

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 02

Tektonická a seizmická aktivita územia

Správa za rok 2019

Názov geologickej úlohy: **Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory**

Číslo geologickej úlohy: **207**

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

Zodpovedný riešiteľ podsystemu: **Ing. Ľubomír Petro, CSc.**

Spoluriešitelia: **Ing. Juraj Papčo, PhD., RNDr. Andrej Cipciar, Mgr. Kristián Csicsay, PhD., Mgr. Marián Stercz, Mgr. Daniel Grega, Ing. Katarína Pačajová, Ing. Martin Eged, Ing. Martin Bednárík, PhD., Mgr. Miloš Briesťenský, PhD., doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.**

Zástupca zhotoviteľa geologických prác: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

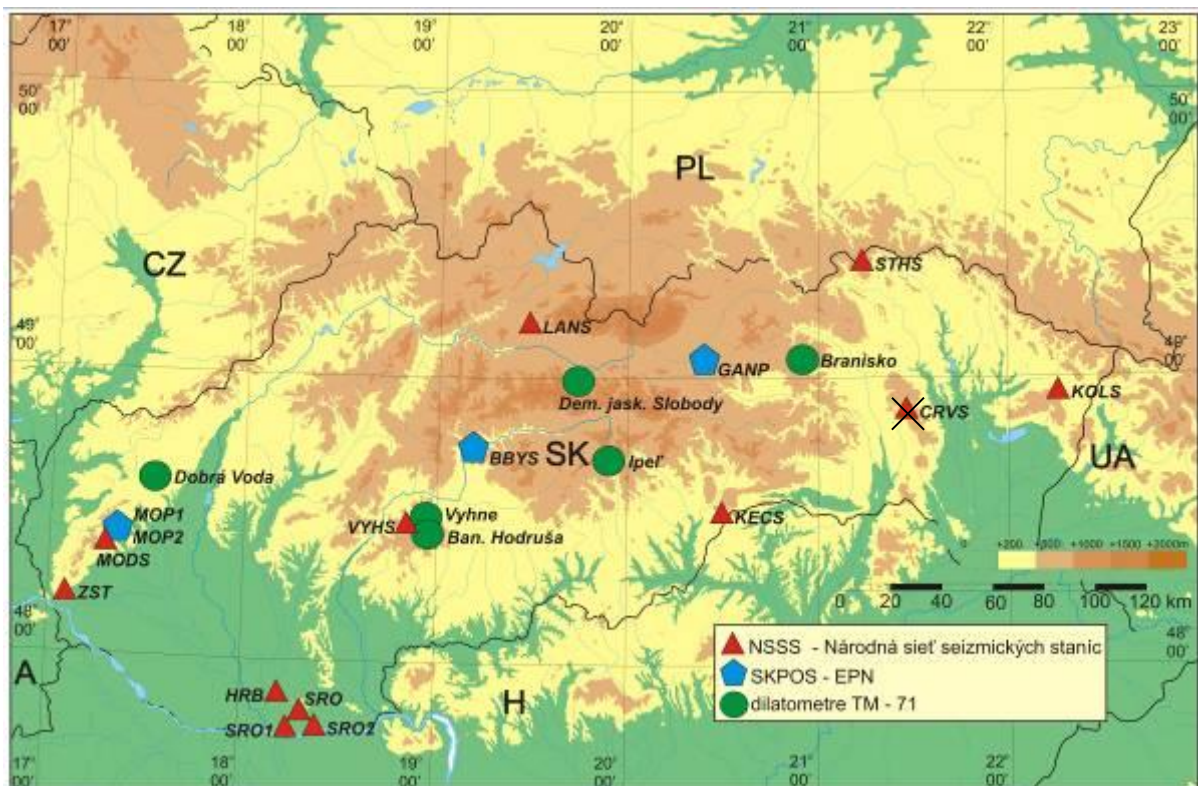
Štatutárny zástupca zhotoviteľa geologických prác: **RNDr. Igor Slaninka, PhD.**
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava november 2020

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Pohyby povrchu územia	1
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN...5	
3. Pohyby pozdĺž zlomov	21
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	21
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	25
3.3 Výsledky monitorovania	26
3.4 Diskusia.....	34
4. Monitorovanie seizmických javov	35
4.1 Dátové a spracovateľské centrum	37
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky.....	37
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	38
5. Literatúra	45

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2019 monitorované pohyby povrchu aj s využitím globálnych navigačných družicových systémov (GNSS) pre určenie globálnej priestorovej polohy na vybraných hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch (Slovenská technická univerzita v Bratislave – STU a 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 odborom Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV) na základe meraní za rok 2019.



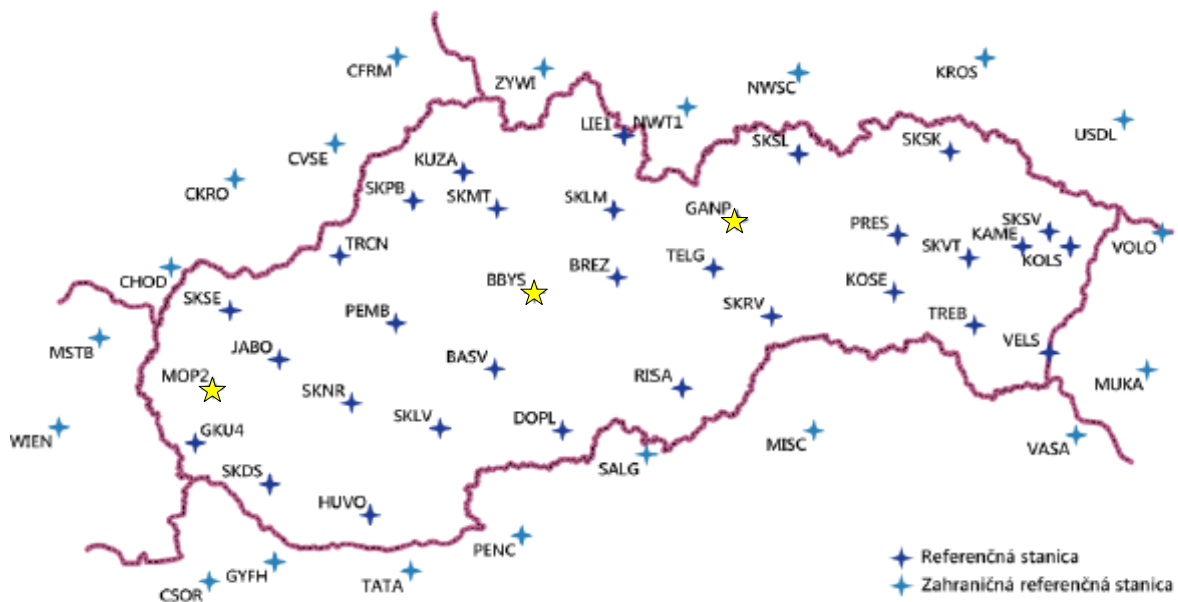
Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystem 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

2. Pohyby povrchu územia

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

lógia na určovanie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiažového zrýchlenia. Technológia GNSS je 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 pri dodatočnom spracovaní.

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, ruského systému GLONASS, ale už aj európskeho systému GALILEO, resp. čínskeho systému BEIDOU. Na presnú lokalizáciu, výpočet súradníc sa v roku 2019 využívali údaje zo systémov NAVSTAR GPS a GLONASS a začalo sa aj s pokusným zahrnutím systémov GALILEO a BEIDOU. SKPOS v súčasnosti tvorí sieť 33 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS, realizujúcich geodetický referenčný systém ETRS89 na Slovensku. ETRS89 – Európsky terestrický referenčný systém 1989 – je systém priestorových súradníc označovaný karteziánskymi súradnicami X, Y, Z alebo parametrami φ, λ, h . Bol zavedený na návrh Európskej subkomisie pre referenčné rámce (EUREF) pri Medzinárodnej federácii geodetov (FIG) Európskou úniou a direktívach INSPIRE. STU a GKÚ (SKPOS) poskytuje do spracovania Európskej permanentnej siete (EPN) v reálnom čase údaje zo 4 bodov (obr. 2) a z ďalších bodov aj do projektu zoskupenia EUPOS.



Obr. 2 Rozmiestnenie bodov EPN a SKPOS na území Slovenska (GKÚ 2019)

Spracovanie vybratej množiny špeciálne stabilizovaných bodov (pevne spojených s zemským povrchom) prebieha aj na Katedre geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave, kde je realizovaný projekt Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska (Mojžeš et al., 2015).

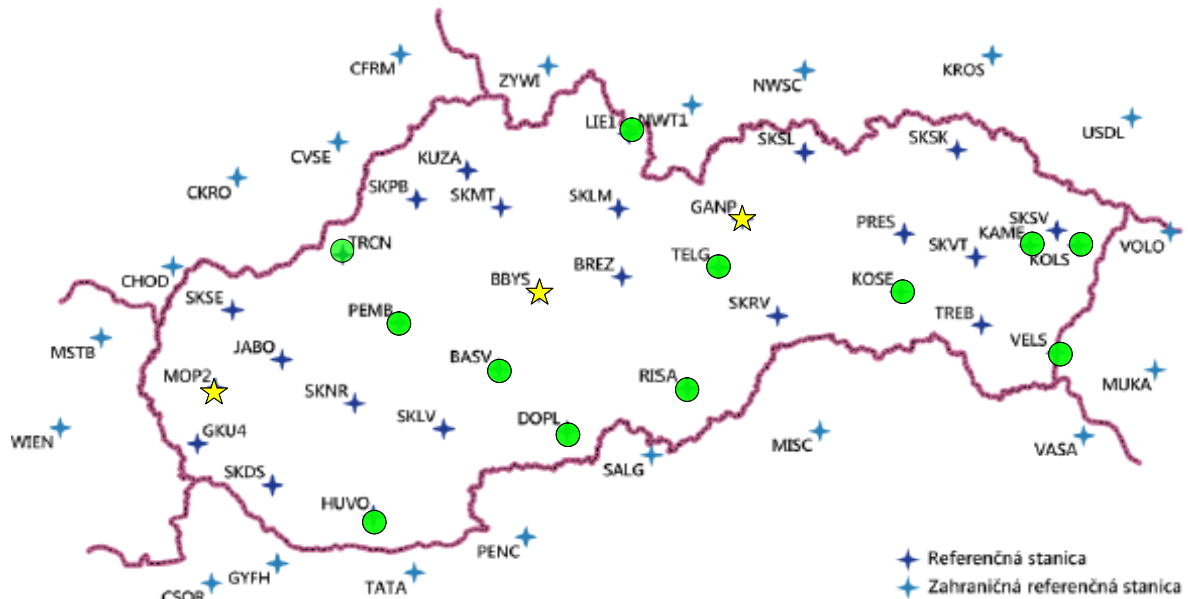
Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému *ETRS89* pre subjekty využívajúce technológiu *GNSS*. Merané údaje *GNSS* z bodov špeciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

Rozmiestnenie a vybudovanie bodov bolo realizované najmä na dosiahnutie požadovanej presnosti pri geodetických meraniach na mapovacie a katastrálne geodetické činnosti. Výsledky z dlhodobých meraní, ktoré sú prezentované v nasledujúcich grafoch a tabuľkách nám potvrdzujú, že vybrané lokality na stabilizáciu bodov preukazujú vysokú stabilitu a zmeny majú zvyčajne sezónny charakter.

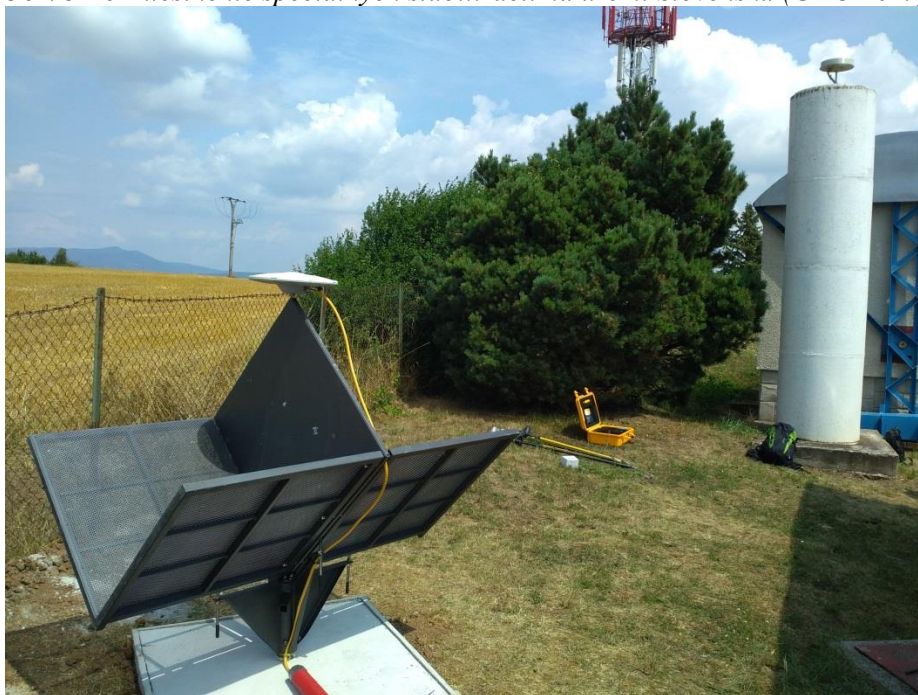
Z 33 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2019 už 15 bodov (*obr. 3*) stabilizovaných spôsobom umožňujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 10 špecializovaných geodetických bodov, ktoré sú realizované ako hĺbkové pilierové stabilizácie ukotvené do hĺbky od 3 až do 10 m so stabilizovanou geodetickou značkou. Ďalších 5 geodetických bodov realizovaných hĺbkovou tyčovou stabilizáciou podľa vzoru UNAVCO ukotvených do hĺbky 5 m. V roku 2019 boli realizované prípravné práce na vybudovanie ďalších troch špecializovaných geodetických bodov s hĺbkovou pilierovou stabilizáciou. Ide o body v lokalite Zvolen – Borová hora, Devičany a Želiezovce, ktoré budú pravdepodobne zaradené do operačnej činnosti v roku 2020. Je predpoklad, že po viacročnom permanentnom meraní na týchto bodoch by sa dali získať spoľahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov (lokality). V roku 2019 bola na území Slovenska prvý krát vybudovaná na bode Partizánske (PEMB) kolokačná stanica integrujúca technológiu *GNSS* spolu s inovatívnou družicovou radarovou interferometriou pomocou pasívneho kútového odrážača <http://edisk.cvt.stuba.sk/~xczikhardt/pem2/> (*obr. 4a*).

Najstarším bodom – stanicou *GNSS* na území Slovenska je *MOPI* (*obr. 4b*), v lokalite Modra – Piesok, stabilizovaný na skalnom hrebeni Tisových skál, a to od 17.11.1996 (880. týždeň *GPS*). *Týždeň GPS* (*GPS WEEK*) je oficiálne zaužívané datovanie času/týždňov od spustenia systému *NAVSTAR GPS*, používané na ukladanie údajov a riešenia. Od 24.8.2008 (1494. týždeň *GPS*) je permanentne meraný bod *MOP2*, stabilizovaný vedľa pôvodného bodu na skale pilierom. Tieto body spravuje Katedra geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Bod *GANP* sa nachádza v lokalite Gánovce pri Poprade, je spravovaný GKÚ

a permanentné observácie sú vykonávané od 16.11.2003 (1245. týždeň GPS). Bod *BBYS* v lokalite Banská Bystrica, ktorý je v správe Topografického ústavu Armády SR pracuje od 4.02.2007 (1413. týždeň GPS). Údaje z týchto bodov sú v reálnom čase zasielané aj do Európskej permanentnej siete (*EPN* - Euref Permanent Network), ktorú riadi Európska komisia pre referenčné rámce (*EUREF*) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (*IAG*). Pre body *MOPI*, *MOPI2*, *GANP* a *BBYS* sú monitoring a určenie rýchlostí spracovávané v rámci *EPN*.



Obr. 3 Rozmiestnenie špeciálnych stabilizácií na území Slovenska (GKÚ 2019)



Obr. 4a Kolokačná stanica GNSS a InSAR, PEMB



Obr. 4b Body MOPI, MOP2, GANP a BBYS

2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN

Európska sieť permanentných staníc GNSS dnes spracováva údaje z cca 280 staníc GNSS.

Na obr. 5 je schéma rozmiestnenia staníc EPN z európskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do svetovej siete (http://www.epncb.oma.be/_networkdata/stationmaps.php) permanentných staníc IGS (obr. 6).

Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec - ITRF2014 (IGS14), Európsky terestrický referenčný rámec – ETRF2000 a ETRF2014. Časové rady polohových zmien upravených o skoky zo slovenských staníc v Modre - Piesku (MOPI, MOP2), v Gánovciach pri Poprade (GANP) a Banskej Bystrici (BBYS) sú prezentované v grafoch na obr. 7 až 10, resp. detailne pre rok 2019 na obr. 11 až 14. Na obr. 15 až 18 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme ITRS, realizácia ITRF2014 (IGS14). Na obr. 19 až 22 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referenčnom systéme ETRS89, realizácia ETRF2014, resp. na obr. 23 až 26 sú znázornené detaily pre rok 2019 (http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/index.php).

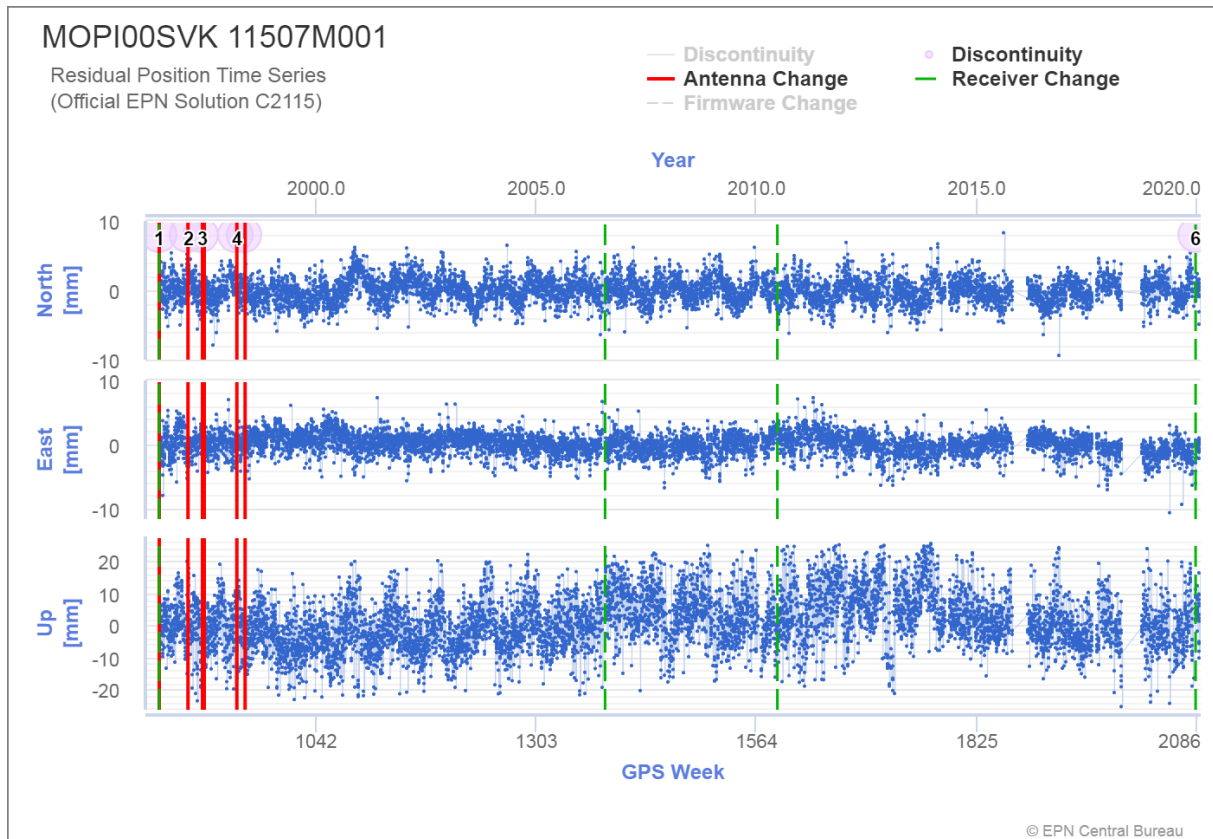
Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené vo forme grafu zmeny polohy bodu – stanice uvedenej v mm, a to v smere sever – juh (North), východ– západ (East) a vo výške (Up). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v týždňoch GPS, zvislá os predstavuje v optimalizovanej mierke zmenu bodu v mm. Zobrazované hodnoty v grafoch sú vždy z týždenných riešení. Zvislé priamky v tabuľkách určujú dôvody skokov v časovom rade: zmenu referenčného rámca, zmenu antény alebo prijímača, resp. zmenu jeho riadiaceho softvéru (firmware).



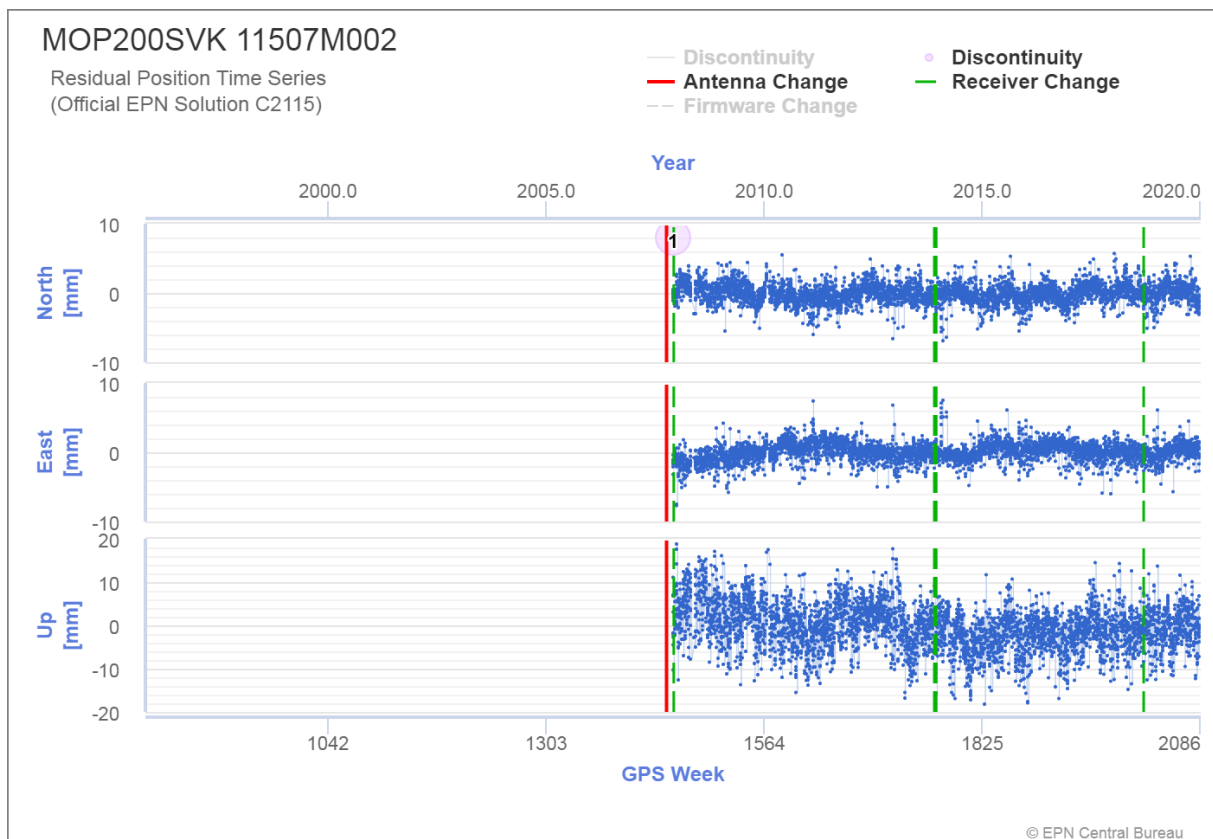
Obr. 5 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2019

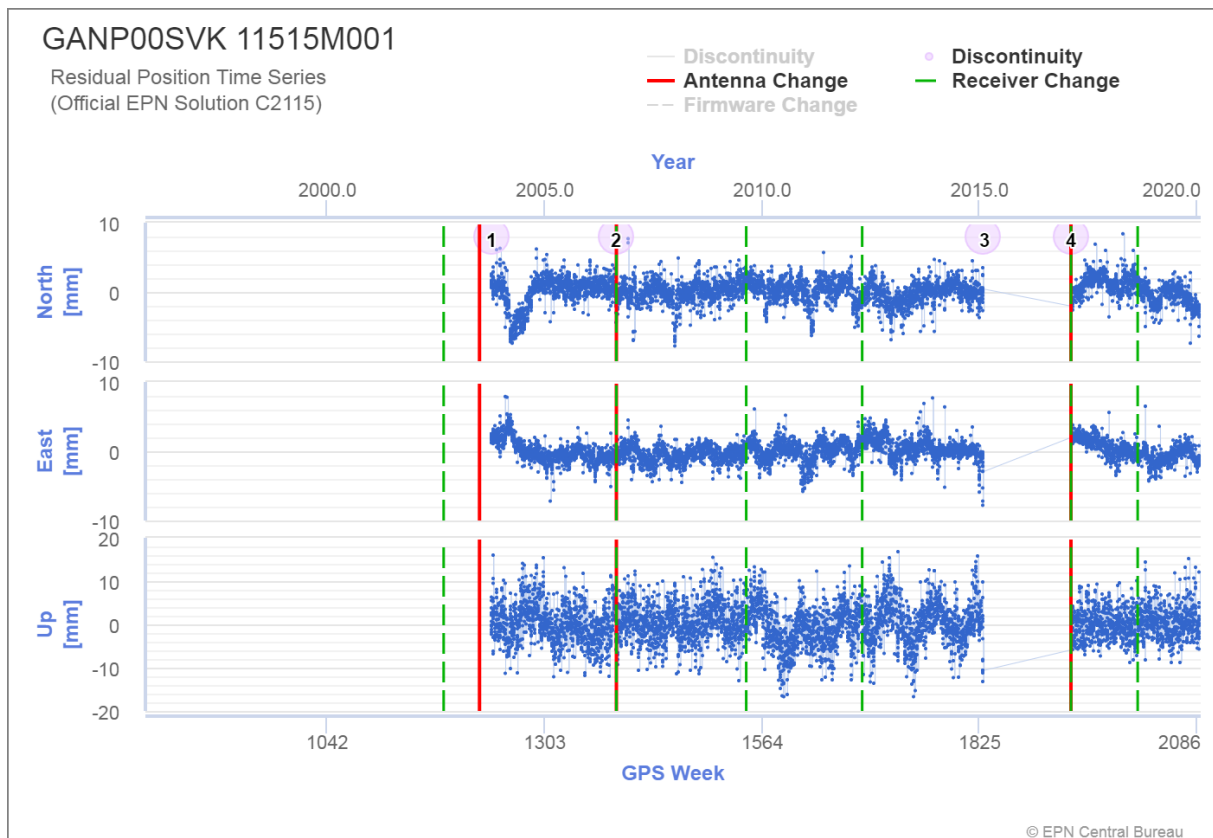


Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2019 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS.

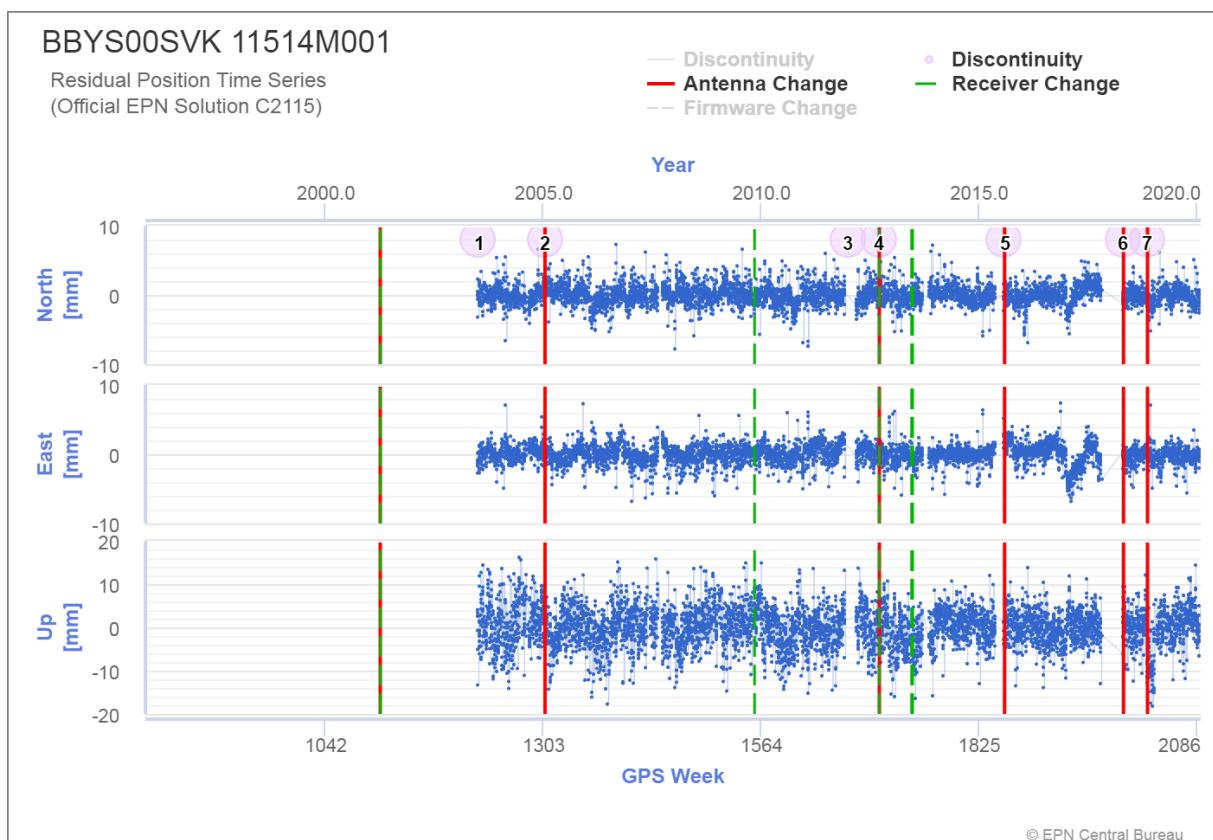


Obr. 7 Znáozornenie pohybu bodu MOPI

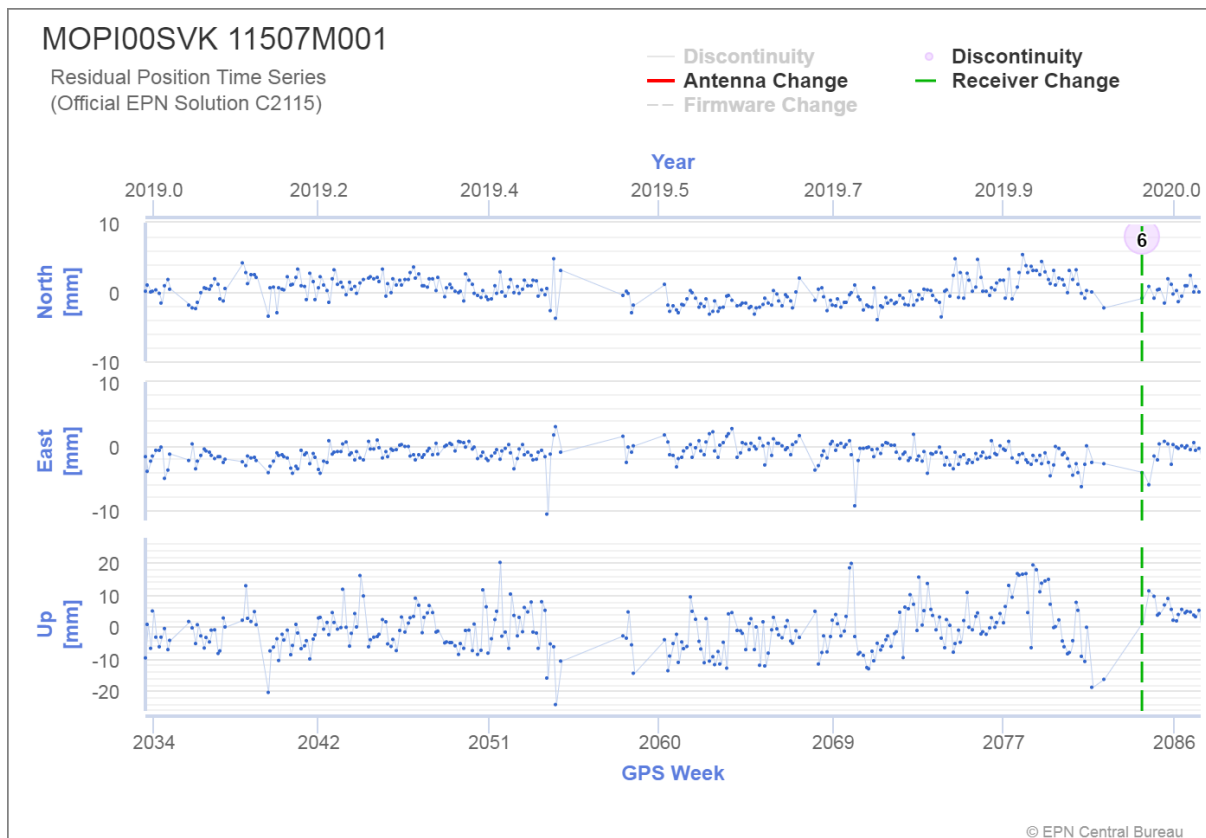




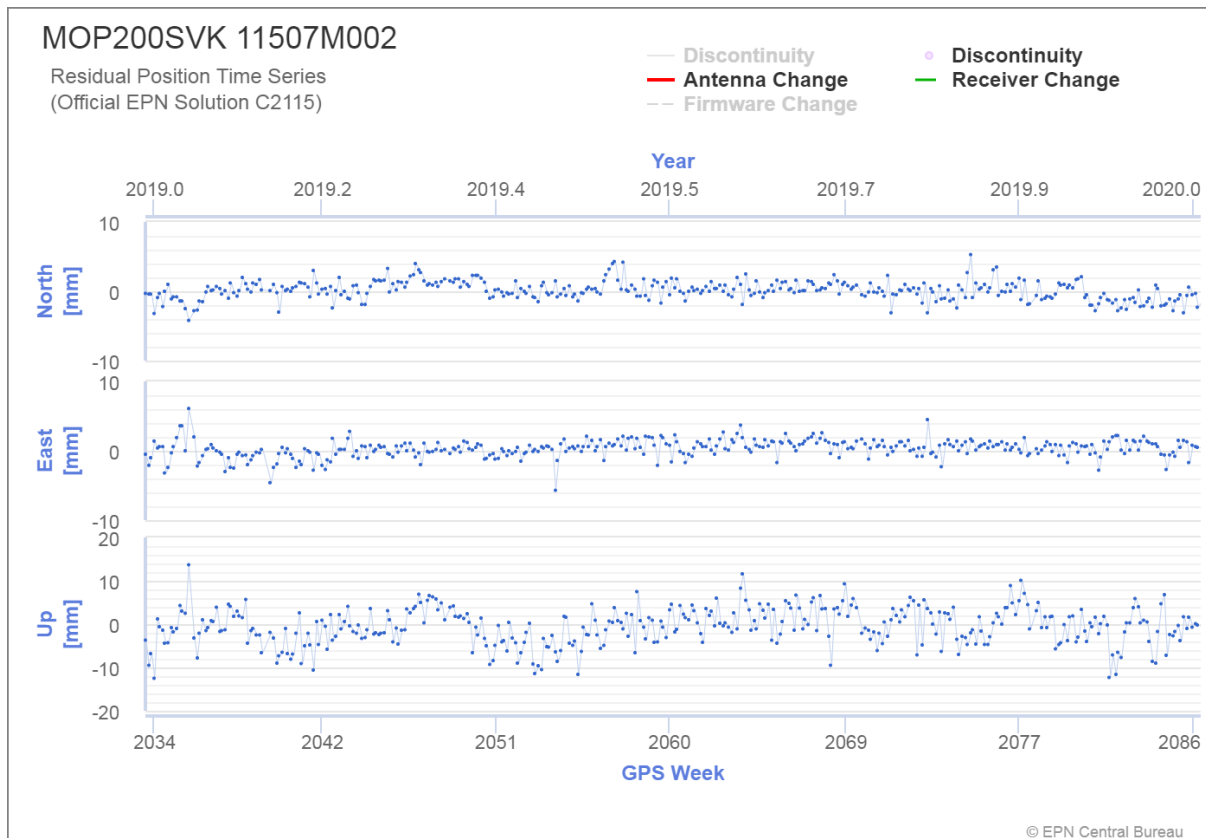
Obr. 9 Znáznornenie pohybu bodu GANP



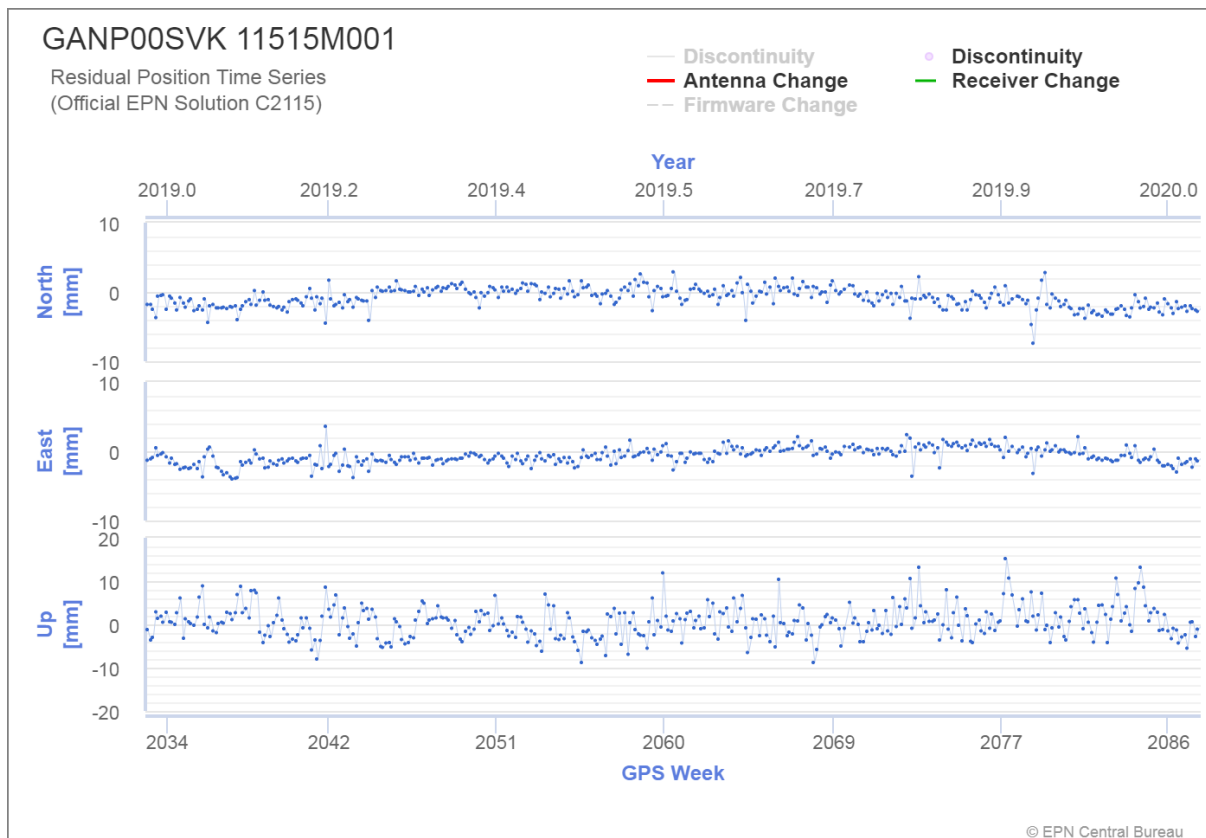
Obr. 10 Znáznornenie pohybu bodu BBYS



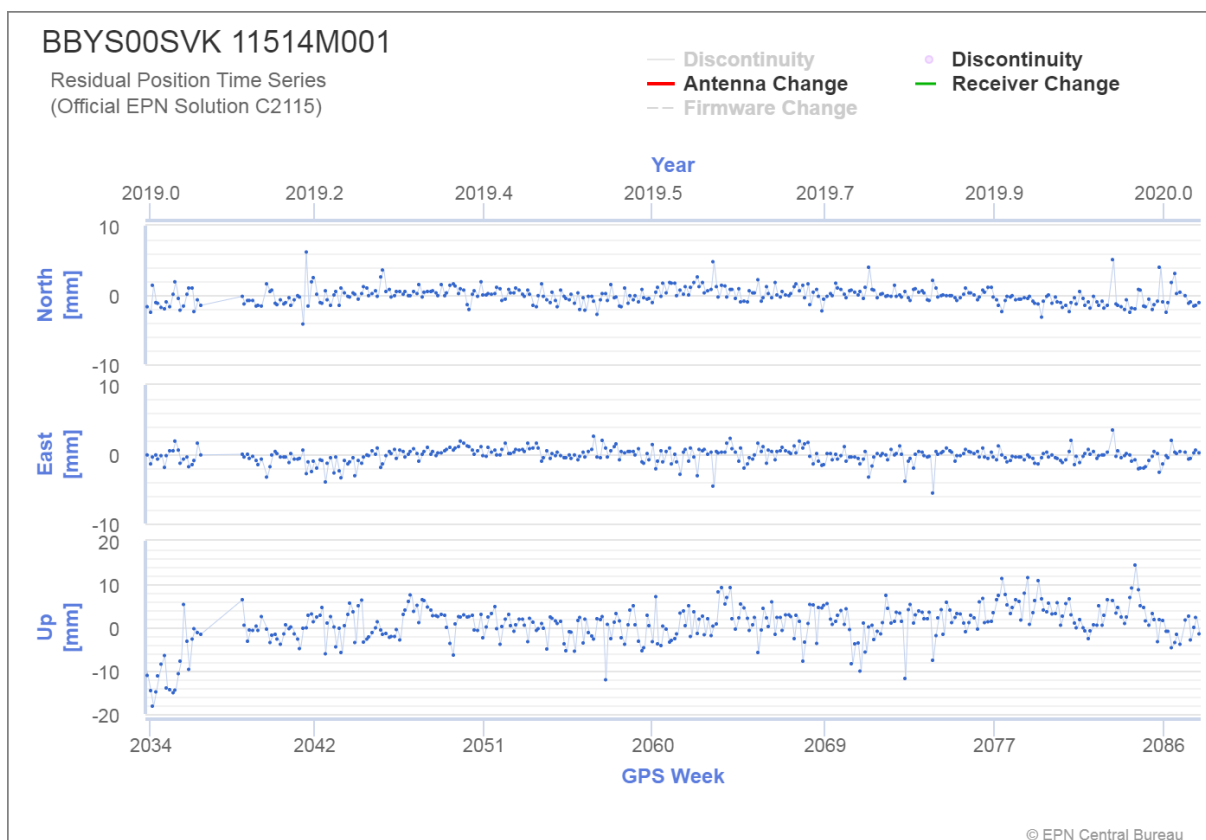
Obr.11 Znáozornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2019



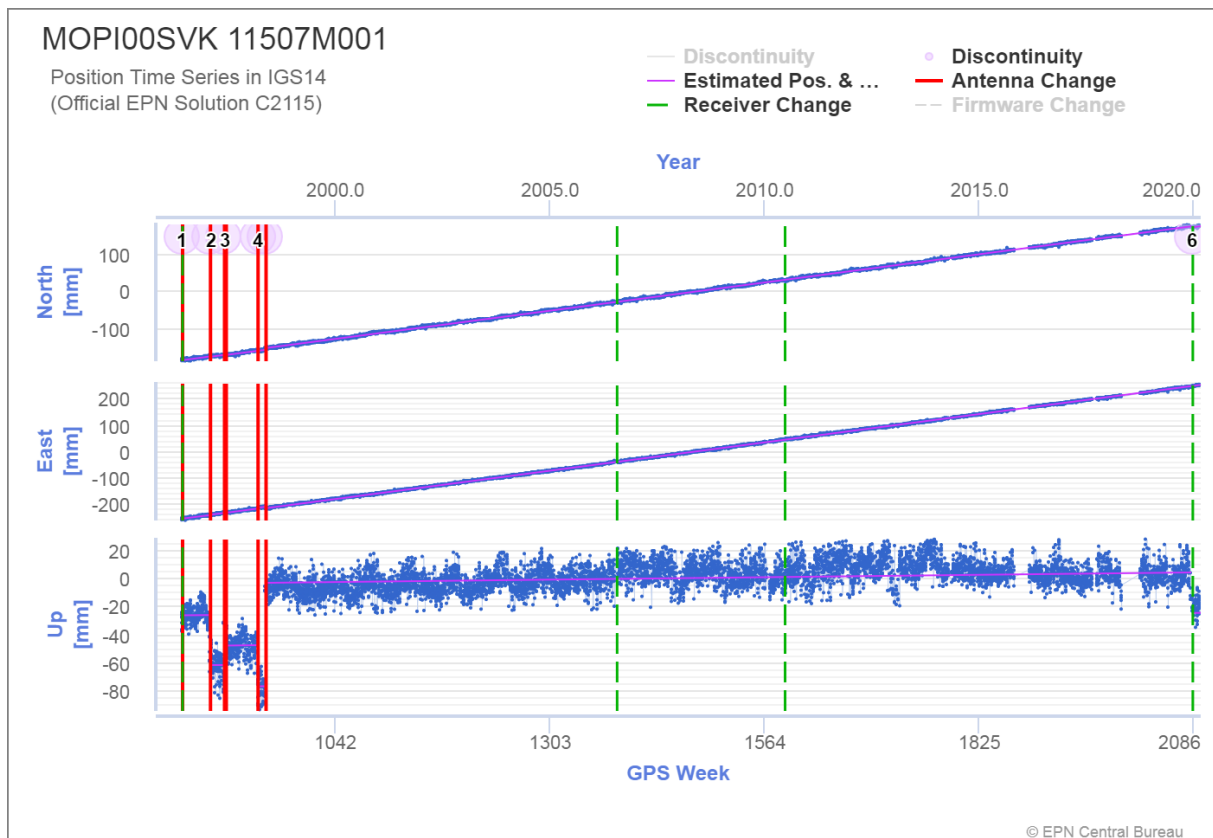
Obr.12 Znáozornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2019



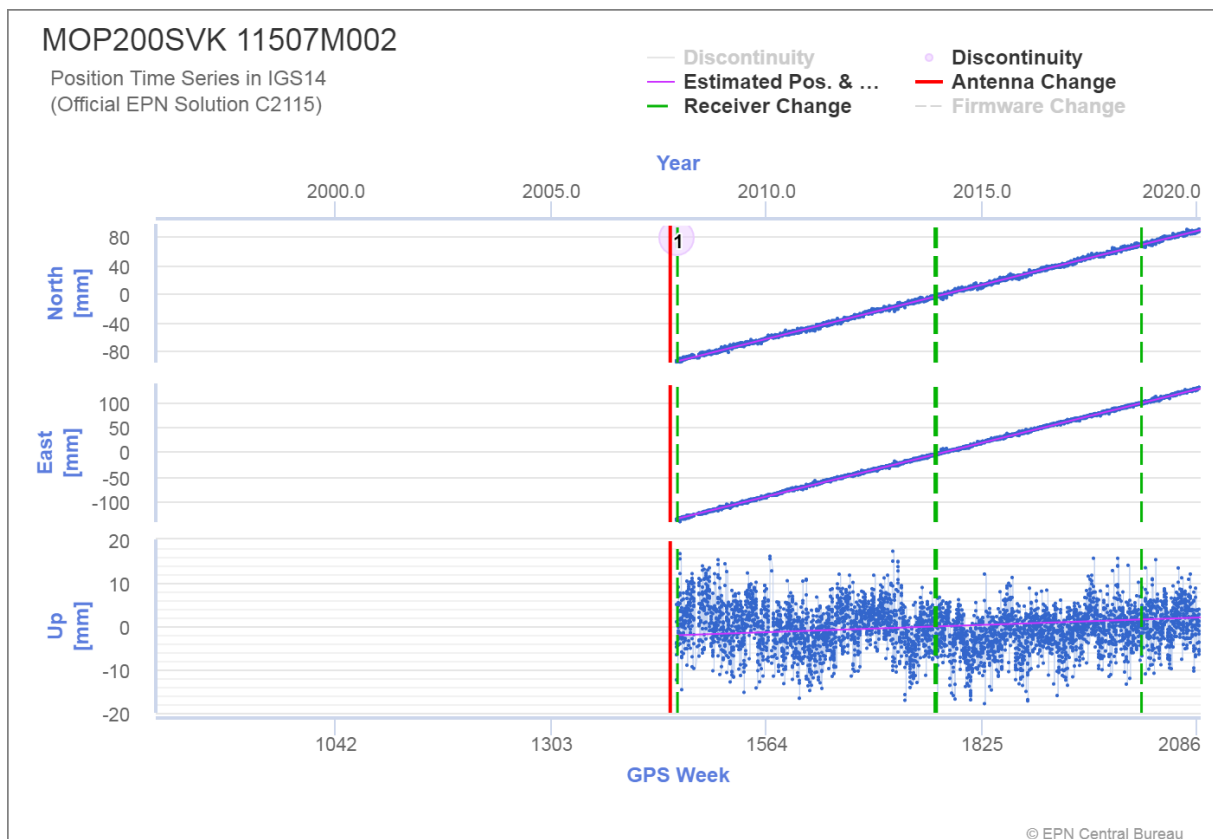
Obr. 13 Znáznornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2019



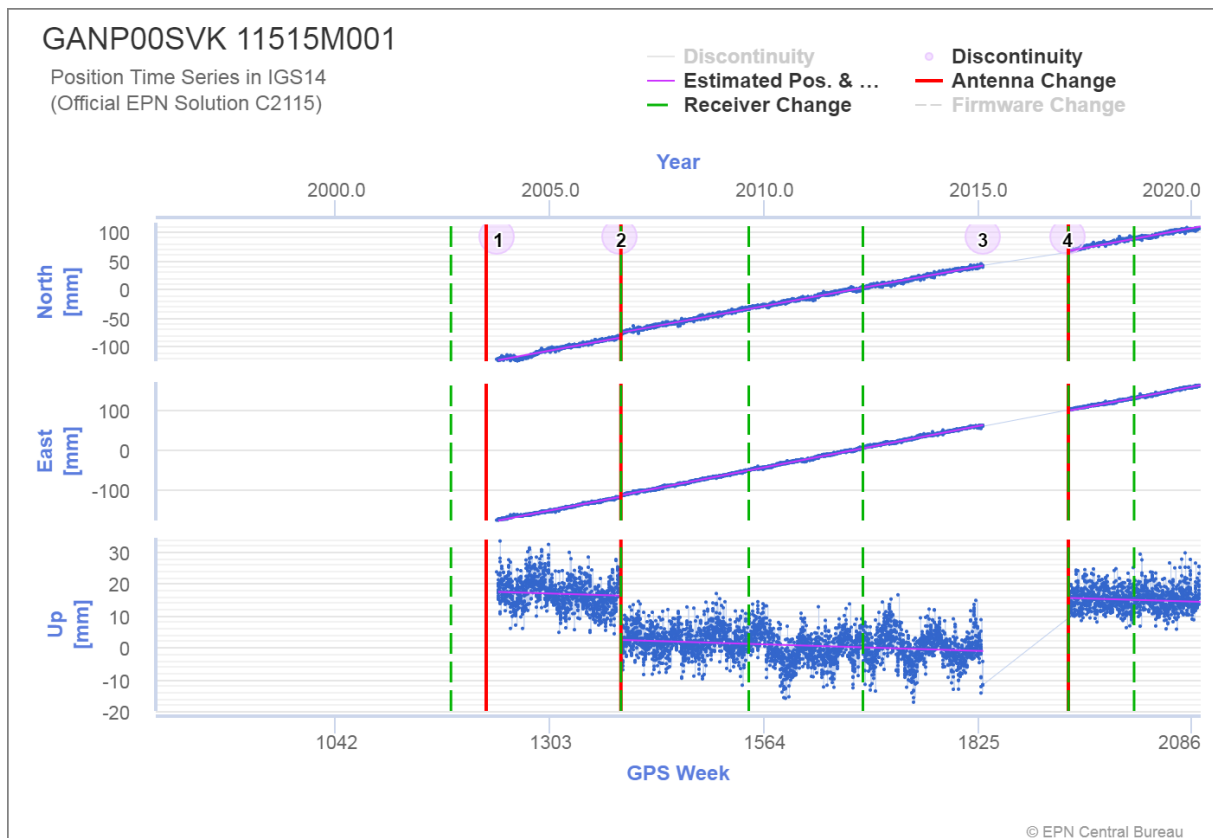
Obr. 14 Znáznornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2018



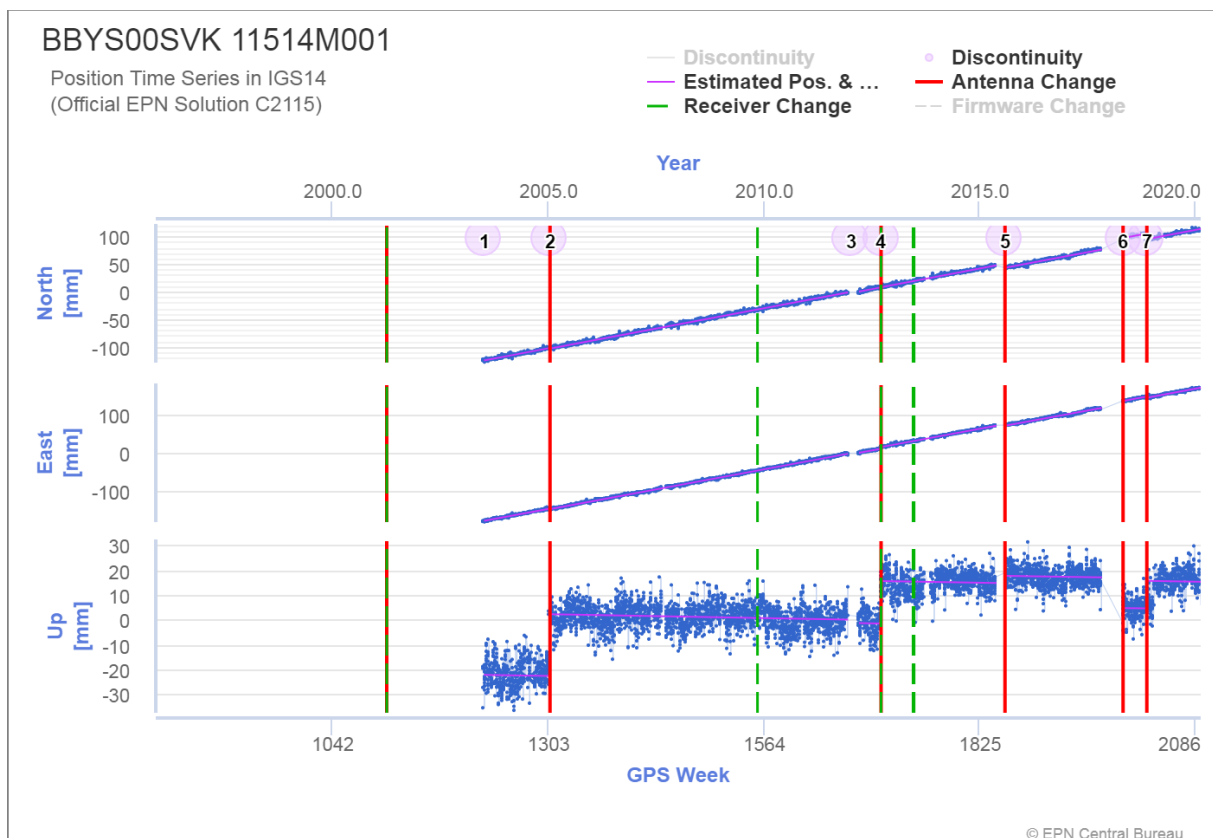
Obr. 15 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



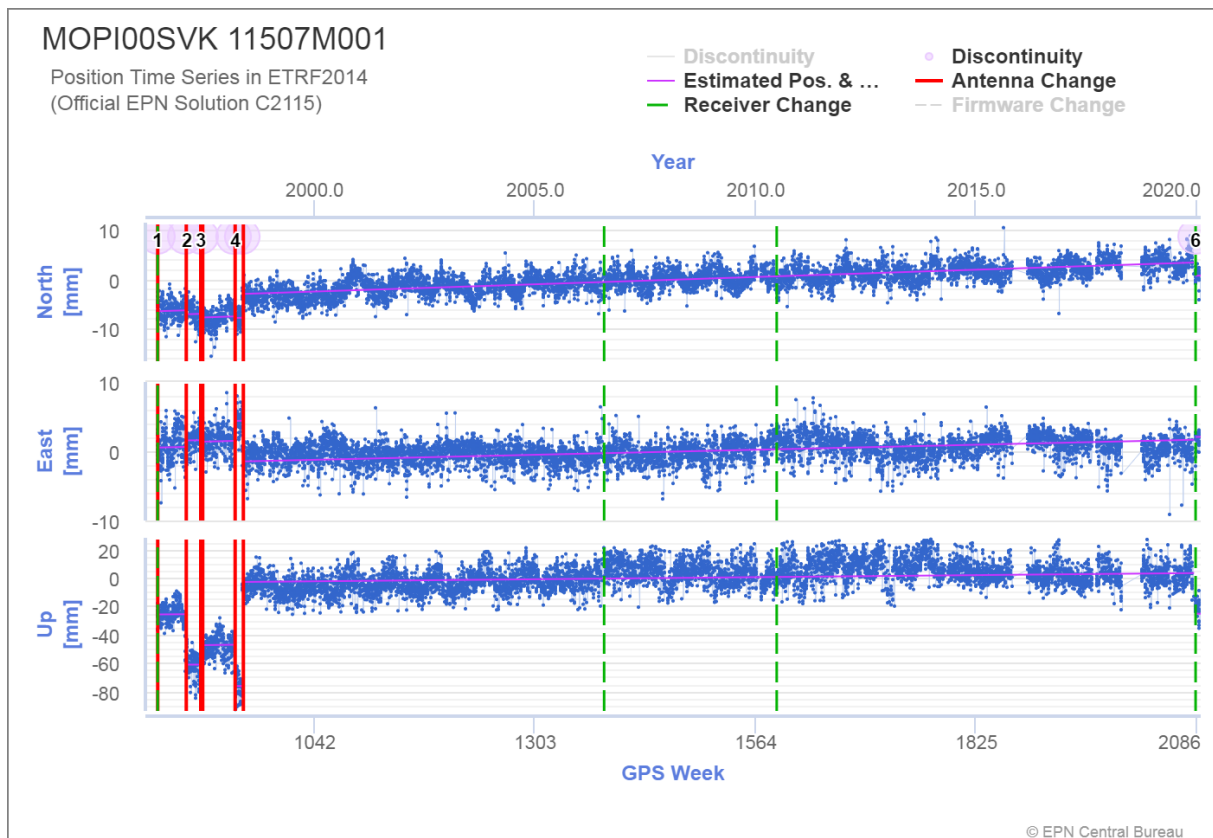
Obr. 16 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



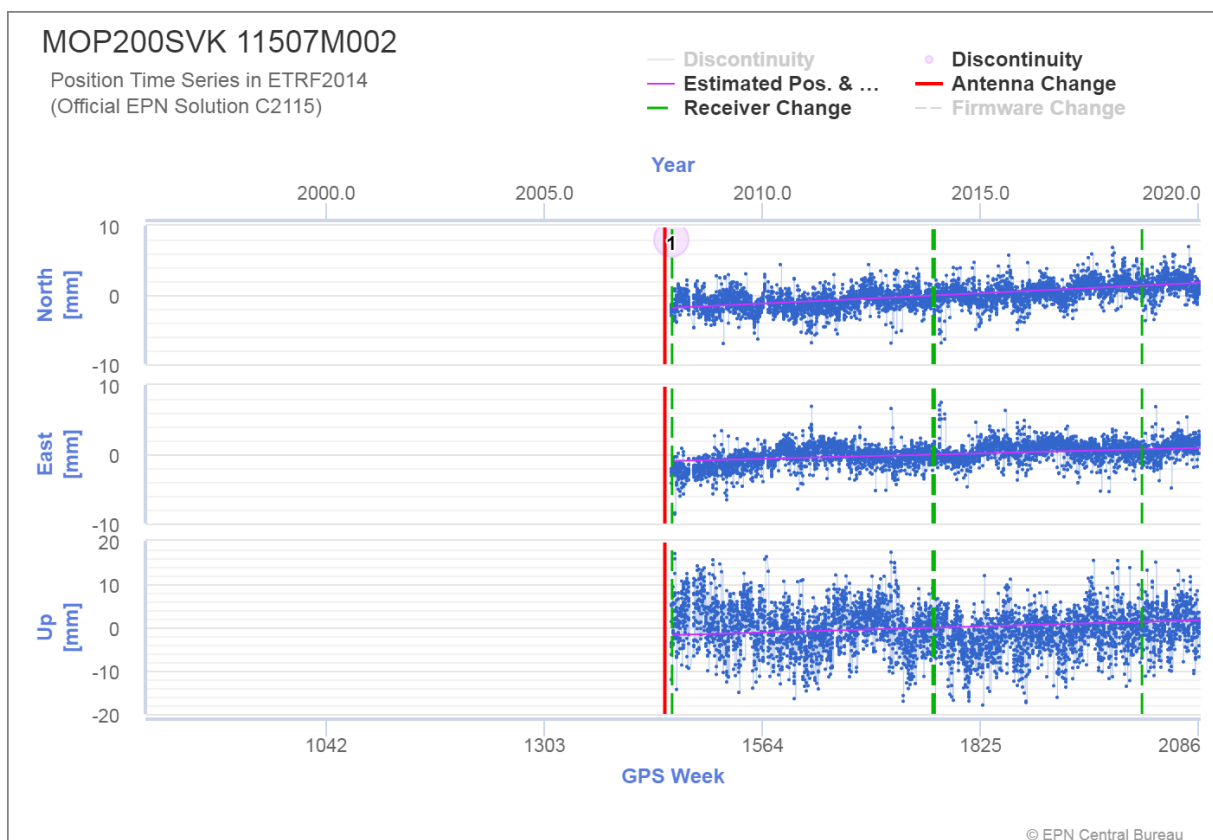
Obr. 17 Znáznorenie pohybu bodu GANP v ITRS



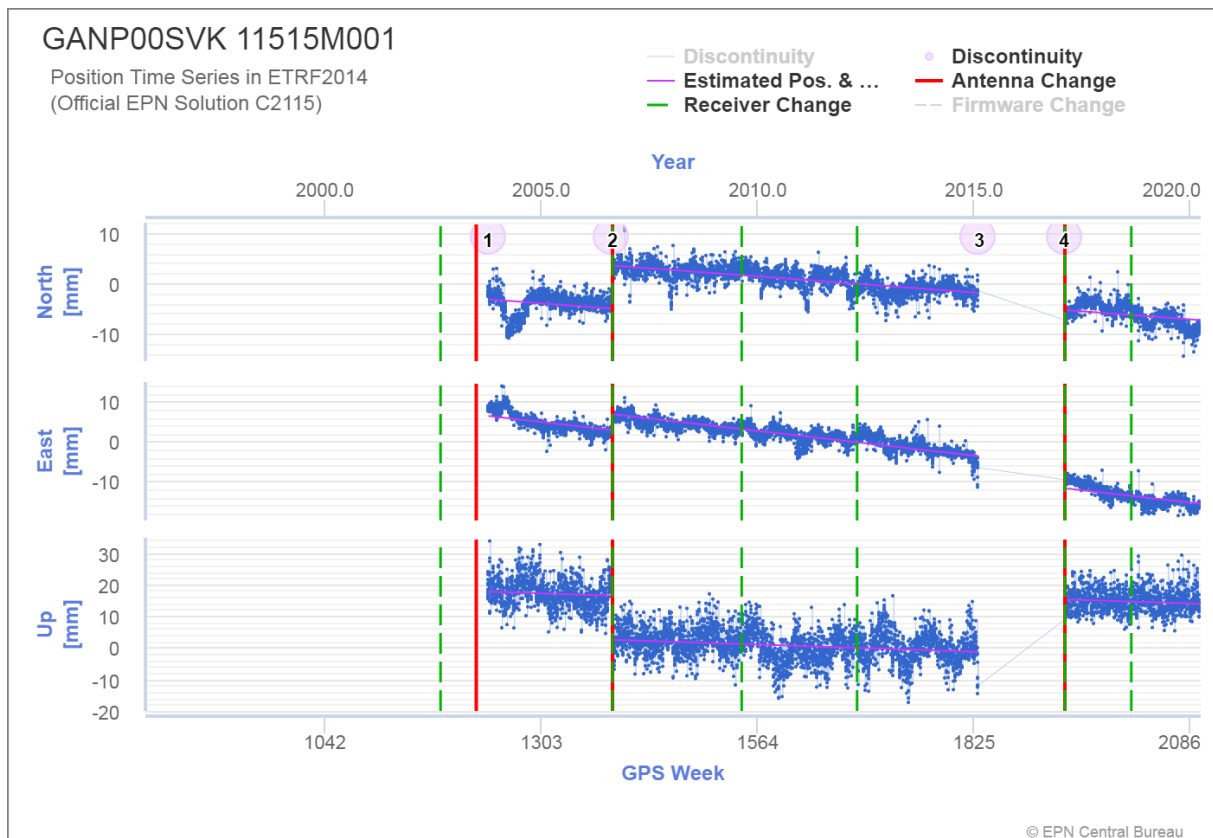
Obr. 18 Znáznorenie pohybu bodu BBYS v ITRS



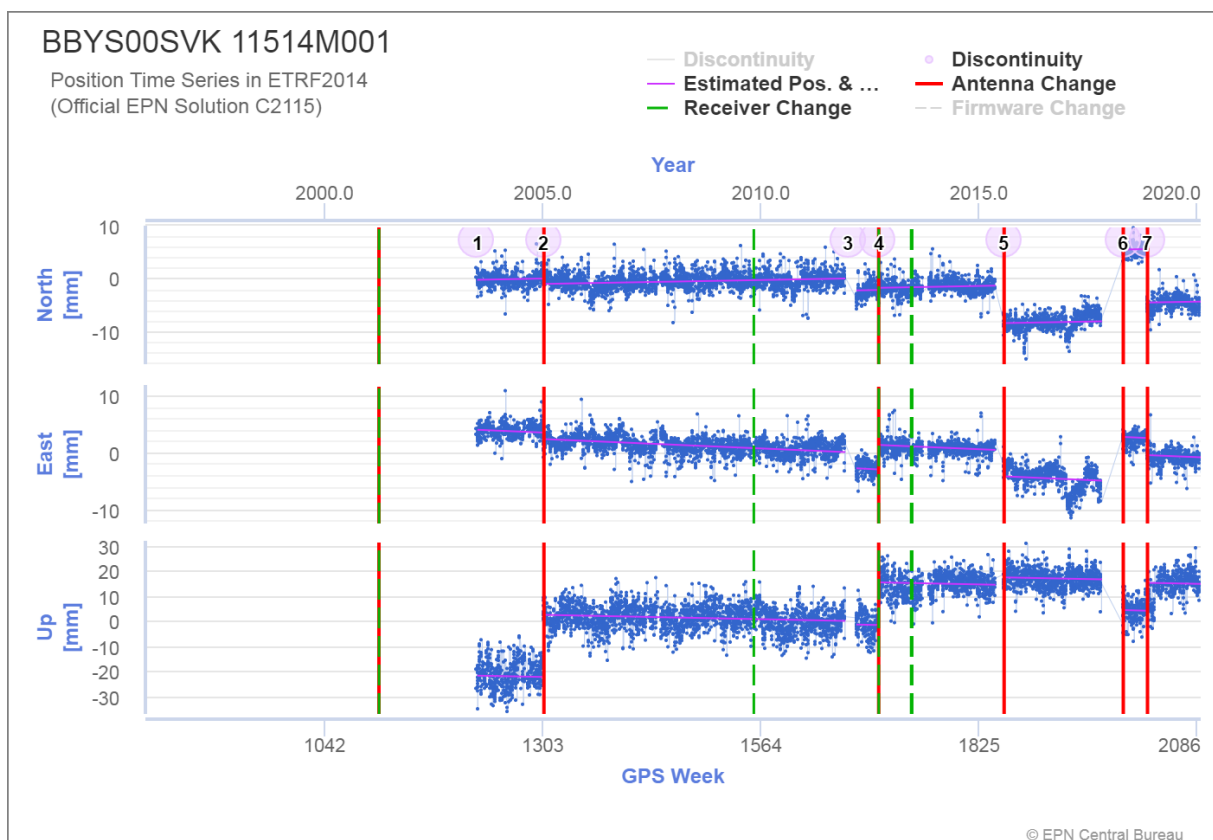
Obr. 19 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89



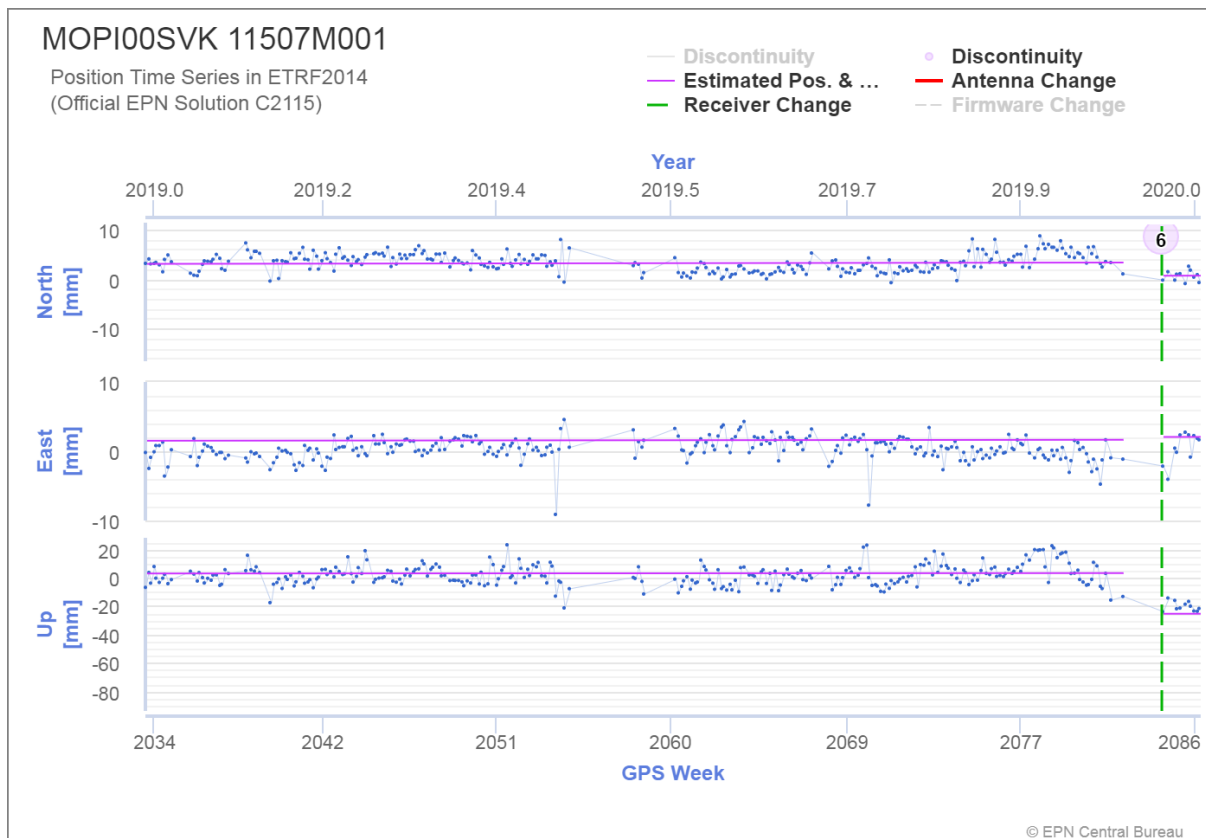
Obr. 20 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89



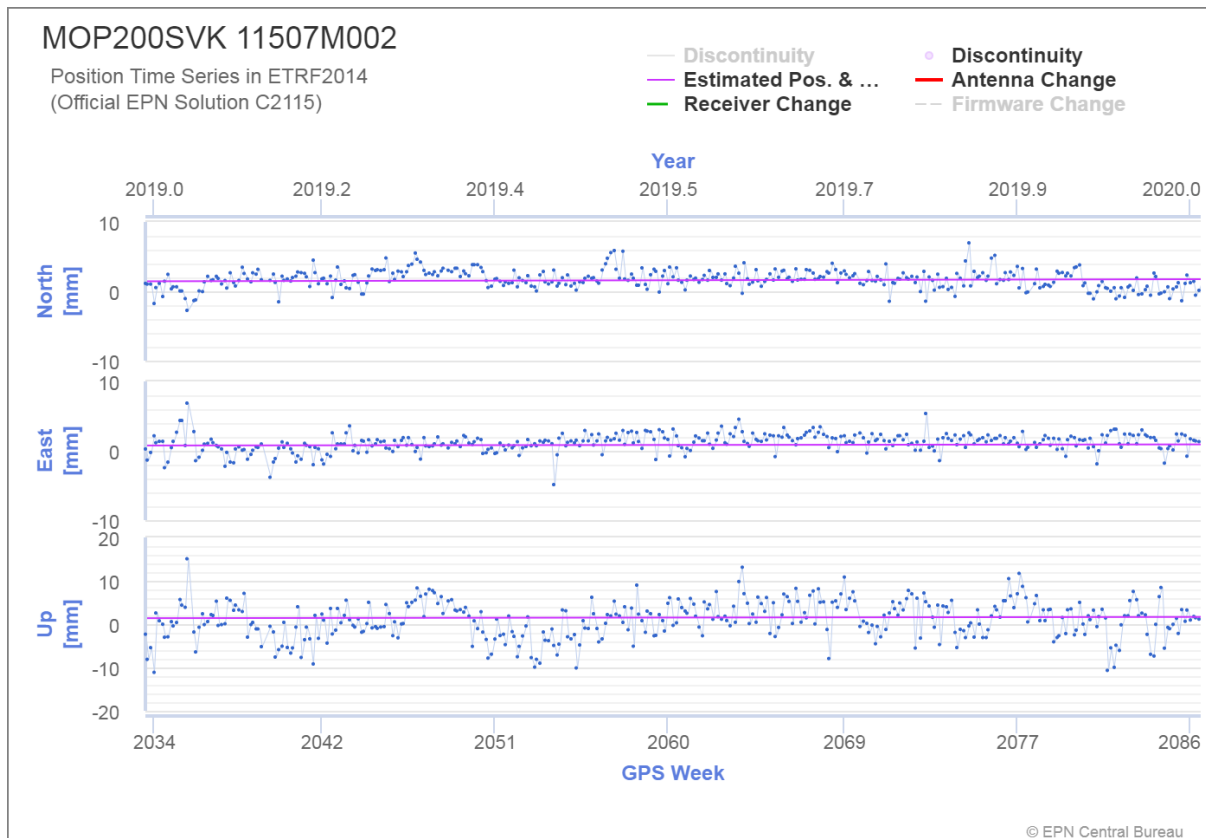
Obr.21 Znáznorenie pohybu bodu GANP v ETRS89



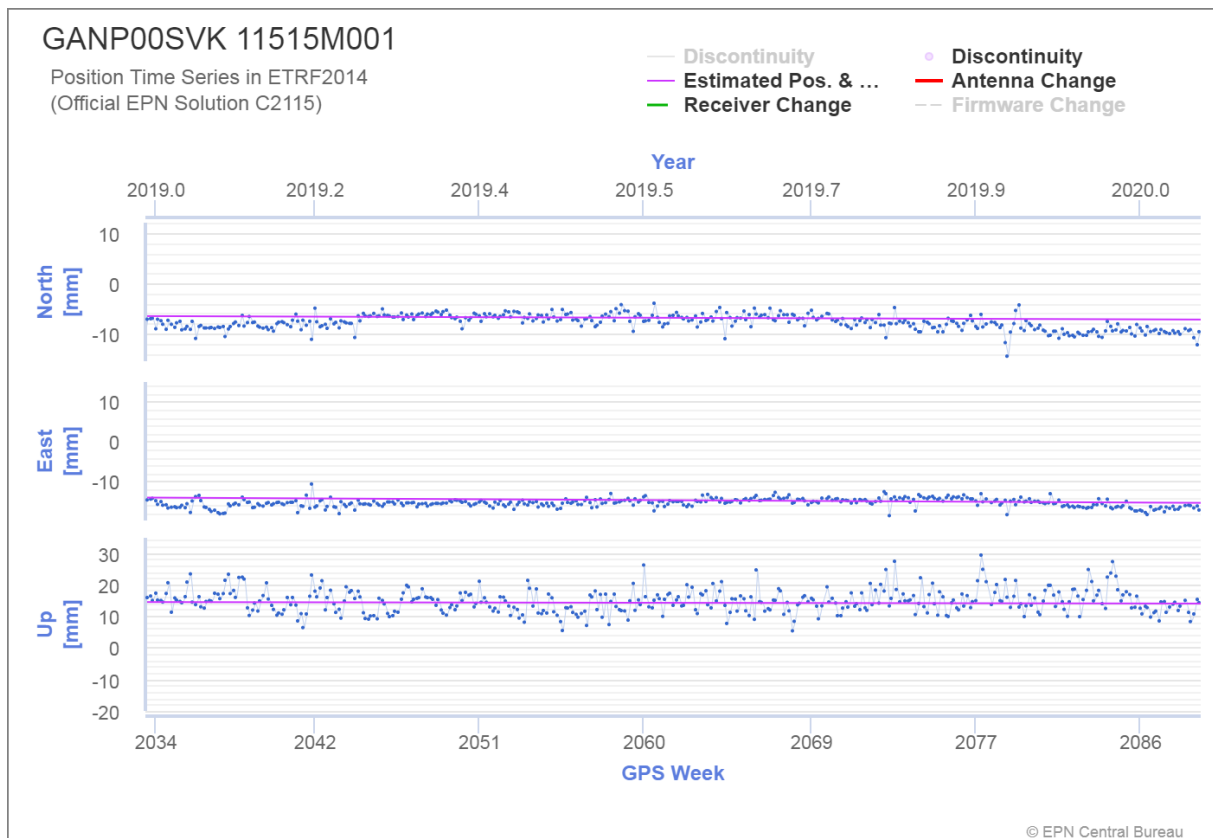
Obr. 22 Znáznorenie pohybu bodu BBYS v ETRS89



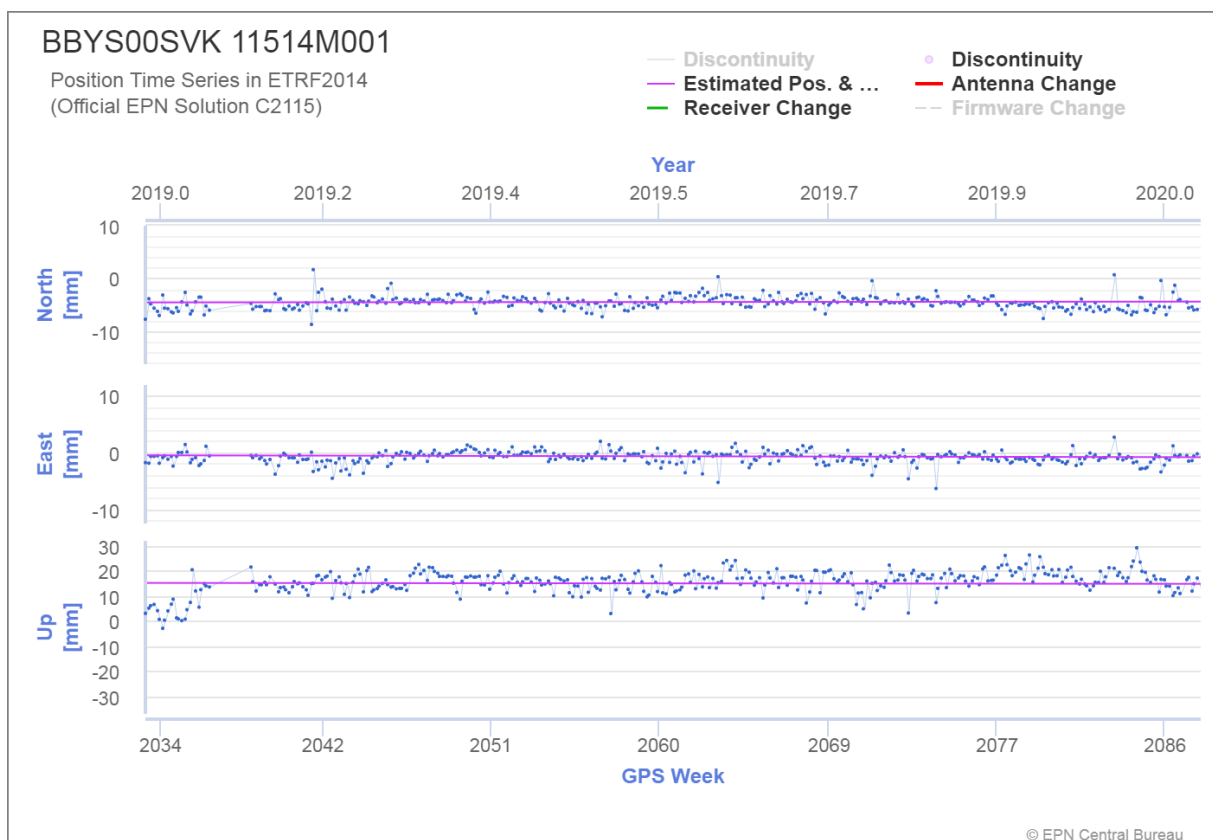
Obr. 23 Znáozornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89, detail pre rok 2019



Obr. 24 Znáozornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89, detail pre rok 2019



Obr. 25 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS89, detail pre rok 2019



Obr. 26 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89, detail pre rok 2019

Grafy znázornenia pohybov bodov (*MOPI, MOP2, GANP, BBYS*) v medzinárodnom terestrickom referenčnom systéme (*ITRS*) majú zhodný severovýchodný trend na našom území podobne ako na väčšine staníc EPN. Za obdobie posledných 10 rokov sme v tomto smere zaznamenali pohyb približne 25 cm. Tento trend majú aj ostatné permanentné stanice SKPOS. Výšková zložka má väčšie variácie v rámci roka ale celkový trend je relatívne vyrovnaný. To je i dôvod na používanie ETRS pri monitoringu v rámci Európy.

Z jednotlivých upravených týždenných riešení sú odhadnuté priestorové súradnice *X, Y, Z* a ich časové zmeny (ročné rýchlosti pohybu) v príslušnom globálnom súradnicovom systéme (systém *ETRS89*, realizácia *ETRF2014* a systém *ITRS*, realizácia *ITRF2014/IGS14*). Tieto údaje sa vzťahujú k dohodnutej strednej epoche spracovávaného obdobia. Spracovanie je vykonané pre dve kategórie bodov „A – spoľahlivý bod“ a „B – bod s výskytom väčšieho šumu“.

Na základe súčasných výsledkov môžeme vidieť, že pozorované body sú stabilné v rámci euroázijskej platne (*tab. 1*) a ich vnútroplatňová rýchlosť nepresahuje 1 mm/rok v rámci Eurázijskej platne.

Tab. 1 Referenčné súradnice a rýchlosti na staniciach EPN z územia Slovenska

MOPI00SVK - 11507M001 - trieda „B“

ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
142/1998 - 341/2019	243/2007	4053738.153 ± 0.001	1260571.330 ± 0.001	4744940.704 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 - 140/1998	076/1999	4053738.108 ± 0.001	1260571.320 ± 0.001	4744940.642 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 - 071/1998	275/1998	4053738.127 ± 0.001	1260571.323 ± 0.001	4744940.664 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 - 152/1997	092/1998	4053738.117 ± 0.001	1260571.320 ± 0.001	4744940.654 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 - 032/1997	269/1997	4053738.140 ± 0.001	1260571.326 ± 0.001	4744940.681 ± 0.001	NA	NA	NA
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
142/1998 -	243/2007	4053737.837 ±	1260571.649 ±	4744940.889 ±	NA	NA	NA

341/2019		0.001	0.001	0.001			
074/1998 - 140/1998	076/1999	4053737.935 ± 0.001	1260571.495 ± 0.001	4744940.743 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 - 071/1998	275/1998	4053737.962 ± 0.001	1260571.490 ± 0.001	4744940.760 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 - 152/1997	092/1998	4053737.961 ± 0.001	1260571.478 ± 0.001	4744940.745 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 - 032/1997	269/1997	4053737.992 ± 0.001	1260571.475 ± 0.001	4744940.767 ± 0.001	NA	NA	NA

MOP200SVK - 11507M002 - trieda „A“

ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			V _X
		X	Y	Z	
340/2007 - 102/2020	001/2010	4053742.916 ± 0.001	1260569.389 ± 0.001	4744939.996 ± 0.001	0.0000 ± 0.0001
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			V _X
		X	Y	Z	
340/2007 - 102/2020	001/2010	4053742.561 ± 0.001	1260569.748 ± 0.001	4744940.204 ± 0.001	-0.0169 ± 0.0001

GANP00SVK - 11515M001 - trieda „A“

ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
055/2017 - 102/2020	001/2010	3929181.81 8 ± 0.001	1455236.46 1 ± 0.001	4793653.757 ± 0.001	0.000 7 ± 0.000 1	- 0.001 0 ± 0.000 1	- 0.000 7 ± 0.000 1
239/2006 - 040/2015	001/2010	3929181.80 4 ± 0.001	1455236.46 2 ± 0.001	4793653.745 ± 0.001	0.000 7 ± 0.000 1	- 0.001 0 ± 0.000 1	- 0.000 7 ± 0.000 1
286/2003 - 231/2006	001/2010	3929181.82 0 ± 0.001	1455236.46 3 ± 0.001	4793653.750 ± 0.001	0.000 7 ± 0.000 1	- 0.001 0 ± 0.000	- 0.000 7 ± 0.000

						1	1
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
055/2017 - 102/2020	001/2010	3929181.445 ± 0.001	1455236.811 ± 0.001	4793653.95 7 ± 0.001	- 0.017 1 ± 0.000 1	0.015 6 ± 0.000 1	0.008 8 ± 0.000 1
239/2006 - 040/2015	001/2010	3929181.431 ± 0.001	1455236.811 ± 0.001	4793653.94 5 ± 0.001	- 0.017 1 ± 0.000 1	0.015 6 ± 0.000 1	0.008 8 ± 0.000 1
286/2003 - 231/2006	001/2010	3929181.446 ± 0.001	1455236.813 ± 0.001	4793653.95 0 ± 0.001	- 0.017 1 ± 0.000 1	0.015 6 ± 0.000 1	0.008 8 ± 0.000 1

BBYS00SVK - 11514M001 - trieda „A“

ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
317/2018 - 362/2019	001/2010	3980359.095 ± 0.001	1382291.824 ± 0.001	4772771.804 ± 0.001	- 0.0001 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
115/2018 - 315/2018	001/2010	3980359.079 ± 0.001	1382291.822 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	- 0.0001 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
214/2015 - 300/2017	001/2010	3980359.099 ± 0.001	1382291.821 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	- 0.0001 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
260/2012 - 139/2015	001/2010	3980359.091 ± 0.001	1382291.823 ± 0.001	4772771.805 ± 0.001	- 0.0001 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
072/2012 - 252/2012	001/2010	3980359.082 ± 0.001	1382291.815 ± 0.001	4772771.792 ± 0.001	- 0.0001	-0.0004 ±	-0.0001 ±

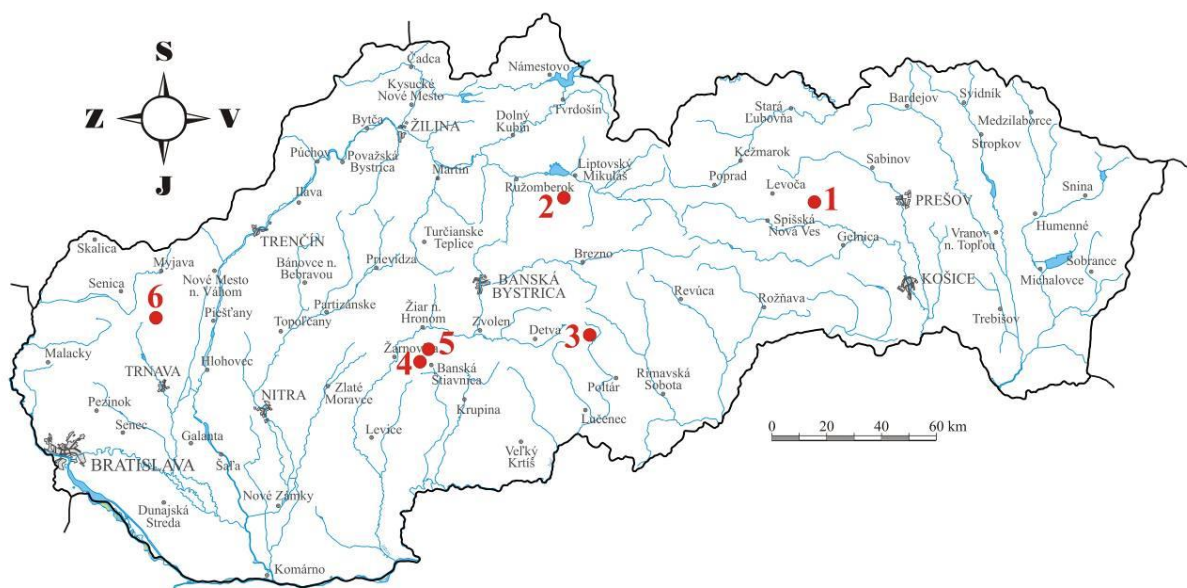
					± 0.0001	0.0001	0.0001
012/2005 - 343/2011	001/2010	3980359.080 ± 0.001	1382291.817 ± 0.001	4772771.795 ± 0.001	- 0.0001 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
185/2003 - 010/2005	001/2010	3980359.064 ± 0.001	1382291.813 ± 0.001	4772771.777 ± 0.001	- 0.0001 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
317/2018 - 362/2019	001/2010	3980358.728 ± 0.001	1382292.178 ± 0.001	4772772.007 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001
115/2018 - 315/2018	001/2010	3980358.713 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001
214/2015 - 300/2017	001/2010	3980358.733 ± 0.001	1382292.174 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001
260/2012 - 139/2015	001/2010	3980358.724 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.008 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001
072/2012 - 252/2012	001/2010	3980358.715 ± 0.001	1382292.168 ± 0.001	4772771.995 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001
012/2005 - 343/2011	001/2010	3980358.714 ± 0.001	1382292.171 ± 0.001	4772771.998 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001
185/2003 - 010/2005	001/2010	3980358.697 ± 0.001	1382292.166 ± 0.001	4772771.980 ± 0.001	- 0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0096 ± 0.0001

3. Pohyby pozdĺž zlomov

Mechanicko-optický dilatometer *TM-71* (Kostak, 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 35-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 & Štemberk, 2008; Briestenský et al., 2007, 2010, 2011, 2014, 2018), Poľsku (napr. Kontny et al., 2005), Taliansku (Borre et al., 2003), Peru (Košťák et al., 2002), Grécku (napr. Drakatos et al., 2005; Štemberk & Košťák, 2007), Slovinsku (napr. Šebela et al., 2005; Gosar et al., 2009), Nemecku, Kirgizsku a na Špicbergoch (Štemberk et al., 2015).

3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pohyby pozdĺž zlomov boli v roku 2019 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených v nasledovných lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipel', Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda (*obr. 27*).



Obr. 27 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2019 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami TM-71. 1 – Branisko, 2 – Demänovská jaskyňa Slobody, 3 – Ipeľ, 4 – Banská Hodruša-Hámre, 5 – Vyhne, 6 – Dobrá Voda.

Branisko

Lokalitu reprezentuje úniková štôlna 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. 28).

Obr. 28 Inštalácia dilatometra TM-71 v únikovej štôlni tunela Branisko

Demänovská jaskyňa Slobody

Jaskyňa je súčasťou vyše 41 km dlhého (Bella, 2016), 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 – tatrikom, fatrikom a hronikom (Biely et al., 1992). Tatrikom ako subautochtónna jednotka zahŕňa kryštalickej základne a obalové mezozoické jednotky. Ďalšie dve príkrovové štruktúry sú v príkrovovej pozícii a sú tvorené väčšinou vápencami a dolomitmi. Paleogénne sedimenty v širšom okolí jaskyne sú súčasťou post-tektonickej výplne Liptovskej kotliny. Jaskyňa vznikla v stredotriasových 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. 29), ktorá má približne smer SZ-JV.

Na zbere údajov sa podieľali aj pracovníci Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši.



Obr. 29 Inštalácia dilatometra *TM-71* v Čarovnej chodbe (Demänovská jaskyňa Slobody)

Ipeľ

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipeľa nad obcou Ipeľský Potok, ktorá geomorfologicky patrí do Stolických vrchov. Dolinou rieky prechádza jeden z najvýznamnejších zlomových systémov Západných Karpát – muránsko-maľcovský 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 kryštalickeho 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. 30).

Banská Hodruša (Hámre)

Lokalita sa nachádza v Štiavnických vrchoch, asi 9 km na Z od Banskej Štiavnice. Na inštaláciu dilatometra *TM-71* (obr. 31) bolo vybrané miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štôlni Všechnsvätých (stará). Štôlna je vyrazená v kremenno-dioritových porfýroch reprezentujúcich strednú stratovulkanickú štruktúru (Konečný et al., 1998). Orientácia zlomov a horninových dajok v banskoštiavnickom stratovulkáne odráža zmeny v smeroch paleonapätí počas neogénu (Nemčok et al., 2000). Väčšina zlomov má orientáciu SSV-JJZ.



Obr. 30 Inštalácia dilatometra TM-71 v prieskumnej štôlni Izabela na lokalite Ipeľ



Obr. 31 Inštalácia dilatometra TM-71 v štôlni Všetech-svätých (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. 32*). Štôlna bola vyrazená v tektonicky porušených porfyrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula).



Obr. 32 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne

Výhodou tejto lokality okrem vhodných mikroklimatických podmienok (stabilná teplota a vlhkosť) je prítomnosť seizmometra (GÚ SAV / od 1. 7. 2015 Geofyzikálny odbor ÚVZ SAV), čo umožňuje koreláciu výsledkov monitoringu so seizmickými

udalosťami v regióne a jeho širšom okolí. Zber údajov bol realizovaný v spolupráci s Geofyzikálnym odborom ÚVZ SAV.



Dobrá Voda

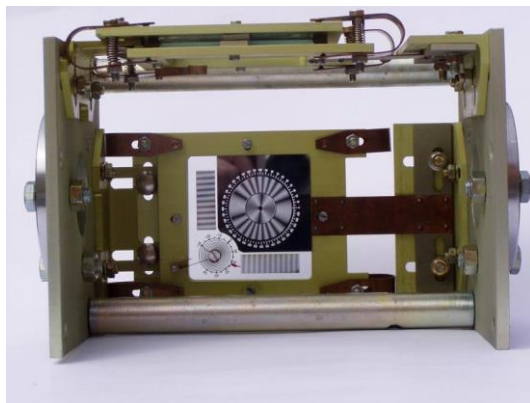
Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát južne od Brezovej pod Bradlom. Morfologicky ide

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 máji roku 2004 bol Ústavom štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR, v. v. i. Praha (ÚSMH AV ČR) na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 33).

Obr. 33 Inštalácia dilatometra TM-71 na tektonickej poruche v 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 2019 používali mechanicko-optické dilatometry typu *TM-71* (obr. 34). Prístroj je možné merať veľmi pomalé posuny, t. j. $\leq 0,01$ mm a rotácie 0,01 gr. Merania sa rea-



lizujú v dvoch na seba kolmých rovinách, takže výpočtami možno zistiť priestorový pohyb (3D) oboch monitorovaných blokov. Na spracovanie nameraných údajov sa používa špeciálna aplikácia MSDilat V2.1 (Stercz, 2019) programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.

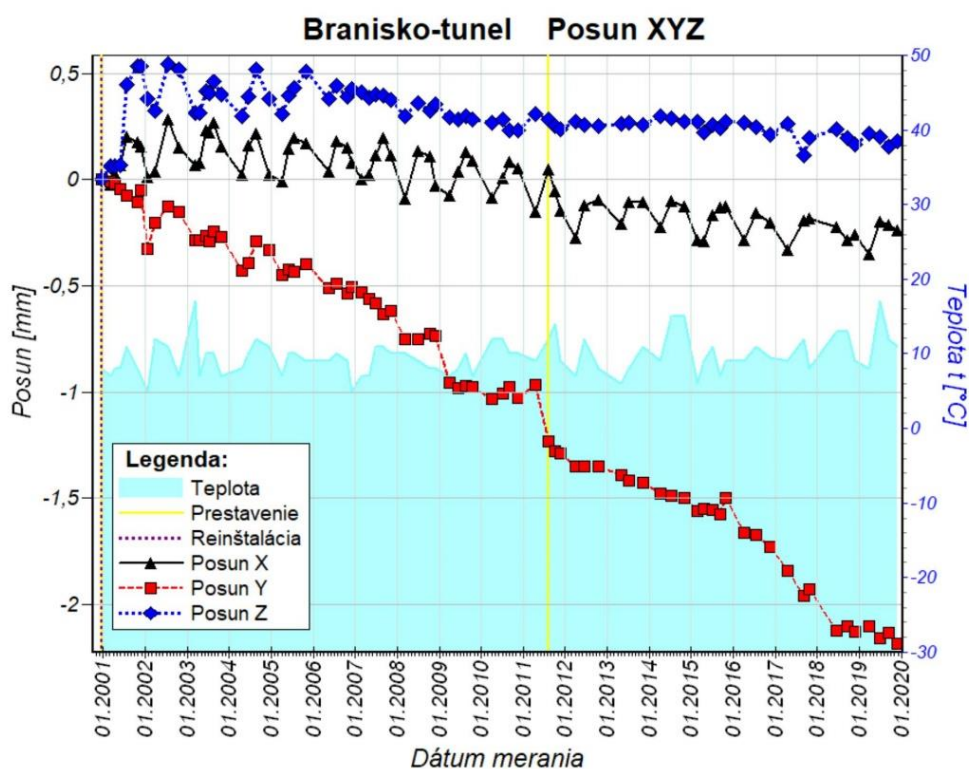
Obr. 34 Mechanicko-optický dilatometer typu TM-71

Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2019 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 4x – Branisko, Banská Hodruša-Hámre, Ipeľ a Demänovská jaskyňa Slobody, 5x – Vyhne a 9x – Dobrá Voda. Odčítanie údajov na lokalite Dobrá Voda bolo aj v roku 2019 zabezpečované českými kolegami z ÚSMH AV ČR. Treba uviesť, že 4 merania ročne sa pre daný typ prístroja považujú za minimálne kvôli dostatočne presnej interpretácii výsledkov vzhľadom na sezónnu dilatáciu masívu a koreláciu výsledkov so seizmickými udalosťami. Z tohto dôvodu je potrebné plánovať v budúcnosti na všetkých lokalitách najmenej 4 merania ročne.

3.3 Výsledky monitorovania

Branisko

Výsledky meraní potvrdili aj v roku 2019 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 v novembri hodnotu 2,184 mm (obr. 35). V roku 2018 narástol posun o 0,199 mm, v roku 2019 o 0,057 mm. Pohyb je progresívny a jeho priemerná rýchlosť je $0,115 \text{ mm.rok}^{-1}$. 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 roku 2018 tento pohyb stagnoval na úrovni 0,22 – 0,24 mm. Celkové otvorenie trhliny dosahuje hodnotu 0,440 mm.



Obr. 35 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi X , Y , Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2019.

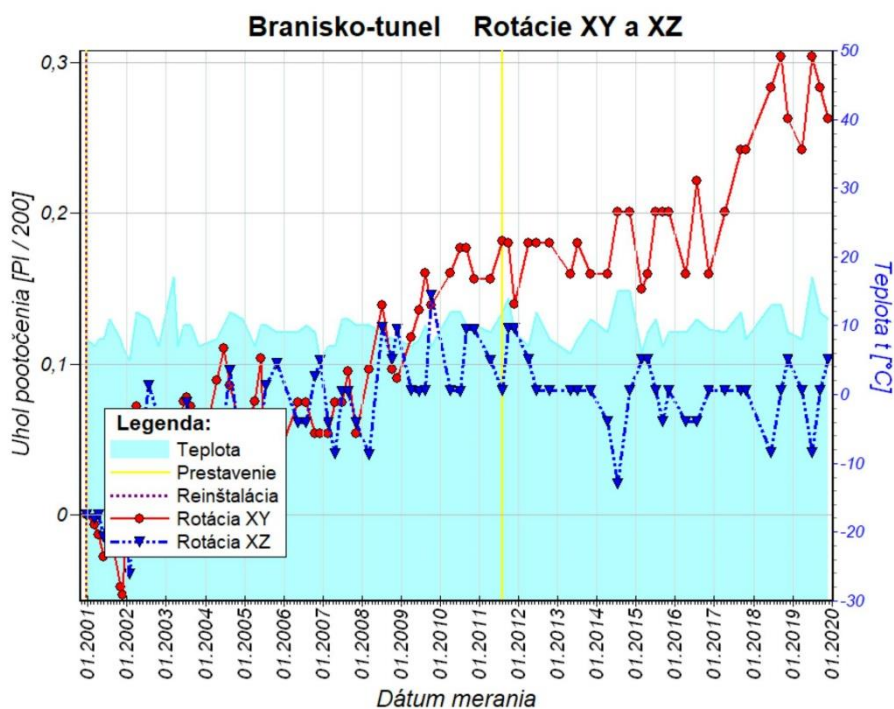
Trend dlhodobého poklesu (os Z) východného bloku (hanging wall) je veľmi pomalý, ale je zreteľný. Priemerná rýchlosť poklesávania je $0,014 \text{ mm.rok}^{-1}$. Za posledné dva roky došlo k poklesu iba o 0,016 mm. Celkový pokles za 19 rokov meraní dosiahol 0,268 mm. Kým trend rotačného pohybu v rovine XY je zrejмый, v rovine XZ pohyb od roku 2007 stagnuje

(obr. 36). V oboch prípadoch ide o zanedbateľné hodnoty (do 0,31 gr). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na SZ.

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.

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. 37). 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 2015 sa opäť zmenil trend pohybu oproti



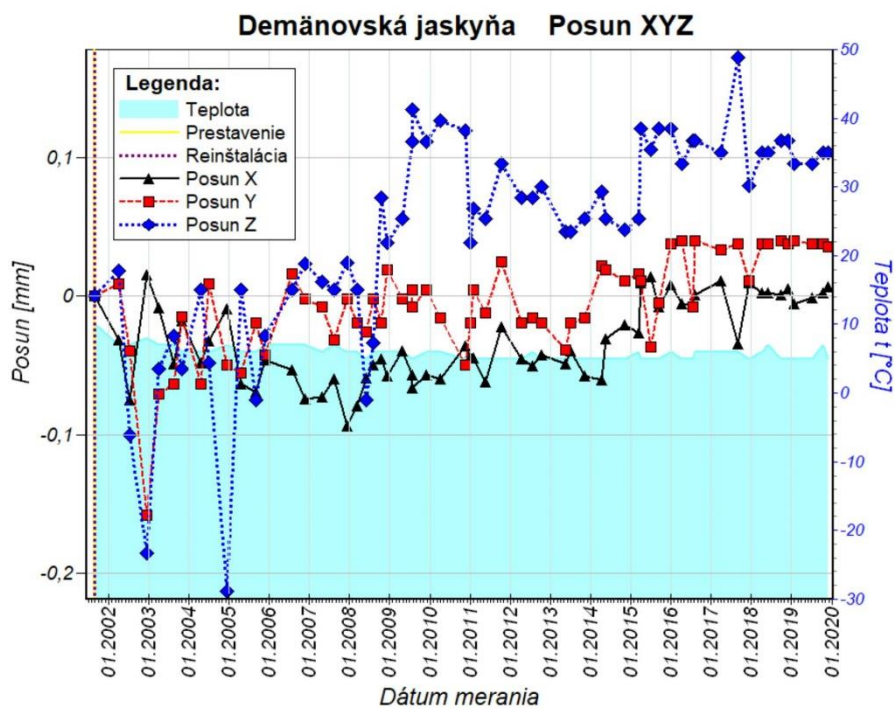
Obr. 36 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2019.

obdobiu 2010 – 2014. Pokles od roku 2016 stagnuje na úrovni cca 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011). Otváranie trhliny (posun v smere osi X) aj šmykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os Y) od roku 2016 tiež stagnujú, pričom celkové pohyby nepresiahli 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska je však trend nárastu pohybu pozdĺž oboch osí napriek malým hodnotám zrejماً. Šmykový pohyb sa inter-

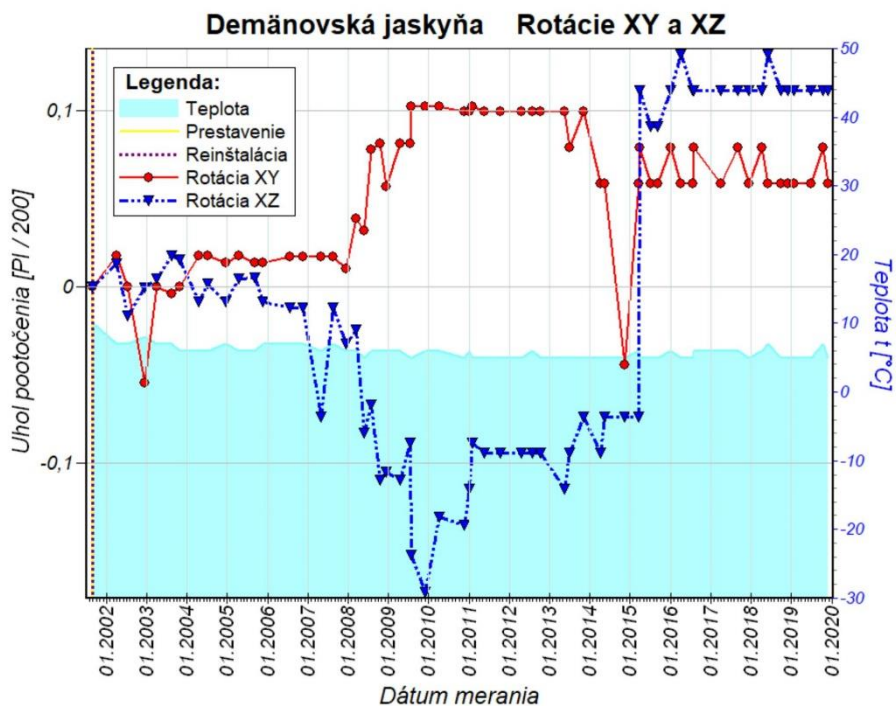
pretuje ako pravostranný. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (obr. 38). V priestore indikujú rotácie pravotočivý pohyb východného bloku.

Ipeľ

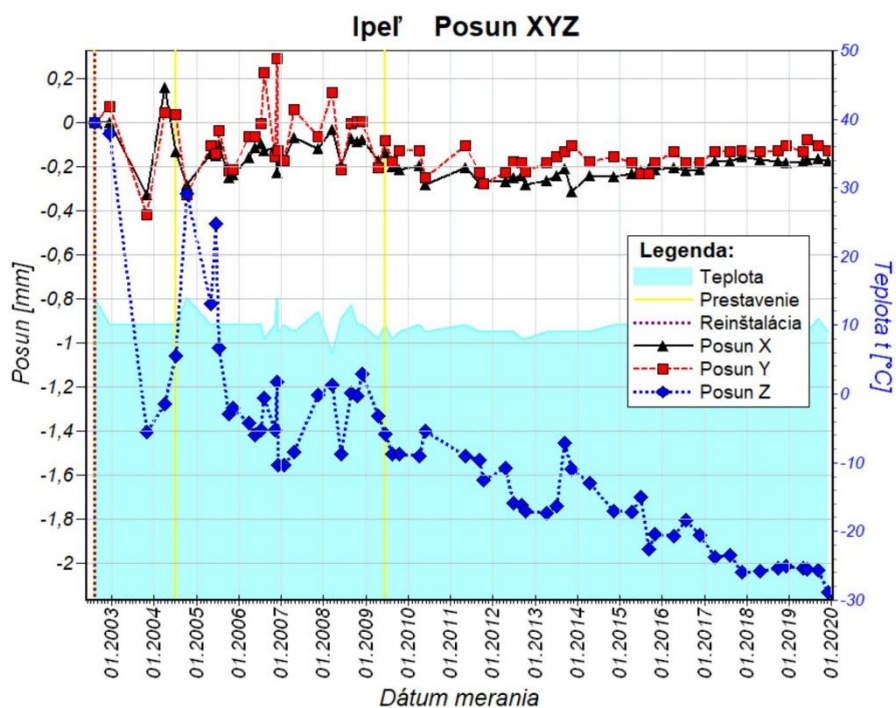
Trend dlhodobého pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný, hoci v roku 2018 a prvej polovici roku 2019 stagnoval na úrovni cca 2 mm (obr. 39). V druhej polovici 2019 sa pokles zvýšilo na hodnotu 2,133 mm. V rokoch 2018 a 2019 stagnoval aj šmykový pohyb pozdĺž zlomu (os Y) a otváranie trhliny (os X), pričom celkové doterajšie pohyby dosiahli 0,130 a 0,177 mm. Rotácie blokov v rovinách XY a XZ sú zanedbateľné (obr. 40).



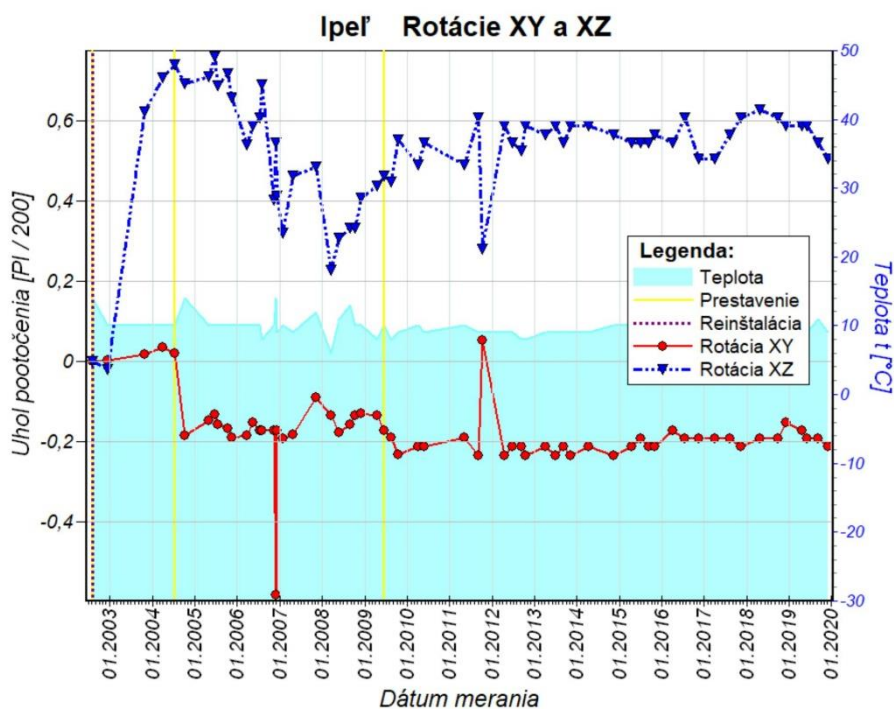
Obr. 37 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi X , Y a Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2019.



Obr. 38 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2019.



Obr. 39 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štolni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2019.



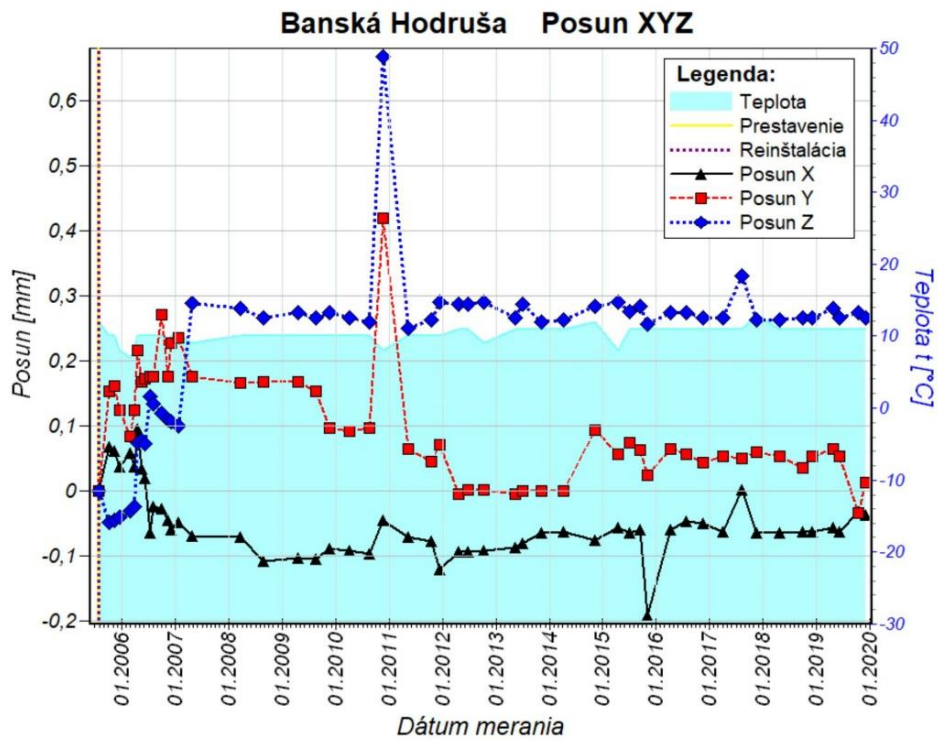
Obr. 40 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štólňi Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2019.

Banská Hodruša – Hámre

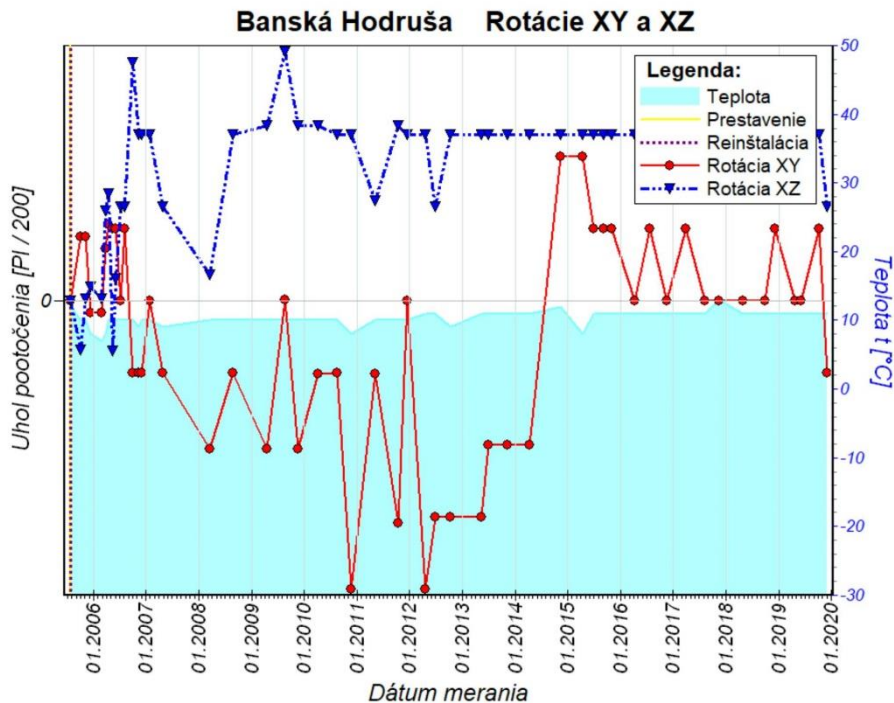
Merania mikroposunov na danej lokalite nepreukázali ani v posledných dvoch rokoch žiadny významnejší pohyb blokov (obr. 41). Dlhodobá stagnácia v smere osi Y (šmykový posun pozdĺž zlomu) a Z (pokles jedného z blokov) pretrvávala aj v roku 2019. Určitý nepatrný nárast (0,026 mm) posunu v smere osi X (otváranie trhliny) sa prejavil v roku 2019. Celkové posuny neprekročili hodnotu 0,2 mm (X a Y), resp. 0,3 mm (Z). Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zanedbateľné (obr. 42).

Vyhne

Otváranie trhliny (os X) stagnovalo od apríla 2017 až do konca roka 2019 na hodnote cca 0,8 mm, čo je celkový posun od roku 2005 (obr. 43). Pokles jedného z blokov (os Z) stagnoval od polovice roku 2017 do polovice roku 2019 pri hodnotách 0,073 – 0,130 mm. V druhej polovici 2019 sa pokles zvýšil na hodnotu 0,201 mm, čo je celkový doterajší posun. Zaujímavý je vývoj pohybov v smere osi Y (šmykový posun). Z dlhodobého hľadiska je trend narastania pohybu pozdĺž trhliny (zlomu) zrejmy až do marca 2017 (celkový posun 1,144 mm). V tom čase došlo k reverznému posunu, ktorý trval až do konca roku 2019, kedy sa posun ustálil na celkovej hodnote 0,992 mm.

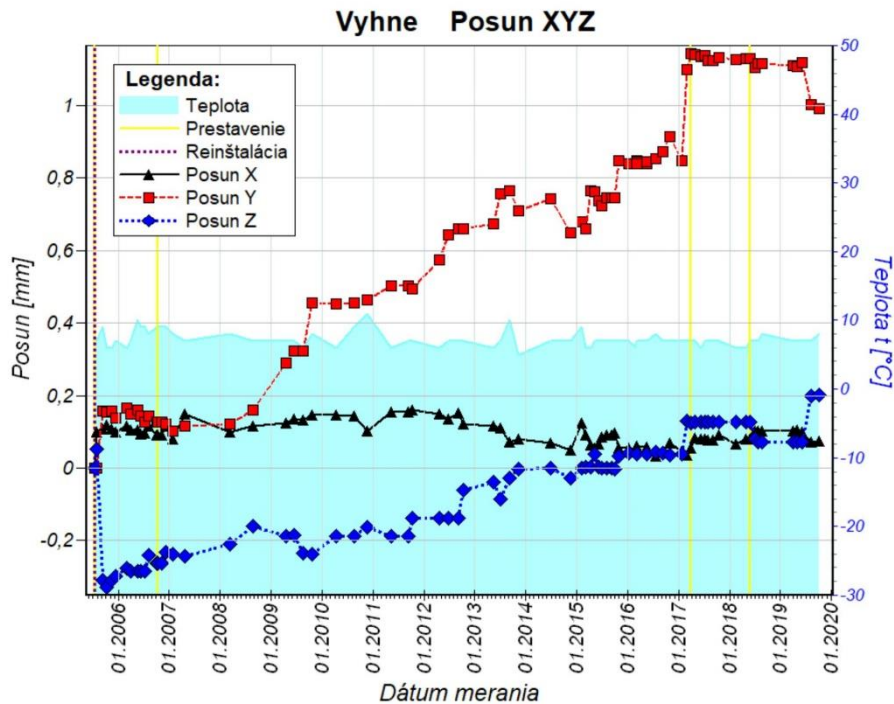


Obr. 41 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zistený dilatometrom TM-71 v štólňi Všetehsvätých (stará) lokalite Banská Hodruša – Hámre za obdobie rokov 2005 – 2019.

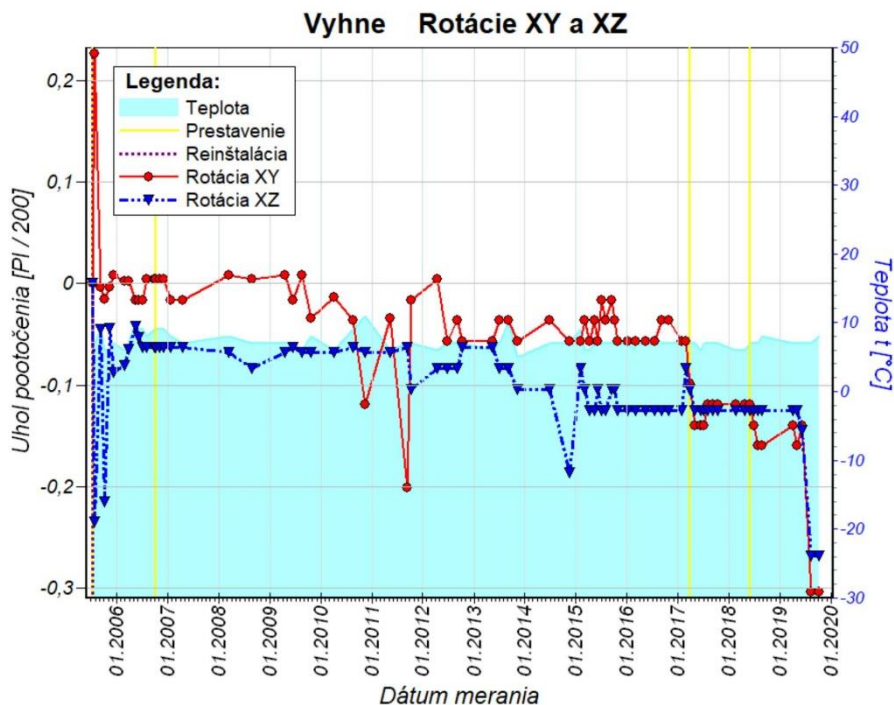


Obr. 42 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v štólňi Všetehsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005 – 2019.

Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) sú bezvýznamné (obr. 44).



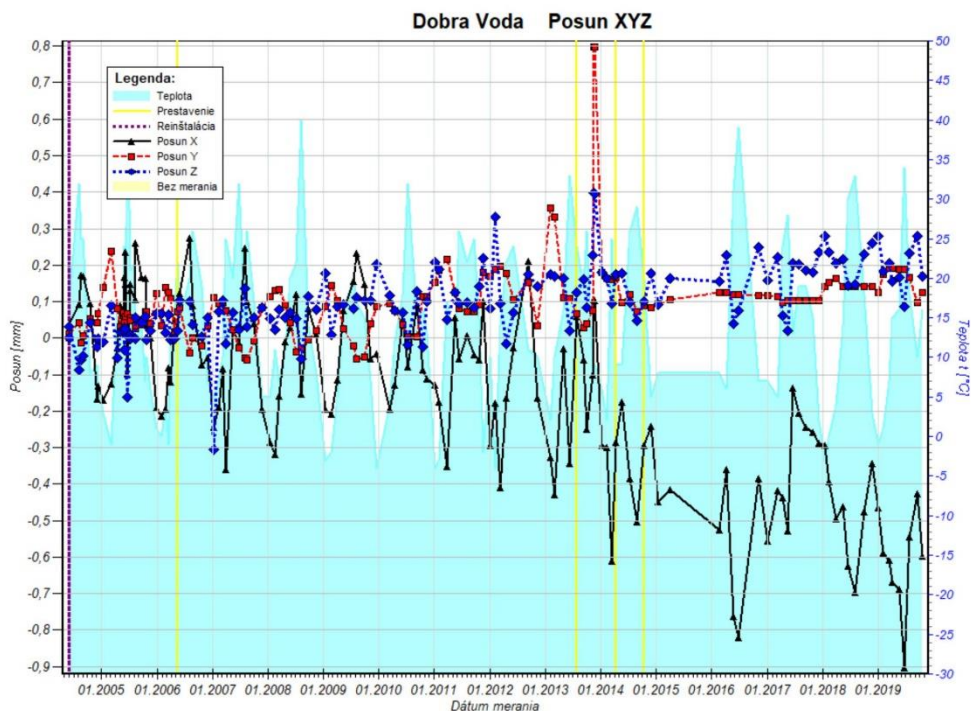
Obr. 43 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štólňi sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2019.



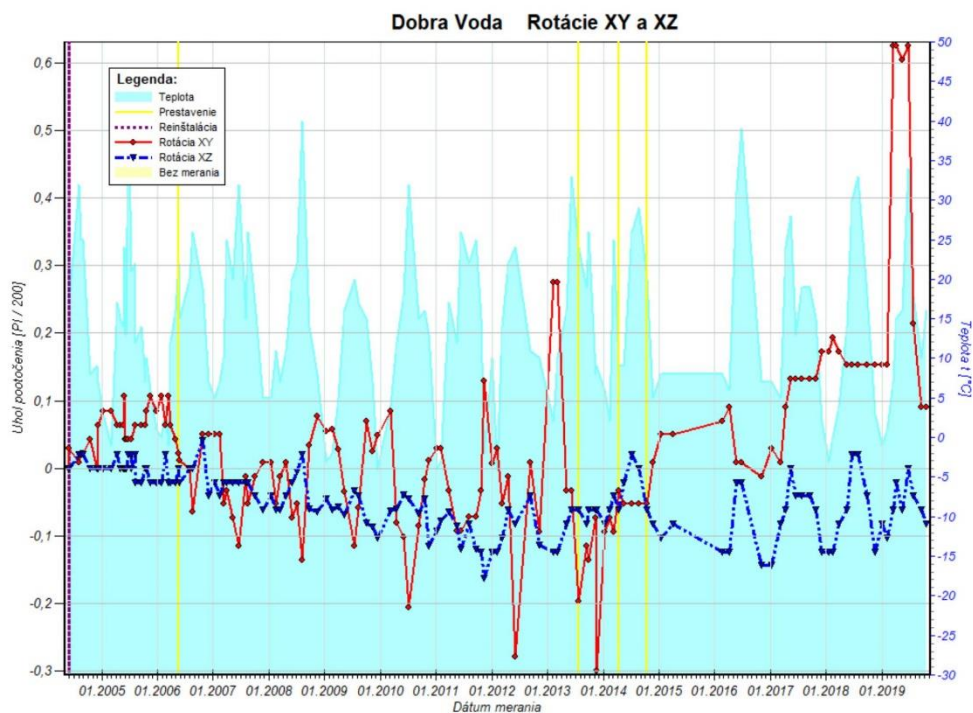
Obr. 44 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štólňi sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2019.

Dobrá Voda

Aj v roku 2019 pokračovala na tejto lokalite spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR v Prahe. Českí kolegovia uskutočnili 9 odčítaní hodnôt nameraných dilatometrom TM-71. Z interpretácie poskytnutých údajov je zrejmé, že po krátkej stagnácii v roku 2015 pokračoval dlhodobý trend slabého poklesu (os Z) jedného z monitorovaných blokov (*obr. 45*). Vzhľadom na veľké teplotné výkyvy je ťažké stanoviť presné hodnoty ročného nárastu posunu, ale v zásade ide o hodnotu cca 0,05 mm. Celkový pokles do konca roka 2019 dosiahol cca 0,2 mm. Dlhodobý trend veľmi pomalého narastania šmykového posunu pozdĺž zlomu (os Y) začal stagnovať v roku 2014 a pokračoval až do konca roka 2017. Začiatkom roka 2018 vzrástol o 0,06 mm, celý rok opäť stagnoval, v prvej polovici 2019 narástol na hodnotu 0,188 mm. Do konca roka posun opäť klesol na úroveň 0,1 mm. Otváranie trhliny (os X) nabralo v roku 2014 opačný trend, ktorý pokračoval až do konca roka 2019. Celková hodnota posunu je niekde na úrovni 0,7 mm. Veľké výkyvy v posunoch vyvolávajú pomerne veľké teplotné výkyvy (od + 39° C do – 5° C). Z grafu rotácií (*obr. 46*) je evidentný pokračujúci trend otáčania v oboch navzájom kolmých rovinách (XY a XZ), ktorý však dosahuje iba minimálne hodnoty. Zaujímavý je fakt, že v oboch rovinách došlo z k zmene trendu otáčania. V rovine XY to bolo v roku 2013, v rovine XZ v roku 2016. Výkyvy v rotácii v rovine XY na konci roka 2012 veľmi



Obr. 45 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2019.



Obr. 46 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2019.

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. Výsledky meraní posunov a súvislosť so seizmickou aktivitou územia do roku 2010 v celej oblasti Malých Karpát boli sumarizované 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 2019 dilatometrami typu TM-71 možno zhrnúť do nasledovných bodov:

1. Na väčšine lokalít sa v roku 2019 neprejavili výraznejšie recentné tektonické pohyby, presnejšie pohyby stagnovali. Najvýraznejšie pohyby boli zaznamenané na lokalite Branisko, kde pokračoval šmykový (pravostranný) posun pozdĺž šindliarskeho zlomu, Ipeľ – pokračovanie poklesu jedného z blokov pozdĺž muránsko-maľcovského zlomu a Vyhne – pokračovanie (do roku 2017) šmykového (ľavostranného) pohybu na zlome.

2. Výsledky monitoringu majú veľký praktický význam z hľadiska stability najmä v lokalitách Ipeľ (plánovaná výstavba prečerpávacej vodnej elektrárne s výkonom cca 700 MW), Branisko (diaľničný tunel v prevádzke) a Demänovská jaskyňa Slobody (národná prírodná pamiatka a jeden z najnavštevovanejších turistických objektov v SR).

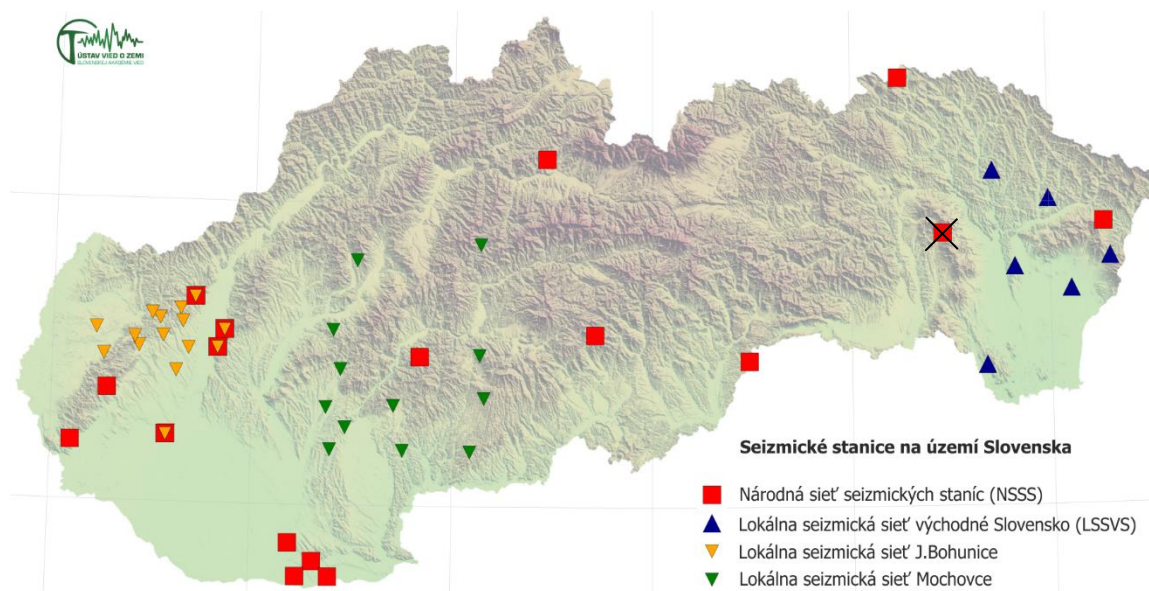
Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme s pokračovaním monitorovacích prác aj v roku 2020 a s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

4. Monitorovanie seizmických javov

Seizmické javy na území Slovenskej republiky sú monitorované seizmickými stanicami Národnej siete seizmických staníc (NSSS), ktorej prevádzkovateľom je Ústav vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV) v Bratislave. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 13 seizmickými stanicami (tab. 2, obr. 47):

Tab. 2 Národná sieť seizmických staníc na území SR (stav v roku 2019)

Bratislava – Železná studnička (ZST)	Kolonické sedlo (KOLS)
Červenica (CRVS) – dočasne prerušená prevádzka	Liptovská Anna (LANS)
Vyhne (VYHS)	Izabela (IZAB)
Modra – Piesok (MODS)	Moča (SRO2)
Hurbanovo (HRB)	Stebnícka Huta (STHS)
Iža (SRO1)	Šrobárová (SRO)
Kečovo (KECS)	



Obr. 47 Seizmické stanice na území Slovenska – stav v roku 2019.

Na seizmických stanicách sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu pôdy. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC) vo

Veľkej Británii. Na staniciach ZST, 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 v *tab. 3*. V septembri 2018 bola, z dôvodu zmeny majetko-právnych vzťahov v dobývacom priestore opálových baní, prevádzka seizmickej stanice CRVS ukončená. Po nájdení náhradnej vhodnej lokality bude seizmická stanica premiestnená a opätovne uvedená do prevádzky.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2019)

Stanica	ISC kód	Zem. šírka [°N]	Zem. dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seizmometer	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, prenos údajov	Dátový formát
Bratislava Žel. Studnička	ZST	48,196	17,102	250	3x SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48,902	21,461	476	STS-2	Wave24	100		mSEED
Vyhne	VYHS	48,493	18,836	450	STS-2	Wave24	100		mSEED
Modra-Piesok	MODS	48,373	17,277	520	STS-2	Wave32	100		mSEED
Hurbanovo	HRB	47,873	18,192	115	2x Mainka	Analog	-	začadený papier, off-line	-
Izabela	IZAB	48,569	19,713	450	3x SM3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Iža	SRO1	47,762	18,328	111	LE3D	PCM	20		mSEED
Kečovo	KECS	48,483	20,486	345	LE3D	Wave24	100		mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48,933	22,273	460	Guralp-6T-30s	Wave32	100		mSEED
Liptovská Anna	LANS	49,151	19,468	710	LE3D	SEMS	100		mSEED
Moča	SRO2	47,763	18,394	109	Guralp-40T-1s	Wave24	100		mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49,417	21,244	534	LE3D	Wave24	100		mSEED
Šrobárová	SRO	47,813	18,313	150	3x SKM-3	Wave24	100		kontinuálna, v reálnom čase	mSEED

4.1 Dátové a spracovateľské centrum

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v ÚVZ 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 ÚVZ 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 2019 bolo zo záznamov seizmických staníc národnej siete interpretovaných 11487 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 39000 seizmických fáz.*

Ústav vied o Zemi 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, ÚVZ SAV vykonáva zber makroseizmických pozorovaní od občanov formou vyplnených makroseizmických dotazníkov prostredníctvom internetu, e-mailovej komunikácie alebo poštou.

Dáta obsiahnuté v makroseizmických dotazníkoch a prípadné ďalšie údaje sú vyhodnocované podľa 12 stupňovej makroseizmickkej 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 2019 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 91 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 ÚVZ 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 ÚVZ SAV.

Výsledné parametre lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky v roku 2019 a zobrazenie geografických polôh epicentier týchto zemetrasení sú v *tab. 4* a na *obr. 48*.

4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

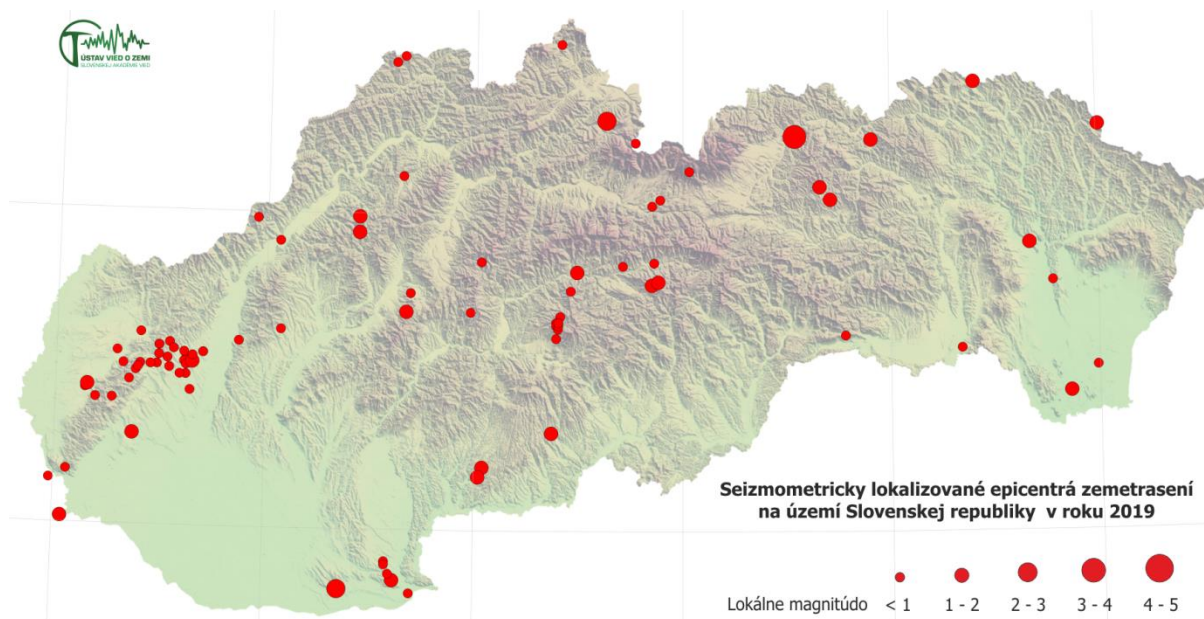
V roku 2019 boli na území Slovenska makroseizmicky pozorované a seizmometricky lokalizované 4 zemetrasenia.

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR v roku 2019

Mesiac deň	Čas (UTC) hh:mn:sec	Geograf. súradnice		Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / Oblasť
		dĺžka	šírka				
Január							
7	00:46:52,87	48,61 N	19,39 E	0	-		Poľana
9	23:43:47,72	47,90 N	18,58 E	0	0,3		Šamorín-Komárno-Štúrovo
11	22:22:23,45	48,75 N	18,69 E	0	-		Vtáčnik
12	21:05:18,24	48,66 N	19,40 E	0	0,4		Poľana
17	13:56:02,55	49,14 N	20,03 E	13	-		Vysoké Tatry
23	10:17:02,38	48,58 N	21,34 E	0	-		Slanské vrchy
25	02:42:53,66	48,53 N	17,53 E	3	0,1		Malé Karpaty
26	16:15:11,14	47,89 N	18,58 E	0	-		Šamorín-Komárno-Štúrovo
29	07:47:32,97	47,84 N	18,62 E	0	1,6		Šamorín-Komárno-Štúrovo
30	10:22:54,73	49,05 N	20,71 E	0	1,5		Levočské vrchy
Február							
2	18:57:27,65	47,86 N	18,60 E	0	0,8		Šamorín-Komárno-Štúrovo
4	16:28:47,30	48,51 N	17,40 E	1	-		Malé Karpaty
6	15:15:49,72	48,85 N	19,03 E	0	0,3		Veľká Fatra
8	11:57:37,52	48,68 N	19,41 E	0	-		Poľana
9	04:00:18,85	48,52 N	21,99 E	3	0,4		Východoslovenská nížina
15	00:16:38,18	48,43 N	17,14 E	0	0,5		Malé Karpaty
15	04:43:00,66	48,44 N	17,15 E	0	1		Malé Karpaty
20	04:10:59,36	48,76 N	19,46 E	0	0,9		Veporské vrchy
20	08:52:51,45	48,51 N	17,32 E	0	-		Malé Karpaty
23	00:14:24,37	48,91 N	18,06 E	0	0,6		Považie
24	14:44:35,39	48,66 N	19,40 E	0	0,8		Poľana
24	14:47:03,01	48,66 N	19,39 E	0	-		Poľana
27	21:49:00,32	48,65 N	19,39 E	0	0,7		Poľana
28	08:31:52,90	49,12 N	18,65 E	5	-		Rajecká dolina
Marec							
26	01:22:31,92	48,53 N	17,62 E	2	0,7		Malé Karpaty
28	12:48:06,17	49,42 N	21,41 E	9	1,5		Nizke Beskydy
Apríl							
2	01:45:30,64	49,54 N	19,41 E	0	-		Orava
8	04:54:30,05	48,94 N	18,44 E	3	1,6		Strážovske vrchy
10	19:30:20,89	48,64 N	19,40 E	0	0,2		Poľana
11	19:26:06,62	48,49 N	17,38 E	2	0,3		Malé Karpaty

13	04:04:04.13	48,78 N	19,85 E	0	1,6		Muránska planina
15	03:42:30.14	48,99 N	18,44 E	0	1,5	3	Strážovske vrchy
22	07:56:17.00	48,31 N	19,37 E	0	1,4		Krupinská planina
23	14:12:26.47	49,24 N	20,91 E	6	1,8		Čergov
Máj							
3	20:20:11.15	48,82 N	19,49 E	0	1,4	3	Horehronie
7	00:52:37.43	48,65 N	19,40 E	0	0,3		Poľana
10	03:39:56.86	48,85 N	19,86 E	0	0,5		Horehronie
11	17:17:07.54	49,23 N	19,77 E	0	0,7		Vysoké Tatry
16	03:45:15.52	48,79 N	21,78 E	2	0,6		Východoslovenská pahorkatina
16	09:37:37.44	49,05 N	19,89 E	0	-		Liptov
16	09:54:25.38	49,03 N	19,85 E	0	0,5		Liptov
19	15:50:54.46	48,66 N	19,40 E	0	0,5		Poľana
19	18:53:14.63	48,66 N	19,40 E	0	0,4		Poľana
21	21:55:34.50	48,98 N	17,95 E	0	-		Biele Karpaty
25	00:57:10.20	47,80 N	18,70 E	0	0,7		Šamorín-Komárno-Štúrovo
Jún							
9	16:30:55.26	48,54 N	17,49 E	2	0,4		Malé Karpaty
14	11:42:09.24	48,29 N	17,37 E	2	1		Malé Karpaty
21	02:00:58.66	48,69 N	18,98 E	0	0,5		Kremnické vrchy
24	00:42:52.37	49,50 N	18,65 E	0	0,5		Kysuce
29	10:01:02.35	48,63 N	18,07 E	0	-		Považský Inovec
Júl							
4	17:49:53.45	48,62 N	20,78 E	0	-		Slovenský kras
10	20:51:18.74	48,69 N	18,67 E	0	1,2		Vtáčnik
13	12:07:48.39	49,25 N	20,54 E	4	3	3-4	Levočské vrchy
17	12:45:48.04	48,55 N	17,61 E	0	-		Malé Karpaty
20	16:26:16.95	48,58 N	17,54 E	0	0,3		Malé Karpaty
28	22:59:06.67	48,02 N	17,04 E	2	1,4		Šamorín-Komárno-Štúrovo
August							
2	17:50:28.15	47,81 N	18,36 E	0	2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
7	13:41:32.22	49,48 N	18,61 E	0	-		Kysuce
15	09:04:29.65	48,52 N	17,61 E	0	-		Malé Karpaty
15	09:14:06.11	48,56 N	17,56 E	0	0,7		Malé Karpaty
15	11:46:28.54	49,09 N	20,66 E	0	1		Levočské vrchy
15	11:55:48.33	48,48 N	17,62 E	0	0,1		Malé Karpaty
17	10:33:43.58	48,51 N	17,62 E	0	0,8		Malé Karpaty
20	04:28:46.76	48,50 N	17,54 E	10	0,5		Malé Karpaty
21	04:52:41.19	48,52 N	17,65 E	0	1,3		Malé Karpaty
21	04:54:12.57	48,48 N	17,59 E	0	-		Malé Karpaty
24	04:06:48.60	48,43 N	17,64 E	0	0,3		Malé Karpaty

31	23:27:50.51	48,51 N	17,48 E	1	-		Malé Karpaty
September							
1	11:12:06.90	48,40 N	17,27 E	3	-		Malé Karpaty
15	00:44:07.12	49,30 N	19,63 E	0	2,1	4	Orava
20	22:20:00.77	48,14 N	16,98 E	0	0,7		Malé Karpaty
25	00:32:15.73	48,79 N	19,88 E	0	1		Muránska planina
28	14:46:49.81	48,44 N	21,86 E	0	1,1		Východoslovenská nížina
28	18:49:34.96	48,17 N	17,06 E	1	0,7		Malé Karpaty
Október							
2	13:16:35.44	49,28 N	22,01 E	10	1,5		Nizke Beskydy
2	15:29:57.34	48,55 N	17,29 E	2	0,3		Malé Karpaty
7	01:18:07.86	48,54 N	17,65 E	2	0,5		Malé Karpaty
23	04:34:43.85	48,20 N	19,04 E	0	1,2		Krupinská planina
30	19:13:34.61	48,61 N	17,40 E	1	0,7		Malé Karpaty
November							
3	19:59:13.48	48,51 N	17,45 E	1	0,3		Malé Karpaty
9	15:42:55.18	48,40 N	17,19 E	4	0,9		Malé Karpaty
11	14:31:46.17	48,91 N	21,67 E	11	1,1		Východoslovenská pahorkatina
13	23:40:25.01	48,46 N	17,35 E	1	-		Malé Karpaty
23	17:08:21.16	48,59 N	17,87 E	3	0,7		Považský Inovec
December							
10	15:22:00.43	48,17 N	19,02 E	0	1,4		Krupinská planina
18	11:42:12.32	48,50 N	17,39 E	0	0,7		Malé Karpaty
25	05:34:45.72	48,55 N	17,70 E	3	0,7		Malé Karpaty
25	05:52:17.45	48,55 N	17,70 E	2	-		Malé Karpaty
25	09:31:16.07	48,57 N	17,49 E	1	-		Malé Karpaty
27	21:30:37.59	48,57 N	17,49 E	2	0,6		Malé Karpaty
29	21:56:52.96	48,84 N	19,71 E	0	0,5		Horehronie



Obr. 48 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2019.

Zemetrasenie dňa 15.4.2019 o 03:42 UTC bolo zaznamenané piatimi seizmickými stanicami NSSS - KECS, LANS, MODS, SRO a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1.5$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v Strážovských vrchoch, medzi obcami Mojtiín a Pružina. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 15.4.2019
čas vzniku [UTC]	..... 03:42:30,1
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,99° N
zemepisná dĺžka	..... 18,44° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,5

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 1 makroseizmické pozorovanie. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickéj stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 15.4.2019 o 03:42 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [°EMS-98]
Mojtiín	48,984	18,41	1	3

Zemetrasenie dňa 3.5.2019 o 20:20 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS - KECS, LANS, SRO a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1.4$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti horehronia, medzi obcami Lopej a Predajná. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 3.5.2019
čas vzniku [UTC]	..... 20:20:11,2
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,82° N
zemepisná dĺžka	..... 19,49° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,4

Zemetrasenie bolo pocítené v 5 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 21 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickkej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 3.5.2019 o 20:20 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [°EMS-98]
Predajná	48,820	19,463	14	3
Nemecká	48,812	19,435	3	3
Jasenie	48,863	19,447	2	3
Lopej	48,818	19,496	1	3
Podbrezová	48,815	19,522	1	3

Zemetrasenie dňa 13.7.2019 o 12:07 UTC bolo zaznamenané siedmimi seizmickými stanicami NSSS - KECS, KOLS, LANS, MODS, SRO, STHS a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=3.0$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v severnej časti Levočských vrchov, pri obci Podolínec. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 13.7.2019
čas vzniku [UTC]	..... 12:07:48,4
epicentrum: zemepisná šírka	..... 49,25° N
zemepisná dĺžka	..... 20,54° E
hĺbka ohniska	..... 4 km
lokálne magnitúdo	..... 3,0

Zemetrasenie bolo pocítené v 18 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 91 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3-4° EMS-98.

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 13.7.2019 o 12:07 UTC.

	Zemepisná šírka	Zemepisná dĺžka	Počet pozorovaní	I[° EMS-98]
Vyšné Ružbachy	49,305	20,564	10	3-4
Stará Ľubovňa	49,311	20,696	26	3
Hniezdne	49,304	20,632	14	3
Podolínec	49,258	20,538	12	3
Nižné Ružbachy	49,282	20,580	6	3
Nová Ľubovňa	49,275	20,685	6	3
Kamienka	49,332	20,617	2	3
Lacková	49,309	20,595	1	3
Lomnička	49,252	20,570	1	3
Starina	49,057	22,258	1	3
Starý Smokovec	49,131	20,207	1	3
Forbasy	49,299	20,618	3	pozorované
Kolačkov	49,263	20,631	3	pozorované
Jakubany	49,248	20,694	1	pozorované
Jarabina	49,336	20,658	1	pozorované
Litmanová	49,37	20,623	1	pozorované
Tatranská Kotlina	49,228	20,320	1	pozorované
Veľký Lipník	49,373	20,506	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 15.9.2019 o 00:44 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS - KECS, KOLS, LANS a SRO. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=2.1$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na Orave, pri obciach Habovka a Zuberec. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 15.9.2019
čas vzniku [UTC]	..... 00:44:07.1
epicentrum: zemepisná šírka	..... 49,30° N
zemepisná dĺžka	..... 19,63° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 2,1

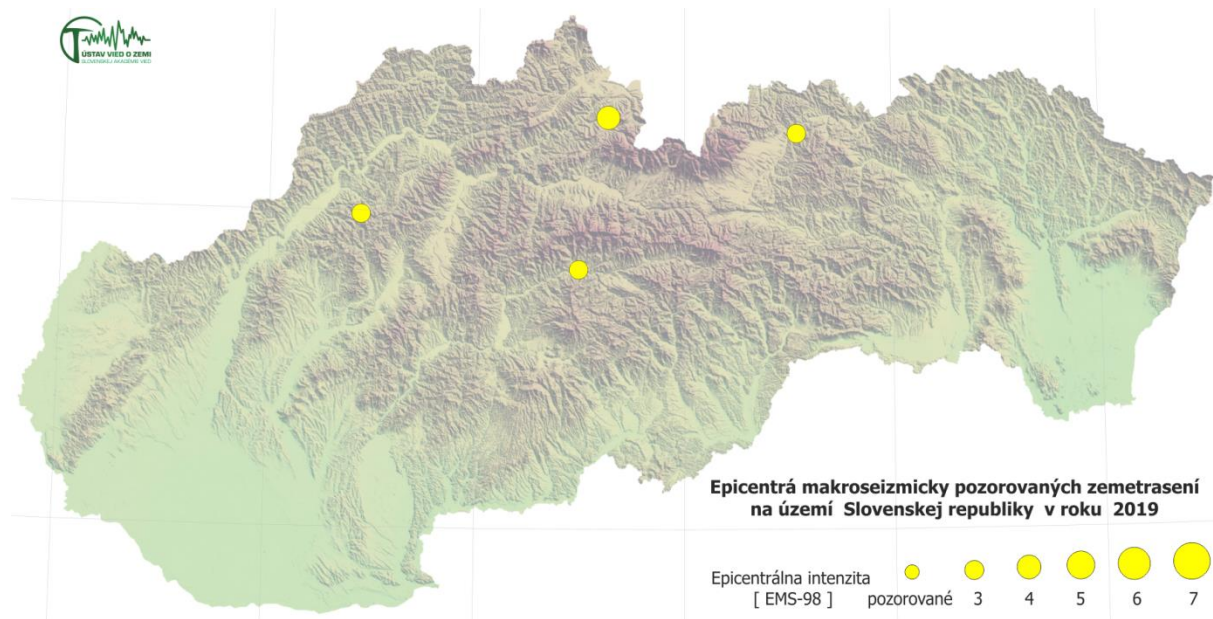
Zemetrasenie bolo pocítené v 2 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 2 makroseizmické pozorovania. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickéj stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98

Tab. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 15.9.2019 o 00:44 UTC.

	Zemepisná šírka	Zemepisná dĺžka	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Habovka	49,276	19,607	1	4
Zuberec	49,254	19,663	1	3

Do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky (obr. 49) vstupujú pre rok 2019 nasledujúce parametre:

DÁTUM			ČAS [UTC]			HYPOCENTRUM			M_L	I_0	LOKALITA
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2019	04	15	03	42	30.1	48,99	18,44	0	1,5	3	Strážovské vrchy
2019	05	03	20	20	11.2	48,82	19,49	0	1,4	3	Horehronie
2019	07	13	12	07	48.4	49,25	20,54	4	3	3-4	Levočské vrchy
2019	09	15	00	44	07.1	49,30	19,63	0	2,1	4	Orava



Obr. 49 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území SR v roku 2019.

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).
- Bella, P., 2016: Jaskyne na Slovensku – genetické typy a morfológia. *Speleologia Slovaca*, 6, s. 15. Vyd. VERBUM – Katolícka univerzita Ružomberok.
- Bezák, V., (Ed.), Dublan, L., Hraško, L., 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*.
- 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.*, 7, 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.
- Briestenský, M., Thinová, L., Praksová, R., Stemberk, J., Rowberry, M.D. & Knejflová, Z., 2014: Radon, carbon dioxide, and fault displacements in central Europe related to the Tōhoku Earthquake, *Radiat. Prot. Dosim.*, 160(1-3), 78–82.
- Briestenský, M., Hochmuth, Z., Littva, J., Hók, J., Dobrovič, R., Stemberk, J., Petro, L. & Bella, P., 2018: Present-day stress orientation and tectonic pulses registered in the caves of the Slovenský kras Mts. (south-eastern Slovakia). *Acta Geodyn. Geomater.*, 15, 2(190), 93–103.
- 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., Baňacký, V., Pristaš, J., Janočko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. Vyd. MŽP SR a Geologická služba SR, Bratislava.
- Mojzeš, M. et al., 2015: Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska. *Zborník príspevkov na medzinárodnom sympóziu Geodetické základy a geodynamika 2015*, Kočovce, ISBN 978-80-227-4466-9.

- Nemčok, M., Konečný, P. & Lexa, O., 2000: Calculations of tectonic, magmatic and residual stress in the Štiavica 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, Ľ., Košťák, B., Polaščinová, E., & Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybov v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca*, 31, 549–554 (in Slovak with English summary).
- Petro, Ľ., 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 dálkového průzkumu k identifikaci zlomů s horizontálním 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., Cacoń, 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.
- 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., 2019: MSDilat V2.1 – aplikácia na vyhodnocovanie 3D meraní dilatometrom TM-71 programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.
- 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, Ľ., 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, Ľ., Brček, M., 2009: Rock displacement and thermal expansion at historic heritage sites in Slovakia. *Environmental Geology*, 58, 1727–1740.

Internetové zdroje:

EPN – <http://www.epncb.oma.be/networkdata/stationmaps.php>.

EPN – <http://www.epncb.oma.be/productservices/timeseries/>

EPN – <http://www.epncb.oma.be/productservices/coordinates/>

EPN –

http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/pdf/ETRF_Monitoring_Firenze_Brockmann.pdf