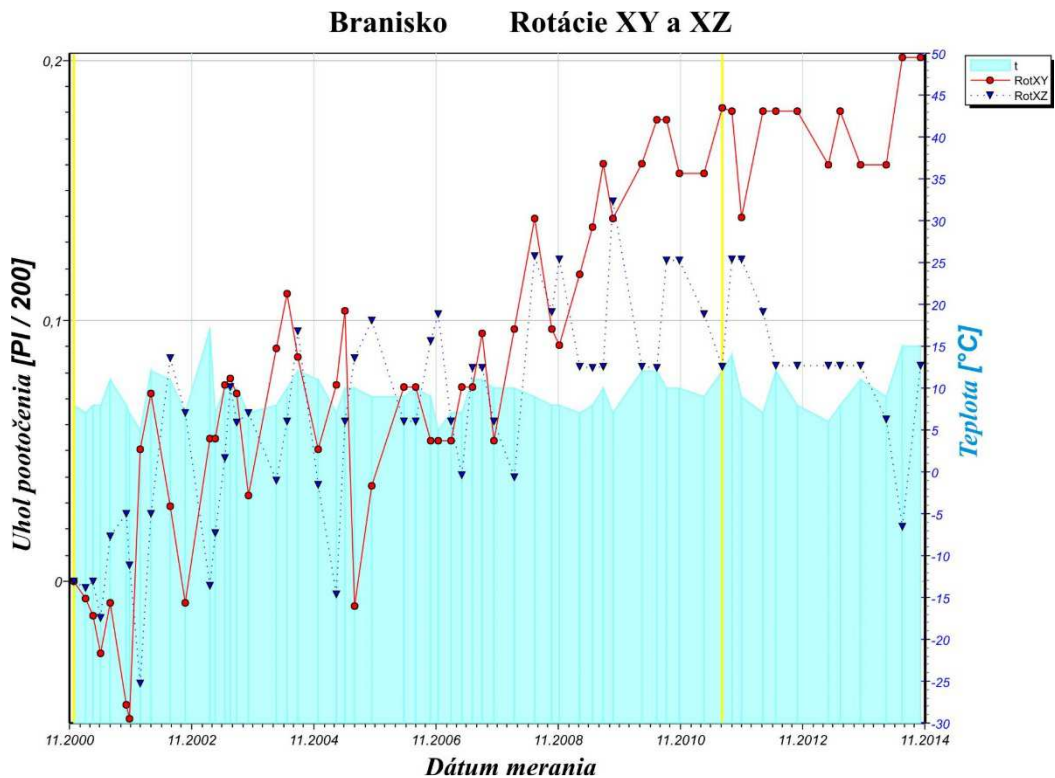
Branisko

Výsledky meraní potvrdili aj v roku 2014 pretrvávajúci a zreteľný trend narastania šmykového pohybu pozdĺž šindliarskeho zlomu (v smere osi y). Berúc do úvahy vzájomnú priestorovú orientáciu dilatometra a monitorovaného zlomu je tento pohyb interpretovaný ako pravostranný. Jeho celková hodnota dosiahla 1,499 mm (obr. 25). Oproti roku 2013 narástol posun o 0,075 mm. Pohyb je progresívny a jeho priemerná rýchlosť je $0,107 \text{ mm.rok}^{-1}$. Šmykový pohyb už v minulosti spôsobil vznik niekoľkých trhlín po oboch stranách zlomu v samotnej tunelovej rúre. Otváranie trhliny (pohyb v smere osi x) je veľmi pomalé, avšak jeho dlhodobý trend je zrejмый. Od konca Od roku 2012 tento pohyb stagnuje na úrovni cca 0,13 – 0,14 mm. Celkové otvorenie na konci roku 2014 dosiahlo 0,128 mm. Pokles východného bloku (hanging wall) stagnoval aj v roku 2014, a to na úrovni 0,273 mm. Hoci trend rotačného pohybu v oboch rovinách (XY , XZ) je zrejмый (obr. 26), ide o zanedbateľné hodnoty (cca 0,2 gr). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na JJZ.

Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Národná diaľničná spoločnosť (NDS), ako prevádzkovateľ tunela, je každoročne oboznamovaná formou krátkej správy o vývoji pohybov na zlome. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity bude NDS okamžite poskytnutá príslušná informácia.



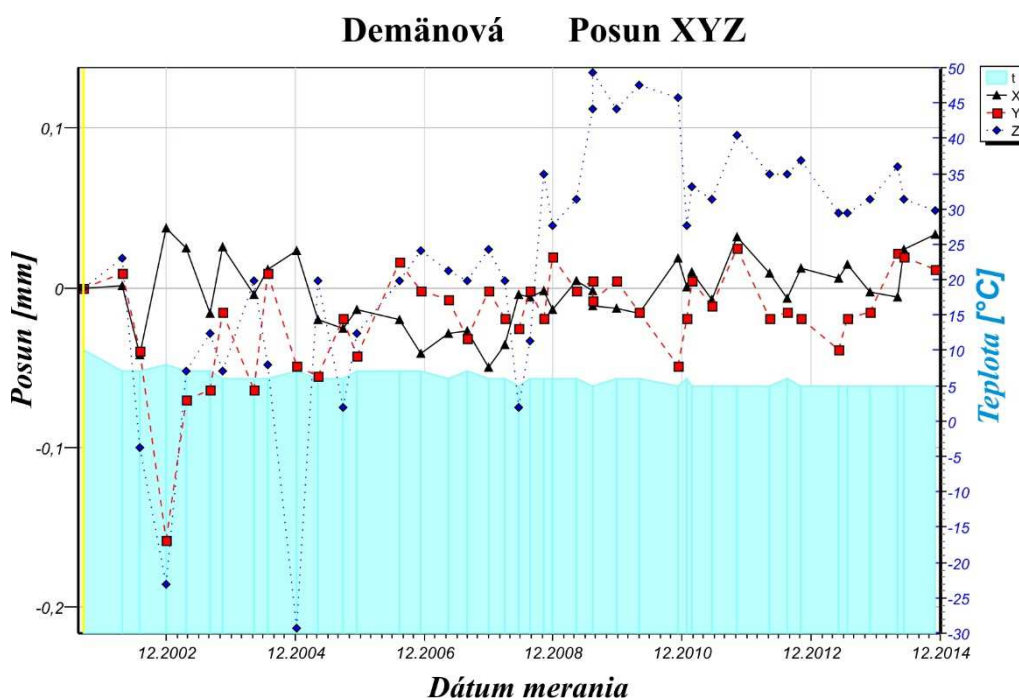
Obr. 25 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi x , y , z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2014



Obr. 26 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2014

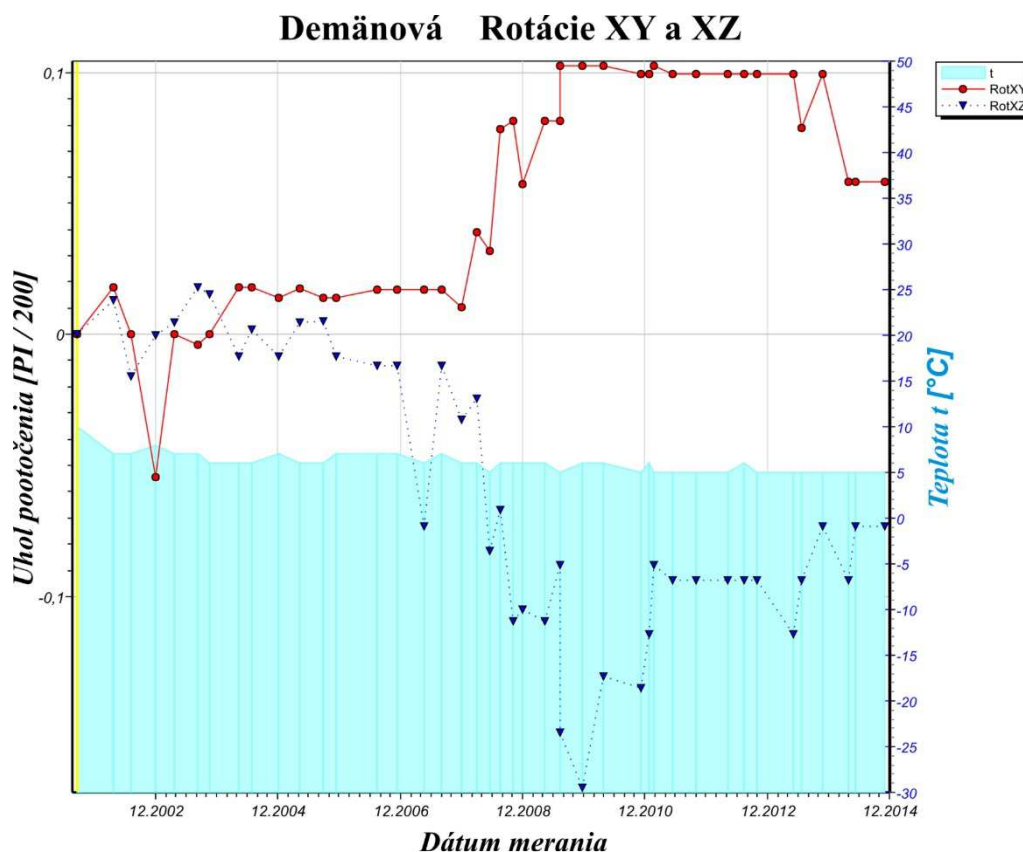
Demänovská jaskyňa Slobody

Od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru je zrejماً mierna pohybová aktivita pozdĺž všetkých troch osí x , y a z (obr. 27). Slabý, ale najvýznamnejší pohyb, bol zistený v smere osi z (vertikálny pohyb pozdĺž zlomovej poruchy), ktorý je interpretovaný ako pokles východného bloku (hanging wall). V roku 2014 pokračoval obrátený trend pohybu, ktorý začal koncom roku 2010. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011). Celkový pokles koncom roka 2014 dosiahol 0,048 mm a oproti roku 2013 sa takmer nezmenil. Otváranie trhliny (posun v smere osi x) aj šmykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os y) v roku 2013 stagnovali. V roku 2014 sa hodnoty posunov v oboch smeroch slabo zvýšili na celkových 0,034 mm (os x) a 0,011 mm (os y). Z dlhodobého hľadiska je trend pohybu zreteľný. Šmykový pohyb sa interpretuje ako pravostranný.



Obr. 27 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi x , y a z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2014.

Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (obr. 28). V priestore indikujú rotácie pravotočivý pohyb východného bloku.



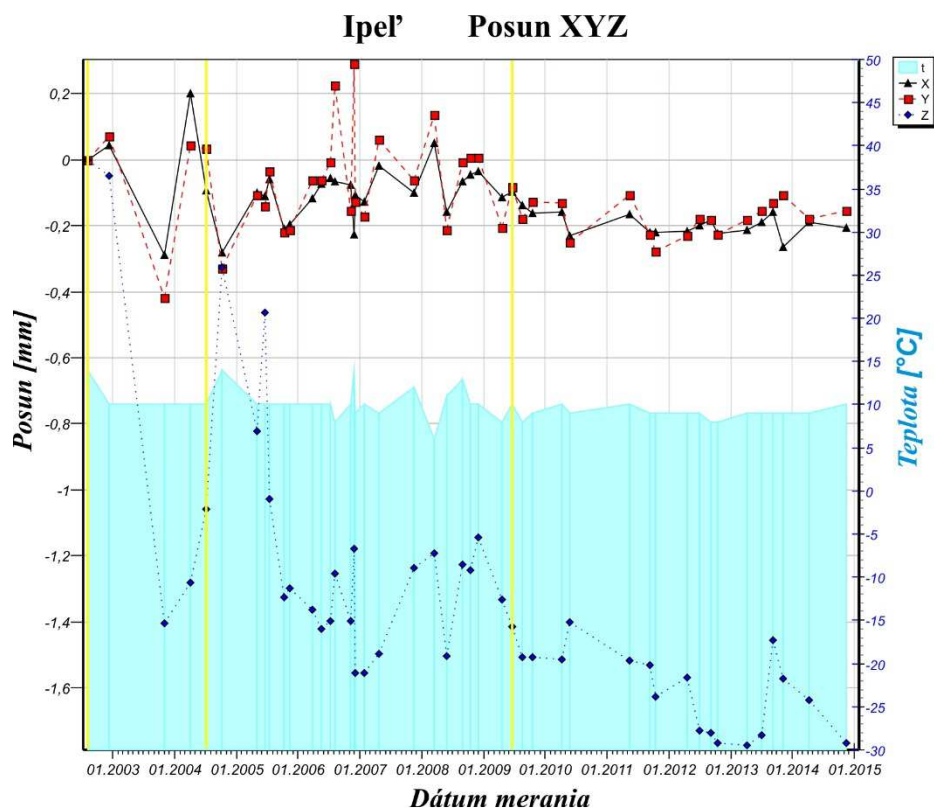
Obr. 28 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2014

Ipeľ

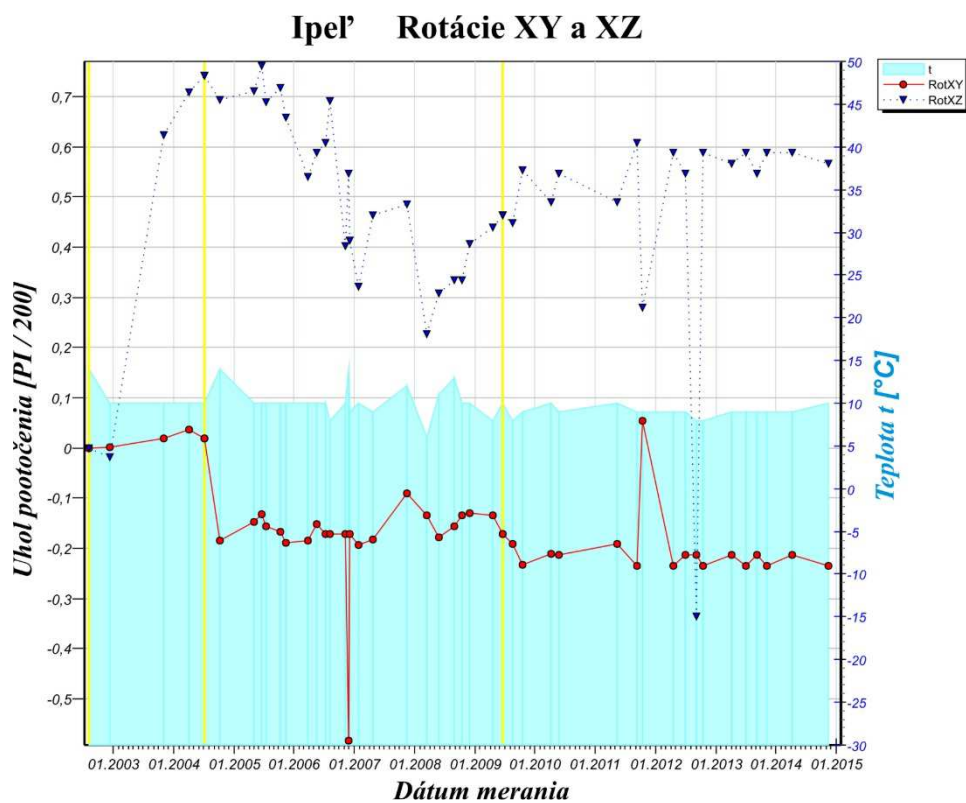
Trend dlhodobého pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný (obr. 29). V roku 2013 došlo k rozkolísaniu pohybu, ale ku koncu roka 2014 sa pohyb obnovil. Celkový pokles dosiahol hodnotu 1,767 mm. Pomalý šmykový pohyb pozdĺž zlomu (os y), ako aj otváranie stagnujú od konca roka 2009. Celkové doterajšie posuny sa pohybujú okolo 0,2 mm. Rotácie blokov v oboch monitorovaných rovinách sú zanedbateľné (obr. 30).

Banská Hodruša – Hámre

Merania mikroposunov na danej lokalite nepreukázali ani v roku 2014 žiadny významnejší pohyb blokov. Dá sa tvrdiť, že pohyb v smere všetkých troch osí (x , y , z) stagnoval (obr. 31). Koncom roka 2014 sa prejavil zvrät v dlhodobom ľavostrannom šmykovom pohybe pozdĺž zlomu, ale dá sa predpokladať, že celkový trend bude v ďalšom období obnovený. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zanedbateľné (obr. 32).

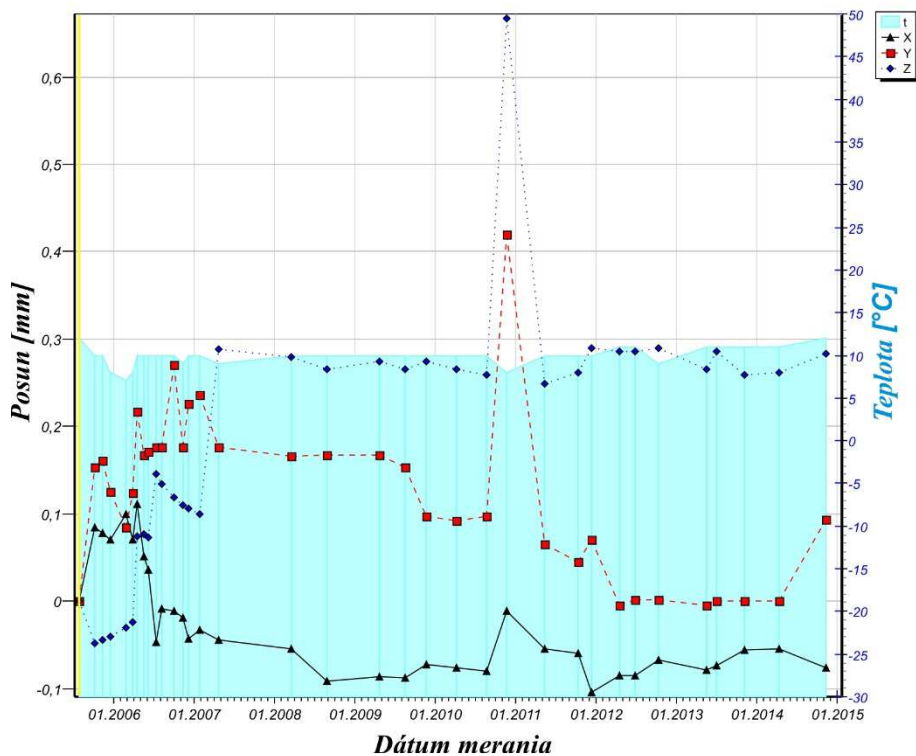


Obr. 29 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi x, y, z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2014



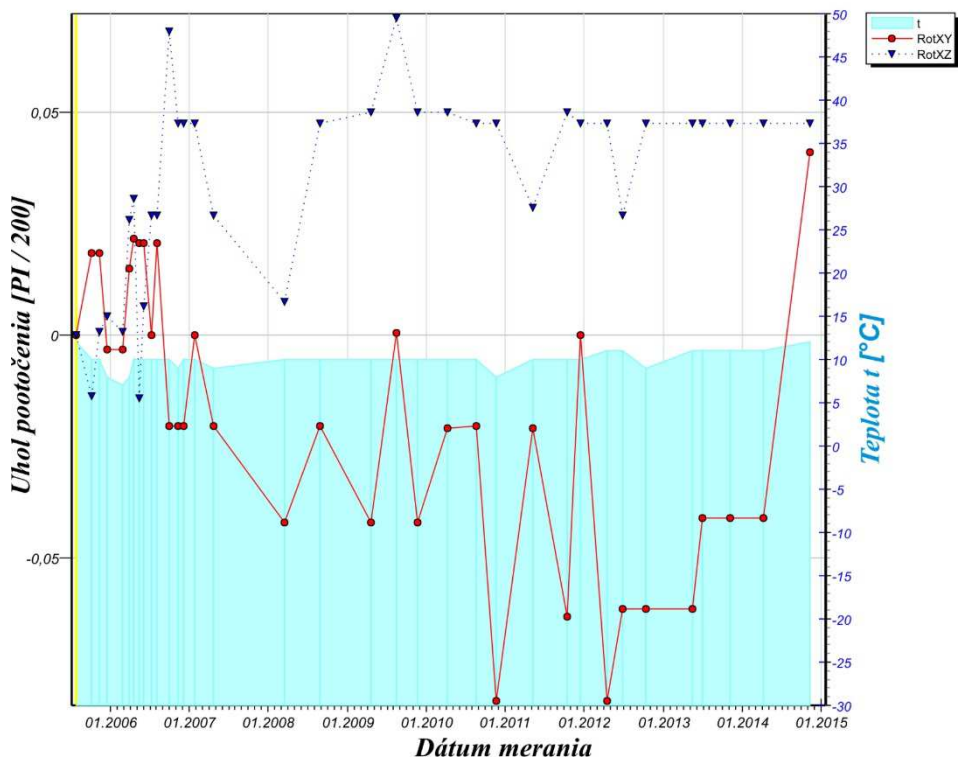
Obr. 30 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2014

Banská Hodruša Posun XYZ



Obr. 31 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x , y z) zistený dilatometrom TM-71 v štôlni Vŕchovských (stará) lokalite Banská Hodruša - Hámre za obdobie rokov 2005 – 2014

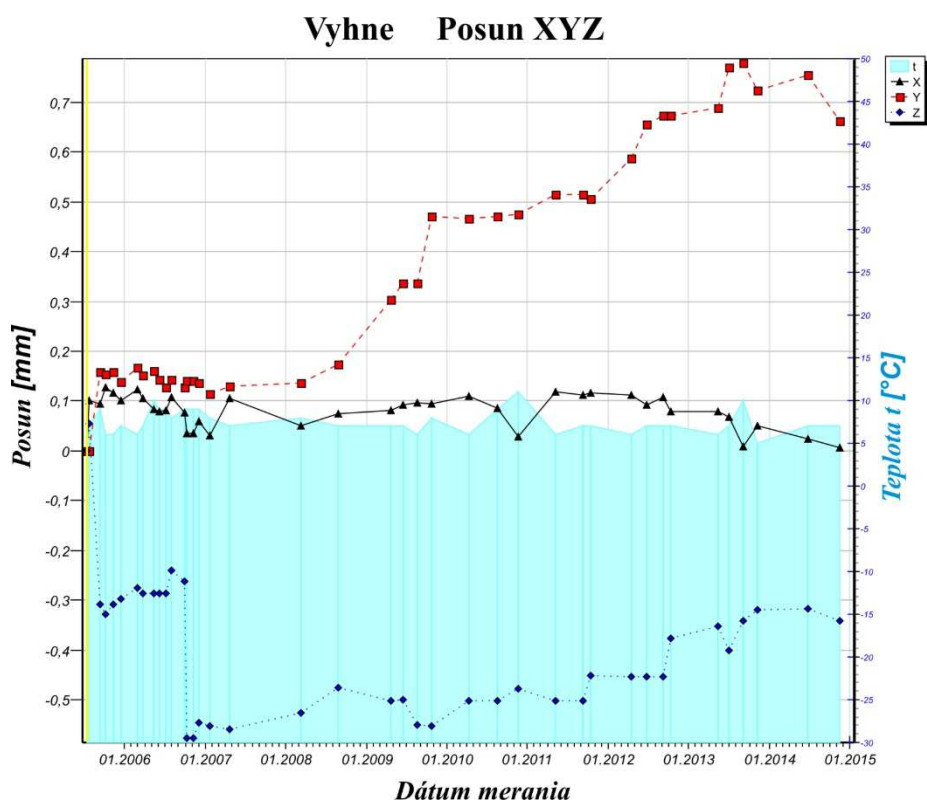
Banská Hodruša Rotácie XY a XZ



Obr. 32 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v štôlni Vŕchovských (stará) na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005- 2014

Vyhne

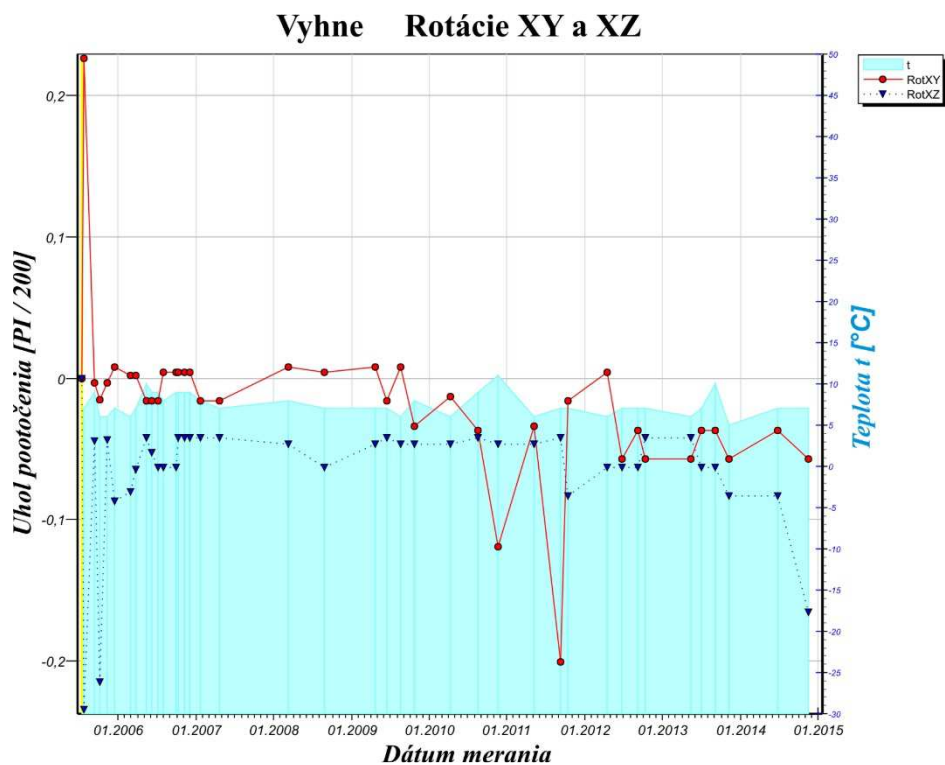
V roku 2014 sa opäť potvrdil trend narastania ľavostranného šmykového pohybu (os y), t. j. pohybu pozdĺž zlomovej poruchy, hoci sa ku koncu roka mierne spomalil (obr. 33). Celkový posun v tomto smere dosiahol cca 0,66 mm. Pomalé otváranie trhliny z roku 2013 pokračovalo aj v roku 2014. Hodnota celkového otvorenia dosiahla 0,006 mm. Poklesávanie jedného z blokov prejavujúce sa v roku 2013 sa v roku 2014 zastavilo. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) sú bezvýznamné (obr. 34).



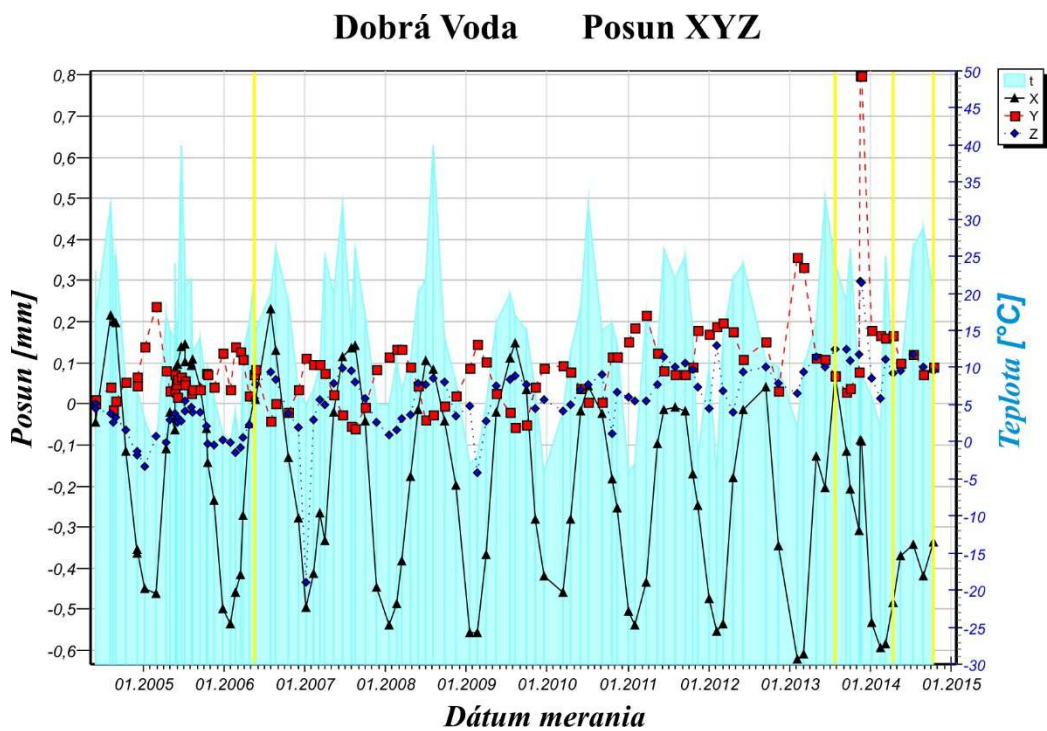
Obr. 33 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x , y , z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2014

Dobrá Voda

Aj v roku 2014 pokračovala na tejto lokalite spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR v Prahe. Českí kolegovia zabezpečili 8 meraní, interpretáciu dát a zároveň poskytli primárne údaje na vyhodnotenie nami používaným softvérom (MSDilat). Merania v roku 2014 (obr. 35) potvrdili doterajší trend pozvoľného otvárania trhliny (os x), veľmi pomalý, ale zreteľný ľavostranný šmykový posun (os y) a pomalý pokles jedného z blokov (os z). Trendy sú zrejme aj napriek silnému kolísaniu hodnôt spôsobenému sezónnymi výkyvmi teploty. Priemerný ročný nárast otvárania trhliny dosahuje cca 0,15 mm.

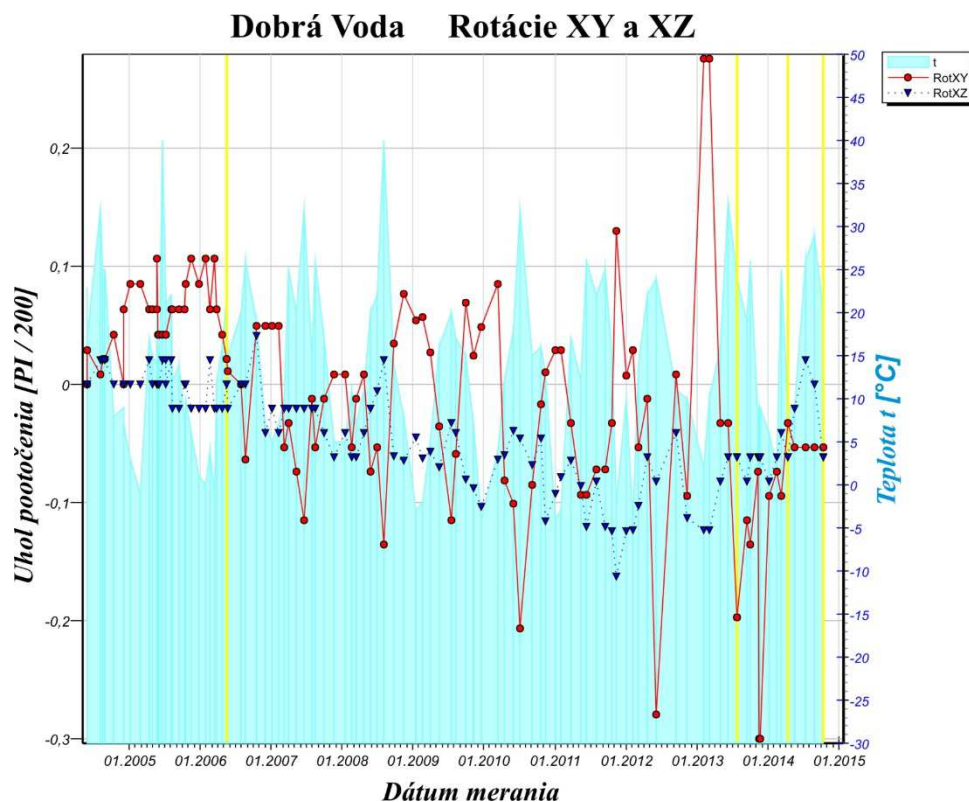


Obr. 34 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štólňi sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2014



Obr. 35 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x, y, z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2014

Z grafu rotácií (obr. 36) je evidentný pokračujúci trend otáčania v oboch navzájom kolmých rovinách (XY a XZ), ktorý však dosahuje iba minimálne hodnoty. Výkyv v rotácii v rovine XY na konci roka 2012 veľmi dobre korešponduje so slabým zemetrasením ($M = 1,6$) zaznamenaným 18. 11. 2012 pri Chtelnici. Jeho epicentrum bolo iba pár kilometrov na SZ od obce, teda v smere k Dobrej Vode.



Obr. 36 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom $TM-71$ na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2014

Výsledky meraní posunov a súvislosť so seizmicitou územia do roku 2010 v oblasti Malých Karpát boli predbežne vyhodnotené v publikáciách Briestenský et al. 2007 a 2010.

3.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2014 dilatometrami typu $TM-71$ možno zhrnúť do nasledovných bodov:

1. Na väčšine lokalitách sa v roku 2014 prejavili recentné tektonické pohyby, avšak rôznej intenzity. Najvýraznejší pohyb bol zaznamenaný na lokalitách Branisko a Ipeľ.
2. Menšie posuny boli zistené na lokalitách Demänová, Vyhne a Dobrá Voda.
3. Výsledky monitoringu majú veľký praktický význam z hľadiska stability najmä na lokali-

tách Ipeľ (plánovaná výstavba prečerpávacej vodnej elektrárne s výkonom cca 700 MW), Branisko (diaľničný tunel) a Demänovská jaskyňa Slobody (národná prírodná pamiatka, jeden z najnavštevovanejších turistických objektov v SR).

Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme s pokračovaním monitorovacích prác aj v roku 2015 a s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

4. Monitorovanie seizmických javov

Seizmické javy na území Slovenskej republiky sú monitorované seizmickými stanicami Národnej siete seizmických staníc (NSSS), ktorej prevádzkovateľom je Geofyzikálny ústav Slovenskej akadémie vied (GFÚ SAV) v Bratislave. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 12 seizmickými stanicami:

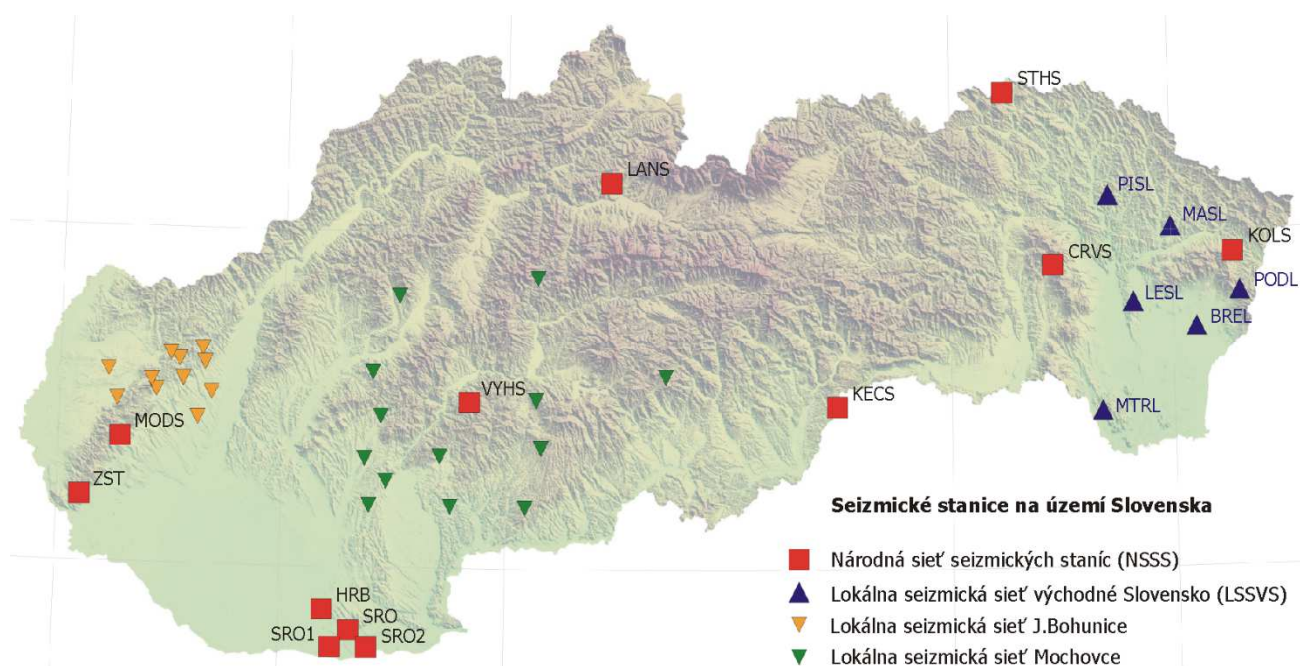
- Bratislava - Železná studnička (ZST)
- Červenica (CRVS)
- Vyhne (VYHS)
- Modra (MODS)
- Hurbanovo (HRB)
- Iža (SRO1)
- Kečovo (KECS)
- Kolonické sedlo (KOLS)
- Liptovská Anna (LANS)
- Moča (SRO2)
- Stebnícka Huta (STHS)
- Šrobárová (SRO).

Na seizmických stanicach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Na stanicach ZST, CRVS, VYHS, KOLS a MODS sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné seizmické stanice sú vybavené krátkoperiodickými seizmometrami, seizmická stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom.

Na území Slovenska sú okrem NSSS v prevádzke aj lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice, ktoré prevádzkuje spoločnosť Progseis v Trnave. Na východnom Slovensku bola vybudovaná lokálna sieť seizmických staníc, ktorú prevádzkuje FMFI UK v Bratislave.

Zemepisné súradnice jednotlivých seizmických staníc NSSS, spolu s nadmorskou výškou a technickými parametrami a pokrytie územia Slovenskej republiky seizmickými stanicami, sú znázornené na obr. 37.

Stanica	ISC kód	Zem. šírka [°N]	Zem. dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seizmo-meter	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, prenos údajov	Dátový formát
Bratislava Žel. Studnička	ZST	48.196	17.102	250	3x SM-3 3x SKD	PCM	100 20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48.902	21.461	476	STS-2	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Vyhne	VYHS	48.493	18.836	450	STS-2	SEMS	100 20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Modra-Piesok	MODS	48.373	17.277	520	STS-2	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Hurbanovo	HRB	47.873	18.192	115	2x Mainka	Analog	-	začadený papier,	-
Iža	SRO1	47.762 2	18.232 8	111	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kečovo	KECS	48.483	20.486	345	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48.933	22.273	460	STS-2	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Liptovská Anna	LANS	49.151	19.468	710	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Moča	SRO2	47.763	18.394	109	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49.417	21.244	534	LE3D	SEMS	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Šrobárová	SRO	47.813	18.313	150	3x SKM-3	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED



Obr. 37 Seizmické stanice na území Slovenska - stav v roku 2014.

4.1 Dátové a spracovateľské centrum

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 2014 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 9706 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 37750 seizmických fáz.

Geofyzikálny ústav SAV zhromažďuje a analyzuje okrem seizmometrických údajov aj makroseizmické údaje o zemetraseniach. Makroseizmické údaje charakterizujú účinky zemetrasenia na ľuďoch, predmetoch, stavbách a prírode. Ak má zemetrasenie makroseizmické účinky na území Slovenska, GFÚ SAV vykonáva zber makroseizmických pozorovaní od občanov formou vyplnených makroseizmických dotazníkov prostredníctvom internetu, e-mailovej komunikácie alebo poštou.

Údaje obsiahnuté v makroseizmických dotazníkoch a prípadné ďalšie údaje sú vyhodnocované podľa 12 stupňovej makroseizmickej stupnice EMS-98. Pre každú lokalitu, z ktorej sú dostupné makroseizmické údaje, je určená makroseizmická intenzita.

4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR

V roku 2014 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 78 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Parametre týchto zemetrasení boli určené na základe interpretácií seizmických záznamov zo staníc NSSS a ďalších staníc Virtuálnej siete seizmických staníc GFÚ SAV využitím softvérového balíka SeismicHandler. Interpretácie záznamov zo seizmických staníc NSSS (určené seizmické fázy, časy príchodov a epicentrálna vzdialenosť pre danú seizmickú stanicu) sú archivované v databáze na GFÚ SAV.

Výsledné parametre lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky a zobrazenie geografických polôh epicentier týchto zemetrasení sú v tab. 2 a na obr. 38.

Tab. 2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR

Deň	Čas (UTC) hh:mm:sec	Geografické súradnice		Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / oblasť
		dĺžka	šírka				
Január							
3	02:48:45.90	48.53 N	17.56 E	0.6	0.3		Malé Karpaty
8	07:50:34.86	49.39 N	19.15 E	18.6	0.9		Orava
8	12:34:07.96	47.77 N	18.44 E	7.3	1.6		Šamorín-Komárno-Štúrovo
15	13:15:08.97	48.85 N	17.90 E	0	-		Biele Karpaty
22	20:27:39.16	49.27 N	19.74 E	0	0.5		Vysoké Tatry
23	00:38:57.24	48.45 N	17.39 E	0.3	0.1		Malé Karpaty
23	06:58:20.57	49.27 N	19.75 E	0	0.5		Vysoké Tatry
24	17:09:27.36	48.70 N	18.69 E	0	-		Vtáčnik
Február							
1	11:44:00.21	48.75 N	19.18 E	0	1.4		Horehronie
9	22:39:09.51	49.08 N	18.60 E	3.4	1.2		Žilina
15	22:16:08.15	48.37 N	19.45 E	0	0.8		Krupinská planina
28	09:45:51.59	49.10 N	19.64 E	4,6	0.8		Liptov
Marec							
4	06:53:58.49	49.39 N	20.30 E	0	1.1		Pieniny
7	08:40:43.14	49.16 N	19.72 E	0	-		Vysoké Tatry
11	12:07:24.21	48.38 N	17.16 E	0	0.5		Malé Karpaty
18	07:45:39.78	48.79 N	19.88 E	0	0.7		Muránska planina
21	08:46:02.64	47.94 N	18.18 E	0	1.8		Šamorín-Komárno-Štúrovo
23	13:09:25.80	48.16 N	17.17 E	0	-		Malé Karpaty
29	04:27:12.25	48.72 N	20.28 E	0	1.3		Gemer
29	21:15:22.43	48.77 N	19.33 E	0	1		Horehronie
Apríl							
3	23:59:46.74	48.47 N	19.05 E	0	1.4		Banská Štiavnica
5	05:01:34.81	48.54 N	17.65 E	1.9	1.2		Malé Karpaty
9	07:34:31.10	49.07 N	20.44 E	0	-		Poprad-Vernár
10	22:45:29.38	48.76 N	19.28 E	0	0.2		Horehronie
17	20:41:11.09	48.59 N	17.67 E	2.5	0.3		Malé Karpaty
Máj							
1	21:46:20.61	48.50 N	17.42 E	0	1.1		Malé Karpaty
2	08:57:13.50	48.60 N	21.47 E	9.6	1.4		Slanské vrchy
7	02:43:44.91	48.79 N	19.86 E	0	1.1		Muránska planina
7	17:08:54.19	48.77 N	19.85 E	0	0.4		Muránska planina
8	11:19:57.30	47.89 N	18.00 E	0.4	1.5		Šamorín-Komárno-Štúrovo
11	22:45:24.62	48.47 N	17.39 E	1	1		Malé Karpaty
26	15:32:59.63	48.50 N	17.65 E	0.5	0.5		Malé Karpaty
29	10:44:19.99	48.84 N	21.03 E	3.9	0.9		Spiš
30	01:15:12.36	48.72 N	17.73 E	4.9	0.6		Malé Karpaty
31	03:29:02.72	48.65 N	20.22 E	0	0.6		Revúcka vrchovina
Jún							
19	09:14:46.00	49.42 N	18.95 E	0	0.7		Kysuce
22	14:24:44.45	48.50 N	17.33 E	0	-		Malé Karpaty
22	21:15:21.53	48.56 N	17.34 E	1.9	0.3		Malé Karpaty
Júl							
8	15:04:32.76	47.91 N	18.03 E	0.6	1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
8	15:05:02.84	47.92 N	18.05 E	0.9	1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
9	08:53:13.82	47.76 N	18.51 E	0.1	1.6		Šamorín-Komárno-Štúrovo
11	08:43:34.85	48.95 N	20.30 E	1	0.9		Poprad-Vernár
15	12:08:23.17	48.73 N	20.52 E	5.2	-		Revúcka vrchovina
17	04:55:31.61	48.77 N	20.04 E	0.1	0.8		Muránska planina
23	12:44:33.52	48.76 N	20.05 E	0	1.1		Muránska planina
25	21:58:26.54	49.04 N	21.73 E	4.8	0.5		Ondavská vrchovina
30	21:05:08.69	48.51 N	17.61 E	4.1	-		Malé Karpaty

August

3	13:57:45.64	48.69 N	20.07 E	0	0.7	Muránska planina
7	07:12:36.40	48.43 N	19.99 E	4.2	0.4	Revúcka vrchovina
14	03:00:01.70	48.06 N	18.10 E	6,9	1.1	Šamorín-Komárno-Štúrovo
16	19:47:39.65	48.05 N	17.99 E	20	1	Šamorín-Komárno-Štúrovo

September

7	00:03:15.50	47.85 N	18.59 E	0	0.2	Šamorín-Komárno-Štúrovo
10	09:47:14.53	47.75 N	18.47 E	4.6	-	Šamorín-Komárno-Štúrovo
16	09:56:49.16	48.39 N	19.45 E	0	0.9	Krupinská planina
18	22:46:42.18	48.49 N	17.44 E	3.6	0.1	Malé Karpaty
19	22:59:00.28	48.37 N	19.44 E	0	1.4	Krupinská planina
28	21:32:18.63	48.83 N	19.41 E	0	-	Horehronie

Október

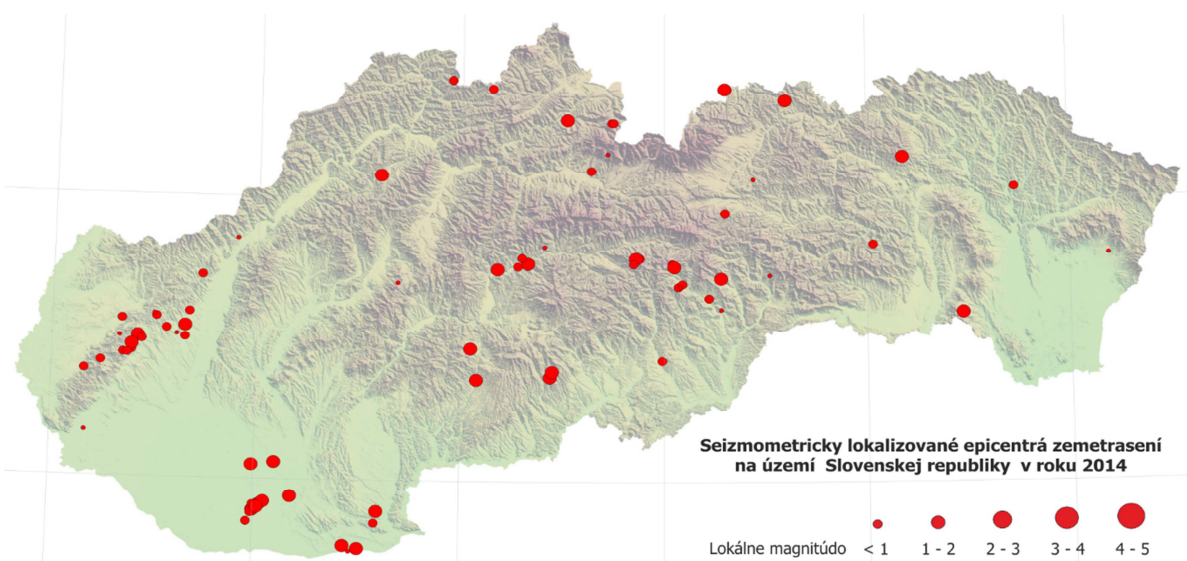
3	13:55:38.72	48.39 N	19.45 E	0	1.2	Krupinská planina
9	16:24:31.49	48.70 N	20.09 E	0	0.7	Muránska planina
9	09:52:19.47	48.69 N	20.08 E	0	-	Muránska planina
10	03:17:35.21	47.89 N	17.99 E	0	0.9	Šamorín-Komárno-Štúrovo
10	03:19:31.86	47.88 N	17.99 E	0	0.9	Šamorín-Komárno-Štúrovo
10	03:34:57.28	47.91 N	18.00 E	0	0.9	Šamorín-Komárno-Štúrovo
10	03:35:36.85	47.85 N	17.97 E	0	0.5	Šamorín-Komárno-Štúrovo
12	13:21:01.18	49.28 N	19.52 E	0	1.4	Orava
16	08:51:18.15	48.79 N	19.30 E	0	0.7	Horehronie
22	11:35:29.21	49.15 N	21.18 E	1.9	1	Šariš
27	15:41:31.81	48.44 N	17.35 E	0	0.4	Malé Karpaty
28	00:10:51.30	47.90 N	18.02 E	0	1.4	Šamorín-Komárno-Štúrovo
30	02:26:57.32	48.80 N	22.19 E	5.1	-	Vihorlatské vrchy

November

15	03:58:46.75	48.61 N	20.28 E	0.6	-	Revúcka vrchovina
16	23:57:49.17	47.89 N	18.60 E	0	1.1	Šamorín-Komárno-Štúrovo
18	12:23:06.56	48.57 N	17.51 E	2.8	0.3	Malé Karpaty
21	14:01:58.99	48.58 N	17.50 E	0	-	Malé Karpaty
25	07:28:23.24	48.44 N	17.37 E	1	0.5	Malé Karpaty
27	12:38:39.90	49.35 N	20.60 E	5	1.5	Pieniny

December

16	01:52:38.15	48.36 N	19.08 E	0	1.2	Krupinská planina
27	06:13:17.39	48.41 N	17.24 E	0	0.3	Malé Karpaty



Obr. 38 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2014.

4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2014 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 5 zemetrasení. Všetky makroseizmicky pozorované zemetrasenia boli seizmometricky lokalizované.

Zemetrasenie dňa 19.1.2014 o 01:34 UTC s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (125 údajov) v 50 lokalitách na území Slovenska (tab. 3). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 6^\circ$ EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 6° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS, MODS a ZST. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 3,8$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Maďarska. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 19.1.2014
čas vzniku [UTC]	..... 01:34:35.5
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48.019 °N
zemepisná dĺžka	..... 19.446°E
hĺbka ohniska	..... 6 km
lokálne magnitúdo	..... 3,8

Tab. 3 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 19.1.2014 o 01:34 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Slovenské Ďarmoty	48.095	19.280	2	6
Bušince	48.191	19.500	5	5
Demandice	48.120	18.802	4	4
Dačov Lom	48.311	19.255	1	4
Detva	48.557	19.416	1	4
Obeckov	48.172	19.337	1	4
Hliník nad Hronom	48.536	18.778	2	3-4
Pôtor	48.230	19.428	1	3-4
Veľké Straciny	48.196	19.397	1	3-4
Šahy	48.077	18.938	7	3
Veľký Krtíš	48.214	19.350	15	3
Pliešovce	48.417	19.186	7	3
Zvolen	48.572	19.140	6	3
Dudince	48.169	18.885	5	3
Levice	48.217	18.610	4	3
Banská Bystrica	48.733	19.143	3	3
Banská Štiavnica	48.451	18.904	3	3

Lučenec	48.332	19.664	3	3
Štúrovo	47.804	18.698	3	3
Lesenice	48.106	19.248	2	3
Veľká Čalomija	48.070	19.205	2	3
Bátovce	48.285	18.749	1	3
Bratislava	48.163	17.126	1	3
Čeláre	48.137	19.484	1	3
Ipeľské Predmostie	48.062	19.059	1	3
Kalonda	48.261	19.657	1	3
Králiky	48.736	19.027	1	3
Plášťovce	48.150	18.993	1	3
Tešmák (Šahy)	48.064	18.986	1	3
Žarnovica	48.501	18.721	1	3
Záhorce	48.102	19.336	12	pozorované
Želovce	48.130	19.371	4	pozorované
Nenince	48.147	19.262	3	pozorované
Kosihovce	48.186	19.199	2	pozorované
Opatovská Nová Ves	48.121	19.263	2	pozorované
Bzovík	48.309	19.089	1	pozorované
Cerovo	48.251	19.184	1	pozorované
Dolné Plachtince	48.201	19.308	1	pozorované
Ďurkovce	48.138	19.181	1	pozorované
Hodruša-Hámre	48.452	18.784	1	pozorované
Kiarov	48.114	19.424	1	pozorované
Kováčovce	48.098	19.471	1	pozorované
Malá Čalomija	48.085	19.233	1	pozorované
Malé Zlievce	48.181	19.448	1	pozorované
Príbelce	48.192	19.270	1	pozorované
Širákov	48.149	19.187	1	pozorované
Sklabiná	48.157	19.358	1	pozorované
Suché Brezovo	48.310	19.360	1	pozorované
Vinica	48.117	19.122	1	pozorované
Vrbovka	48.090	19.410	1	pozorované

Poznámka: Pre túto lokalitu má GFU SAV však k dispozícii len 2 makroseizmické pozorovania. Vzhľadom na nízky počet dotazníkov je dôveryhodnosť tejto intenzity diskutabilná.

Zemetrasenie dňa 19.1.2014 o 01:48 UTC s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (12 údajov) v 12 lokalitách na území Slovenska (tab. 4). Epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 nebola maďarskými seizmológmi určená. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané

štyrmi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS, MODS a ZST. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,9$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom Seismic-Handler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Maďarska. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 19.1.2014
čas vzniku [UTC]	..... 01:48:44.1
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48.005 °N
zemepisná dĺžka	..... 19.438 °E
hĺbka ohniska	..... 5 km
lokálne magnitúdo	..... 2,9

Tab. 4 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 19.1.2014 o 01:48 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Dudince	48.169	18.885	1	3
Ipeľské Predmostie	48.062	19.059	1	3
Lesenice	48.106	19.248	1	3
Malé Zlievce	48.181	19.448	1	3
Príbelce	48.192	19.270	1	3
Bušince	48.191	19.500	1	pozorované
Kováčovce	48.098	19.471	1	pozorované
Nenince	48.147	19.262	1	pozorované
Sklabiná	48.108	19.476	1	pozorované
Šahy	48.077	18.938	1	pozorované
Veľký Krtíš	48.214	19.350	1	pozorované
Záhorce	48.102	19.336	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 21.1.2014 o 01:06 UTC s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (5 údajov) v 4 lokalitách na území Slovenska (tab. 5). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS, MODS a ZST. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,5$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Maďarska. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 21.1.2014
čas vzniku [UTC]	..... 01:06:06.6

epicentrum: zemepisná šírka 48.019 °N
zemepisná dĺžka 19.434 °E
hĺbka ohniska 3 km
lokálne magnitúdo 2,5

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 21.1.2014 o 01:06 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Záhorce	48.102	19.336	2	3
Nitra	48.314	18.092	1	3
Olováry	48.160	19.426	1	3
Slovenské Ďarmoty	48.095	19.280	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 22.1.2014 o 12:13 UTC s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (5 údajov) v 5 lokalitách na území Slovenska (tab. 6). Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4-5° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 4° EMS-98. Zemetrasenie bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS, MODS a ZST. Na základe záznamov z týchto staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,5$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Maďarska. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum 22.1.2014
čas vzniku [UTC] 12:13:44.2
epicentrum: zemepisná šírka 48.023 °N
zemepisná dĺžka 19.421 °E
hĺbka ohniska 1 km
lokálne magnitúdo 2,5

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 22.1.2014 o 12:13 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Sklabiná	48.157	19.358	1	4
Malý Krtíš	48.190	19.354	1	3
Záhorce	48.102	19.336	1	3
Želovce	48.130	19.371	1	pozorované
Slovenské Ďarmoty	48.095	19.280	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 3.8.2014 o 01:48 UTC s epicentrom na území Maďarska bolo makroseizmicky pozorované (2 údaje) v 2 lokalitách na území Slovenska (tab. 7). Určená epicentrálna

intenzita zemetrasenia I_0 je 4-5° EMS-98. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3-4° EMS-98. Zemetrasenie dňa 3.8.2014 o 01:48 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – CRVS, KECS, KOLS a MODS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L = 2,7$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná na základe interpretácií programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Maďarska. Seismometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 3.8.2014
čas vzniku [UTC]	..... 01:48:07.9
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48.016 °N
zemepisná dĺžka	..... 19.421 °E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 2,7

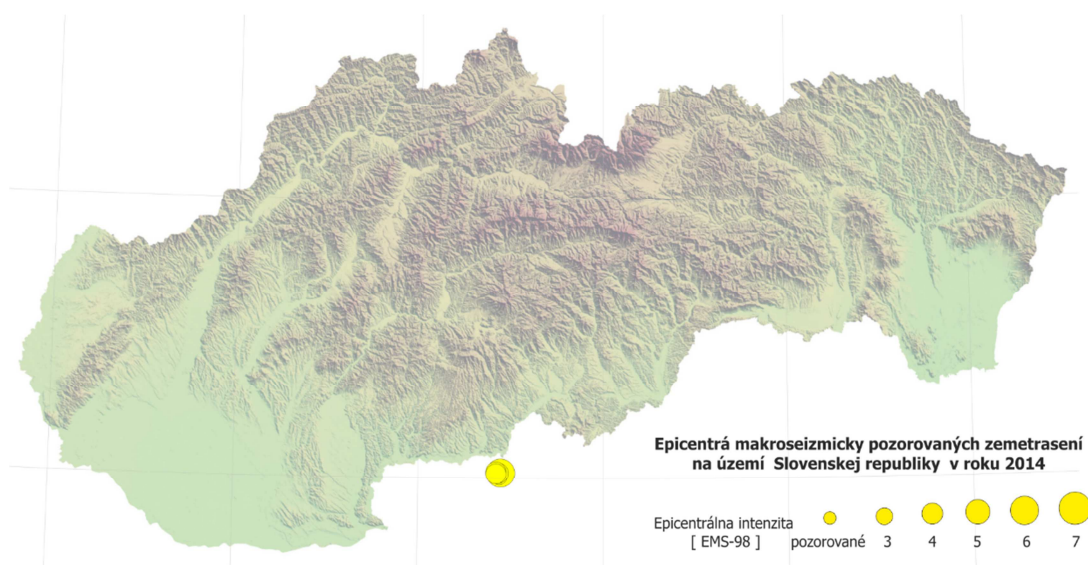
Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 3.8.2014 o 01:48 UTC

Lokalita	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Sklabiná	48.157	19.358	1	3-4
Selešťany	48.091	19.335	1	3

Prehľad makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2014 a ich hlavné parametre sú uvedené v tab. 14, ich distribúcia v obr. 39.

Tab. 14 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky v roku 2014

DÁTUM			ČAS [UTC]			HYPOCENTRUM			M_L	I_0	LOKALITA
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2014	01	19	01	34	35.5	48.019	19.446	6	3.8	6	Maďarsko
2014	01	19	01	48	44.1	48.005	19.438	5	2.9	-	Maďarsko
2014	01	21	01	06	06.6	48.019	19.434	3	2.5	4	Maďarsko
2014	01	22	12	13	44.2	48.023	19.421	1	2.5	4-5	Maďarsko
2014	08	03	01	48	07.9	48.016	19.421	0	2.7	4-5	Maďarsko



Obr. 39 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území SR v roku 2014

5 Literatúra

- Avramova-Tacheva, E., Vrablyansky, B. & Kostak, B., 1984: An attempt to detect recent movements along seismogenic faults. *Review of the Bulgarian Geological Society XLV (3)*, 276–288 (in Bulgarian).
- Bezák, V., (Ed.), Dublan, L., Hraško, E., Konečný, V., Kováčik, M., Madarás, J., Plašienka, D. & Pristaš, J., 1999: Geologická mapa Slovenského rudohoria – západná časť M 1:50 000. *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava*.
- Biely, A. (Ed.), Beňuška, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivanička, J., Kohút, M., Klinec, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M. & Vozár, J., 1992: Geologická mapa Nízkych Tatier M 1:50 000. *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava*.
- Biely, A., Bezák, V., Elečko, M., Kaličiak, M., Konečný, V., Lexa, I., Mello, J., Nemčok, J., Poftfaj, M., Rakús, M., Vass, D., Vozár, J. & Vozárová, A., 1995: Geologická mapa Slovenskej republiky 1:500 000. *MŽP, GS SR, Bratislava*.
- Borre, K., Cacoň, S., Cello, G., Kontny, B., Kostak, B., Andersen, H. Likke, Moratti, G., Piccardi, L., Stemberk, J., Tondi, E. & Vilimek, V. 2003: The COST project in Italy: analysis and monitoring of seismogenic faults in the Gargano and Norcia areas (central-southern Apennines, Italy). *Journal of Geodynamics* 36, 3–18.
- Briestenský, M., Stemberk, J. & Petro, L., 2007: Displacements registered around the 13 March 2006 Vrbové earthquake M=3.2 (Western Carpathians). *Geologica Carpathica* 58, 487–493.
- Briestenský, M. & Stemberk, J., 2008: Micromovements monitoring in caves of western Slovakia. *Slovenský kras* 46/25, 77–83 (in Slovak).
- 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.

- Briestenský, M., Stemberk, J., Michalík, J., Bella, P. & Rowberry, M.D., 2011: The use of a karstic cave system in a study of active tectonics: fault movements recorded at Driny Cave, Malé Karpaty Mts (Slovakia), *J. Cave Karst Stud.*, 73, 114–123, doi: 10.4311/jcks2010es0166.
- Briestenský, M., Thinová, L., Praksová, R., Stemberk, J., Rowberry, M.D. & Knejřlová, Z., 2014: Radon, carbon dioxide, and fault displacements in central Europe related to the Tōhoku Earthquake, *Radiat. Prot. Dosim.*, doi:10.1093/rpd/ncu090.
- Drakatos, G., Petro, L., Ganas, A., Melis, N., Košťák, B., Kontny, B., Cacoń, S., & Stercz. M., 2005: Monitoring of strain accumulation along active faults in the Eastern Gulf of Corinth: Instruments and Network setup. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 2 (137), 37–43.
- Droppa, A., 1957: Demänovské jaskyne. Krasové zjavy Demänovskej doliny. Vyd. SAV, Bratislava, 1–289 (in Slovak with German Summary).
- Droppa, A., 1972: Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras* 10, 9–46 (in Slovak with German Summary).
- Dvořák, P., Pospíšil, L., Hotovcová, J., Mojzeš, M. & Papčo, J., 2005: Geo-analýza horizontálnych pohybových tendencií na východnom Slovensku. *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment* 12, 9–22 (in Czech with English Abstract).
- Gosar, A., Šebela, S., Košťák, B. & Stemberk, J., 2009: Surface versus underground measurements of active tectonic displacements detected with TM 71 extensometers in Western Slovenia. *Acta Carsologica* 38, 213–226.
- Hók, J., Bielik, Kováč, P., & Šujan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca, Bratislava*, 32, 459–470.
- Konečný, V., (Ed), Lexa, J., Halouzka, R., Dublan, L., Šimon, L., Stolár, M., Nagy, A., Polák, M., Vozár, J., Havrila, M., Pristaš, J., 1998: Geologická mapa Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca (Štiavnický stratovulkán). *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava*.
- Kontny, B., Cacoń, S., Košťák, B. & Stemberk, J., 2005: Methodic analysis of data obtained by monitoring micro-tectonic movements with TM71 crack gauges in the Polish Sudeten. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 3 (139), 57–67.
- Kostak, B., 1969: A new device for in-situ movement detection and measurement. *Experimental Mechanics. SESA (American Society for Experimental Stress Analysis) Journal* 9, 374–379.
- Košťák, B., 1998: Evidence of active tectonic movements in the Krušné Hory Mts. (NW Bohemia). *Journal of the Czech Geological Society* 43, 287–297.
- Košťák, B. & Rybář, J., 1978: Measurements of the activity of very slow slope movements. *Grundlagen u. Anwendung d. Felsmechanik. Trans Tech. Publ., Clausthal*, 191–205.
- Kostak, B. & Cruden, D.M., 1990: The Moire´ crack gauges on the crown of the Frank Slide. *Canadian Geotechnical Journal* 27, 835–840.
- Kostak, B., Vilimek, V. & Zapata, M.L., 2002: Registration of microdisplacements at a Cordillera Blanca fault scarp. *Acta Montana, IRSM ASCR, Ser. A* 19 (123), 61–74.
- Maglay, J. (Ed.), Halouzka, R., Banacky, V., Pristas, J. and Janocko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. Vyd. MŽP SR a Geologická služba SR, Bratislava.
- Nemčok, M., Konečný, P. & Lexa, O., 2000: Calculations of tectonic, magmatic and residual stress in the Štiavnica stratovolcano, Western Carpathians: implications for mineral precipitation paths. *Geologica Carpathica* 51, 19–36.
- Ondrášik, R., Hovorka, D. & Matejček, A., 1987: Prejavy muránsko-divínskej poruchovej zóny vo veporickom kryštaliniku v štôlni PVE Ipeľ. *Mineralia Slovaca* 19, 29–44.
- Petro, L., Košťák, B., Polaščinová, E., & Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca* 31, 549–554 (in Slovak with English summary).

- Petro, L., Vlčko, J., Ondrášik, R. & Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engineering Geology* 74, 103–112.
- Polák, M., Jacko, S. (Eds.), Vozár, J., Vozárová, A., Gross, P., Harčár, J., Sasvári, T., Zacharov, M., Baláž, B., Kaličiak, M., Karoli, S., Nagy, A., Buček, S., Maglay, J., Spišák, Z., Žec, B., Filo, I., Janočko, J., 1996. Geologická mapa Braniska a Čiernej hory 1:50 000. Vyd. Geologická služba SR, Bratislava.
- Pospíšil, L., Nemčok, J., Graniczny, M. & Doktor, S., 1986: Príspevek metod dälkoveho prúzkumu k identifikaci zlomú s horizontálnim posunem v oblasti Západných Karpat. *Mineralia Slovaca* 18, 385–402.
- Pospíšil, L., Bezák, V., Nemčok, J., Feranec, J., Vass, D. & Obernauer, D., 1989: Muránsky tektonický systém – významný príklad horizontálnych posunov v Západných Karpatoch. *Mineralia Slovaca* 21, 305–322.
- Stemberk, J., Košťák, B., 2007: 3-D trend of aseismic creep along active faults in western part of the Gulf of Corinth, Greece. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 4 (145), 53–65.
- Stemberk, J., Briestenský, M., Cacoň, S., 2015: The recognition of transient compressional fault slow-slip along the northern shore of Hornsund Fjord, SW Spitsbergen, Svalbard. *Polish Polar Research*, 2, 36, 109-123. (DOI: 10.1515/popore-2015-0007).
- Stepančíková, P., Stemberk, J., Vilímek, V., Košťák, B., 2008: Neotectonic development of drainage network in the East Sudeten and monitoring of recent displacements on tectonic structures (Czech Republic). *Geomorphology* 102, 68–80.
- Šebela, S., Gosar, A., Košťák, B. & Stemberk, J., 2005: Active tectonic structures in the W part of Slovenia – setting of micro-deformation monitoring. *Acta Geodynamica et Geomaterialia* 2 (137), 45–57.
- Stercz, M., 2004: SMDilat – aplikácia na vyhodnocovanie meraní dilatometrom TM-71 programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows (+ MS Windows XP).
- Vlčko, J., 2002: Monitoring – an effective tool in safeguarding the historic structures. In: Sassa, K. (Ed.), Proc. of the Inter. Symp. on Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage, Kyoto, Japan. *Publ. UNESCO/ Kyoto Univ. Press*, 267–278.
- Vlčko, J., 2004: Extremely slow slope movements influencing the stability of Spis Castle, UNESCO site. *Landslides* 1-1, 67–71.
- Vlčko, J., Petro, L., 2002: Monitoring of subgrade movements beneath historic structures. In: J.L. van Roy & C.A. Jermy (Eds.) „Proc. of 9th Int. Congress IAEG”, Durban, South Africa, (CD-ROM), 1432-1437.
- Vlčko, J., Greif, V., Gróf, V., Jezný, M., Petro, L., Brček, M., 2009: Rock displacement and thermal expansion at historic heritage sites in Slovakia. *Environmental Geology* 58, 1727–1740.