

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 02

Tektonická a seizmická aktivita územia

Správa za rok 2022

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

Číslo geologickej úlohy: **207**

Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy: **RNDr. Peter Ondrus**

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

Spoluriešitelia: **Mgr. Daniel Grega, Ing. Silvia Jajčišinová,
Mgr. Marián Stercz, Ing. Juraj Papčo, PhD.,
RNDr. Andrej Cipciar, Mgr. Kristián Csicsay, PhD.,
RNDr. Juraj Littva, PhD., Pavol Staník,
Mgr. Miloš Briestenský, PhD.,
Ing. Martin Bednárík, PhD., Mgr. Jozef Bódi**

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

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

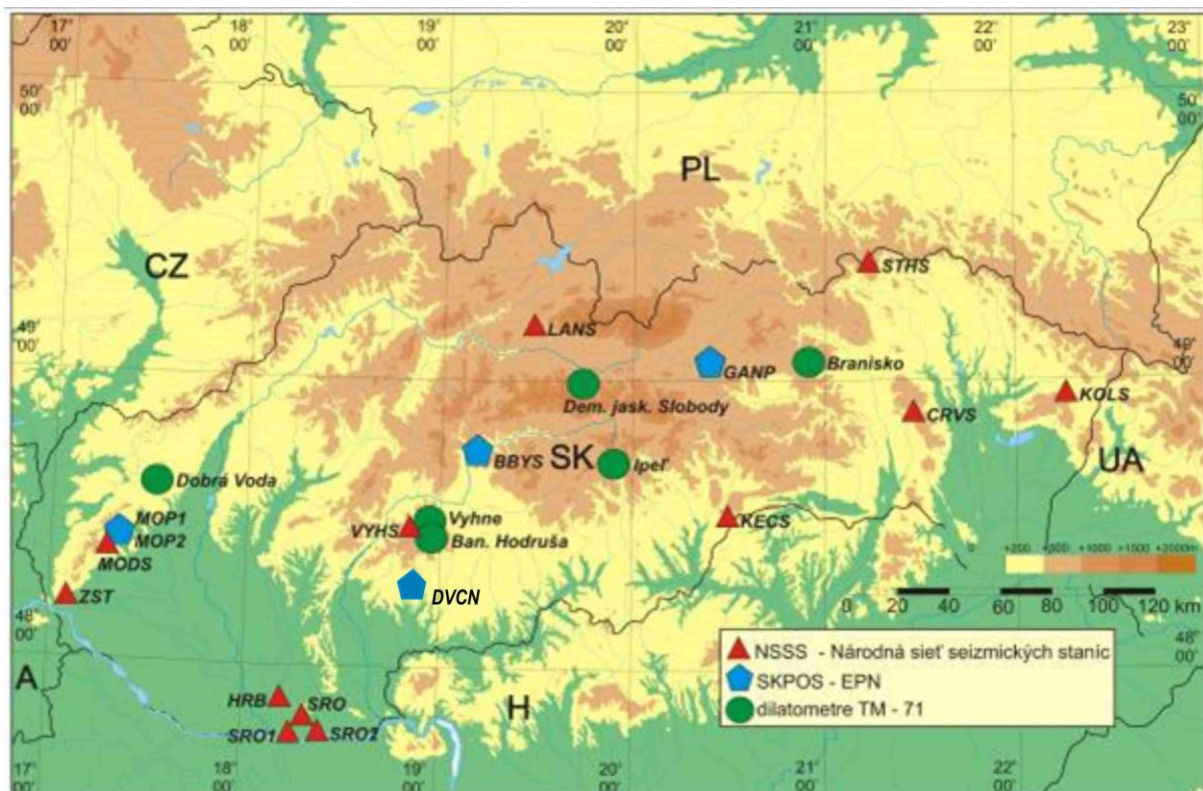
Bratislava október 2023

OBSAH

1. Úvod.....	1
2. Pohyby povrchu územia	1
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN...6	
3. Pohyby pozdĺž zlomov	233
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete	23
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	28
3.3 Výsledky monitorovania	28
3.4 Diskusia.....	37
4. Monitorovanie seizmických javov	37
4.1 Dátové a spracovateľské centrum	39
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky.....	40
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	40
5. Literatúra	47

1. Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2022 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 vybraných 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 v. v. i. (ÚVZ SAV) na základe meraní za rok 2022.



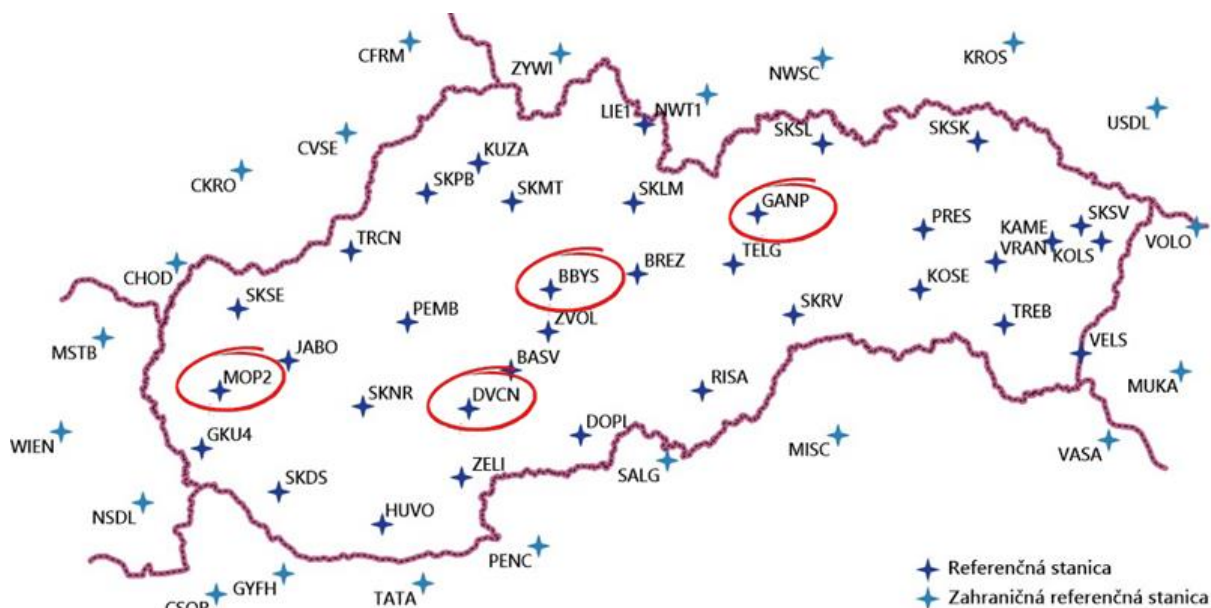
Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystem 02 Tektonická a seizmická aktivita územia

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 technológia na určovanie priestorovej polohy bodom 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 2022 využívali údaje z systémov NAVSTAR GPS a GLONASS a do spracovania bol zahrnutý aj systém GALILEO. SKPOS v roku 2022 tvorilo sieť 35 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) dlhodobé údaje z 4 bodov, ku ktorým pribudla stanica v Devičanoch (DVCN) (obr. 2) a z ďalších bodov aj do projektu zoskupenia EUPOS.



Obr. 2 Rozmiestnenie bodov EPN (označené) a SKPOS na území Slovenska (GKÚ 2022)

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

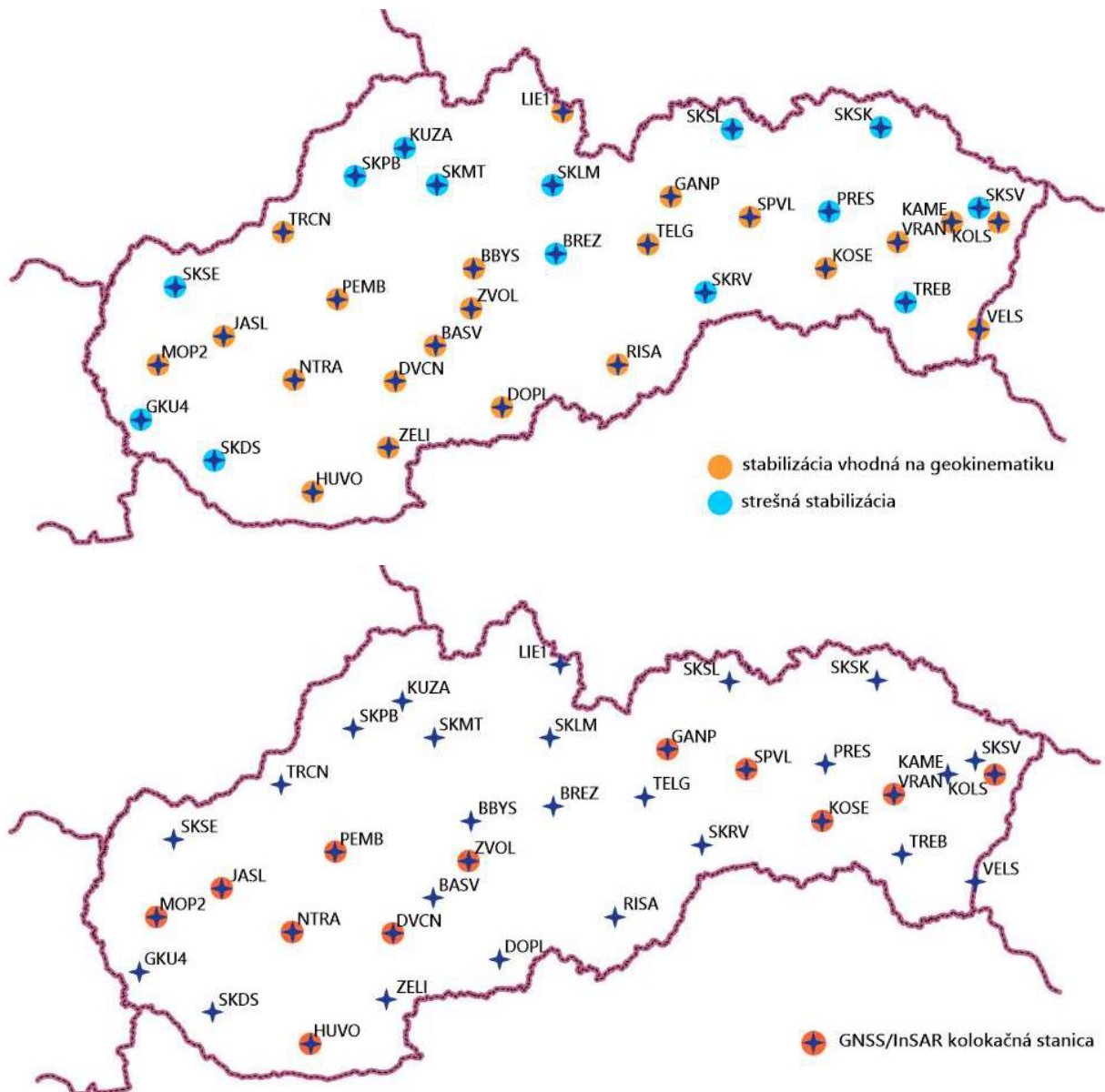
Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému *ETRS89* pre subjekty využívajúce technológiu *GNSS*. Merané údaje *GNSS* z bodov špeciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

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 35 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2022 už 19 bodov (obr. 3) stabilizovaných spôsobom umožňujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 14 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, je ukotvených do hĺbky 5 m. V roku 2022 boli dokončené prípravné práce a vybuďovali sa 3 ďalšie špecializované geodetické body s hĺbkovou pilierovou stabilizáciou v lokalite Jaslovské Bohunice (JASL), Spišské Vluchy (SPVL) a Nitra (NTRA) ktoré budú pravdepodobne zaradené do operačnej činnosti v roku 2023. Tým sa zvýšil celkový počet staníc siete SKPOS na 36, pričom 22 staníc má geodynamickú stabilizáciu. V roku 2022 sa pokračovalo v budovaní ďalších kolokačných staníc integrujúcich technológiu *GNSS* spolu s inovatívnou družicovou radarovou interferometriou pomocou pasívneho kútového odrážača alebo aktívneho radarového transpondera. Tieto boli vybudované v lokalitách Jaslovské Bohunice, Spišské Vluchy a Nitra (Obr. 4a). Zároveň pokračovalo testovanie aktívneho radarového transpondera na lokalite Jaslovské Bohunice a Gánovce.

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 globálnej geodézie a geoinformatiky 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). Bod *DVCN* v Devičanoch, ktorý je spravovaný GKU, pracuje od 23.3.2021. 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*, *BBYS* a *DVCN* sú monitoring a určenie rýchlostí spracovávané v rámci *EPN*.



Obr. 3 Rozmiestnenie špeciálnych stabilizácií a GNSS/InSAR kolokačných staníc na území Slovenska (GKÚ 2022)



Obr. 4a Kolokačné stanice GNSS a InSAR (GKÚ 2022)



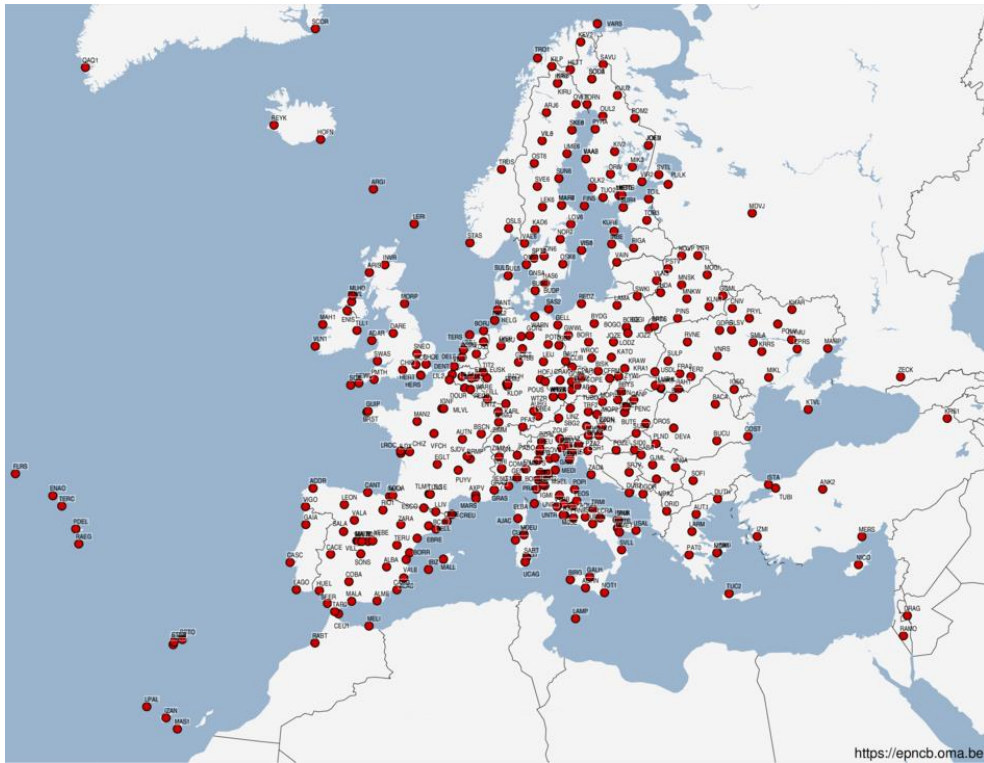
Obr. 4b Body MOPI, MOP2, GANP (hore), BBYS, DVCN (dole)

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*), Banskej Bystrici (*BBYS*) a Devičanoch (*DVCN*) sú prezentované v grafoch na obr. 7 až 11, resp. detailne pre rok 2022 na obr. 12 až 16. Na obr. 17 až 21 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme *ITRS*, realizácia *ITRF2014 (IGS14)*. Na obr. 22 až 26 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referenčnom systéme *ETRS89*, realizácia *ETRF2014*, resp. na obr. 27 až 31 sú znázornené detaily pre rok 2022 (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). Grafy znázornenia pohybov bodov (*MOPI, MOP2, GANP, BBYS, DVCN*) 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 SV 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“.

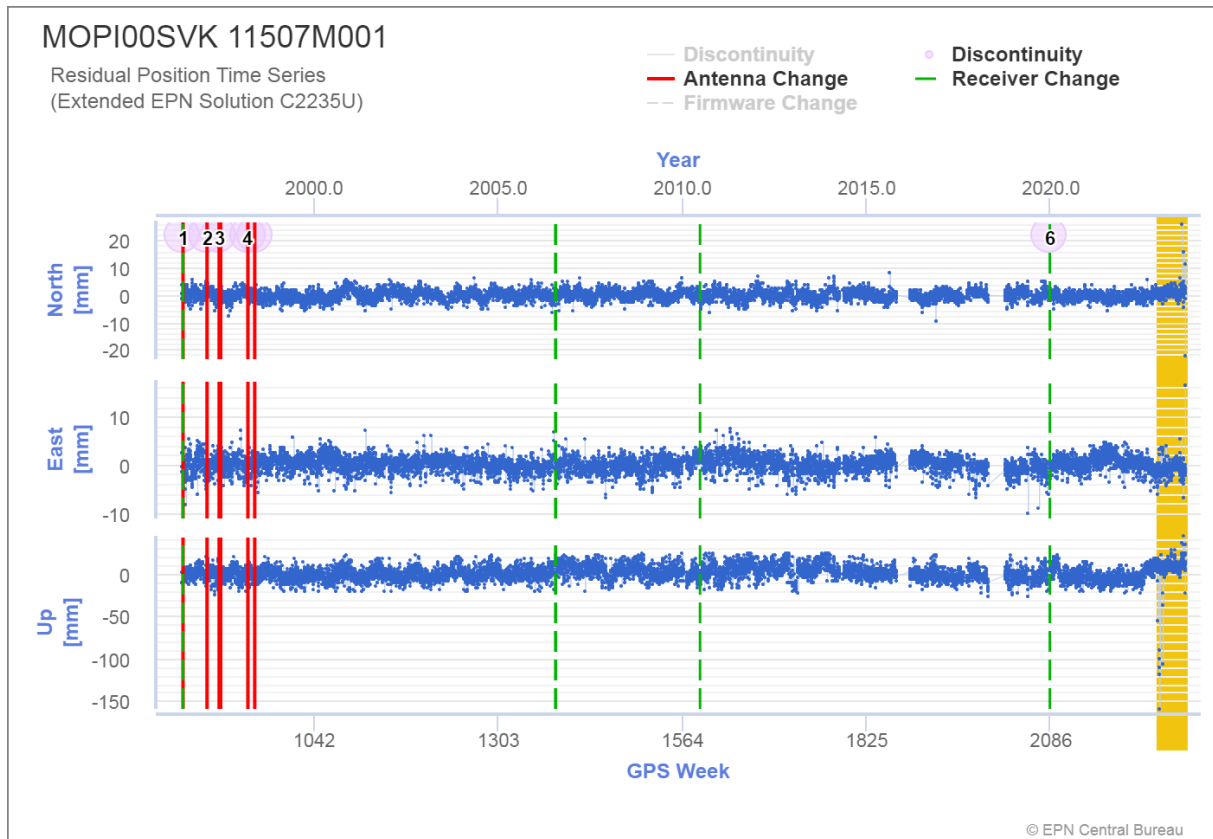
Na základe súčasných výsledkov môžeme vidieť, že pozorované body sú stabilné v rámci euroázijskej platne (tab. 1) a ich vnútroplatňová rýchlosť nepresahuje 1 mm/rok v rámci Eurázijskej platne.



Obr. 5 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2022



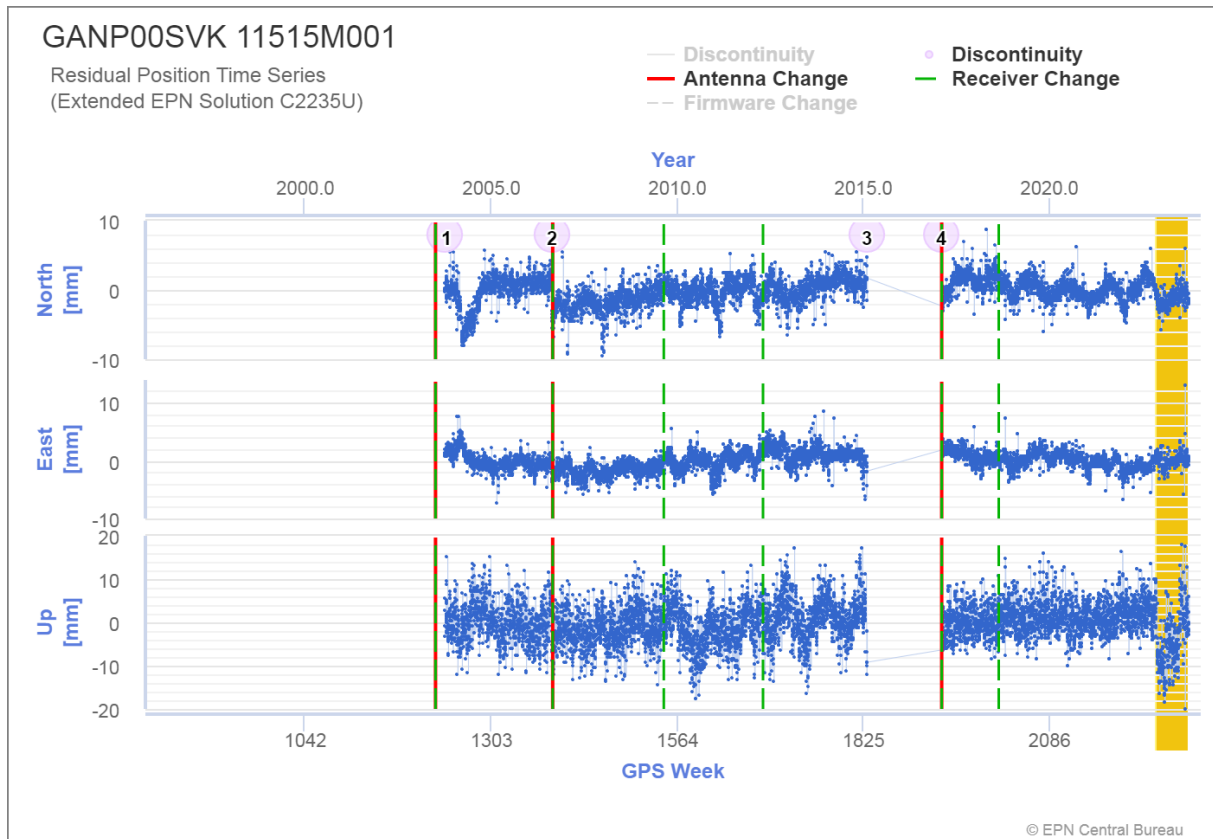
Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2022 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS.



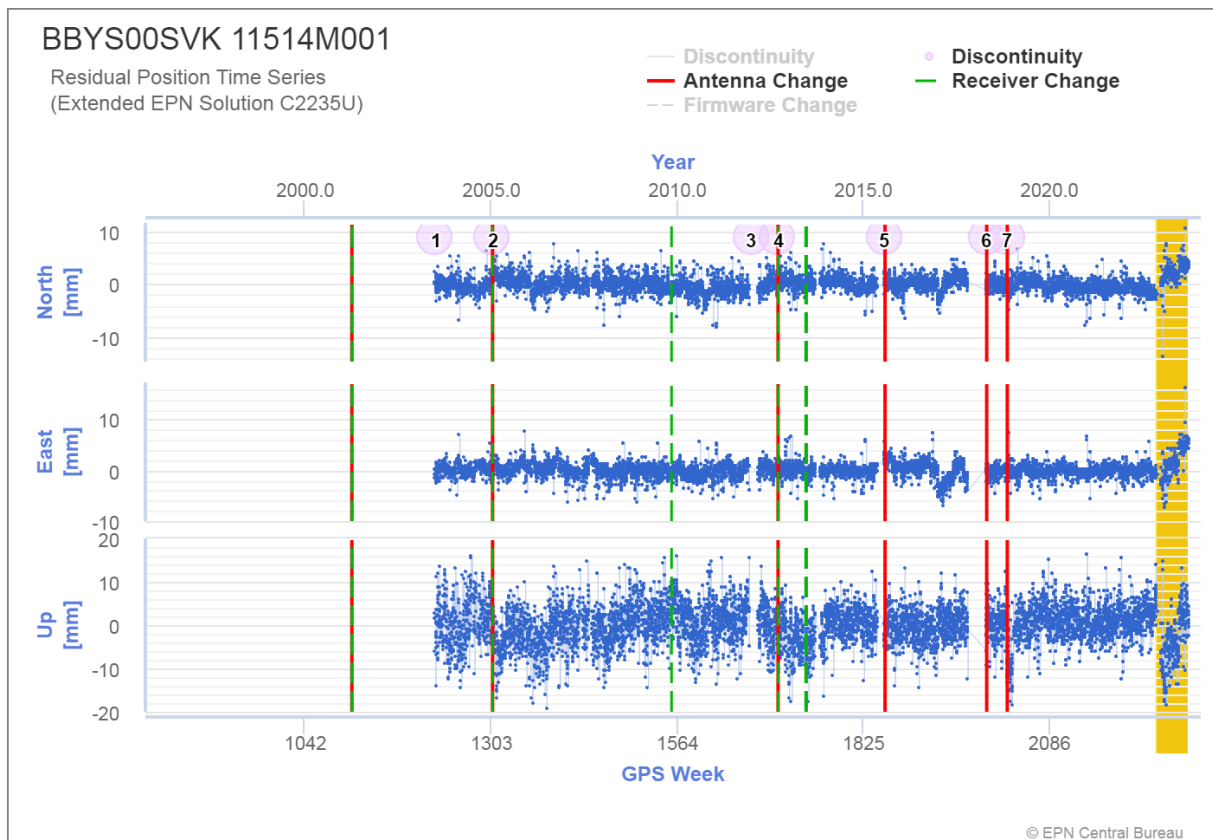
Obr. 7 Znáozornenie pohybu bodu MOPI



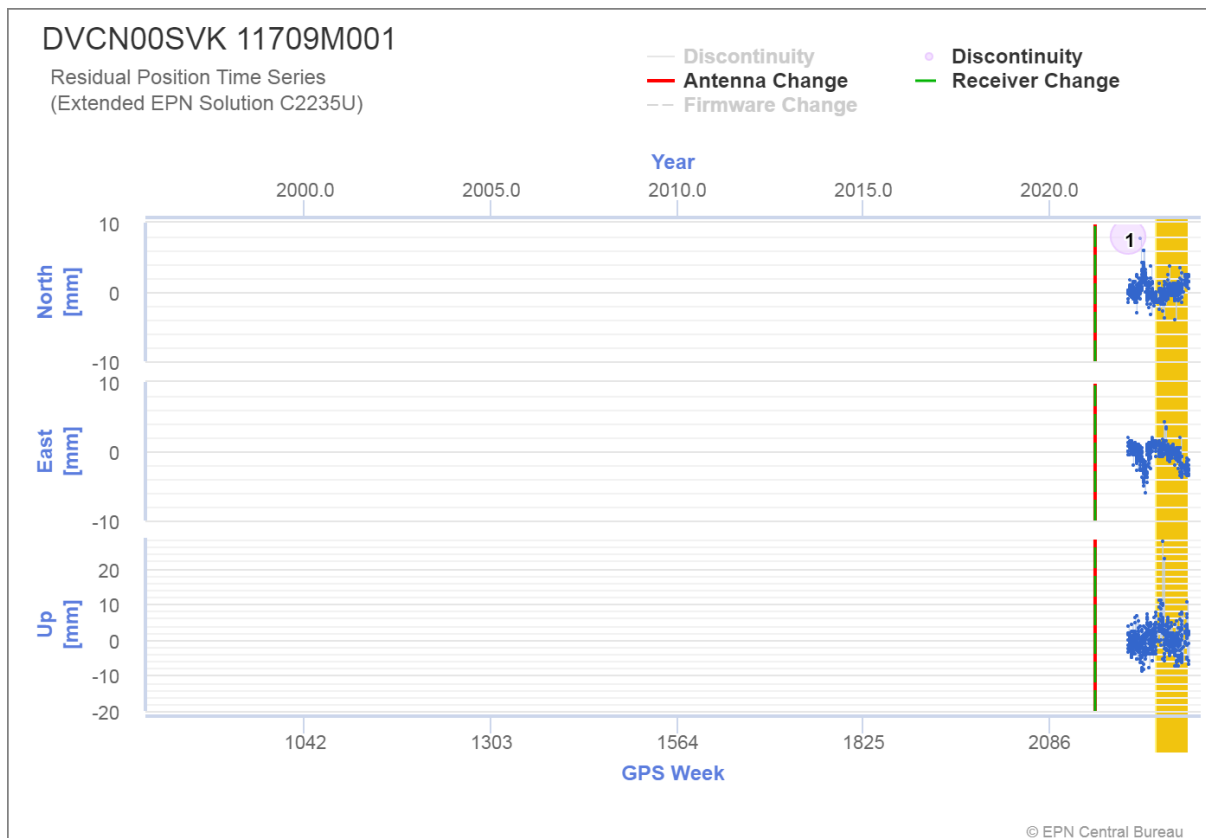
Obr. 8 Znáozornenie pohybu bodu MOP2



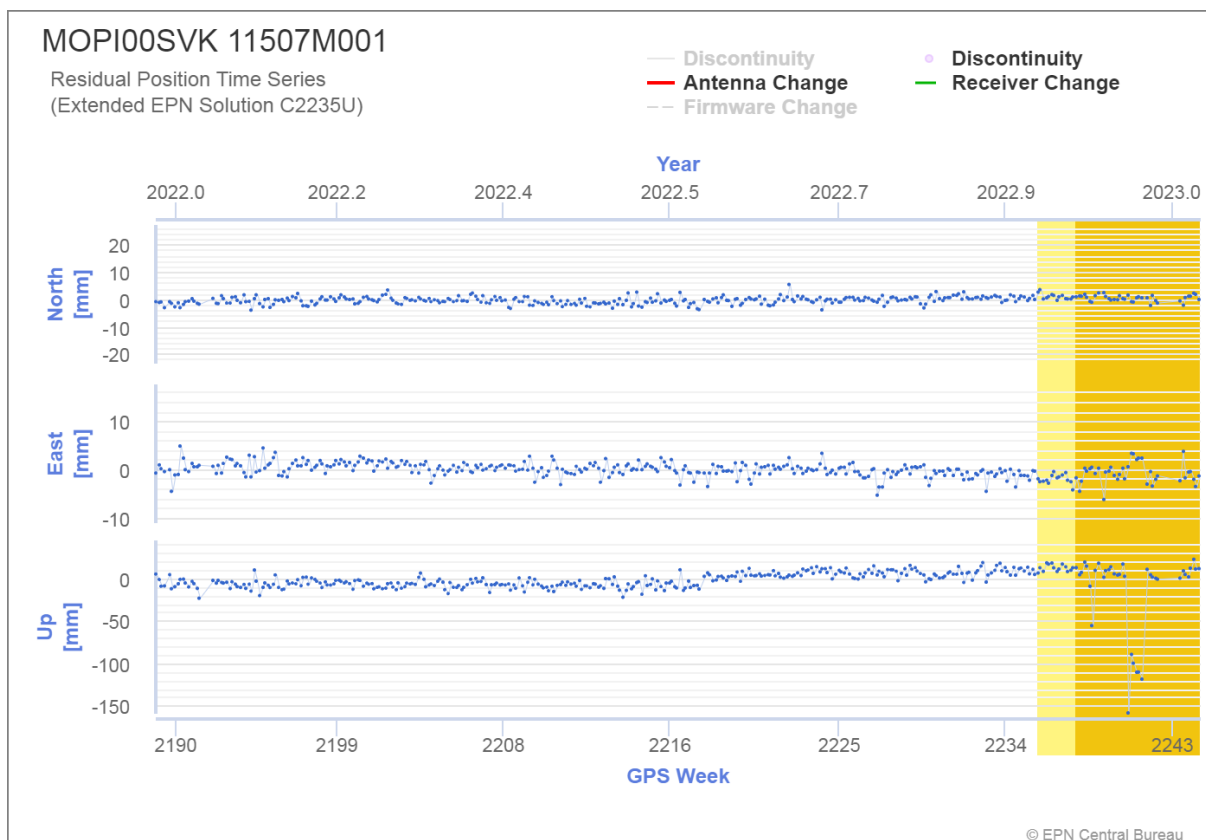
Obr. 9 Znážornenie pohybu bodu GANP



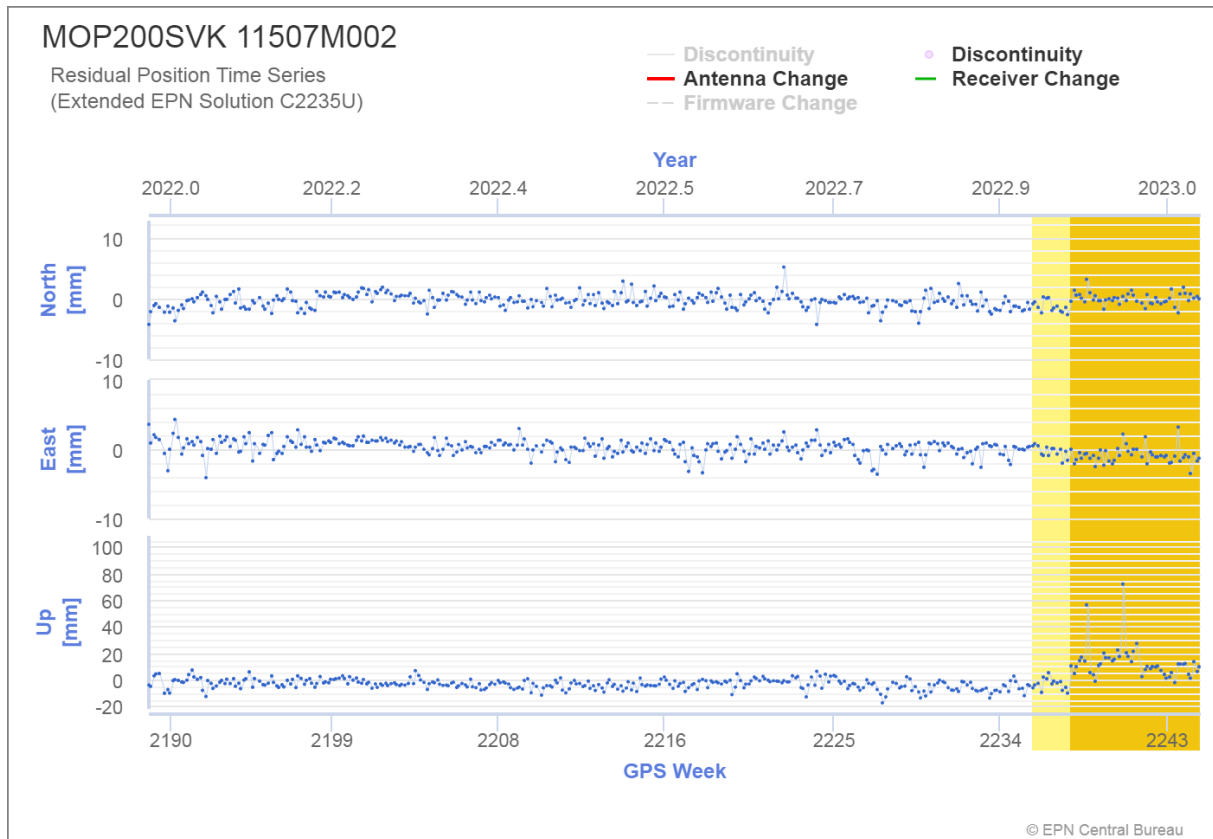
Obr. 10 Znážornenie pohybu bodu BBYS



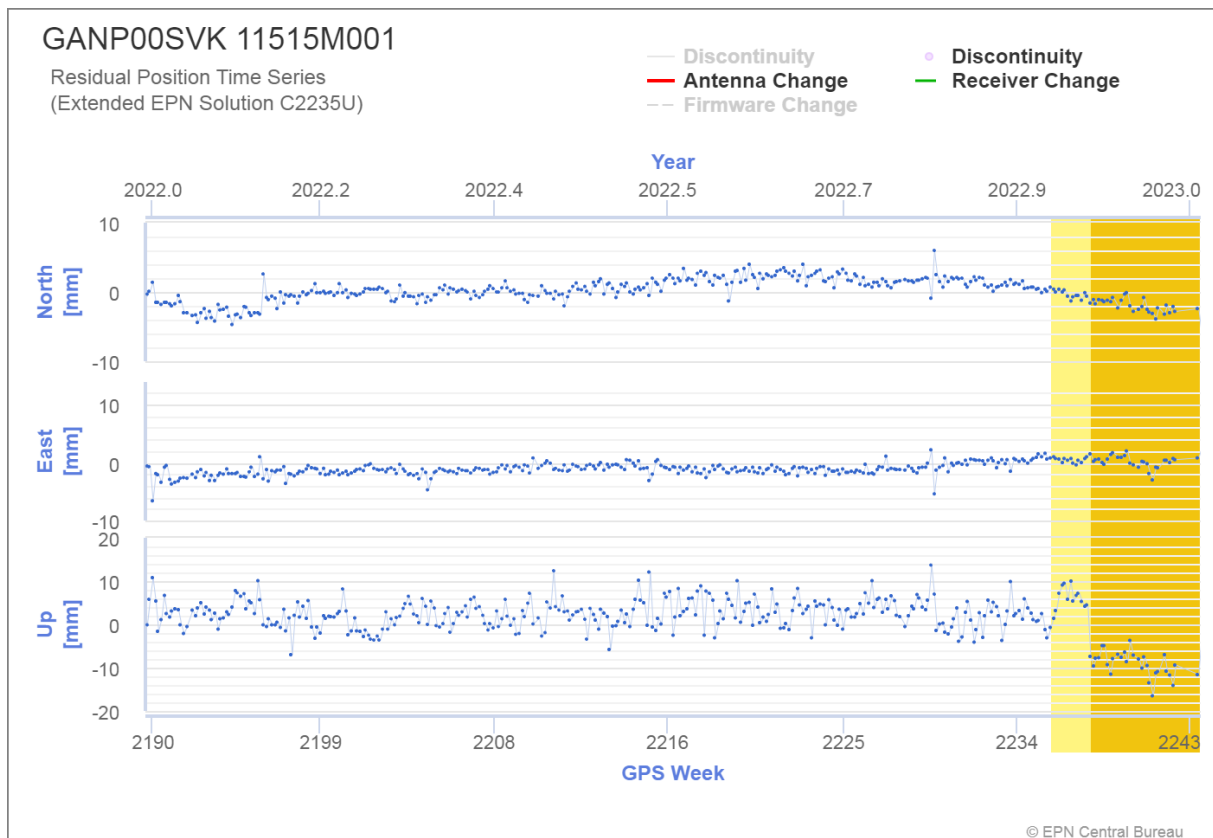
Obr. 11 Znážornenie pohybu bodu DVCN



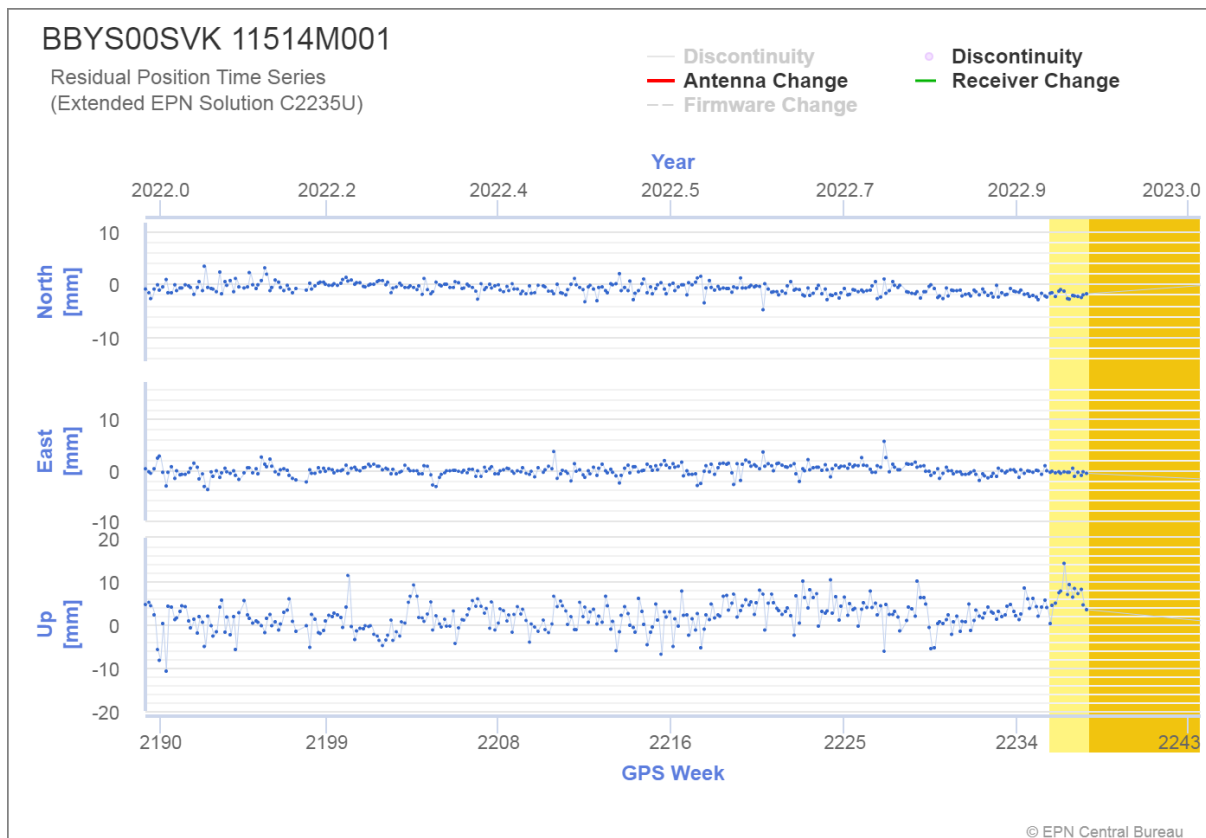
Obr.12 Znážornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2022



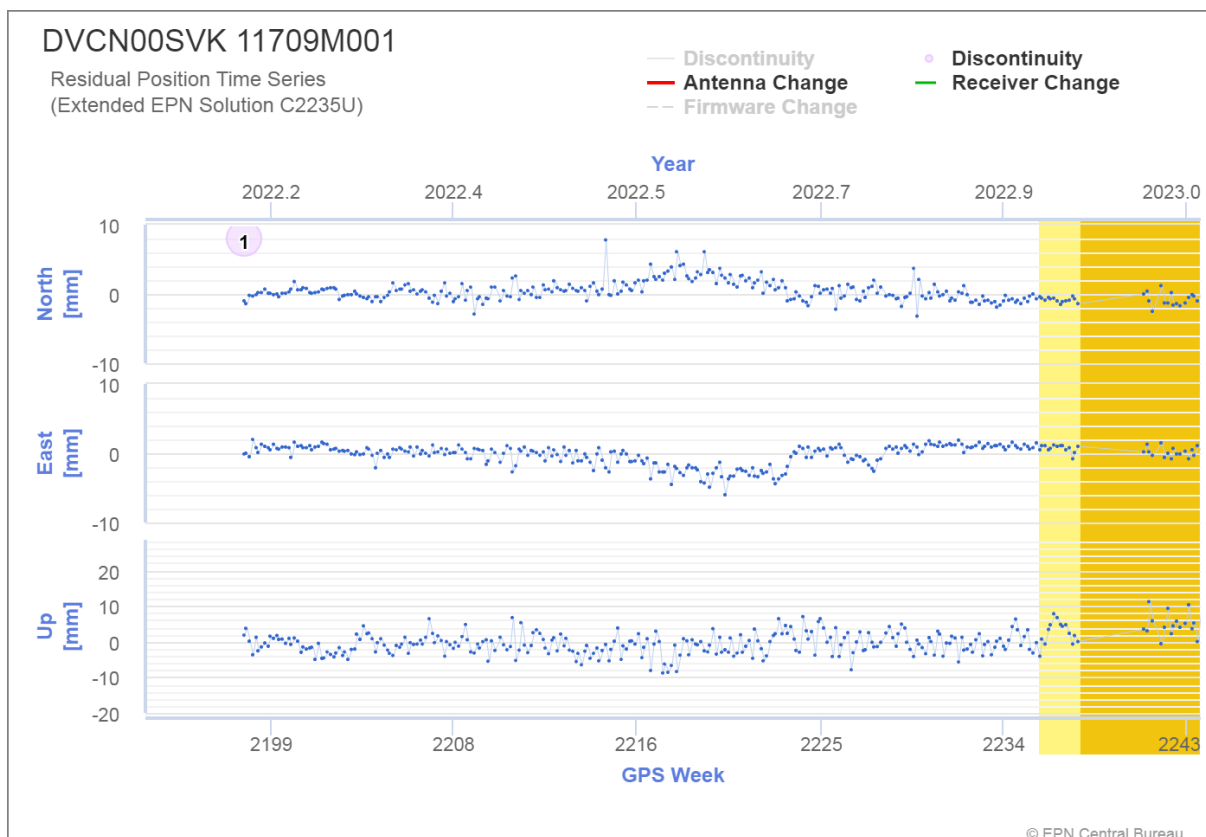
Obr.13 Znáozornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2022



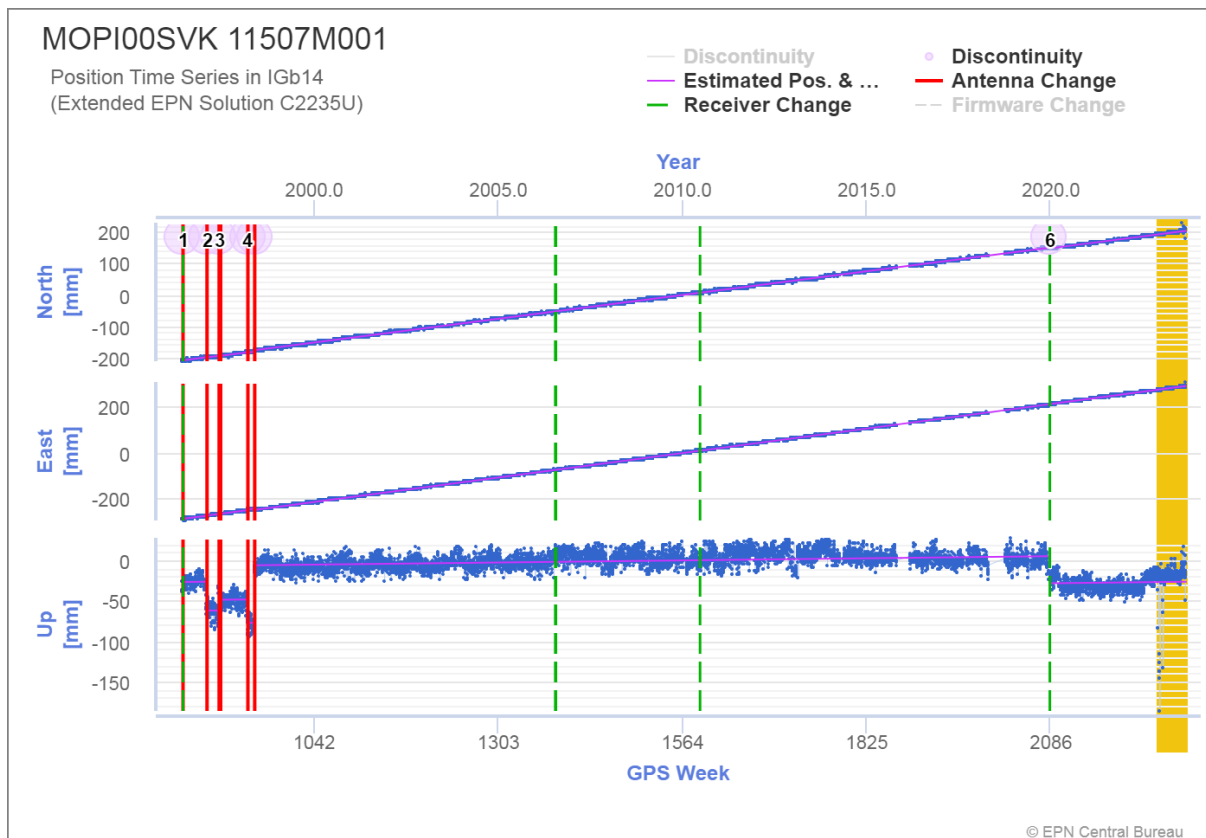
Obr. 14 Znáozornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2022



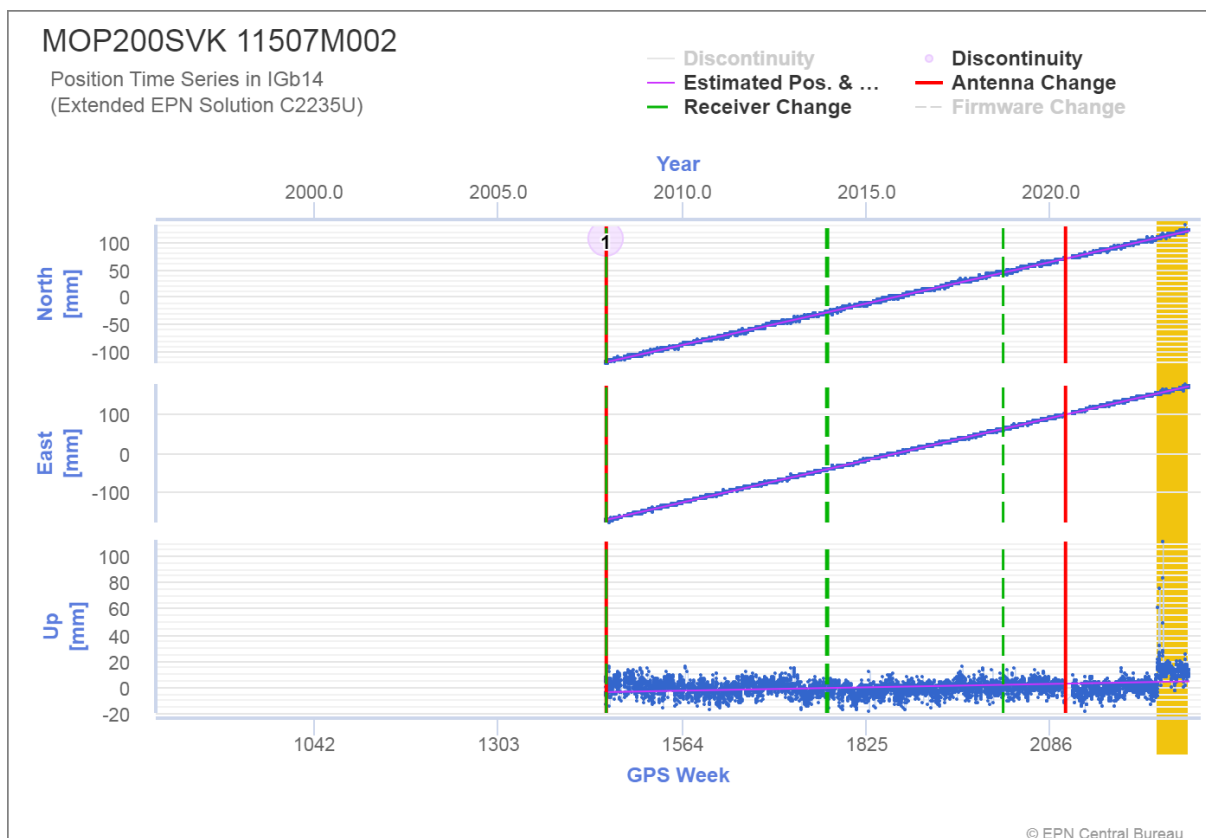
Obr. 15 Znáznornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2022



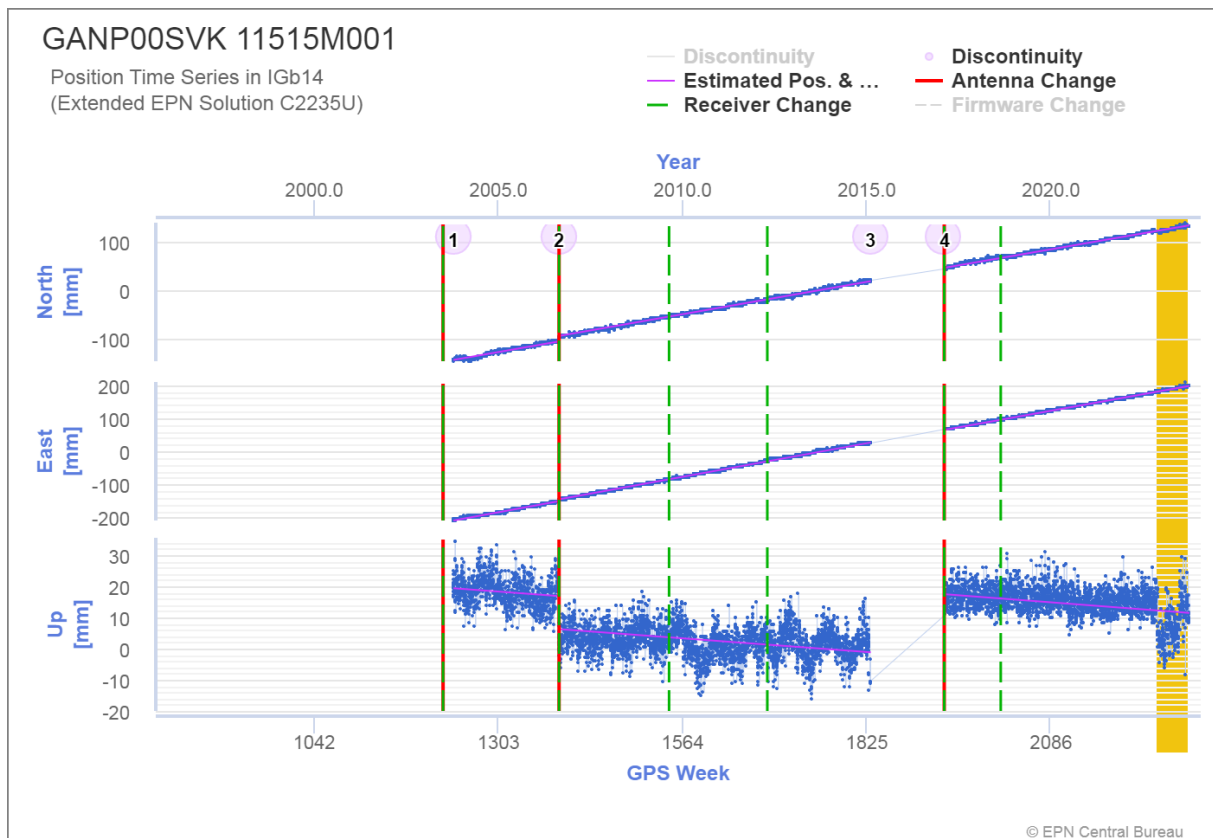
Obr. 16 Znáznornenie pohybu bodu DVCN, detail pre rok 2022



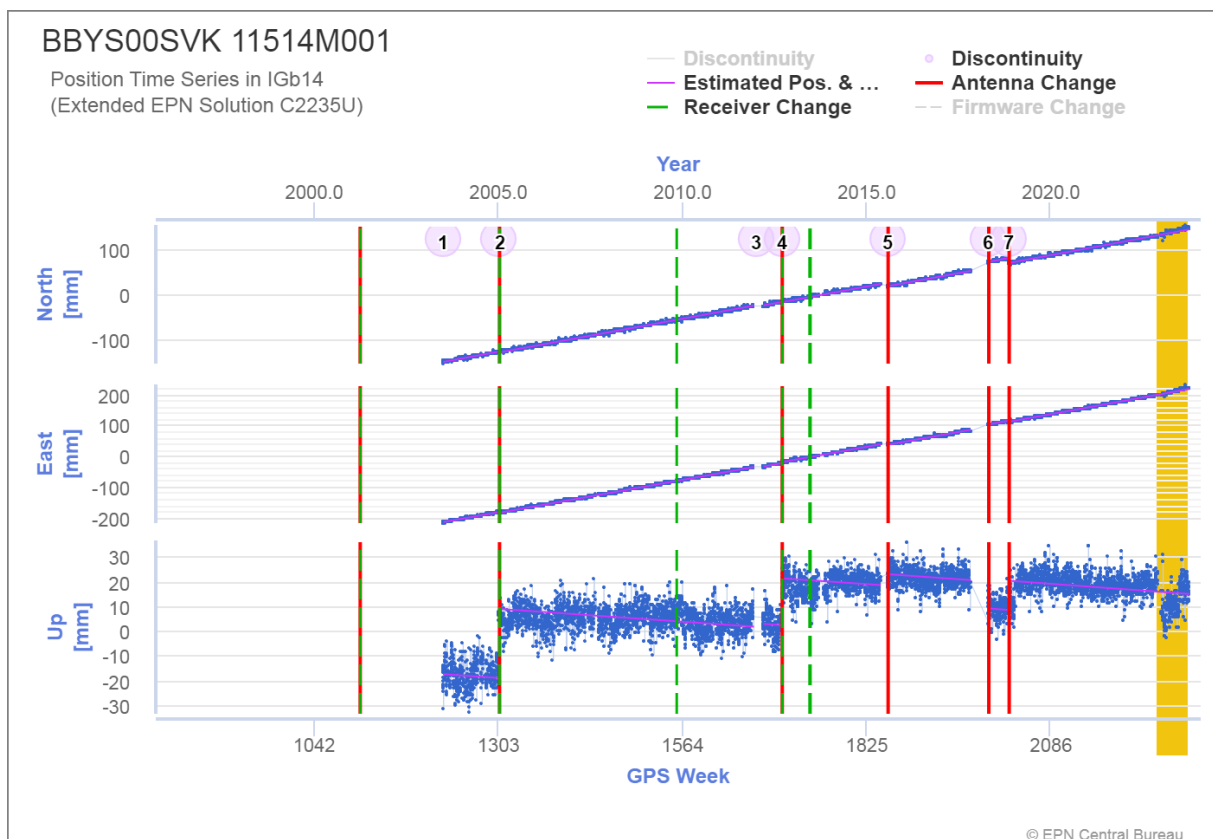
Obr. 17 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



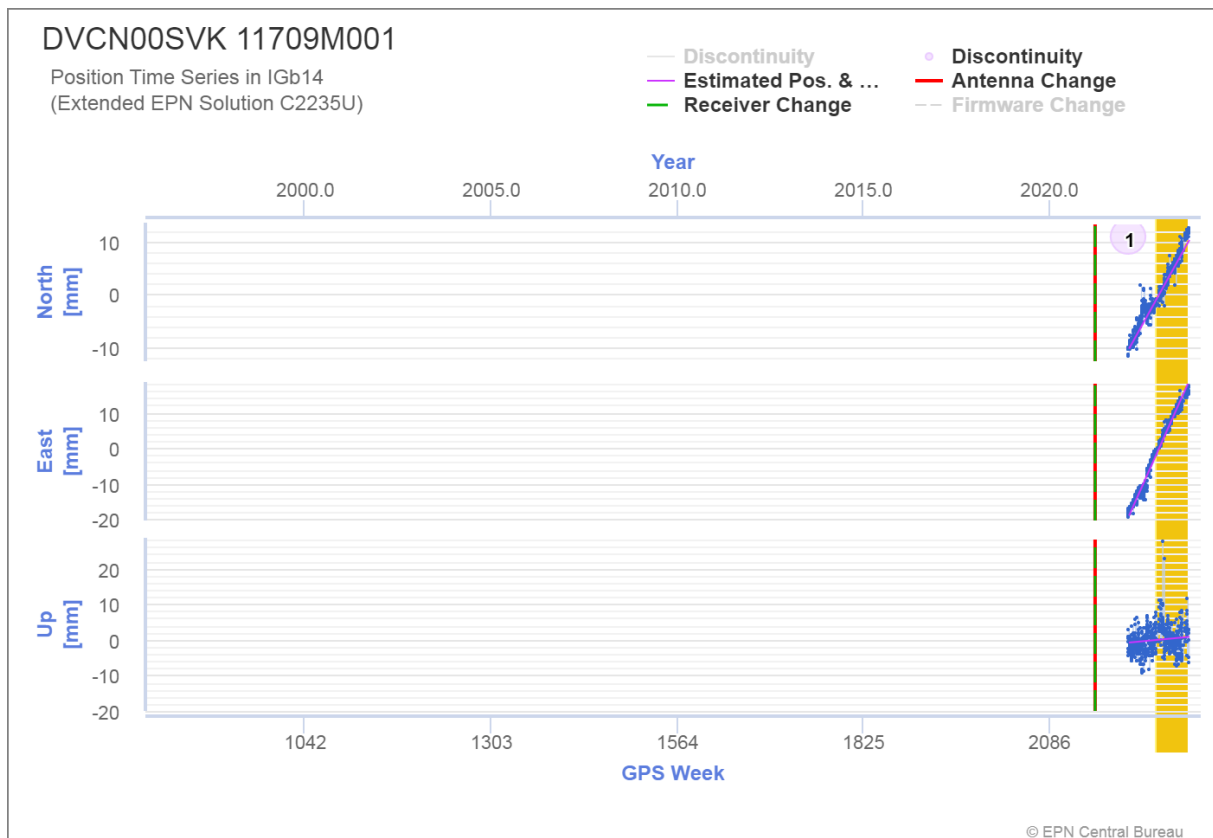
Obr. 18 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



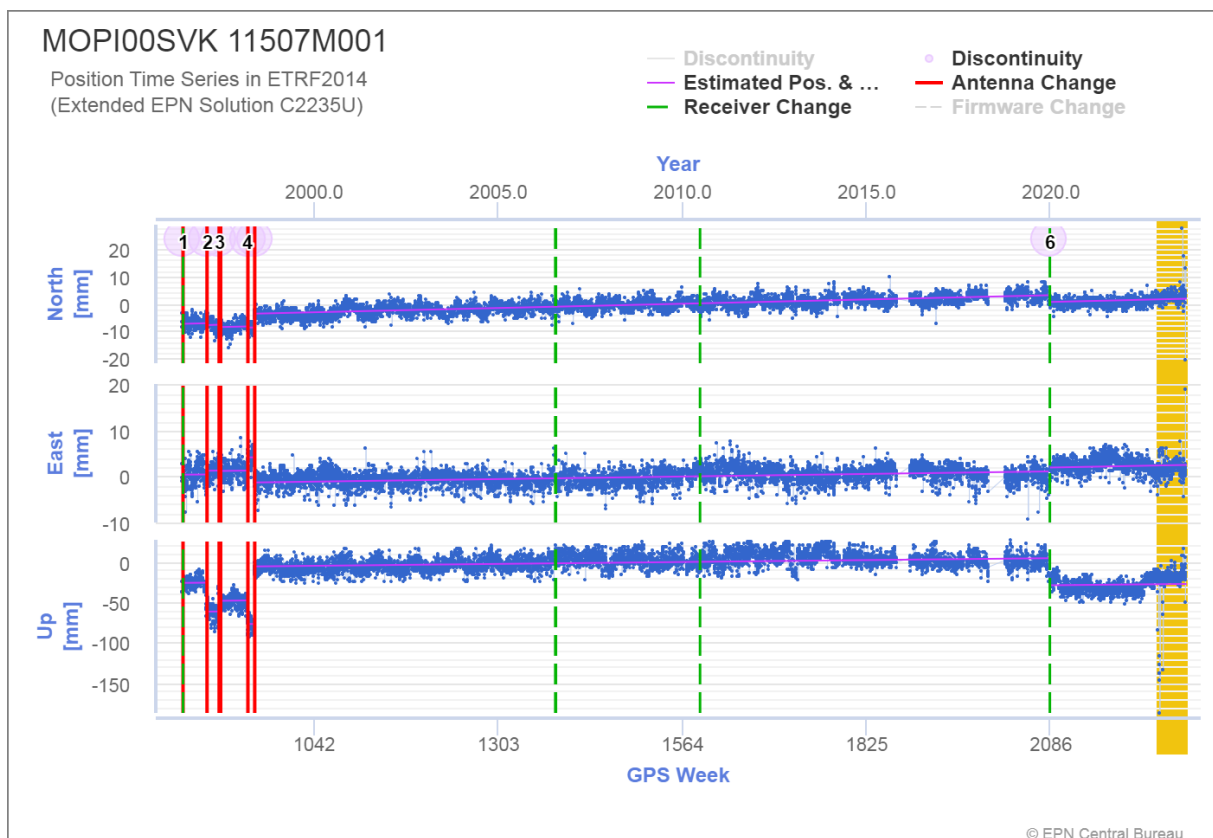
Obr. 19 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ITRS



Obr. 20 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ITRS



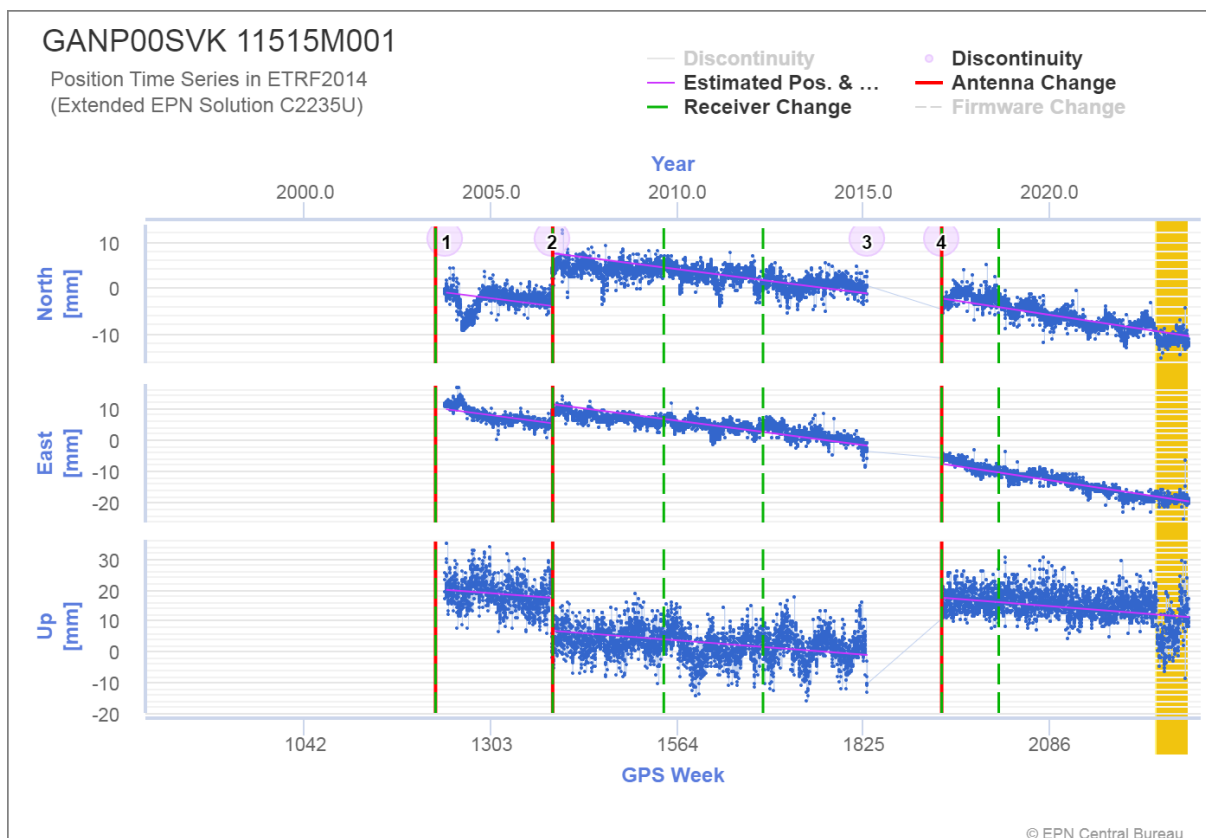
Obr. 21 Znáznorenie pohybu bodu DVCN v ITRS



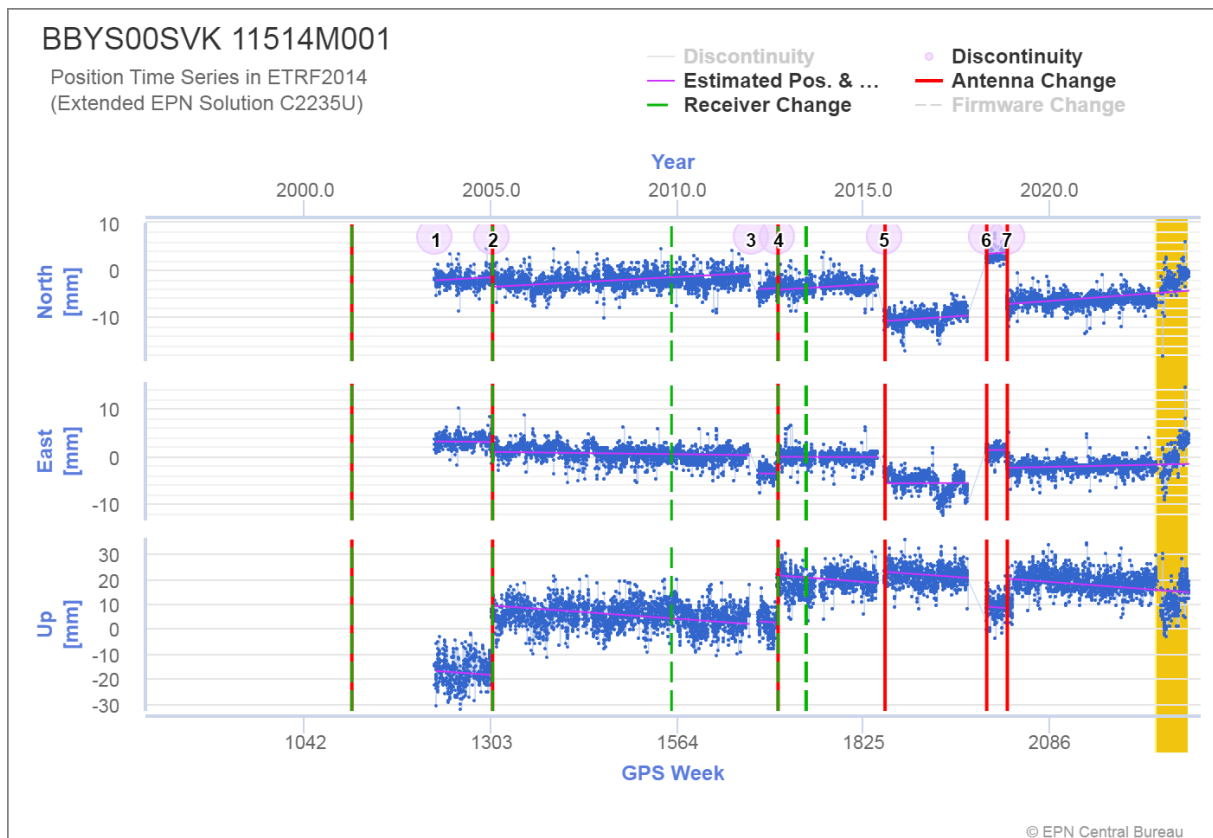
Obr. 22 Znáznorenie pohybu bodu MOPI v ETRS89



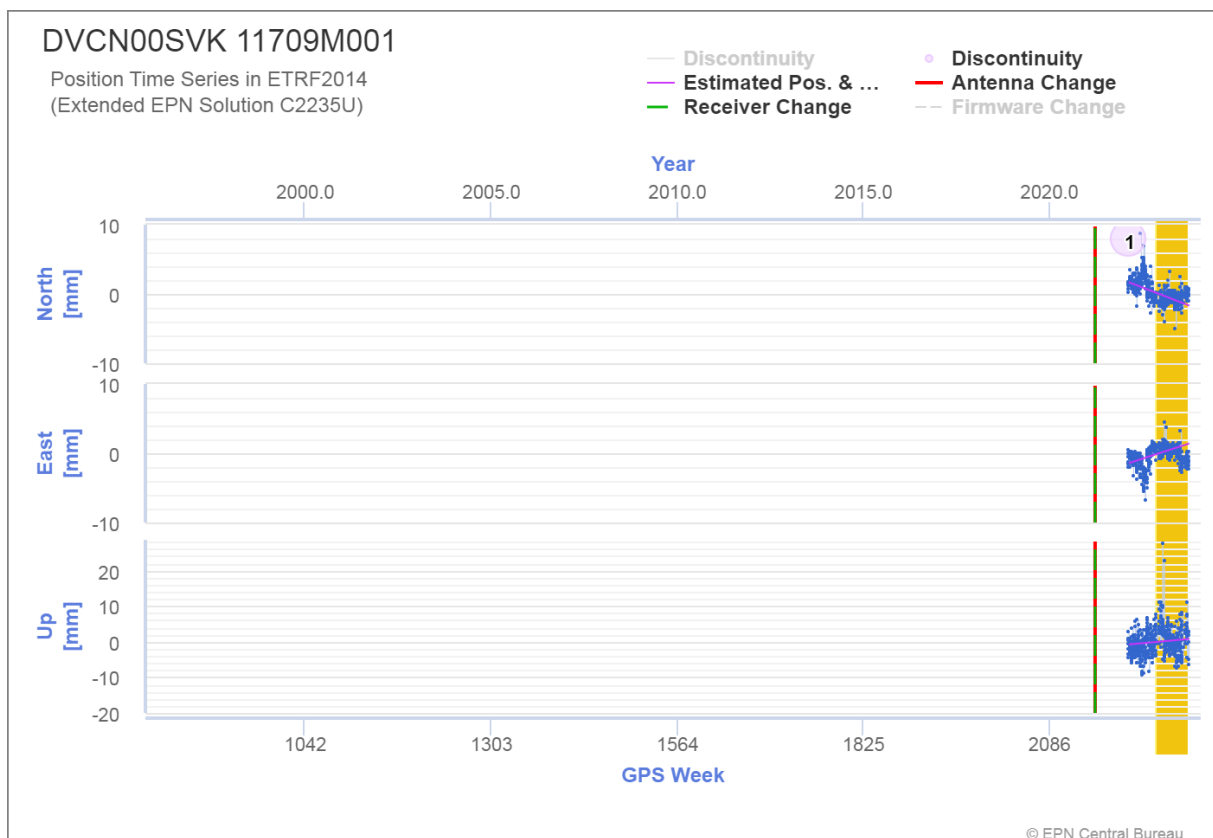
Obr. 23 Znáozornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89



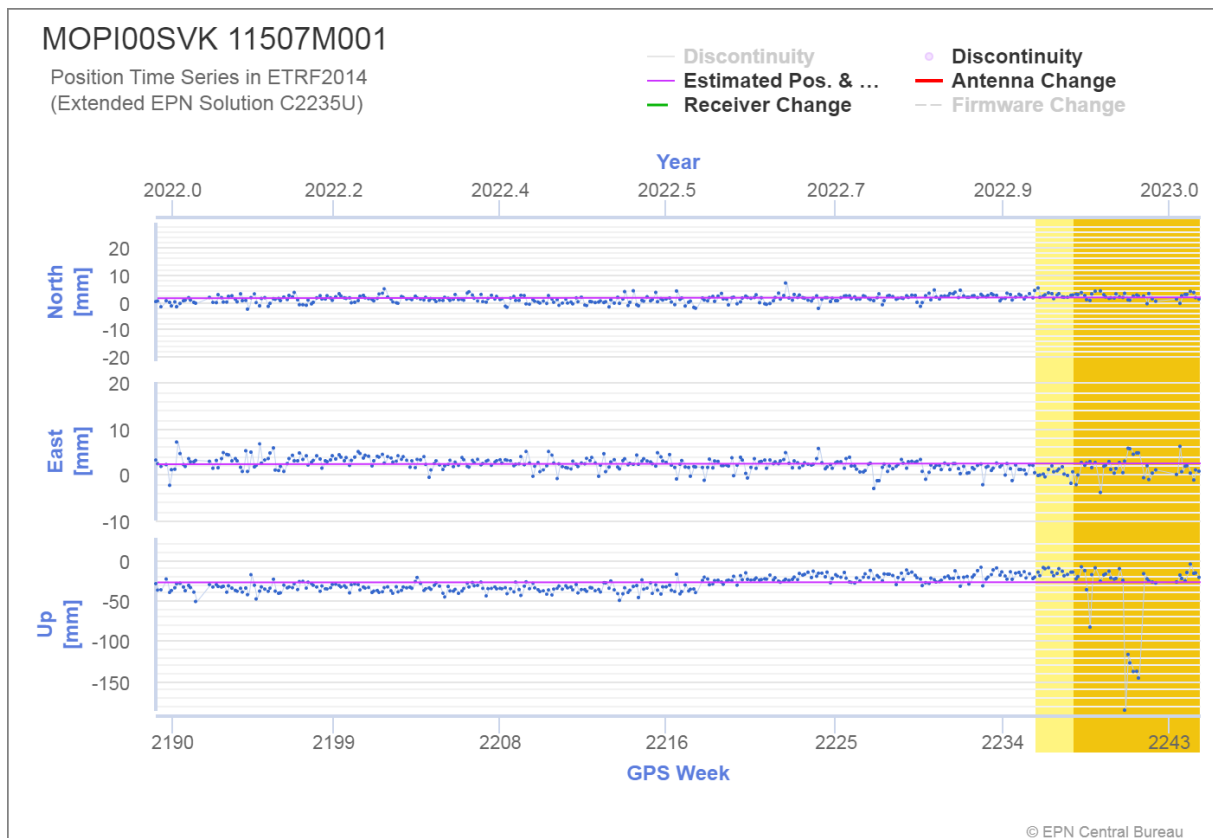
Obr.24 Znáozornenie pohybu bodu GANP v ETRS89



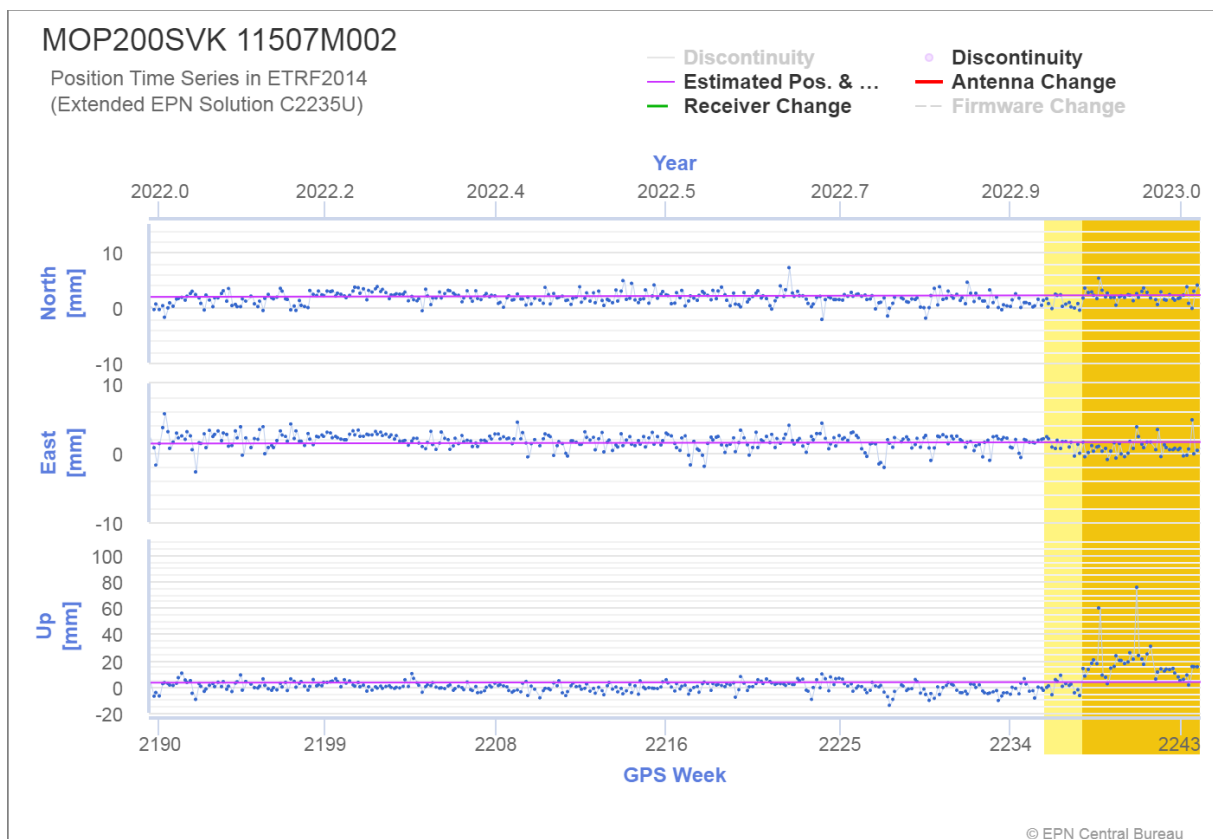
Obr. 25 Znáznorenie pohybu bodu BBYS v ETRS89



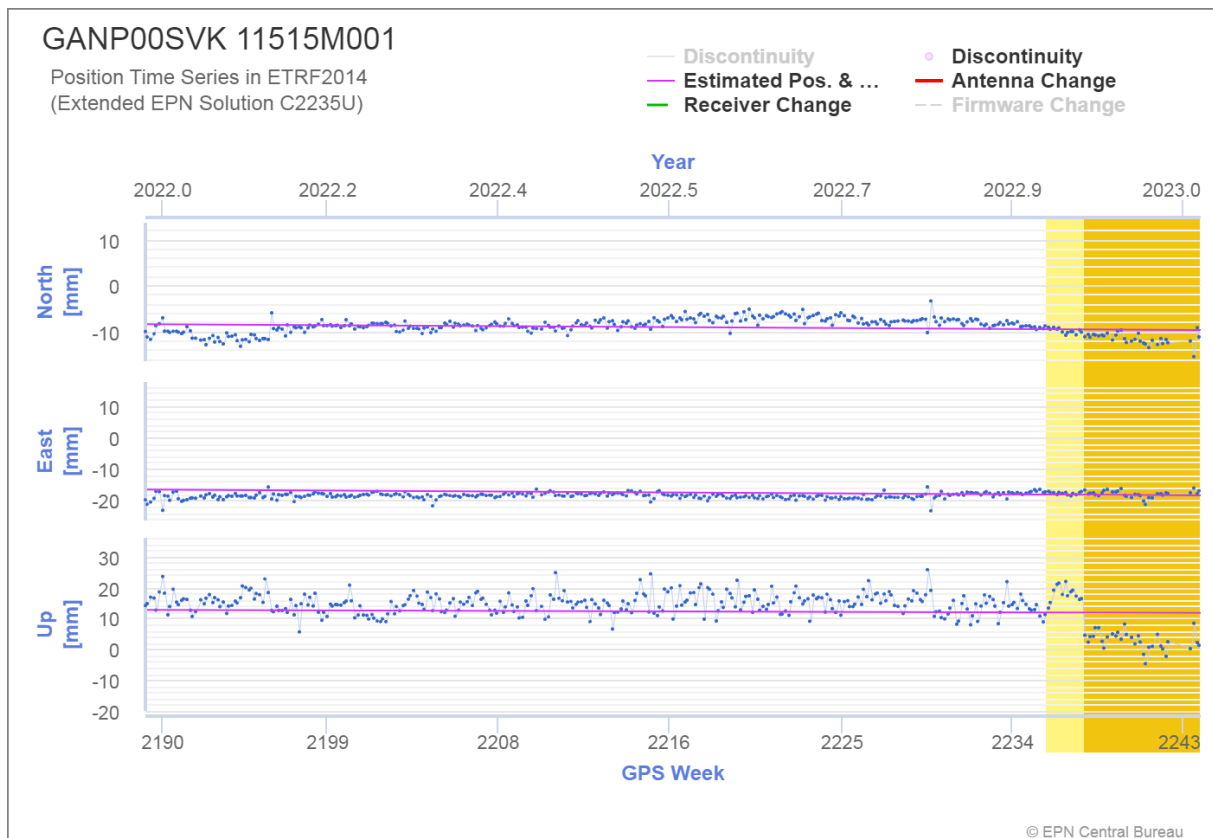
Obr. 26 Znáznorenie pohybu bodu DVCN v ETRS89



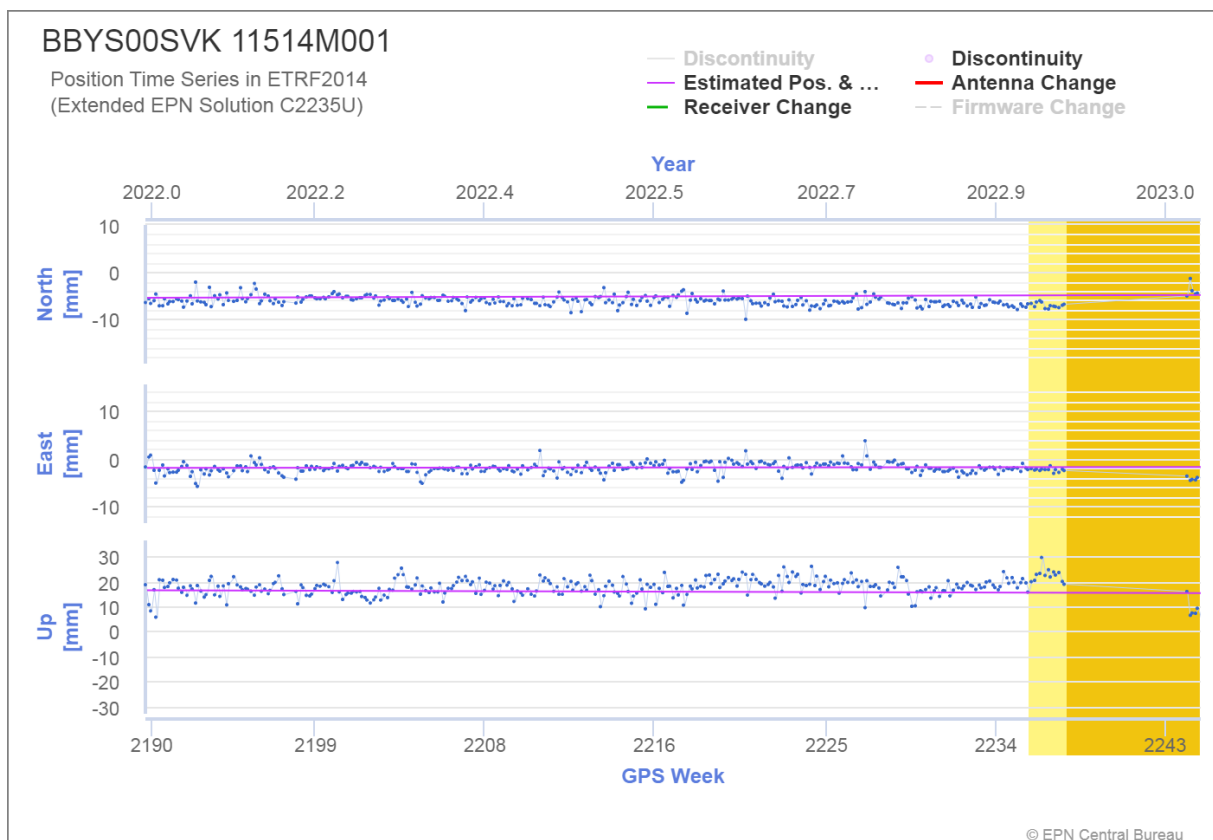
Obr. 27 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89, detail pre rok 2022



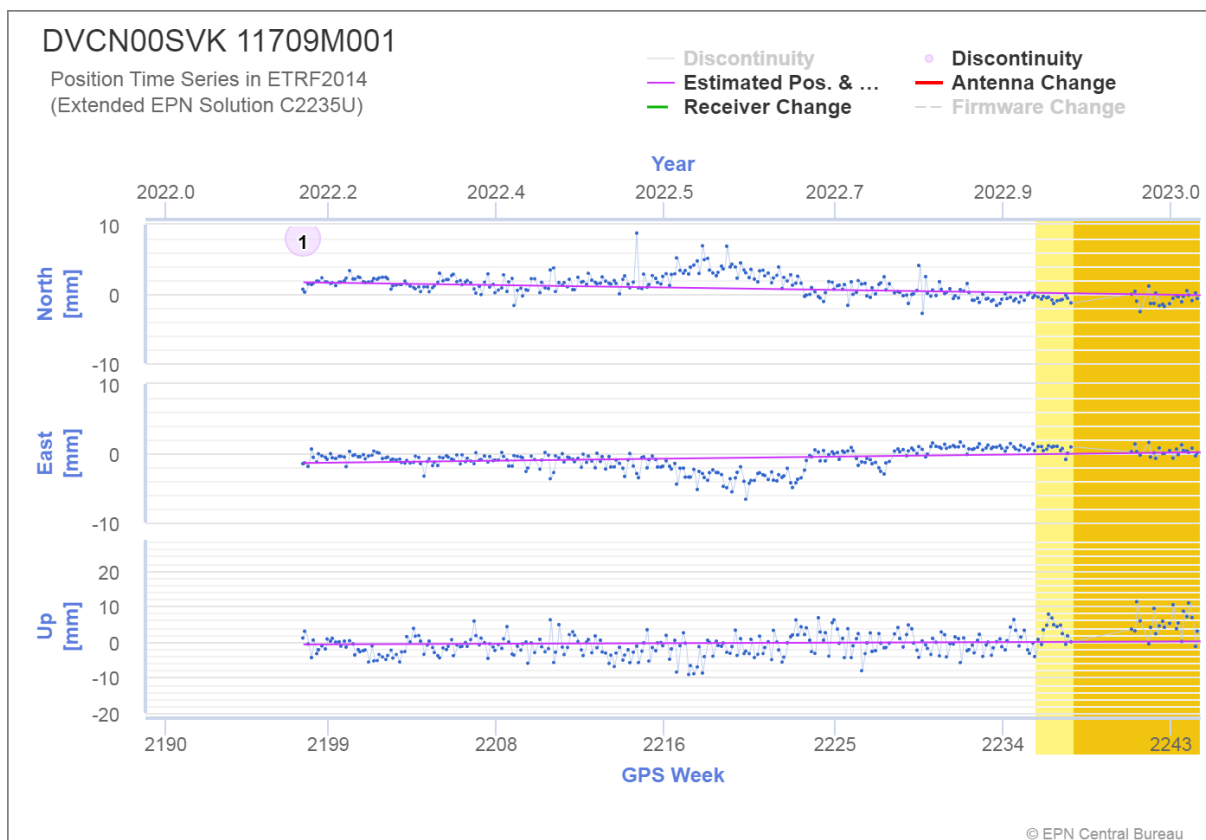
Obr. 28 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89, detail pre rok 2022



Obr. 29 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS89, detail pre rok 2022



Obr. 30 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89, detail pre rok 2022



Obr. 31 Znáznornenie pohybu bodu DVCN v ETRS89, detail pre rok 2022

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

MOPI00SVK - 11507M001 - trieda „A“

ETRF2014	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
355/2019 - 316/2022	001/ 2010	4053738.134 ± 0.000	1260571.325 ± 0.000	4744940.679 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000
142/1998 - 341/2019	001/ 2010	4053738.152 ± 0.000	1260571.330 ± 0.000	4744940.705 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000
074/1998 - 140/1998	001/ 2010	4053738.107 ± 0.001	1260571.323 ± 0.000	4744940.646 ± 0.001	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000
154/1997 - 071/1998	001/ 2010	4053738.126 ± 0.000	1260571.326 ± 0.000	4744940.668 ± 0.001	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000
034/1997 - 152/1997	001/ 2010	4053738.117 ± 0.001	1260571.323 ± 0.000	4744940.658 ± 0.001	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000
163/1996 - 032/1997	001/ 2010	4053738.139 ± 0.001	1260571.329 ± 0.000	4744940.685 ± 0.001	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000

IGS14	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
355/2019 - 316/2022	001/2010	4053737.779 ± 0.000	1260571.684 ± 0.000	4744940.888 ± 0.000	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000
142/1998 - 341/2019	001/2010	4053737.797 ± 0.000	1260571.689 ± 0.000	4744940.913 ± 0.000	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000
074/1998 - 140/1998	001/2010	4053737.752 ± 0.001	cc1260571.682 ± 0.000	4744940.854 ± 0.001	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000
154/1997 - 071/1998	001/2010	4053737.771 ± 0.000	1260571.684 ± 0.000	4744940.876 ± 0.001	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000
034/1997 - 152/1997	001/2010	4053737.762 ± 0.001	1260571.682 ± 0.000	4744940.866 ± 0.001	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000
163/1996 - 032/1997	001/2010	4053737.784 ± 0.001	1260571.688 ± 0.000	4744940.893 ± 0.001	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000

MOP200SVK - 11507M002 - trieda „A“

ETRF2014	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
340/2007 - 316/2022	001/2010	4053742.916 ± 0.000	1260569.389 ± 0.000	4744939.996 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000
IGS14	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
340/2007 - 316/2022	001/2010	4053742.561 ± 0.000	1260569.748 ± 0.000	4744940.204 ± 0.000	-0.0171 ± 0.0000	0.0172 ± 0.0000	0.0102 ± 0.0000

GANP00SVK - 11515M001 - trieda „A“

ETRF2014	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
055/2017 - 316/2022	001/2010	3929181.817 ± 0.000	1455236.462 ± 0.000	4793653.757 ± 0.000	0.0008 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0000	-0.0009 ± 0.0000
239/2006 - 040/2015	001/2010	3929181.804 ± 0.000	1455236.462 ± 0.000	4793653.745 ± 0.000	0.0008 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0000	-0.0009 ± 0.0000
286/2003 - 231/2006	001/2010	3929181.821 ± 0.000	1455236.463 ± 0.000	4793653.749 ± 0.000	0.0008 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0000	-0.0009 ± 0.0000

IGS14	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
055/2017 - 316/2022	001/2010	3929181.444 ± 0.000	1455236.812 ± 0.000	4793653.957 ± 0.000	-0.0169 ± 0.0000	0.0153 ± 0.0000	0.0086 ± 0.0000
239/2006 - 040/2015	001/2010	3929181.430 ± 0.000	1455236.812 ± 0.000	4793653.945 ± 0.000	-0.0169 ± 0.0000	0.0154 ± 0.0000	0.0086 ± 0.0000
286/2003 - 231/2006	001/2010	3929181.448 ± 0.000	1455236.812 ± 0.000	4793653.949 ± 0.000	-0.0169 ± 0.0000	0.0154 ± 0.0000	0.0086 ± 0.0000

BBYS00SVK - 11514M001 - trieda „A“

ETRF2014	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
317/2018 - 316/2022	001/2010	3980359.095 ± 0.000	1382291.824 ± 0.000	4772771.804 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
115/2018 - 315/2018	001/2010	3980359.080 ± 0.000	1382291.822 ± 0.000	4772771.803 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
214/2015 - 300/2017	001/2010	3980359.100 ± 0.000	1382291.820 ± 0.000	4772771.803 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
260/2012 - 139/2015	001/2010	3980359.091 ± 0.000	1382291.823 ± 0.000	4772771.805 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
072/2012 - 252/2012	001/2010	3980359.082 ± 0.000	1382291.815 ± 0.000	4772771.792 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
012/2005 - 343/2011	001/2010	3980359.080 ± 0.000	1382291.818 ± 0.000	4772771.794 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
185/2003 - 010/2005	001/2010	3980359.063 ± 0.000	1382291.814 ± 0.000	4772771.776 ± 0.000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0002 ± 0.0000
IGS14	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
317/2018 - 316/2022	001/2010	3980358.729 ± 0.000	1382292.177 ± 0.000	4772772.008 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000
115/2018 - 315/2018	001/2010	3980358.714 ± 0.000	1382292.175 ± 0.000	4772772.006 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000
214/2015 - 300/2017	001/2010	3980358.733 ± 0.000	1382292.174 ± 0.000	4772772.006 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000
260/2012 - 139/2015	001/2010	3980358.725 ± 0.000	1382292.176 ± 0.000	4772772.009 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000

072/2012 - 252/2012	001/2010	3980358.716 ± 0.000	1382292.168 ± 0.000	4772771.995 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000
012/2005 - 343/2011	001/2010	3980358.714 ± 0.000	1382292.171 ± 0.000	4772771.998 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000
185/2003 - 010/2005	001/2010	3980358.697 ± 0.000	1382292.167 ± 0.000	4772771.980 ± 0.000	-0.0177 ± 0.0000	0.0165 ± 0.0000	0.0094 ± 0.0000

DVCN00SVK - 11507M002 - trieda „B“

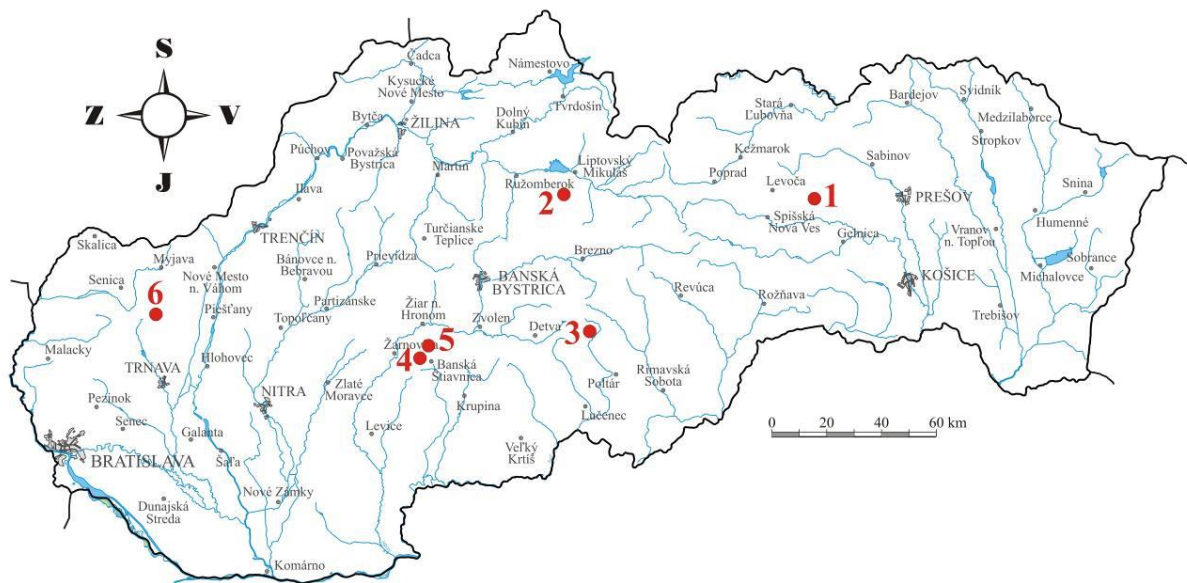
ETRF2014	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
051/2022 - 316/2022	177/2022	4026497.367 ± 0.000	1361546.915 ± 0.000	4739882.156 ± 0.000	NA	NA	NA
IGS14	Epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
051/2022 - 316/2022	177/2022	4026496.788 ± 0.000	1361547.484 ± 0.000	4739882.484 ± 0.000	NA	NA	NA

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 38-mi 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, na Špicbergoch (Štemberk et al., 2015) a ďalších krajinách sveta.

3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pohyby pozdĺž zlomov boli v roku 2022 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených v nasledovných lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipel', Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda (*obr. 32*).



Obr. 32 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2022 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami TM-71. 1 – Branisko, 2 – Demänovská jaskyňa Slobody, 3 – Ipeľ, 4 – Banská Hodruša, 5 – Vyhne, 6 – Dobrá Voda.

Branisko

Lokalitu reprezentuje úniková 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. 33).



ného veporika (Polák, a Jacko, 1996). Na tomto styku bol koncom roka 2000 inštalovaný jeden dilatometer TM-71 (obr. 33).

Obr. 33 Inštalácia dilatometra TM-71 v únikovej štôľni 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 kryštalický fundament a obalové mezozoické jednotky. Ďalšie dve príkrovové štruktúry sú v príkrovej pozícii a sú tvorené väčšinou vápencami a dolomitmi. Paleogénne sedimenty v širšom okolí jaskyne sú súčasťou post-tektonickej 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. 34*), ktorá má približne smer SZ-JV.



Na zbere údajov sa podieľali aj pracovníci Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, RNDr. Juraj Littva, PhD. a Pavol Staník.

Obr. 34 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-malčovský 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 kryštalického 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 štólňi Izabela, bol v roku 2002 inštalovaný dilatometer *TM-71* (*obr. 35*).

Banská Hodruša (Hámre)

Lokalita sa nachádza v Štiavnických vrchoch, asi 9 km na Z od Banskej Štiavnice. Na inštaláciu dilatometra *TM-71* (*obr. 36*) bolo vybraté miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štôlne Starovšechsvätých. Štôľňa je vyrazená v kremenko-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. 35 Inštalácia dilatometra TM-71 v prieskumnej štôľni Izabela v lokalite Ipeľ



Obr. 36 Inštalácia dilatometra TM-71 v štôľni Starovšechsvätých 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. 37*). Štôľňa bola vyrazená v tektonicky porušených porfyrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula).



Obr. 37 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štólňi 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. 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 v tejto lokalite z 9. 1. 1906 malo epicentrálnu intenzitu $I_0 = 8,5^\circ$ MSK-64 (23 hod 07 min, 48,58° N, 17,46° E, $h = 10$ km, $M_L = 5,7$).

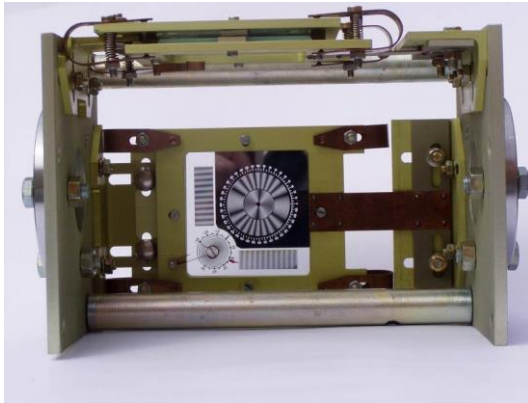


V máji roku 2004 bol Ústavom štruktúry a mechaniky hornin Akadémie Vied ČR, v. v. i. Praha (ÚSMH AV ČR) na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 38). Zber údajov systematicky zabezpečuje pracovník ústavu, RNDr. Miloš Briestenský, PhD.

Obr. 38 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 2022 používali mechanicko-optické dilatometre typu *TM-71* (obr. 39). Prístroj je možné merať veľmi pomalé posuny, t. j. $\leq 0,01$ mm a rotácie 0,01 gr. Merania sa reali-



zujú 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 V3.1 (Stercz, 2021) programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.

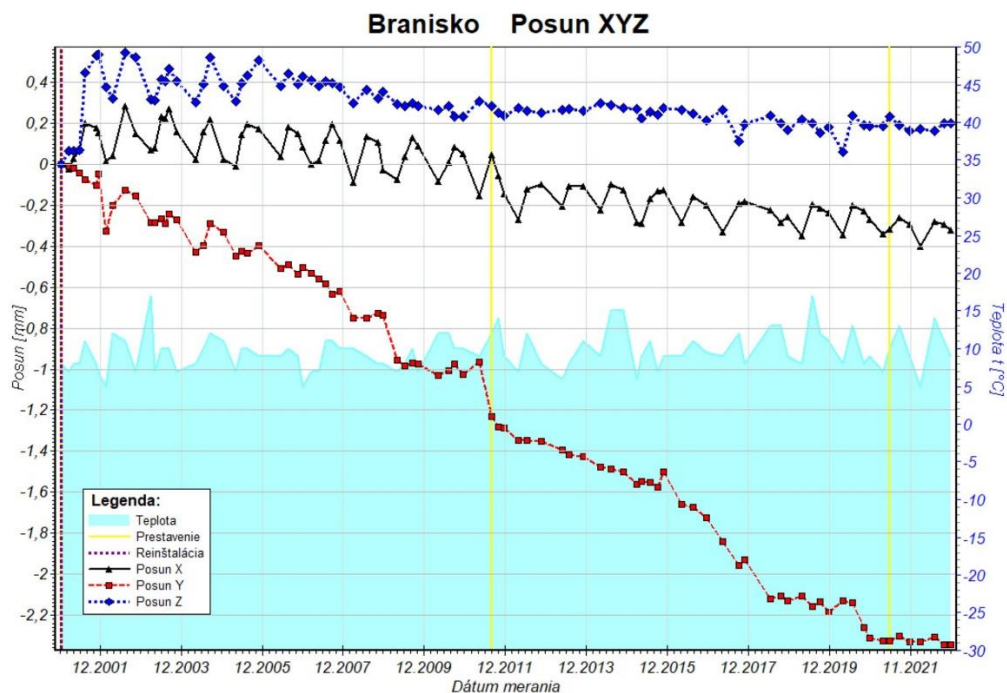
Obr. 39 Mechanicko-optický dilatometer typu *TM-71*

Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2022 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 9x – Vyhne, 9x – Dobrá Voda, 4x – Branisko, Banská Hodruša-Hámre, Ipel' a Demänovská jaskyňa Slobody. Odčítania v lokalite Dobrá Voda zabezpečovali kolegovia z ÚSMH AV ČR. Fotodokumentáciu prístroja vo Vyhniach zabezpečovali pracovníci Geofyzikálneho odboru Ústavu vied o Zemi SAV. 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.

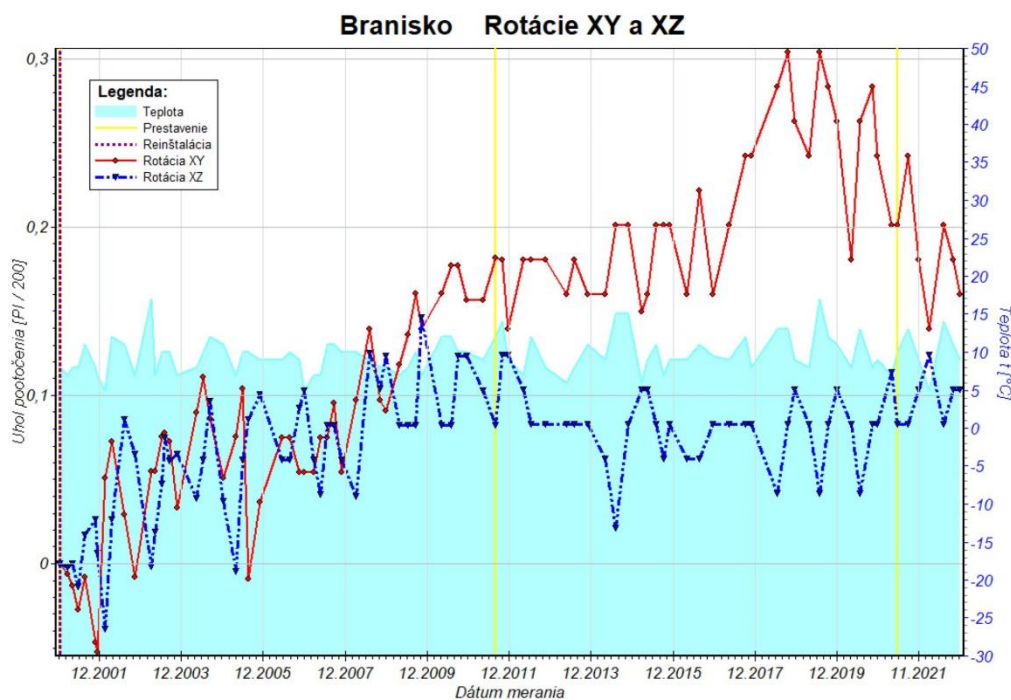
3.3 Výsledky monitorovania

Branisko

Hoci výsledky meraní v rokoch 2021 a 2022 preukázali iba minimálny posun (0,004 a 0,015 mm) pozdĺž šindliarskeho zlomu (v smere osi *Y*), dlhodobý trend narastania tohto šmykového pohybu je stále zrejmy. Berúc do úvahy vzájomnú priestorovú orientáciu dilatometra a monitorovaného zlomu je tento pohyb interpretovaný ako pravostranný posun. Jeho celková hodnota dosiahla koncom novembra 2021 hodnotu 2,328 mm, koncom roku 2023 už 2,343 mm (obr. 40). Priemerná rýchlosť pohybu za obdobie 22 rokov je $0,106 \text{ mm.rok}^{-1}$. Šmykový pohyb už v minulosti spôsobil vznik niekoľkých trhlín po oboch stranách zlomu v samotnej tunelovej rúre. Dlhodobý trend otvárania trhliny (pohyb v smere osi *X*) je zrejmy, avšak v posledných 5 rokoch sa spomalil. Priemerná rýchlosť otvárania trhliny je $0,015 \text{ mm.rok}^{-1}$. Celkové otvorenie trhliny dosiahlo na konci roka hodnotu 0,321 mm.



Obr. 40 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2022.



Obr. 41 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2022.

Trend dlhodobého poklesu (os Z) východného bloku (hanging wall) je veľmi pomalý, ale je zreteľný. Od roku 2017 sa pokles udržiava približne pri hodnote 0,2 mm, čo by sa dalo označiť ako stagnácia. Celkový pokles za 22 rokov meraní dosiahol 0,201 mm. Priemerná rýchlosť

poklesávania je $0,009 \text{ mm.rok}^{-1}$. Zrejmy trend rotačného pohybu v rovine XY sa koncom roka 2017 zmenil na stagnáciu až opačný pohyb, v rovine XZ pohyb stagnuje od roku 2007 (*obr. 41*). V oboch prípadoch ide o zanedbateľné hodnoty (do 0,31 gr). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na JJZ.

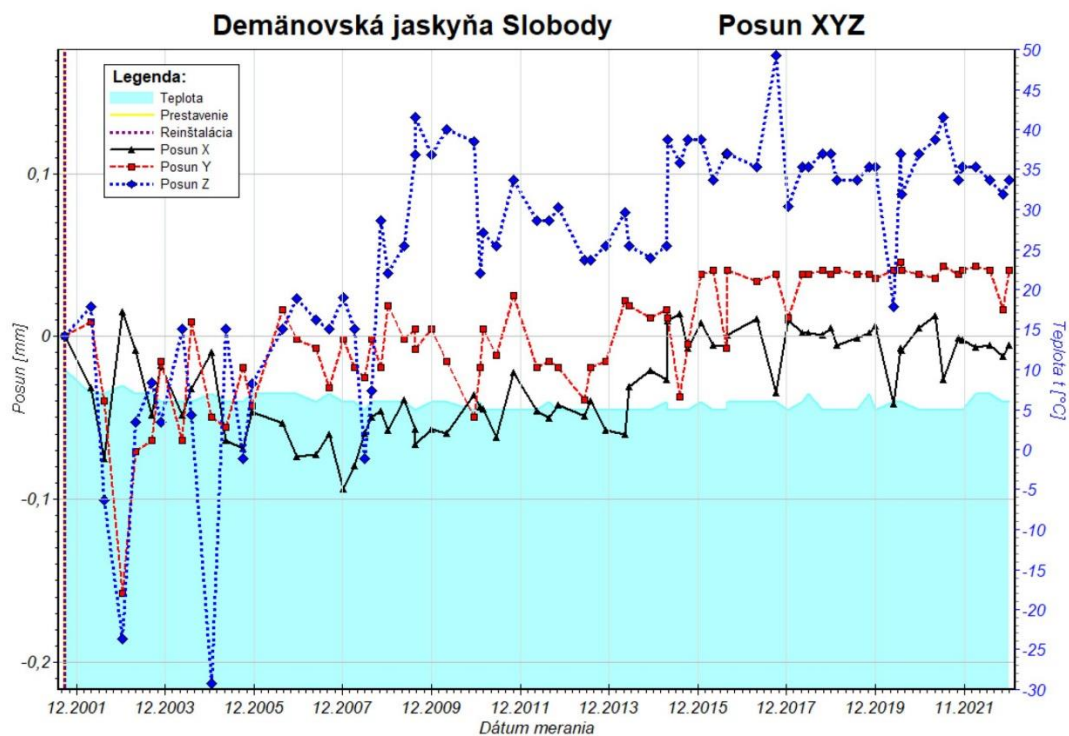
Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Prevádzkovateľ tunela, Národná diaľničná spoločnosť (NDS), bude o doterajšom vývoji pohybov na zlome písomne informovaná formou krátkej správy. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity v nasledujúcom období bude NDS okamžite poskytnutá príslušná informácia.

Demänovská jaskyňa Slobody

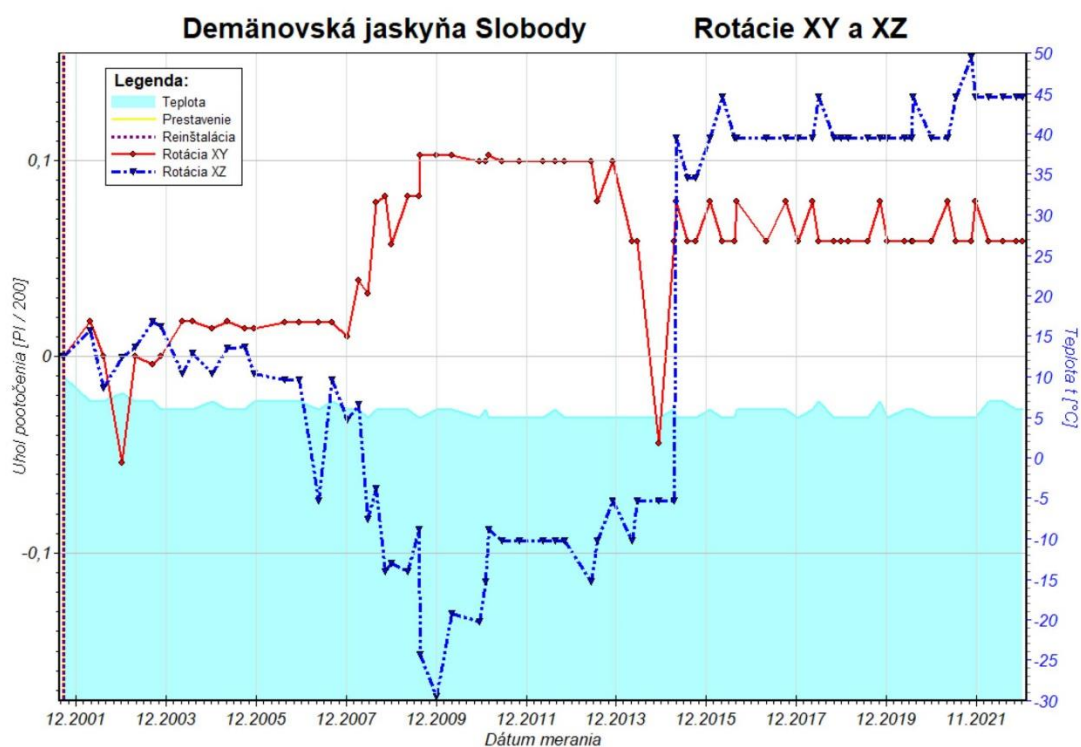
Od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru do roku 2015 bola zistená mierna pohybová aktivita pozdĺž všetkých troch osí X, Y a Z (*obr. 42*). Slabý, ale najvýznamnejší pohyb, bol zistený v smere osi Z (vertikálny pohyb pozdĺž zlomovej poruchy – os Z), ktorý je interpretovaný ako pokles východného bloku (hanging wall). V priebehu týchto rokov sa trikrát trend zmenil na opačný. Pokles od roku 2015 stagnuje na úrovni cca 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011 a 2020). Otváranie trhliny (posun v smere osi X) aj šmykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os Y) od roku 2015 tiež stagnujú, pričom celkové pohyby nepresiahli 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska je však trend nárastu pohybu pozdĺž oboch osí napriek malým hodnotám zrejmy. Šmykový pohyb sa interpretuje ako pravostranný. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (*obr. 43*) a v priestore indikujú pravotočivý pohyb východného bloku.

Ipeľ

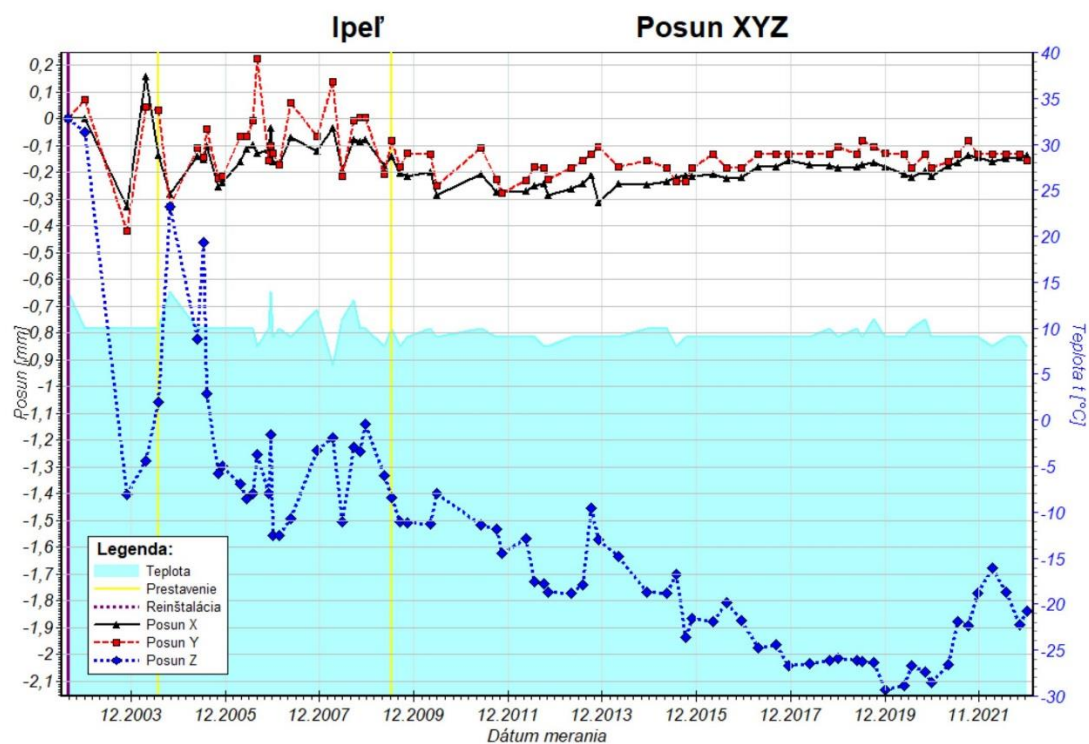
Trend dlhodobého (20 rokov) pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný. V roku 2020 pohyb stagnoval a ustálil sa na celkovej hodnote 2,107 mm (*obr. 44*). V roku 2021 bol zaznamenaný zvrät v trende poklesu v hodnote -0,335 mm. Začiatkom roku 2022 sa pokles zväčšil o ďalších 0,093 mm, avšak do jeho konca sa opäť zmenšil o 0,159 mm. Hodnota celkového poklesu v závere roku 2022 dosiahla 1,838 mm. Spoľahlivé vysvetlenie tejto oscilácie vertikálnej zložky pohybu bude možné urobiť po meraniach v ďalších rokoch. Pohyb v smere osí X (otváranie trhliny) a Y (posun pozdĺž zlomu) sa dlhodobo (od roku 2017) pohybuje v rozmedzí 0,1 – 0,2 mm, čo možno označiť za stagnáciu. Rotácie blokov v rovinách XY a XZ sú zanedbateľné (*obr. 45*).



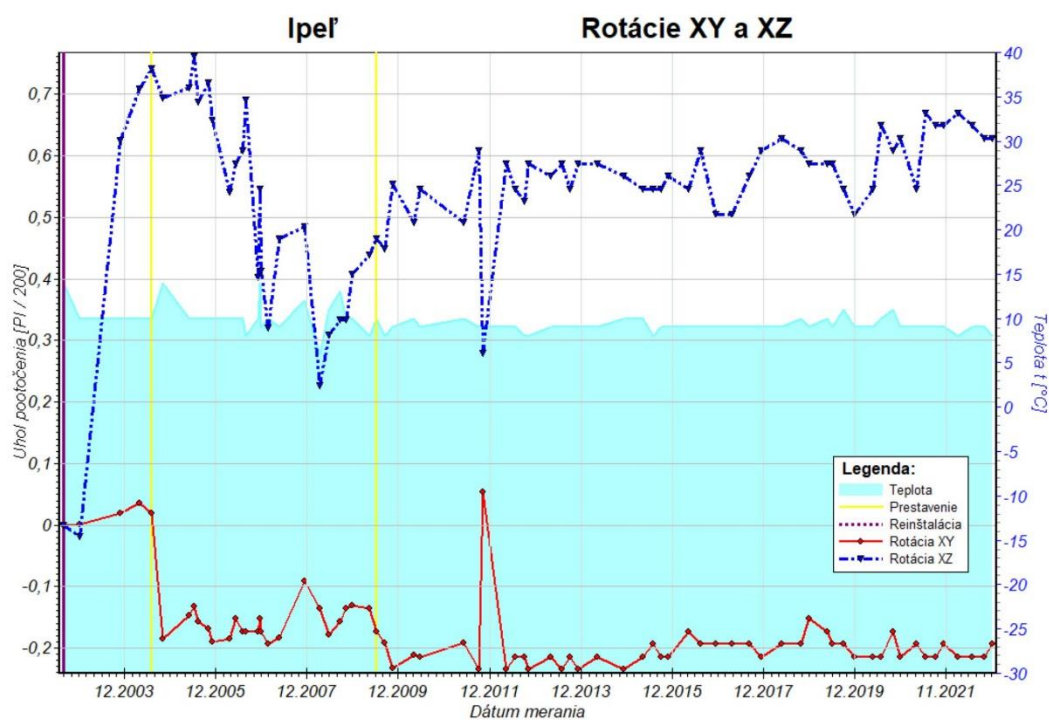
Obr. 42 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi X, Y a Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2022.



Obr. 43 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2022.



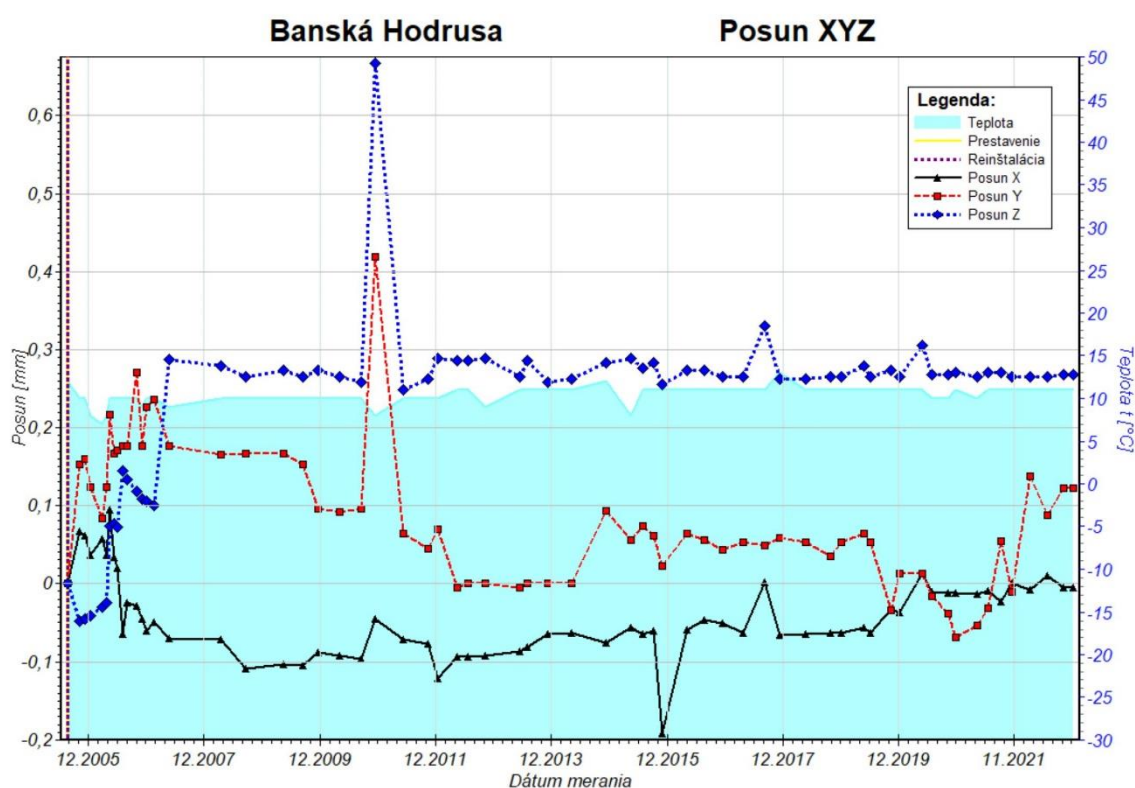
Obr. 44 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štólňi Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2022.



Obr. 45 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štólňi Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2022.

Banská Hodruša (Hámre)

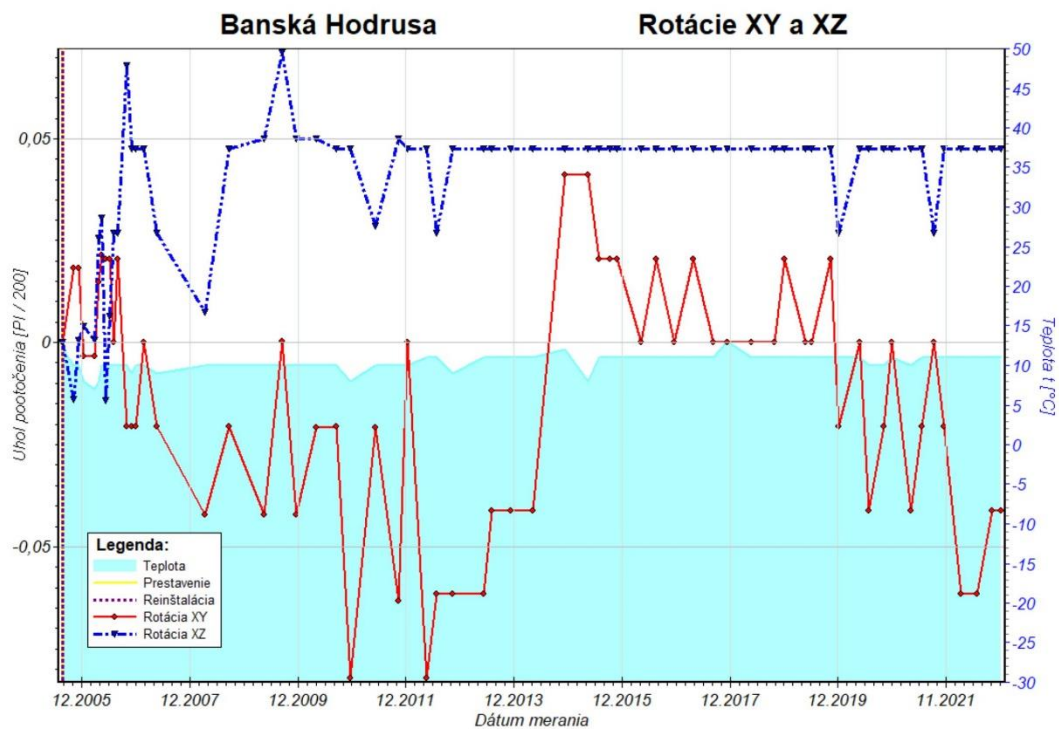
Merania mikroposunov v danej lokalite aj v posledných dvoch rokoch preukázali stagnáciu v smere osi Z (pokles jedného z blokov) na úrovni cca 0,270 mm, ktorá začala v roku 2007 (obr. 46). Otváranie trhliny (posun v smere osi X) v rokoch 2021 a 2022 vzrástlo iba minimálne a dosiahlo celkovú úroveň -0,005 mm. Dlhodobý šmykový posun pozdĺž zlomu (os Y) sa v polovici roku 2021 zvrátil z celkovej hodnoty -0,031 mm na 0,138 mm v marci 2022 a do konca roka sa výraznejšie nezmenil (0,123 mm). Vysvetlenie tohto vývoja pohybu bude možné až v najbližších rokoch. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zanedbateľné (obr. 47).



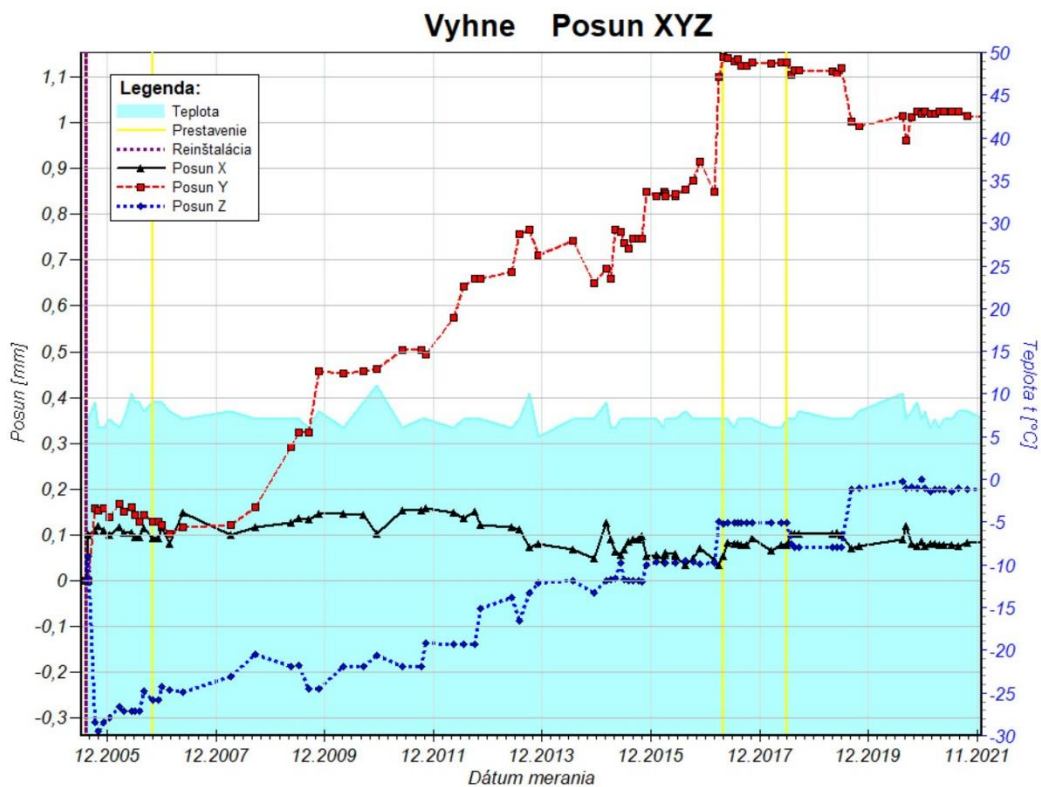
Obr. 46 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zistený dilatometrom TM-71 v štôlni Všetechsvätých (stará) lokalite Banská Hodruša za obdobie rokov 2005 – 2022.

Vyhne

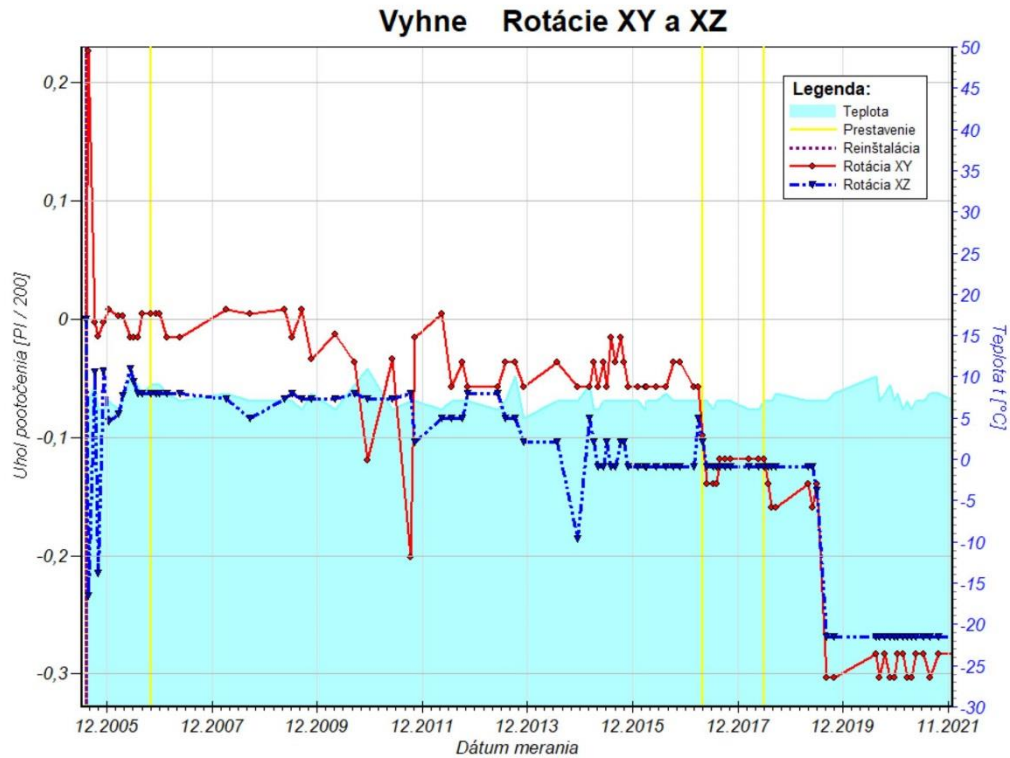
Za posledné dva roky (2021 a 2022) potvrdil prístroj stagnáciu pohybov v smere všetkých troch osí. Otváranie trhliny (os X) v podstate stagnuje od začiatku meraní, t. j. od roku 2005 okolo hodnoty 0,1 mm (obr. 48). Pokles jedného z tektonických blokov (os Z) stagnuje od konca roka 2019 na úrovni 0,2 mm a šmykový posun pozdĺž zlomu (os Y) blízko hodnoty 1 mm. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) sú bezvýznamné (obr. 49).



Obr. 47 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 – 2022.



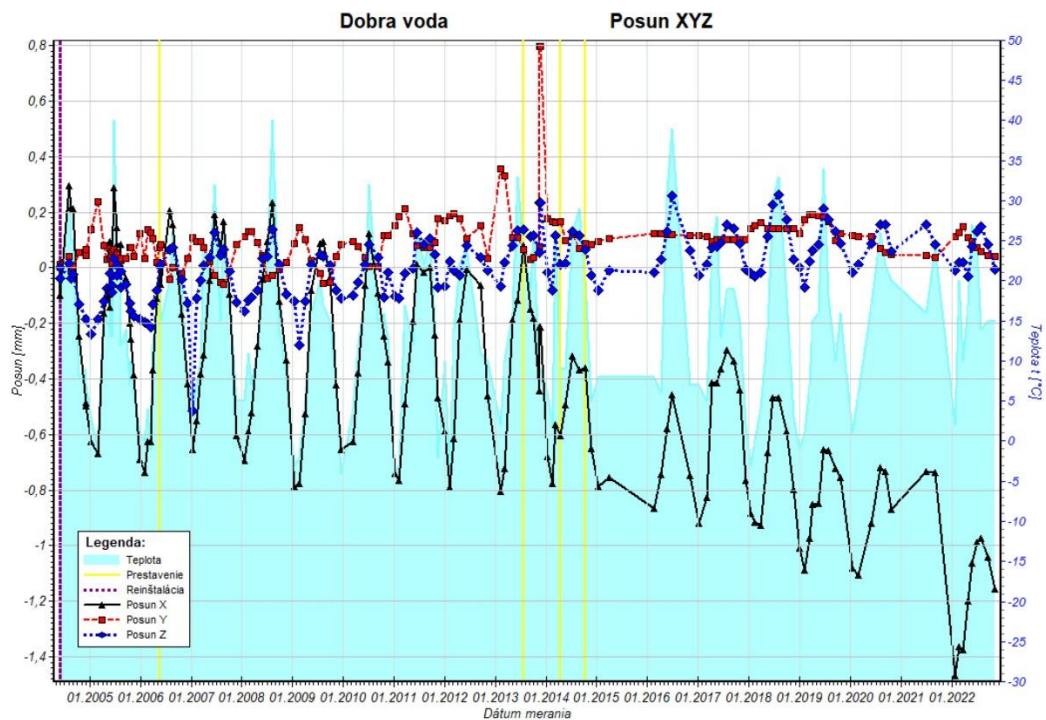
Obr. 48 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štólňi sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2022.



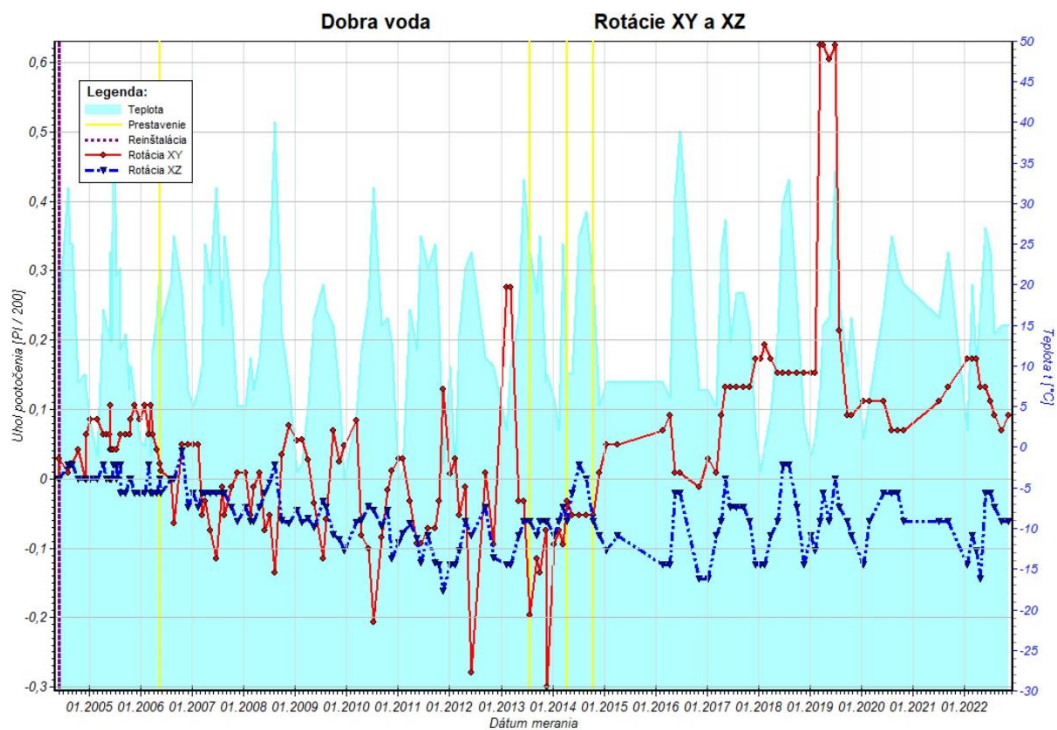
Obr. 49 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2022.

Dobrá Voda

Zrýchlenie otvárania zlomovej trhliny (posun pozdĺž osi X) od konca roku 2015 pokračovalo aj v rokoch 2021 a 2022 (obr. 50). Otvorenie sa od konca roku 2020 zvýšilo o 0,288 mm na celkových 1,157 mm. Zjavné výkyvy hodnôt sú výsledkom silnej oscilácie spôsobenej kolísaním teplôt v priebehu rokov. Pokles jedného z blokov (os Z) a šmykový posun pozdĺž zlomu (os Y) od roku 2015 oscilujú v rozmedzí hodnôt cca 0,0 – 0,2 mm. Z grafu rotácií (obr. 51) 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 k zmene trendu otáčania. V rovine XY to bolo v roku 2013, v rovine XZ v roku 2016. Výkyv rotácie 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. Ešte výraznejší výkyv rotácie XY v roku 2019 zatiaľ nie je spoľahlivo vysvetlený. 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).



Obr. 50 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2022.



Obr. 51 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2022.

3.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2022 dilatometrami typu *TM-71* možno zhrnúť nasledovne:

1. S výnimkou lokalít Dobrá Voda a Banská Hodruša preukázali prístroje v roku 2022 iba slabú recentnú tektonickú aktivitu. Posuny sa pohybovali v stotínach alebo tisícinách mm, resp. stagnovali a v smere žiadnej osi nepresiahli hodnotu 0,060 mm. V Dobrej Vode sa trhlina otvorila od začiatku roka 2021 o 0,288 mm, vo Vyhniach šmykový posun v rokoch 2021 a 2022 prakticky stagnoval v rozmedzí 1,025 – 1,016 mm.
2. Dlhodobé trendy pohybu za celé monitorovacie obdobia (17 – 22 rokov) sú zrejmé vo všetkých lokalitách – Branisko (šmykový posun pozdĺž zlomu – celková hodnota 2,343 mm), Demänovská jaskyňa Slobody (pokles jedného z blokov – celková hodnota 0,096 1 mm a šmykový posun pozdĺž zlomu cca 0,040 mm), Ipeľ (pokles jedného z blokov – celková hodnota cca 1,838 mm), Banská Hodruša (posun pozdĺž zlomu – celková hodnota cca 0,123 mm), Vyhne (pokles jedného z blokov – celková hodnota cca 0,198 mm a šmykového posunu pozdĺž zlomu cca 1,016 mm, Dobrá Voda (otváranie trhliny – celková hodnota cca 1,157 mm).
3. 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).

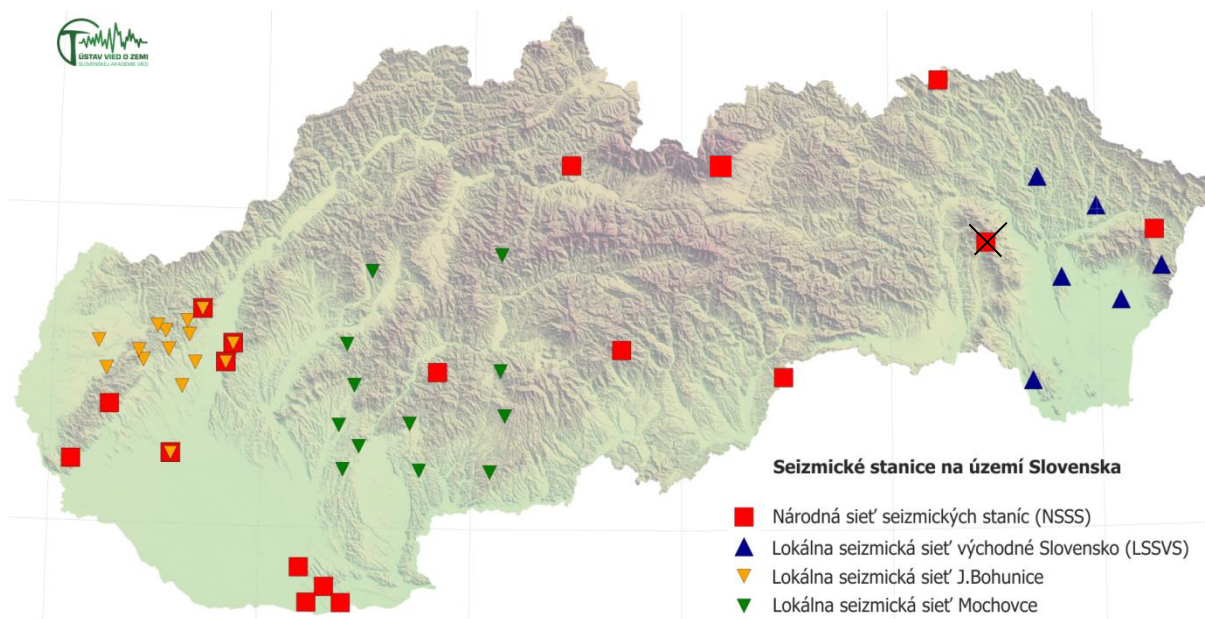
Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme pokračovať v monitorovacích prácach aj v roku 2023 s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

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 14 seizmickými stanicami (*tab. 2, obr. 52*):

Tab. 2 Národná sieť seizmických staníc na území SR (stav v roku 2022)

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



Obr. 52 Seizmické stanice na území Slovenska – stav v roku 2022.

Na seizmických staniciach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť šírenia vln v horninovom prostredí. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre (ISC), vo Veľkej Británii. Na staniciach ZST, VYHS, KOLS, MODS a SPC sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné seizmické stanice sú vybavené krátkoperiodickými seizmometrami, seizmická stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom. Začiatkom novembra roku 2022 bola v spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín AVČR nainštalovaná a uvedená do skúšobnej prevádzky seizmická stanica Zbyňov (ZBNS). Seizmická stanica je vybavená širokopásmovým seizmometrom. Po úspešnom ukončení skúšobnej prevádzky bude seizmická stanica ZBNS zaradená do národnej siete.

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 Tmave. Na východnom Slovensku je 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 je znázornené v Tab. 3. Z dôvodu zmeny majetkovoprávných vzťahov v dobývacom priestore opálových baní bola prevádzka seizmickej stanice CRVS v roku 2018 ukončená. Po nájdení náhradnej vhodnej lokality bude seizmická stanica premiestnená a opätovne uvedená do prevádzky.

4.1 Dátové a spracovateľské centrum

Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc sa nachádza v ÚVZ SAV v Bratislave. Centrum v reálnom čase zhromažďuje zaznamenané údaje zo staníc Národnej siete seizmických staníc a z vybraných seizmických staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z cca 55 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť ÚVZ SAV.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2022)

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. Stud-Červenica	ZST	48,196	17,102	250	3x SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
dočasne prerušená prevádzka									
Vyhne	VYHS	48,493	18,836	450	STS-2	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Modra-Piesok	MODS	48,373	17,277	520	STS-2	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom	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	mSEED
Iža	SRO1	47,762	18,233	111	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Kečovo	KECS	48,483	20,486	345	LE3D	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48,933	22,273	460	Guralp-6T-30s	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Liptovská Anna	LANS	49,151	19,468	710	Metrozet	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Moča	SRO2	47,763	18,394	109	Guralp-40T-1s	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49,417	21,244	534	LE3D	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Šrobárová	SRO	47,813	18,313	150	3x SKM-3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED
Skalnaté Pleso	SPC	49,189	20,234	1751	Guralp-40T-30s	SeisComp EarthData	100	kontinuálna, v reálnom	mSEED

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 2022 bolo zo záznamov seizmických**

staníc národnej siete interpretovaných 11996 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 39399 seizmických fáz.

Ústav vied o Zemi SAV zhromažďuje a analyzuje okrem seizmometrických údajov aj makroseizmické údaje o zemetraseniach. Makroseizmické údaje charakterizujú účinky zemetrasenia na ľudoch, 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.

Údaje obsiahnuté v makroseizmických dotazníkoch a prípadné ďalšie údaje sú vyhodnocované podľa 12 stupňovej makroseismickej 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 2022 bolo zo záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 76 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 softwarového 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 ÚVZ SAV.

Zoznam lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky v roku 2022 a mapa polohy epicentier týchto zemetrasení sú v *tab. 4* a na *obr. 53*.

4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2022 boli na území Slovenska makroseizmicky pozorované 4 zemetrasenia.

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR v roku 2022

Deň	Čas (UTC) hh:mn:sec	Geograf. súradnice dĺžka šírka	Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / Oblasť
Január						
14	08:23:29,66	48,52 N 21,60 E	0	-		Slanské vrchy
28	17:40:31,70	49,28 N 19,83 E	1	0,6		Vysoké Tatry
Február						
4	16:55:51,14	47,77 N 18,02 E	0	-		Šamorín-Komárno-Štúrovo
15	02:13:36,99	48,07 N 17,20 E	0	1,3		Šamorín-Komárno-Štúrovo

23	21:32:19,20	48,58 N	17,38 E	2	0,4		Malé Karpaty
26	07:10:36,83	48,58 N	17,66 E	0	-		Malé Karpaty
28	03:23:48,18	48,55 N	17,59 E	1	0,6		Malé Karpaty
Marec							
2	17:27:26,79	49,27 N	20,53 E	4	1,4		Spišská Magura
18	22:16:58,61	48,67 N	19,05 E	0	-		Kremnické vrchy
21	18:05:23,34	47,77 N	18,33 E	2	1,2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
22	07:09:26,51	48,51 N	17,40 E	0	0,3		Malé Karpaty
23	09:08:50,21	47,84 N	18,51 E	0	-		Šamorín-Komárno-Štúrovo
29	17:05:44,74	48,43 N	17,21 E	1	0,4		Malé Karpaty
30	20:58:33,11	48,19 N	17,01 E	0	1,0		Malé Karpaty
Apríl							
4	15:58:30,85	48,60 N	18,12 E	1	0,7		Považský Inovec
4	17:22:59,91	48,58 N	18,16 E	0	0,5		Považský Inovec
6	17:04:04,62	48,75 N	19,24 E	0	2,1	4	Horehronie
14	12:03:08,85	47,82 N	18,35 E	0	1,6	3	Šamorín-Komárno-Štúrovo
17	15:17:03,78	48,85 N	22,03 E	8	1,2		Vihorlat
20	10:09:32,69	49,11 N	20,69 E	3	1,7		Levočské vrchy
30	08:34:41,15	49,16 N	20,28 E	4	0,7		Vysoké Tatry
Máj							
1	20:46:32,16	48,88 N	22,11 E	5	1,1		Vihorlat
2	11:18:49,97	49,24 N	19,65 E	0	-		Vysoké Tatry
7	21:06:15,68	48,87 N	21,65 E	7	0,6		Slanské vrchy
11	17:37:37,46	48,63 N	17,42 E	3	0,4		Malé Karpaty
19	12:16:31,80	49,26 N	21,07 E	0	-		Čergov
25	15:47:27,15	49,23 N	20,88 E	0	1,4		Spiško-šarišské medzihorie
31	11:52:53,84	49,13 N	20,66 E	0	-		Levočské vrchy
Jún							
1	20:39:49,61	48,64 N	19,46 E	0	0,8		Poľana
2	19:36:00,74	48,83 N	22,15 E	3	1,1	3	Vihorlat
10	11:24:09,88	48,76 N	19,26 E	0	-		Horehronie
17	16:13:58,15	48,85 N	22,19 E	4	1,2		Vihorlat
22	12:15:34,50	49,32 N	20,54 E	0	1,8		Spišská Magura
24	11:52:05,34	48,45 N	17,32 E	0	-		Malé Karpaty
25	06:08:36,57	47,72 N	18,22 E	0	1,0		Šamorín-Komárno-Štúrovo
25	07:18:48,43	47,78 N	18,16 E	0	0,9		Šamorín-Komárno-Štúrovo

Júl

5	04:37:25,80	47,75 N	18,25 E	1	1,2	Šamorín-Komárno-Štúrovo
5	11:06:40,83	48,55 N	17,56 E	5	0,2	Malé Karpaty
5	11:08:25,30	48,55 N	17,55 E	5	0,3	Malé Karpaty
5	11:12:13,90	48,54 N	17,55 E	5	0,2	Malé Karpaty
5	11:22:19,06	48,54 N	17,54 E	3	0,1	Malé Karpaty
5	11:51:03,83	48,55 N	17,55 E	5	0,4	Malé Karpaty
8	15:55:50,80	48,78 N	19,50 E	0	-	Horehronie
10	17:50:23,78	48,59 N	17,83 E	3	0,7	Považský Inovec
12	23:43:59,32	48,88 N	21,65 E	8	0,8	Slanské vrchy
17	22:01:22,33	47,75 N	18,15 E	0	0,8	Šamorín-Komárno-Štúrovo
20	23:21:58,72	47,88 N	18,69 E	1	0,8	Šamorín-Komárno-Štúrovo
21	11:13:08,49	48,58 N	21,36 E	0	1,7	Slanské vrchy
22	18:35:48,50	48,41 N	17,12 E	0	0,6	Záhorie

August

1	22:27:39,84	48,60 N	17,73 E	1	0,4	Malé Karpaty
23	20:37:26,72	49,15 N	20,19 E	0	0,8	Vysoké Tatry

September

1	01:13:06,99	48,70 N	18,58 E	0	-	Vtáčnik
5	19:06:10,83	48,53 N	17,26 E	3	0,1	Záhorie
5	19:23:20,34	48,58 N	17,61 E	5	-	Malé Karpaty
5	22:56:21,74	48,57 N	17,39 E	6	-	Malé Karpaty
13	10:11:07,91	48,83 N	18,30 E	0	-	Strážovské vrchy
14	01:34:15,73	48,87 N	18,28 E	0	0,6	Strážovské vrchy
20	07:26:08,25	48,47 N	17,14 E	0	-	Záhorie
22	16:16:42,35	48,89 N	22,25 E	3	1,8	Vihorlat
30	12:53:53,71	49,38 N	21,20 E	4	1,4	Nízke Beskydy
30	13:04:17,30	49,35 N	21,25 E	2	1,6	Nízke Beskydy
30	14:42:23,48	49,43 N	21,13 E	4	2,0	Nízke Beskydy

Október

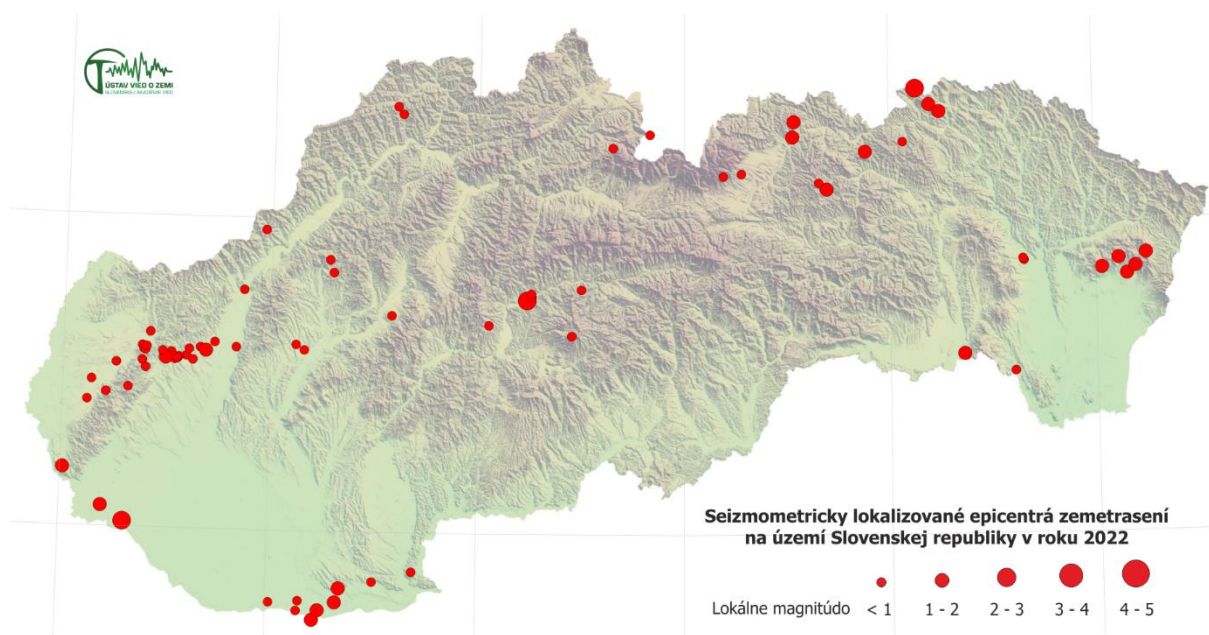
5	22:48:13,21	48,77 N	19,26 E	0	0,3	Horehronie
9	21:59:06,52	48,57 N	17,40 E	1	-	Malé Karpaty
12	17:00:34,86	49,36 N	18,60 E	0	-	Kysuce
17	11:00:09,17	49,34 N	18,63 E	0	-	Kysuce
17	22:42:12,45	48,96 N	17,97 E	0	-	Biele Karpaty
23	00:07:26,30	48,56 N	17,52 E	4	0,2	Malé Karpaty
28	03:49:54,64	48,55 N	17,49 E	1	1,2	Malé Karpaty

November

3	03:46:44,41	48,57 N	17,69 E	1	1,8	Malé Karpaty
20	07:39:02,26	48,54 N	17,63 E	2	0,4	Malé Karpaty
25	02:45:43,72	48,02 N	17,31 E	3	2,1	Šamorín-Komárno-Štúrovo
25	09:21:46,43	48,57 N	17,48 E	0	-	Malé Karpaty
26	07:58:58,42	48,58 N	17,40 E	1	-	Malé Karpaty

December

23	14:21:14,30	48,77 N	17,87 E	4	0,6	Považie
25	02:15:59,90	48,54 N	17,38 E	2	-	Malé Karpaty



Obr. 53 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2022

Zemetrasenie dňa 6. 4. 2022 o 17:04 UTC bolo zaznamenané ôsmimi seizmickými stanicami NSSS - KECS, KOLS, LANS, MODS, SPC, SRO, STHS a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=2,1$. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na Horehroní, medzi Banskou Bystricou a Slovenskou Ľupčou. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 6. 4. 2022
čas vzniku [UTC]	..... 17:04:04,6
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,75° N
zemepisná dĺžka	..... 19,24° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 2,1

Zemetrasenie bolo pocítané v 21 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 101 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 4^\circ$ EMS-98.

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 6. 4. 2022 o 17:04 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Priechod	48,782	19,236	1	4
Banská Bystrica	48,733	19,143	28	3
Sásová	48,756	19,158	12	3
Slovenská Ľupča	48,763	19,271	11	3
Selce	48,763	19,210	9	3
Horná Mičiná	48,697	19,213	6	3
Ľubietová	48,741	19,381	6	3
Poniky	48,701	19,308	5	3
Môlča	48,720	19,225	3	3
Nemce	48,765	19,185	3	3
Ponická Lehôtka	48,721	19,299	3	3
Strelníky	48,722	19,397	3	3
Podkonice	48,800	19,257	2	3
Baláže	48,814	19,197	1	3
Čerín	48,663	19,251	1	3
Detva	48,557	19,416	1	3
Dolná Mičiná	48,674	19,222	1	3
Hrochoť	48,655	19,374	1	3
Medzibrod	48,792	19,354	1	3
Podkriváň	48,531	19,499	1	3
Oravce	48,685	19,265	2	pozorované

Zemetrasenie dňa 14. 4. 2022 o 12:03 UTC bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS - LANS, MODS, SRO a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,6$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v ohniskovej zóne pri Komárne. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 14. 4. 2022
čas vzniku [UTC]	..... 12:03:08,8
epicentrum: zemepisná šírka	..... 47,82° N
zemepisná dĺžka	..... 18,35° E
hĺbka ohniska	..... 0 km
lokálne magnitúdo	..... 1,6

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 1 makroseizmické pozorovania. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia $I_0 = 3^\circ$ EMS-98.

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 14. 04. 2022 o 12:03 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Modrany	47,823	18,354	1	3

Zemetrasenie dňa 22. 4. 2022 o 21:07 UTC bolo zaznamenané ôsmimi seizmickými stanicami NSSS - KECS, KOLS, LANS, MODS, SPC, SRO, STHS a VYHS. Keďže epicentrum zemetrasenia bolo v Chorvátsku, lokalizácia bola prevzatá z medzinárodného seizmického dátového centra EMSC-CSEM. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo na území Bosny a Hercegoviny. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 22. 4. 2022
čas vzniku [UTC]	..... 21:07:49,1
epicentrum: zemepisná šírka	..... 43,07° N
zemepisná dĺžka	..... 18,16° E
hĺbka ohniska	..... 5 km
lokálne magnitúdo	..... 5,7

Zemetrasenie bolo pocítené v 2 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 2 makroseizmické pozorovania. 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° EMS-98.

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 22. 4. 2022 o 21:07 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Bystričany-Chalmová	48,693	18,458	1	3
Nitra	48,314	18,092	1	3

Zemetrasenie dňa 2.6.2022 o 19:36 UTC bolo zaznamenané dvomi seizmickými stanicami NSSS - KECS a KOLS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,1$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v pohorí Vihorlat. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	..... 2. 6. 2022
čas vzniku [UTC]	..... 19:36:00,7
epicentrum: zemepisná šírka	..... 48,83° N
zemepisná dĺžka	..... 22,15° E
hĺbka ohniska	..... 3 km
lokálne magnitúdo	..... 1,1

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

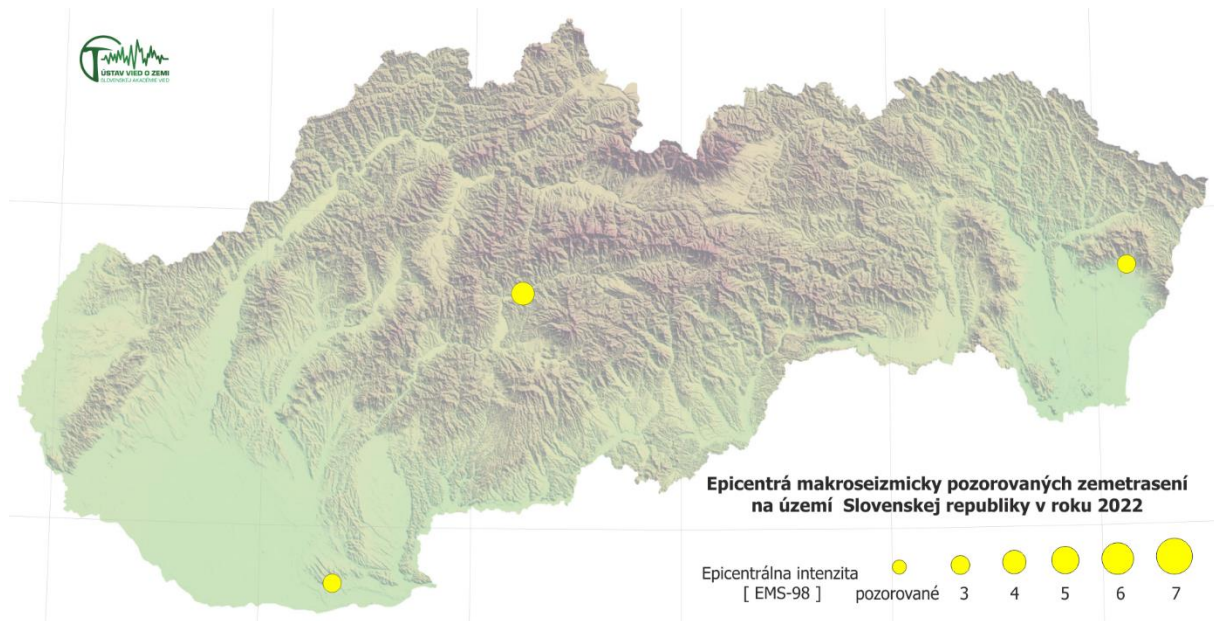
Tab. 8 - Makroseizmické pozorovanie pre zemetrasenie dňa 2. 6. 2022 o 19:36 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I_0 [° EMS-98]
Jasenov	48,797	22,173	1	3

Do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky vstupujú pre rok 2022 nasledujúce parametre:

DÁTUM			ČAS [UTC]			HYPOCENTRUM			M_L	I_0	LOKALITA
rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2022	04	06	17	04	04,6	48,75	19,24	0	2,1	4	Horehronie
2022	04	14	12	03	08,8	47,82	18,35	0	1,6	3	Komárno
2022	04	22	21	07	49,1	43,07	18,16	5	5,7	3*	Bosna a Hercegovina
2022	06	02	19	36	00,7	48,83	22,15	3	1,1	3	Vihorlat

* ... najvyššia makroseizmická intenzita zemetrasenia dosiahnutá na území Slovenska



Obr. 54 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2022. Na mape sú zobrazené len tie zemetrasenia, ktoré mali epicentrum na území Slovenska.

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., Klínc, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M. & Vozár, J., 1992: Geologická mapa Nizkých Tatier M 1:50 000. *Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.*
- Borre, K., Cacoń, 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., Mojžeš, 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.
- Mojžeš, 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 Ipel'. *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 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., 2021: MSDilat V3.1 – 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, 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.

Internetové zdroje:

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

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

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

EPN – http://www.epncb.oma.be/productsservices/coordinates/pdf/ETRF_Monitoring_Firenze_Brockmann.pdf