

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 02

Tektonická a seizmická aktivita územia

Správa za rok 2023

Názov geologickej úlohy:	Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory
Číslo geologickej úlohy:	207
Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy:	RNDr. Peter Ondrus
Zodpovedný riešiteľ podsystemu:	Mgr. Marián Stercz
Spoluriešitelia:	Mgr. Daniel Grega, Ing. Silvia Jajčišinová, Ing. Ľubomír Petro, CSc., Ing. Juraj Papčo, PhD., RNDr. Andrej Cipciar, Mgr. Kristián Csicsay, PhD., RNDr. Juraj Littva, PhD., Pavol Staník, Mgr. Miloš Briestenský, PhD.
Zástupca zhotoviteľa geologických prác:	RNDr. Pavel Liščák, CSc.
Štatutárny zástupca zhotoviteľa geologických prác:	Ing. Radovan Piško generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

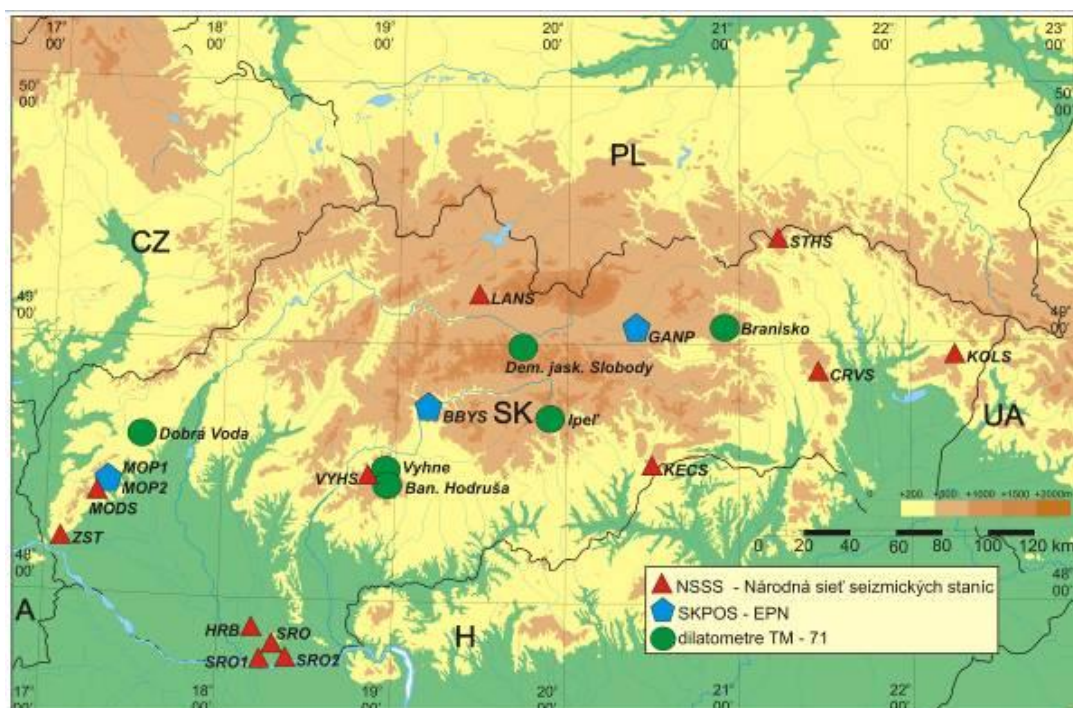
Bratislava október 2024

Obsah

Úvod.....	3
1. POHYBY POVRCHU ÚZEMIA.....	4
1.1. Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN	8
2. POHYBY POZDĹŽ ZLOMOV	27
2.1. Základná charakteristika monitorovacej siete	27
Branisko.....	27
Demänovská jaskyňa Slobody.....	28
Ipeľ	29
Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)	30
Vyhne	30
Dobrá Voda	31
2.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia.....	32
2.3. Výsledky monitorovania.....	33
Branisko.....	33
Demänovská jaskyňa Slobody.....	34
Ipeľ	36
Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)	37
Vyhne	39
Dobrá Voda	40
2.4. Diskusia	42
3. MONITOROVANIE SEIZMICKÝCH JAVOV	43
3.1. Dátové a spracovateľské centrum.....	44
3.2. Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR.....	45
3.3. Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	48
LITERATÚRA.....	66

ÚVOD

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (Obr. 1) boli v roku 2023 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 2023.

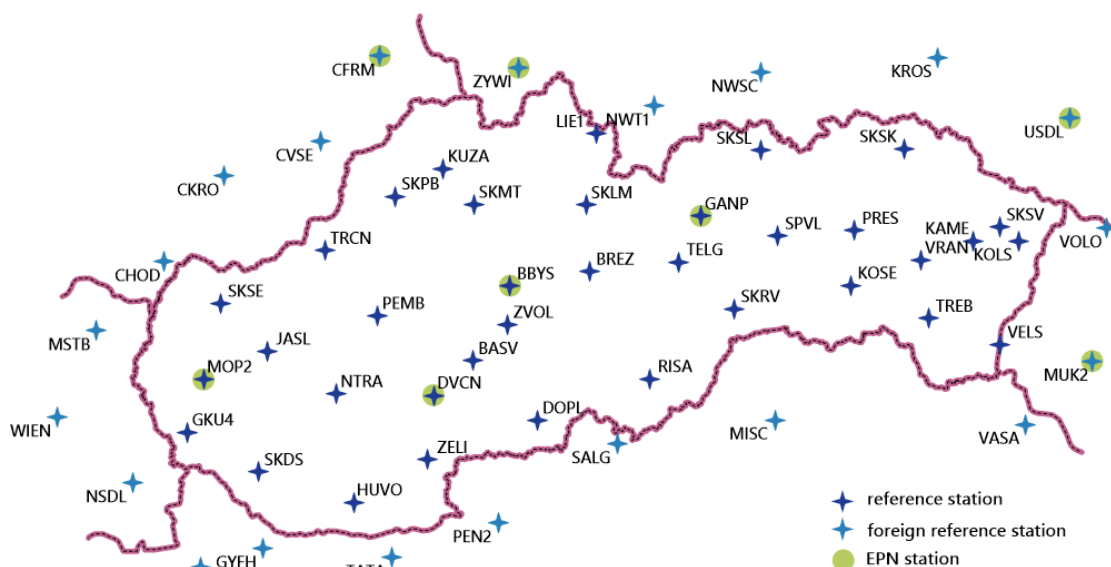


Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy
Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, subsystém
02 Tektonická a seizmická aktivita územia

1. 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 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) 1 – 2 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 2023 využívali údaje zo systémov NAVSTAR GPS a GLONASS a do spracovania bol zahrnutý aj systém GALILEO. SKPOS v roku 2023 tvorilo sieť 36 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 v direktívach INSPIRE. STU a GKÚ (SKPOS) poskytuje do spracovania Európskej permanentnej siete (EPN) dlhodobé údaje zo 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 2024)

Spracovanie vybratej množiny špeciálne stabilizovaných bodov (pevne spojených so 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).

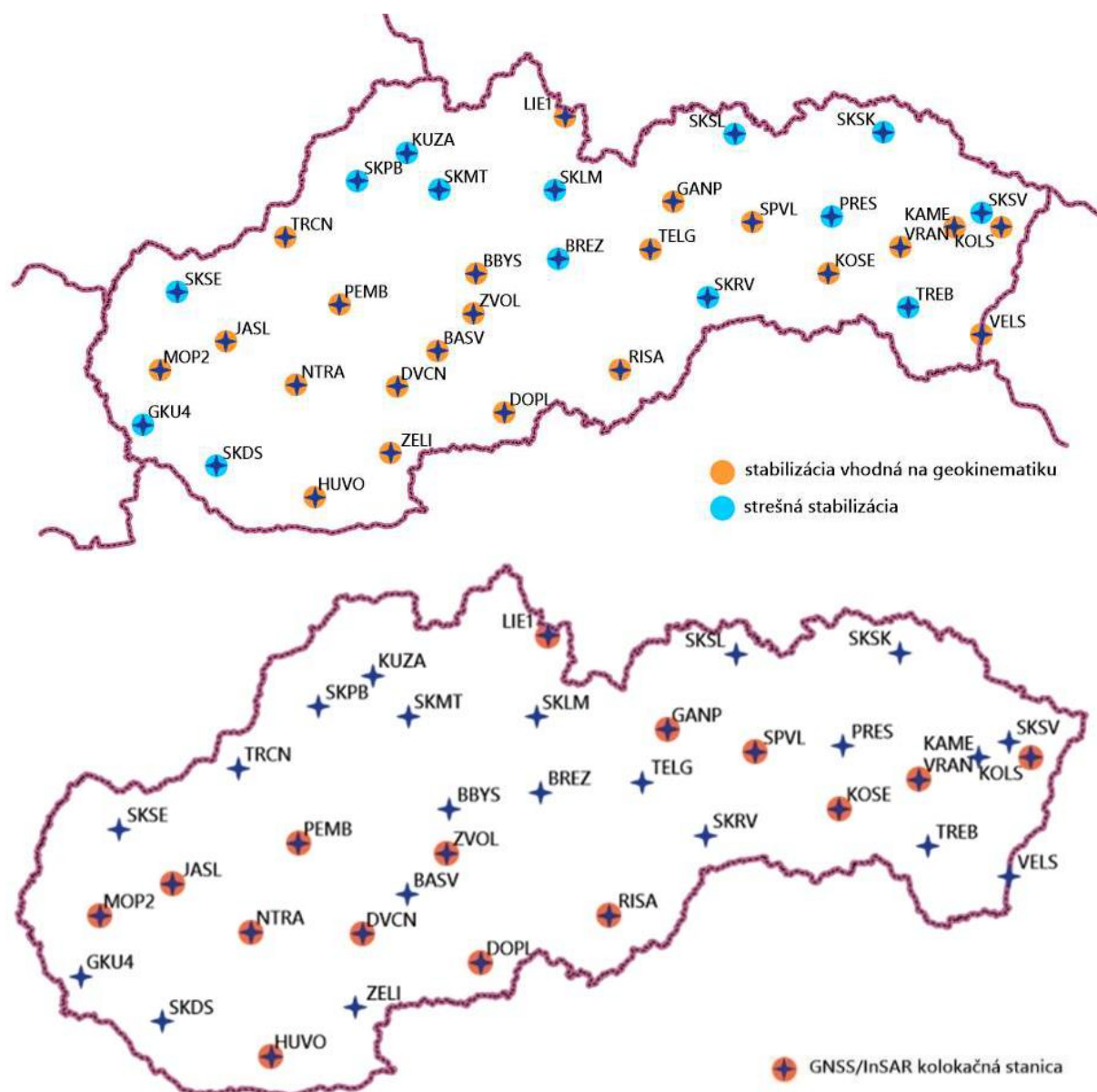
Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému ETRS89 pre

subjekty využívajúce technológiu GNSS. Merané údaje GNSS zo špeciálne stabilizovaných bodov 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 36 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2023 už 22 bodov (Obr. 3) stabilizovaných spôsobom umožňujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 17 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 2023 boli dokončené prípravné práce a do operačnej činnosti boli zaradené špecializované geodetické body s hĺbkovou pilierovou stabilizáciou v lokalite Jaslovské Bohunice (JASL), Spišské Vlachy (SPVL) a Nitra (NTRA). Tým sa zvýšil celkový počet staníc siete SKPOS na 36, pričom 22 staníc má geodynamickú stabilizáciu. V roku 2023 sa pokračovalo v budovaní ďalších kokačných 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, Liesek a Dolné Plachtince (Obr. 4). Zároveň pokračovalo testovanie aktívneho radarového transpondera na lokalite Gánovce.

Najstarším bodom – stanicou GNSS na území Slovenska je *MOPI* (Obr. 5), 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. 2. 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 2024)



Obr. 4 Kolokačné stanice GNSS a InSAR (GKÚ 2023)



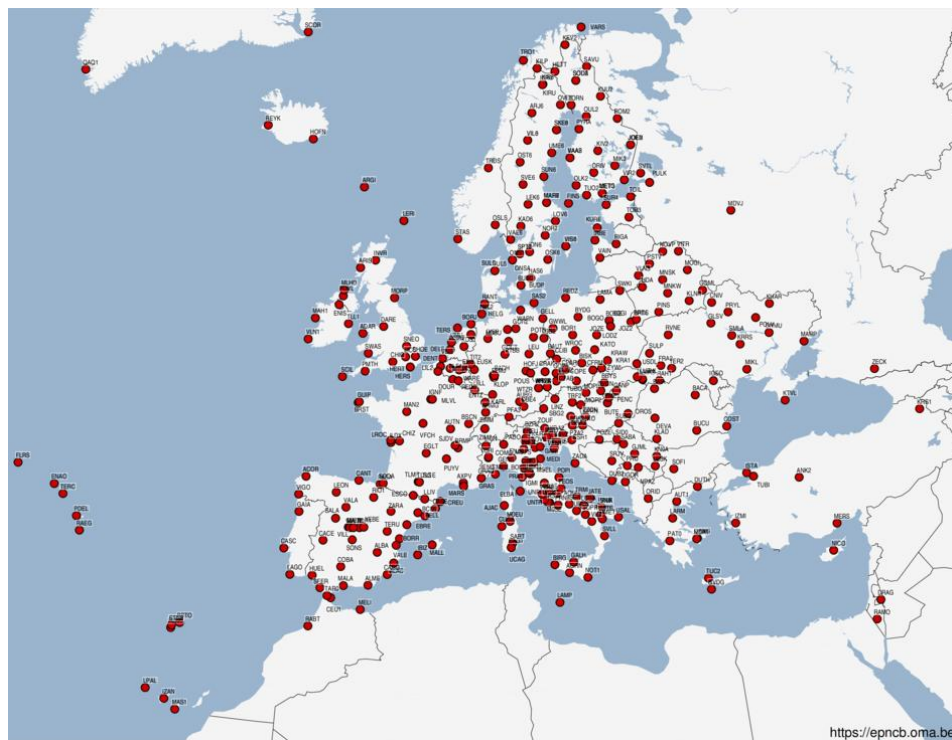
Obr. 5 Body MOPI, MOP2, GANP (hore), BBYS, DVCN (dole)

1.1 *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. 6 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. 7). Obr. 7 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31. 12. 2023 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS).

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. 8 až 12, resp. detailne pre rok 2023 na obr. 13 až 17. Na obr. 18 až 22 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme *ITRS*, realizácia *ITRF2014 (IGS14)*. Na obr. 23 až 27 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referenčnom systéme *ETRS89*, realizácia *ETRF2014*, resp. na obr. 28 až 32 sú znázornené detaily pre rok 2023 (http://www.epncb.oma.be/_productservices/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“.

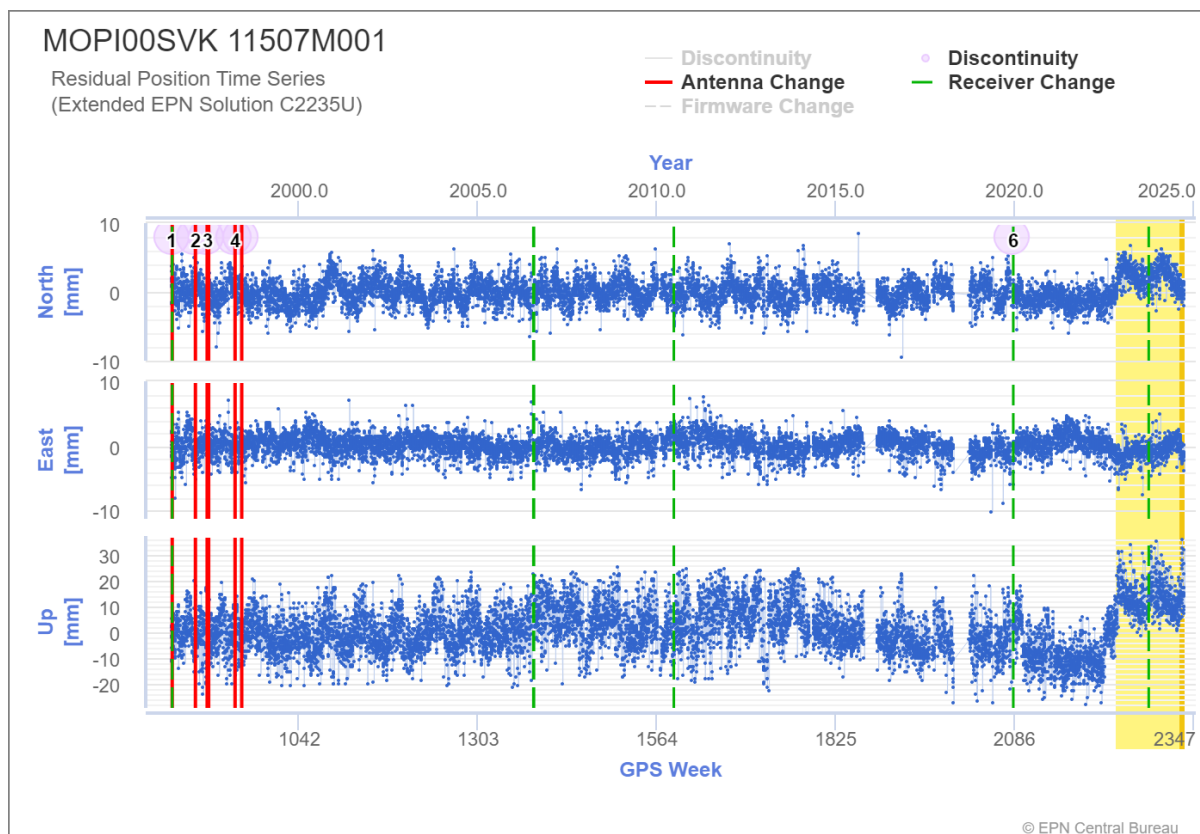
Na základe súčasných výsledkov môžeme vidieť, že pozorované body sú stabilné v rámci euroázijskej platne (Tab. 1) a ich vnútroplatňová rýchlosť nepresahuje 1 mm/rok v rámci Eurázijskej platne.



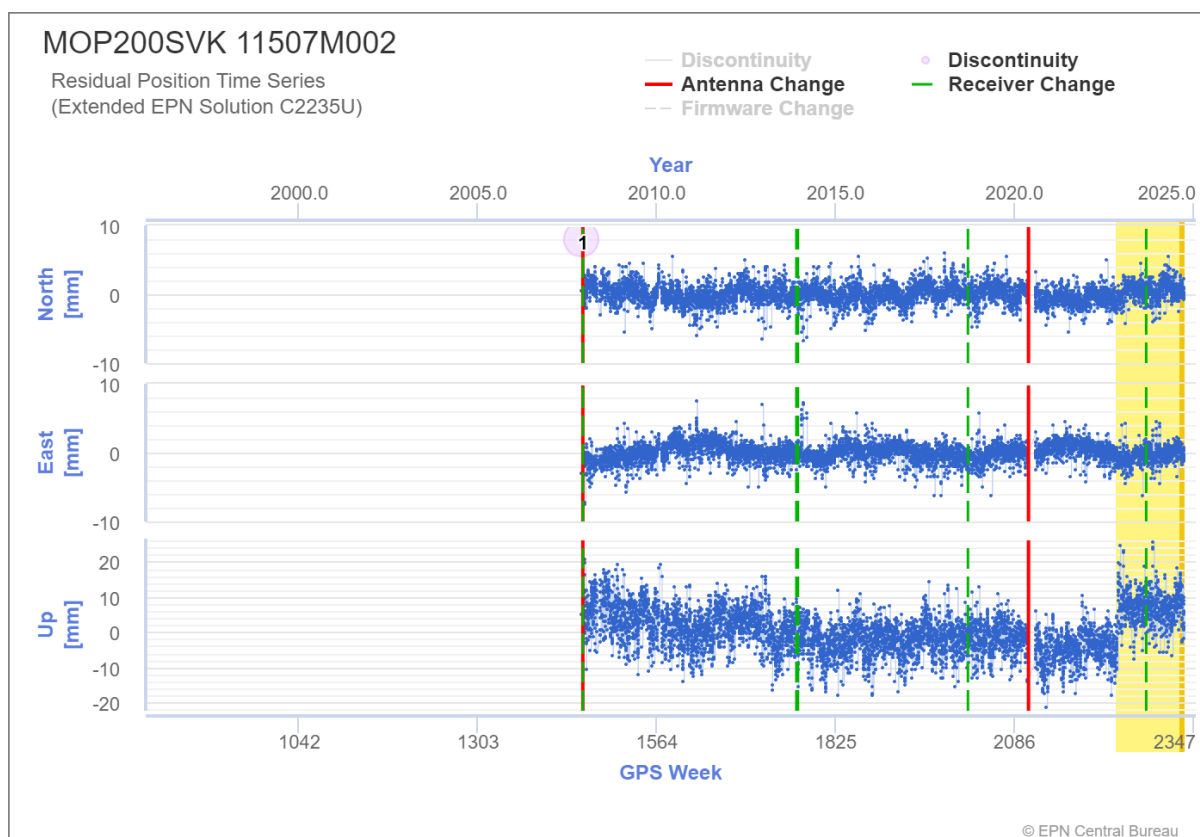
Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2023



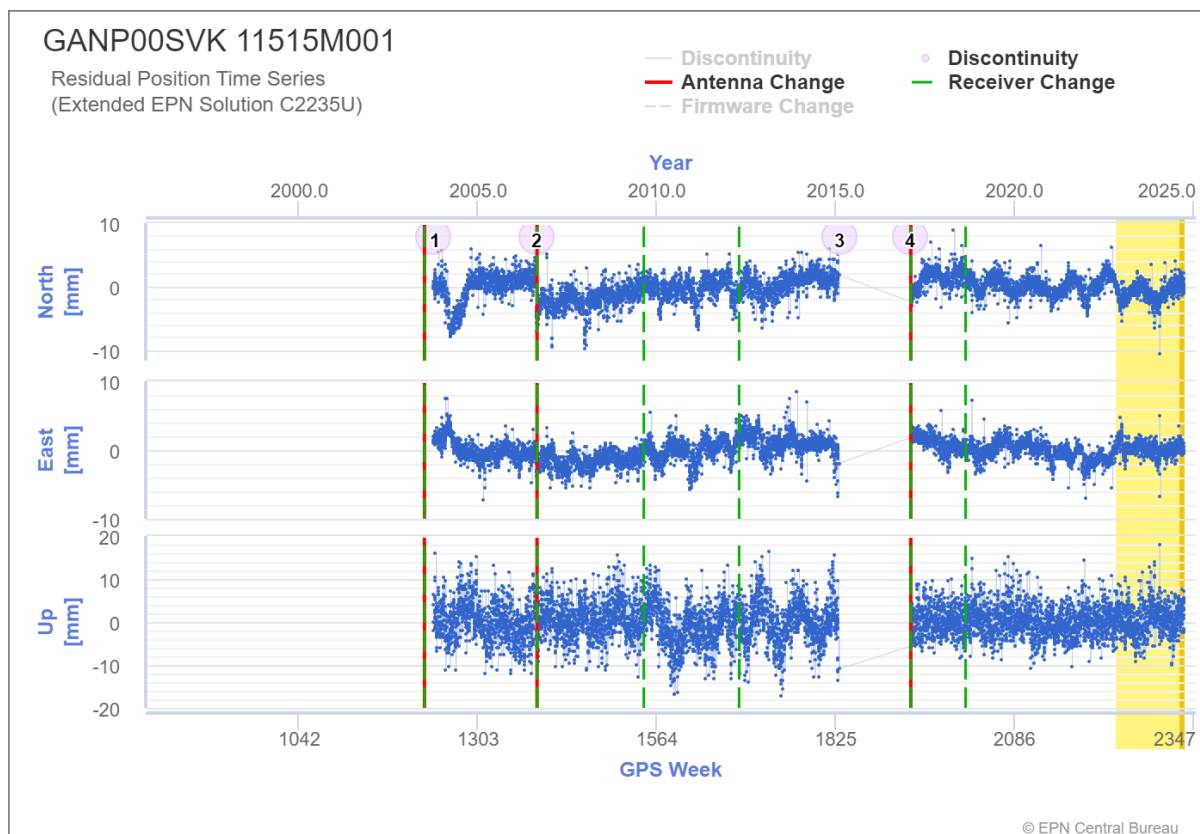
Obr. 7 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31. 12. 2023 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS



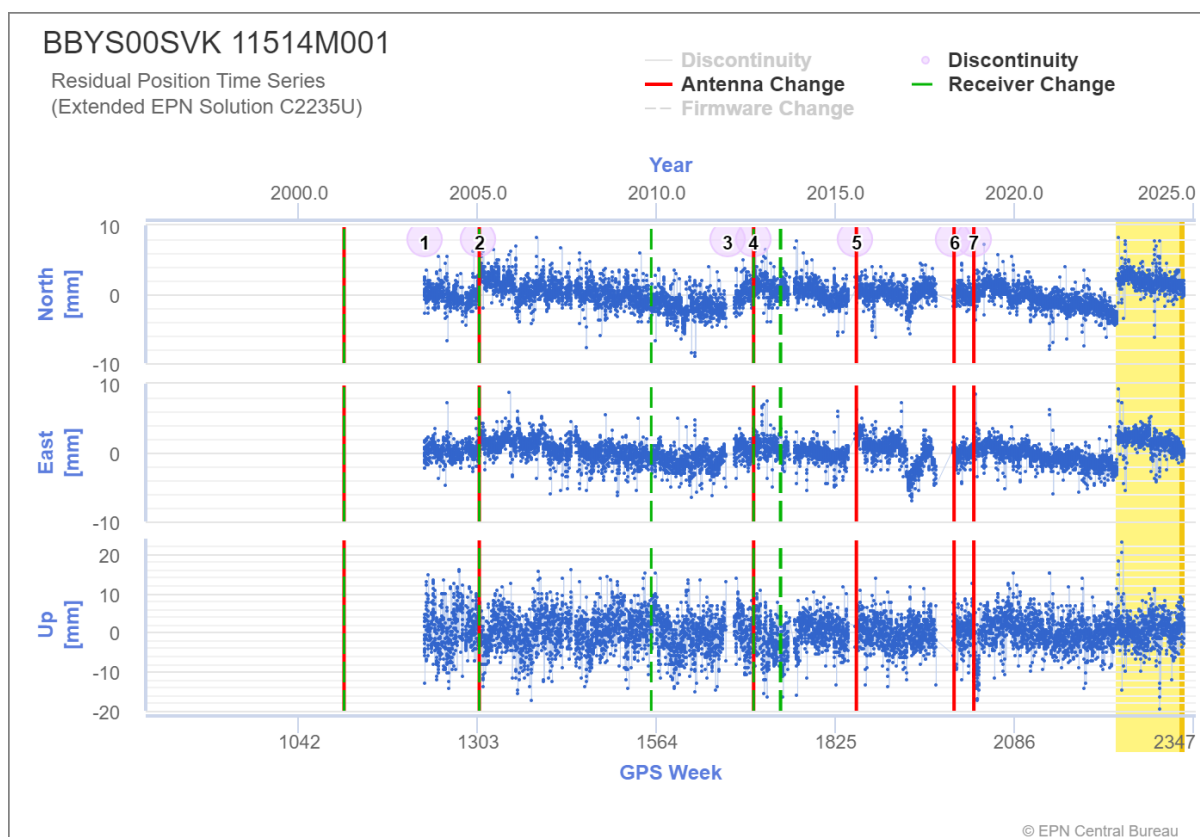
Obr. 8 Znáznornenie pohybu bodu MOPI



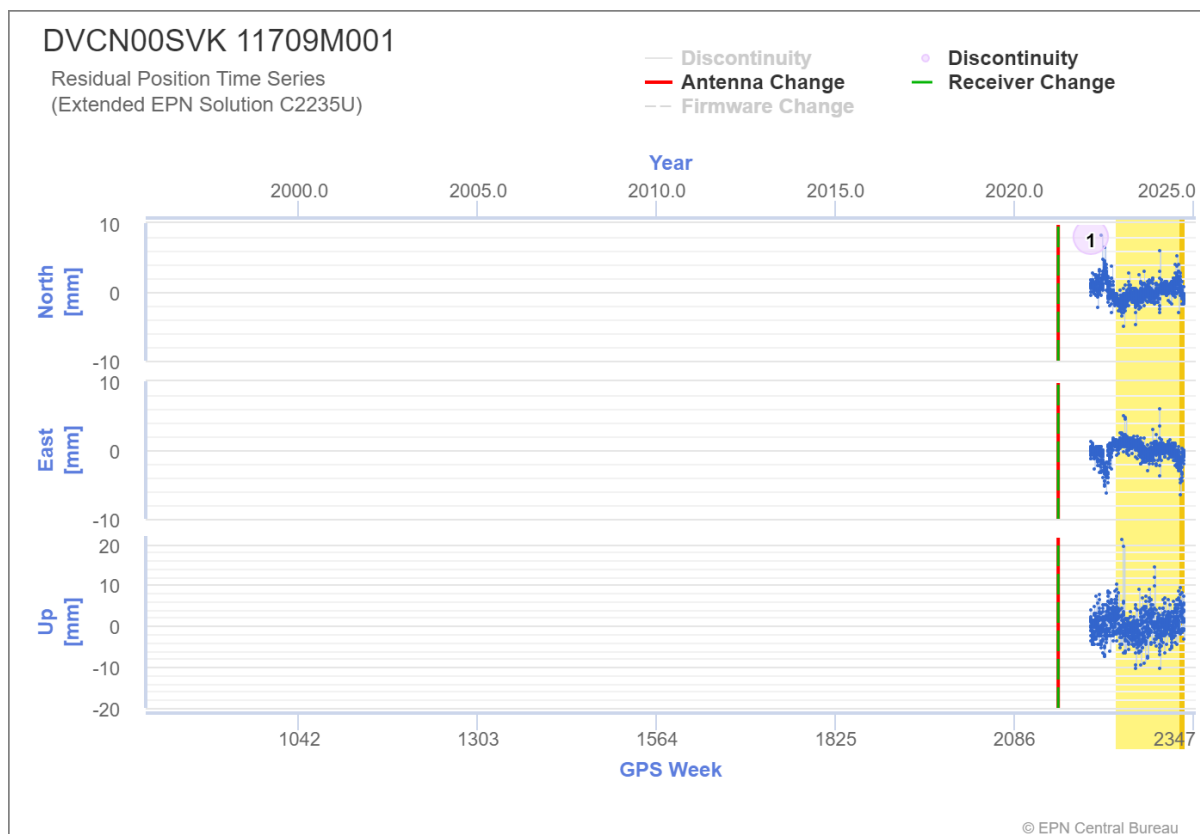
Obr. 9 Znáznornenie pohybu bodu MOP2



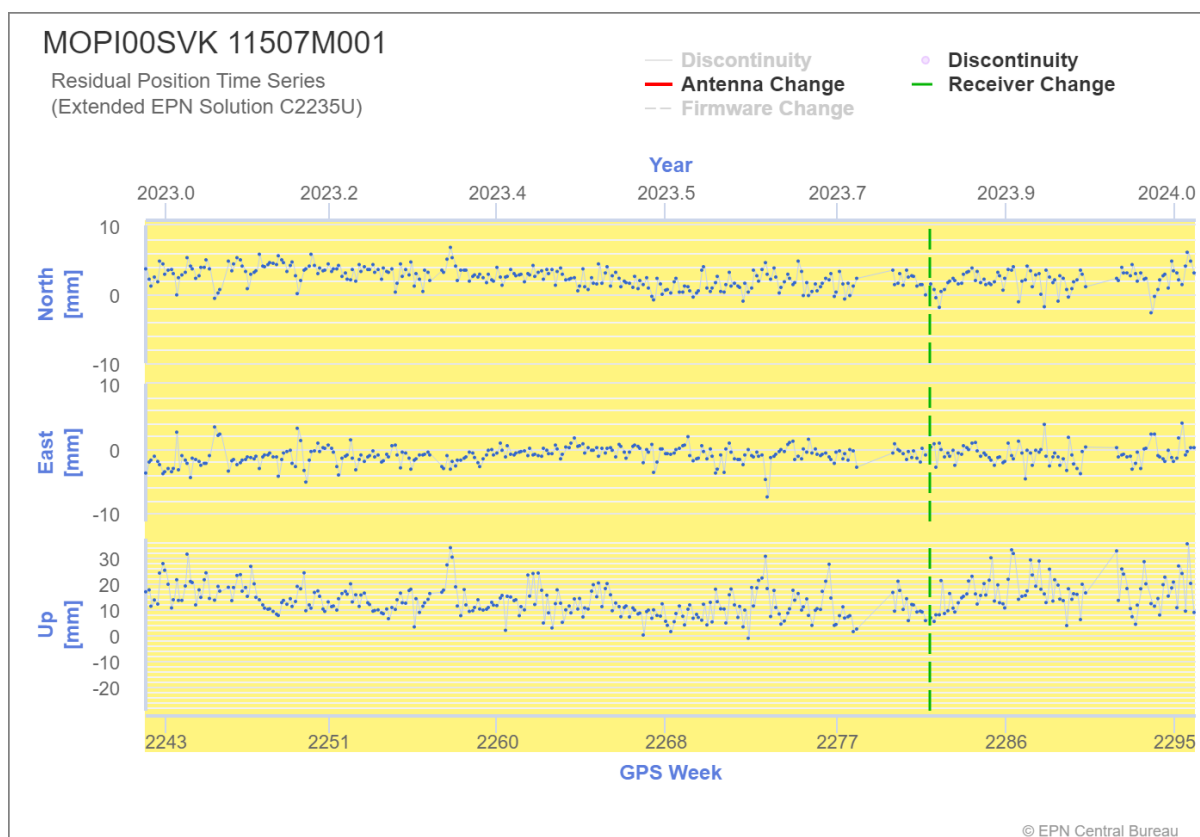
Obr. 10 Znážornenie pohybu bodu GANP



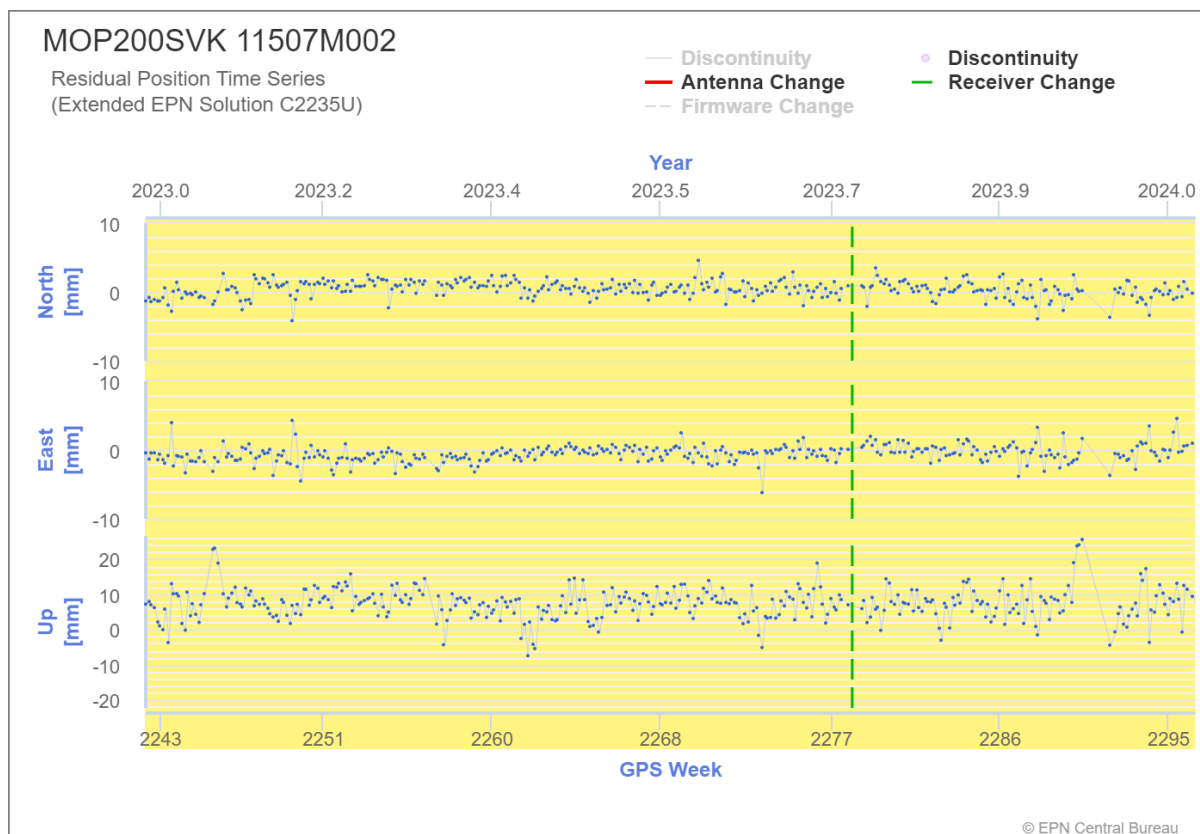
Obr. 11 Znážornenie pohybu bodu BBYS



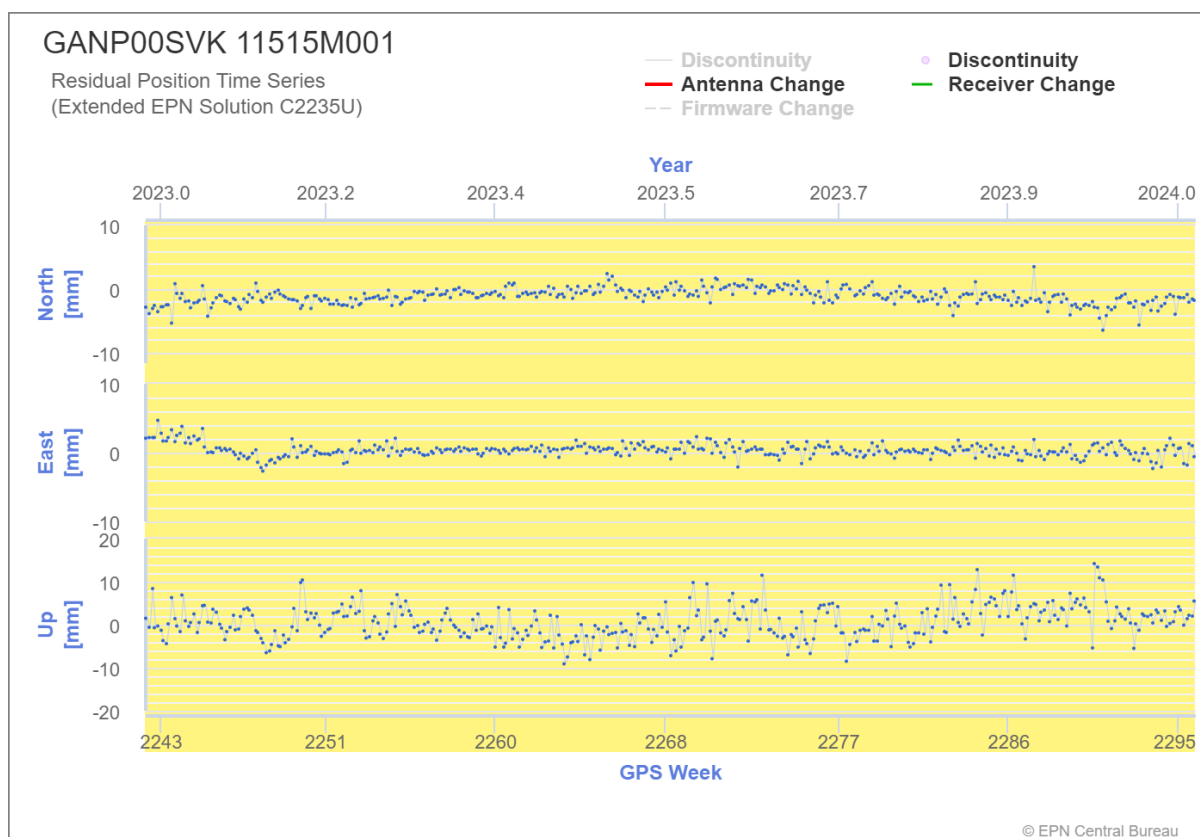
Obr. 12 Znáznornenie pohybu bodu DVCN



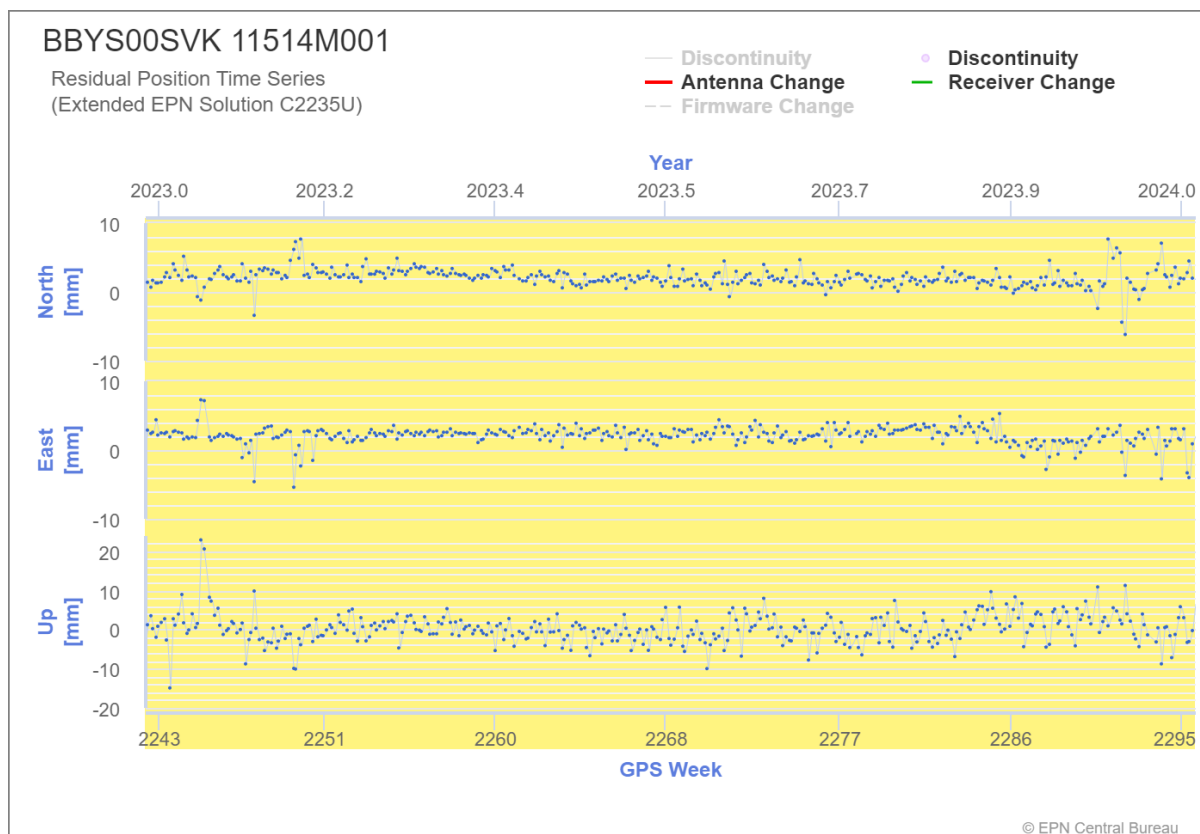
Obr. 13 Znáznornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2023



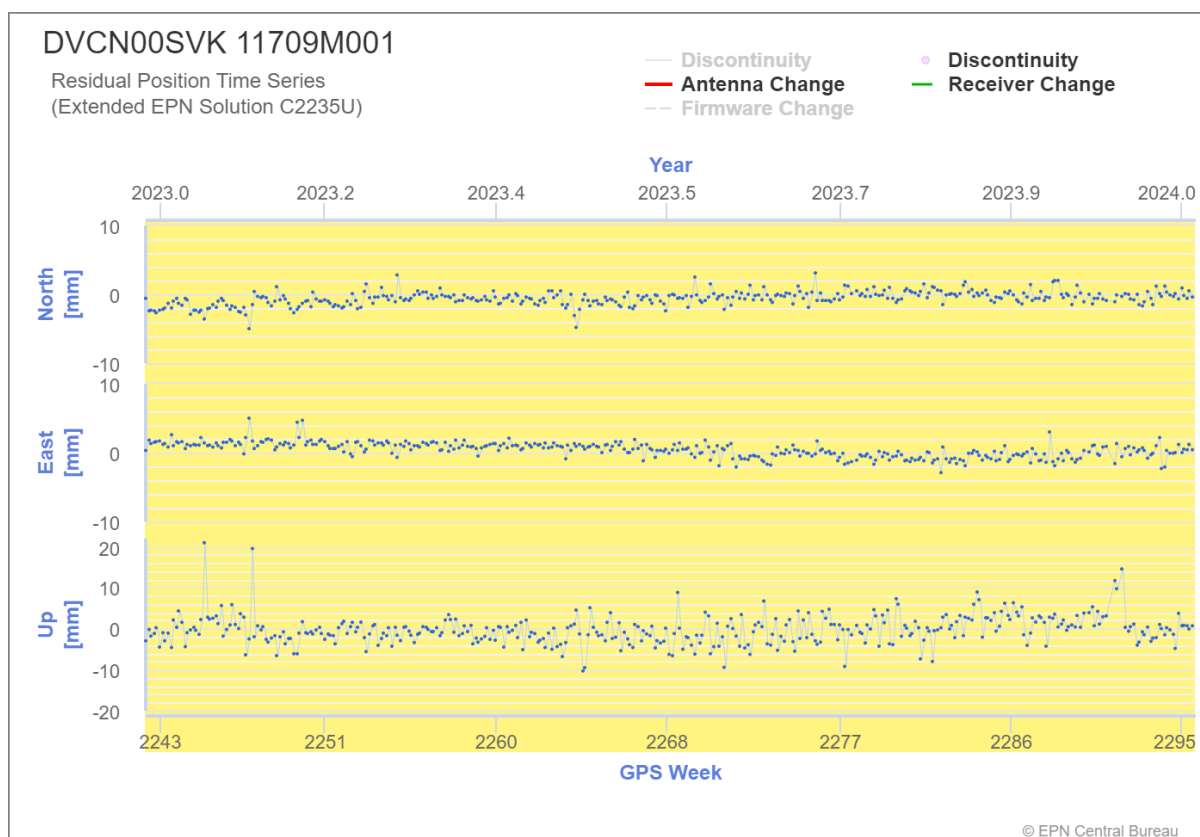
Obr. 14 Znáznornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2023



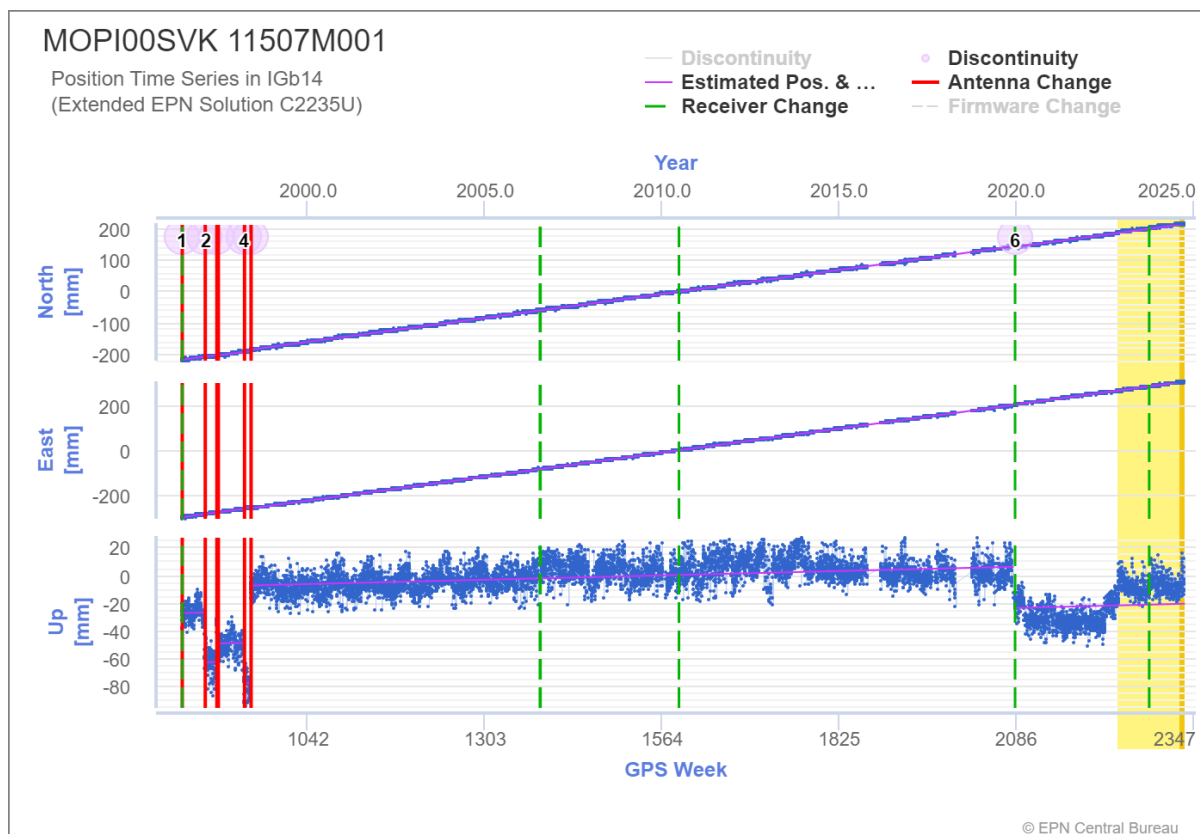
Obr. 15 Znáznornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2023



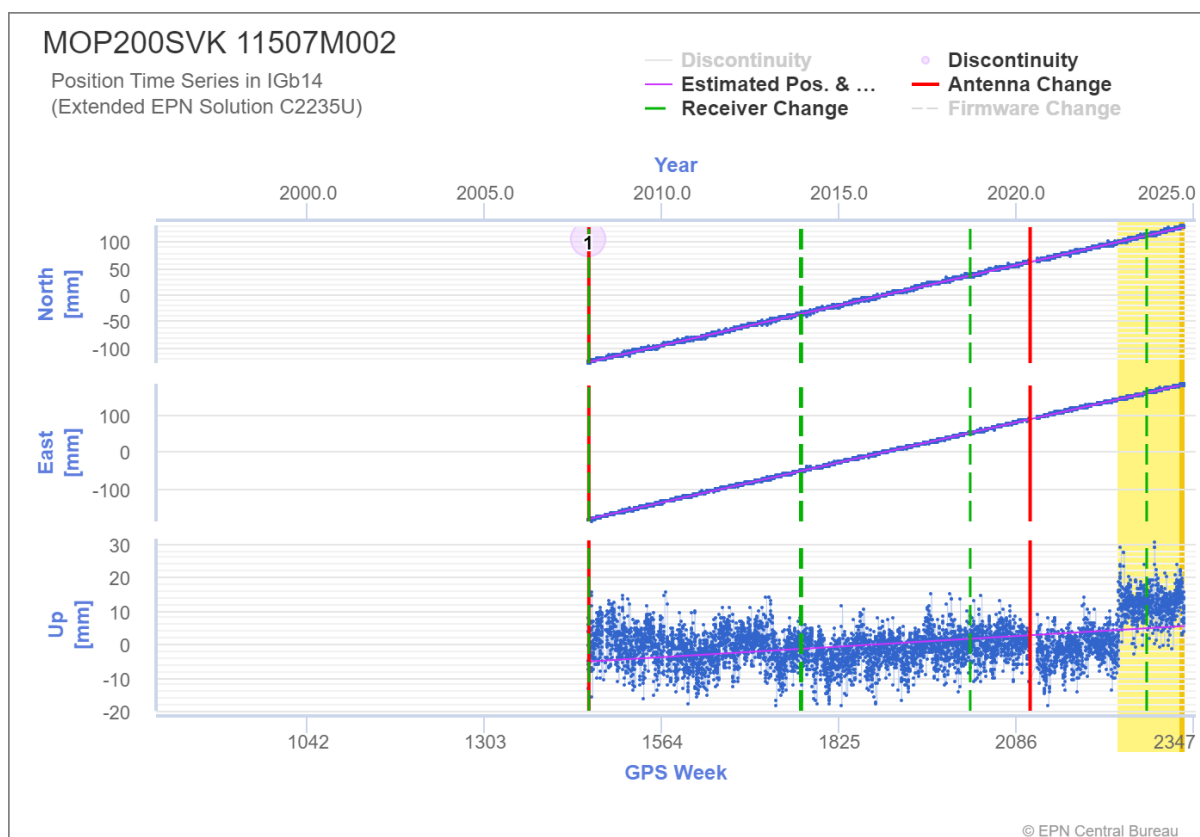
Obr. 16 Znážornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2023



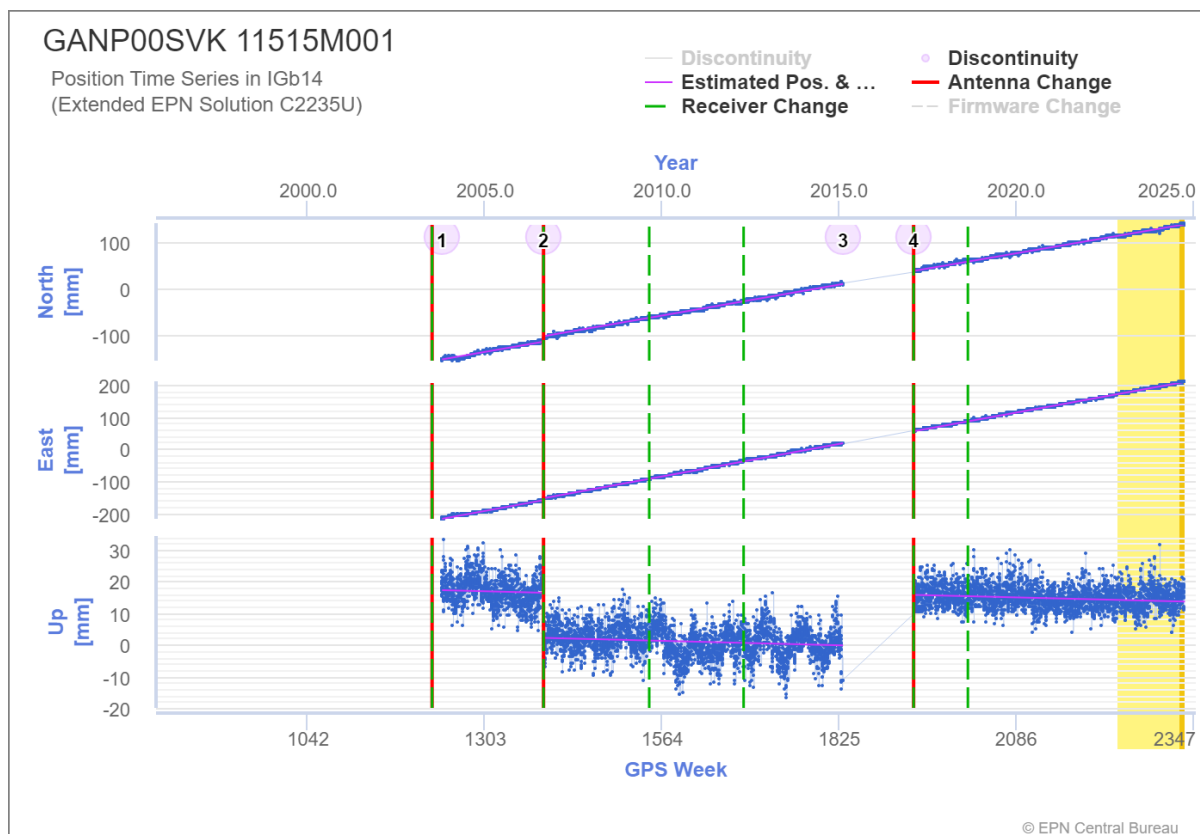
Obr. 17 Znážornenie pohybu bodu DVCN, detail pre rok 2023



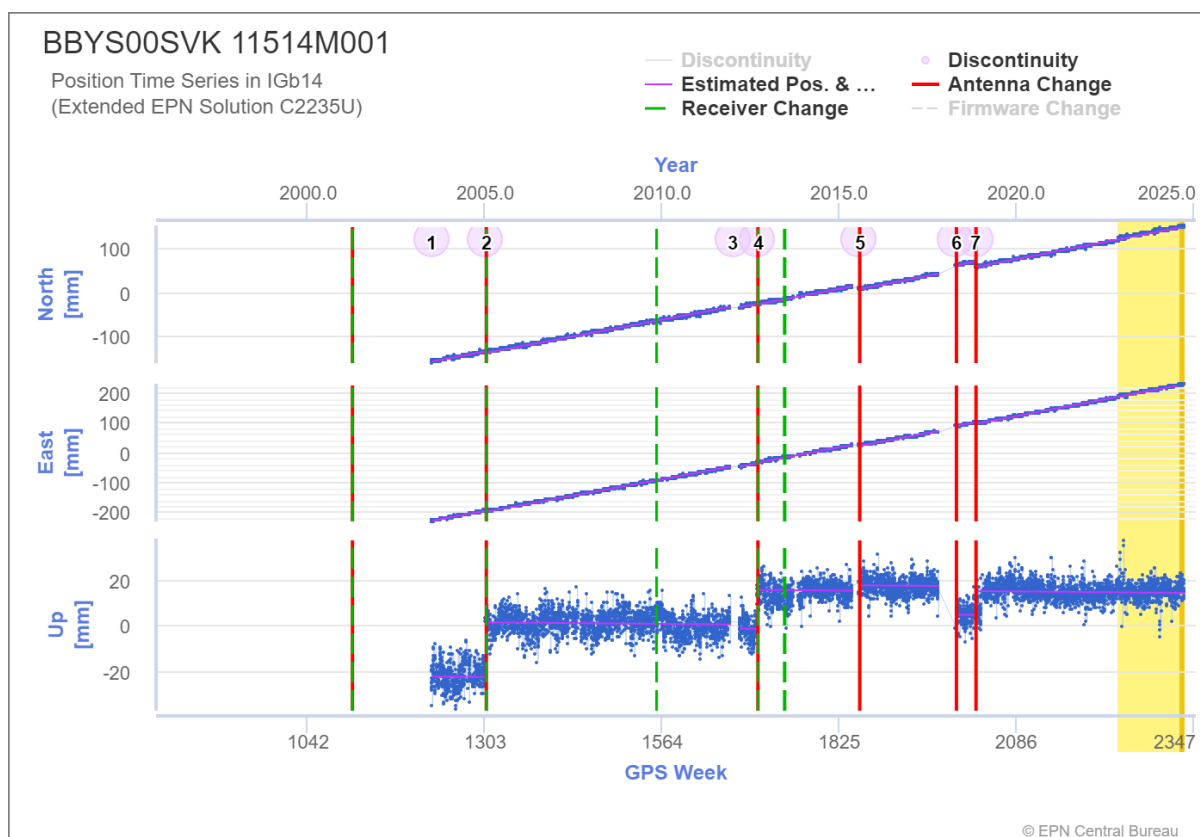
Obr. 18 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



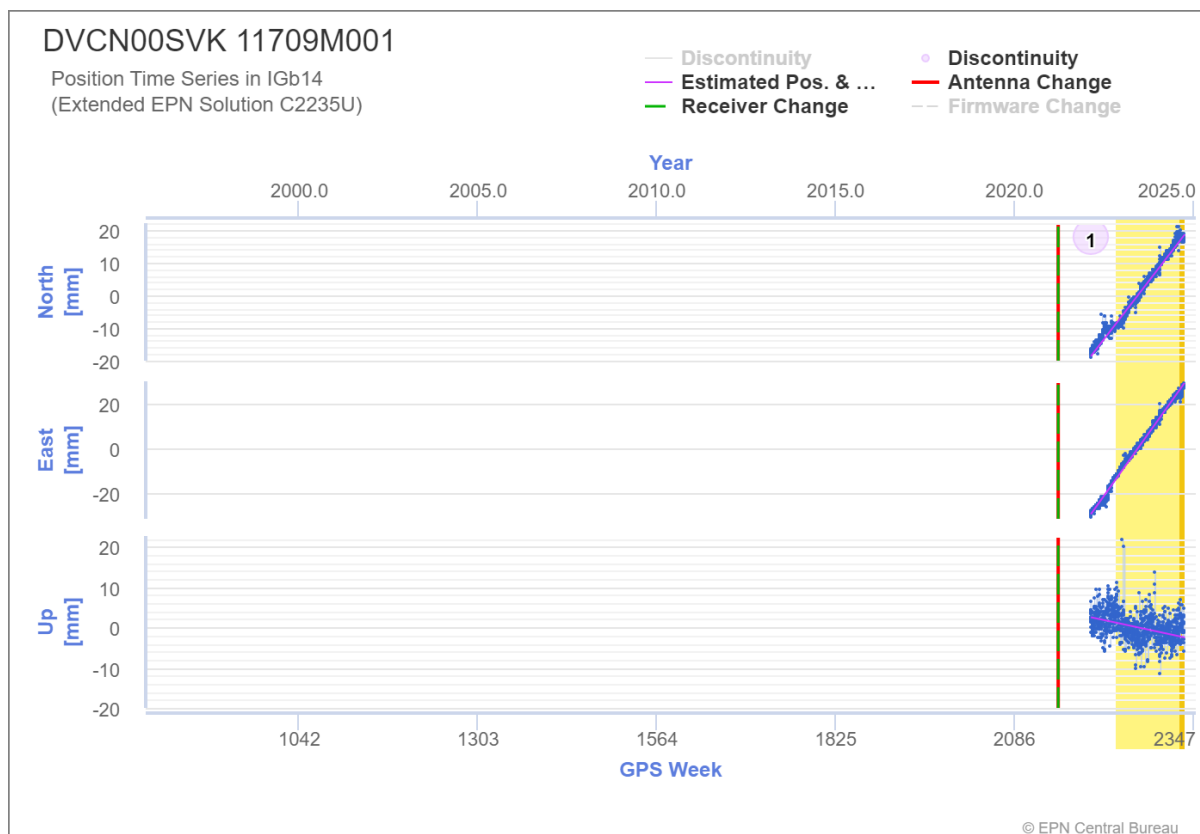
Obr. 19 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



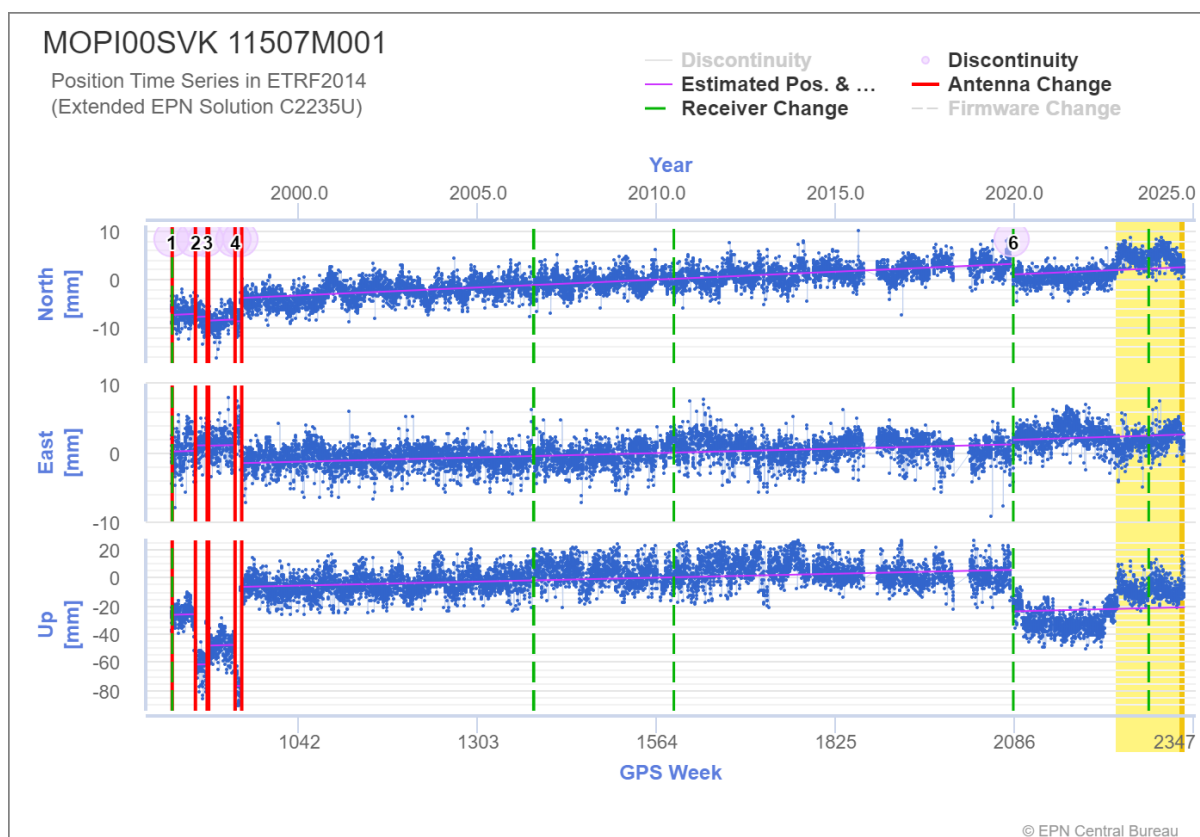
Obr. 20 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ITRS



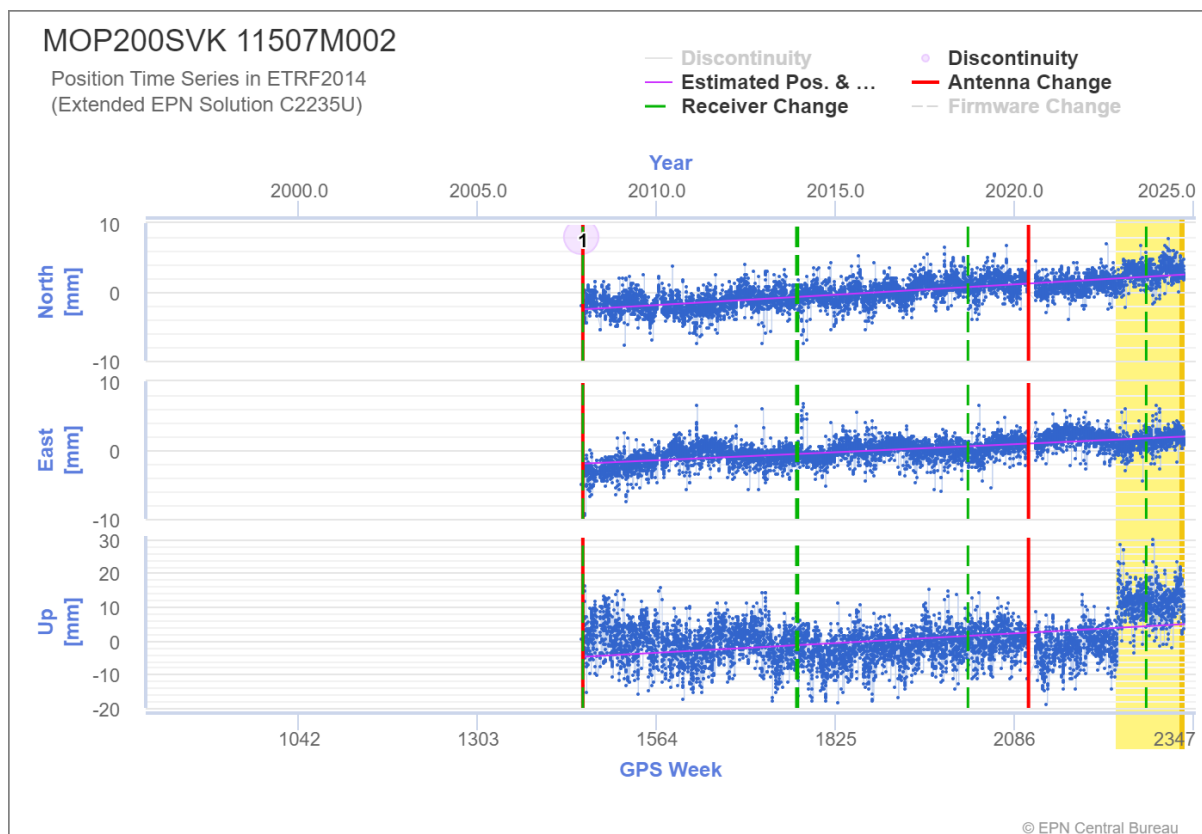
Obr. 21 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ITRS



Obr. 22 Znáozornenie pohybu bodu DVCN v ITRS



Obr. 23 Znáozornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89



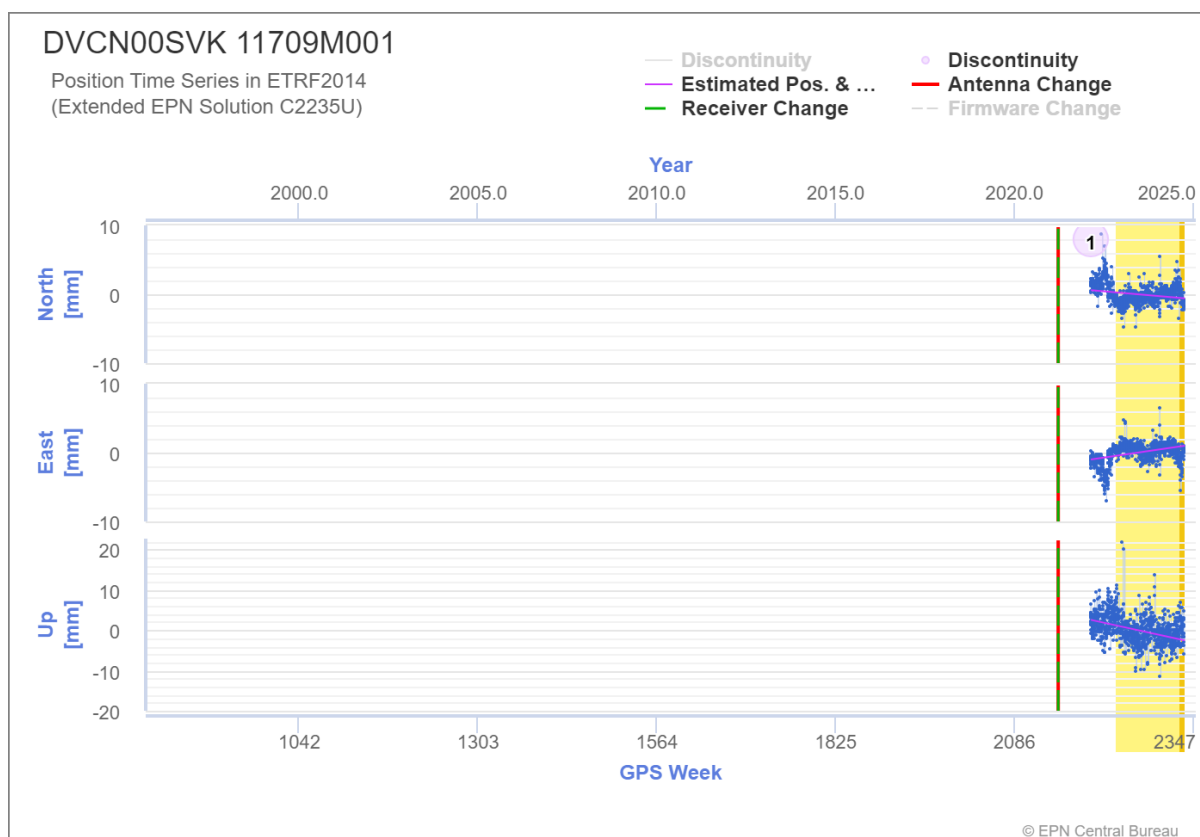
Obr. 24 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89



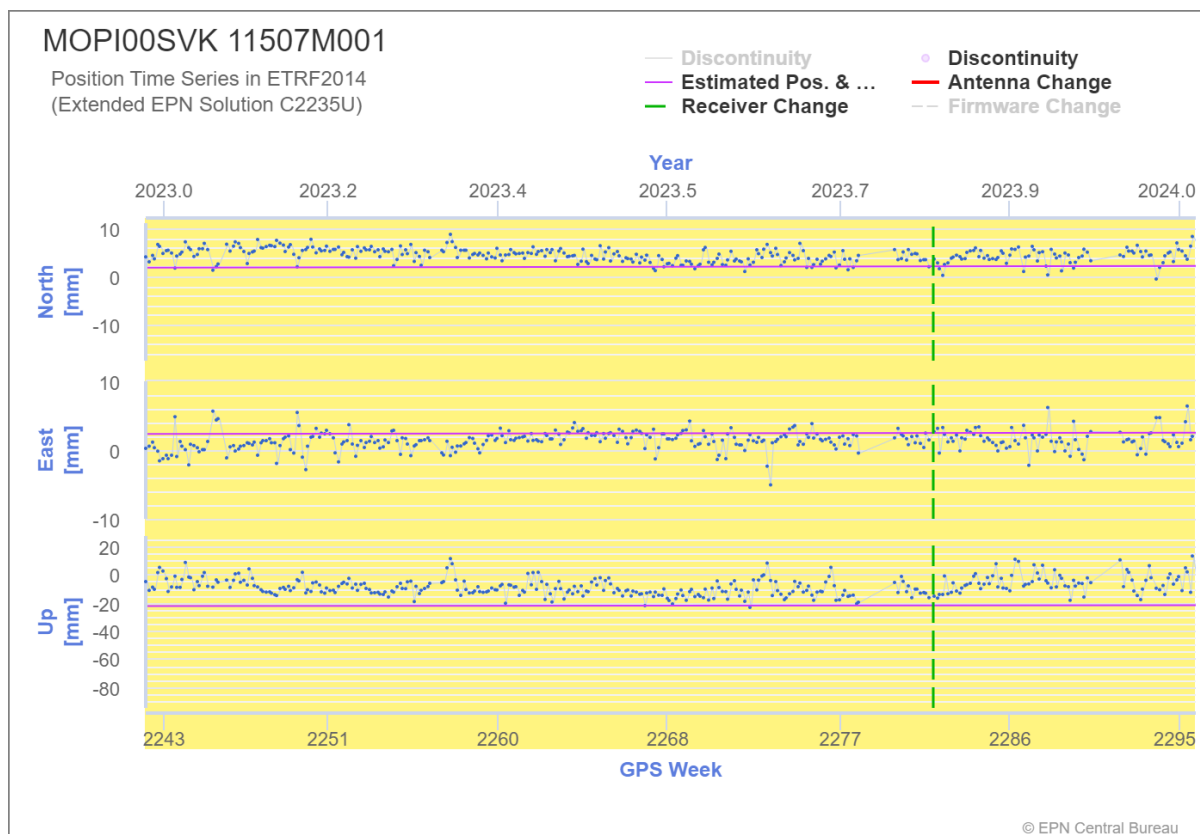
Obr. 25 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS89



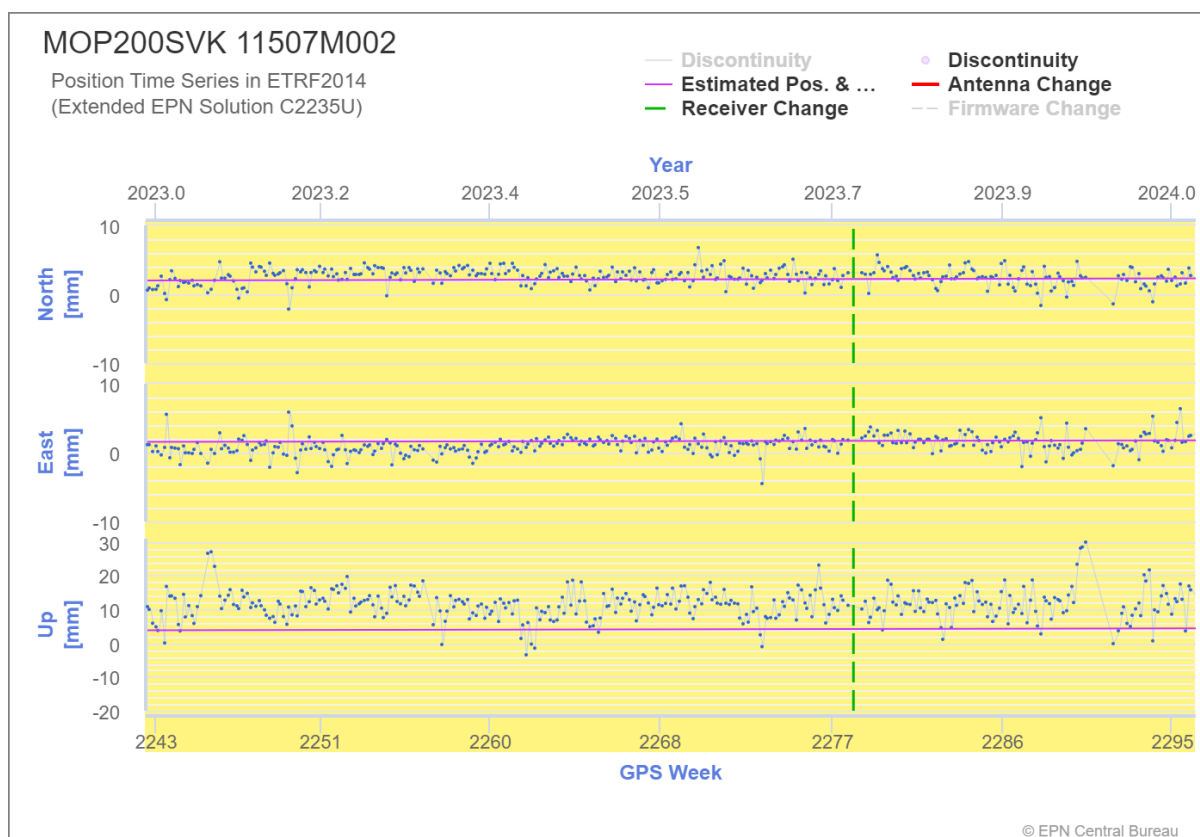
Obr. 26 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89



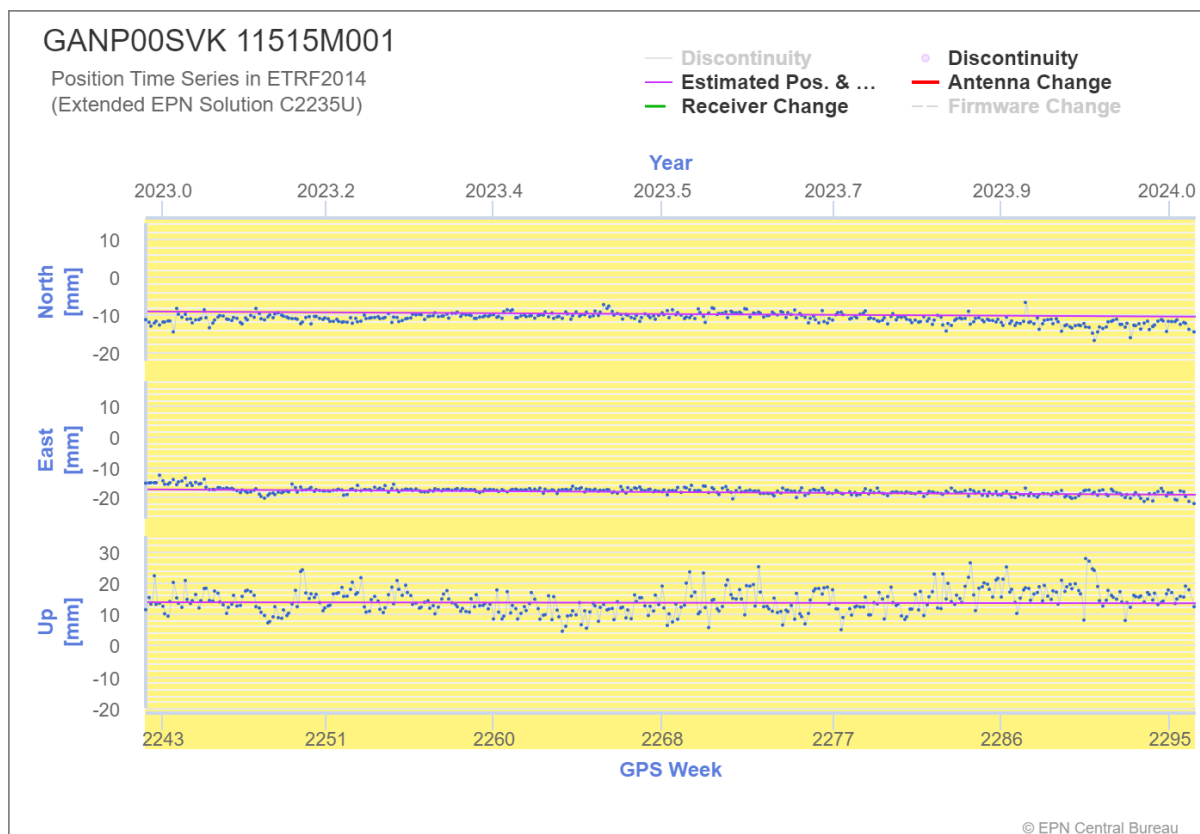
Obr. 27 Znážornenie pohybu bodu DVCN v ETRS89



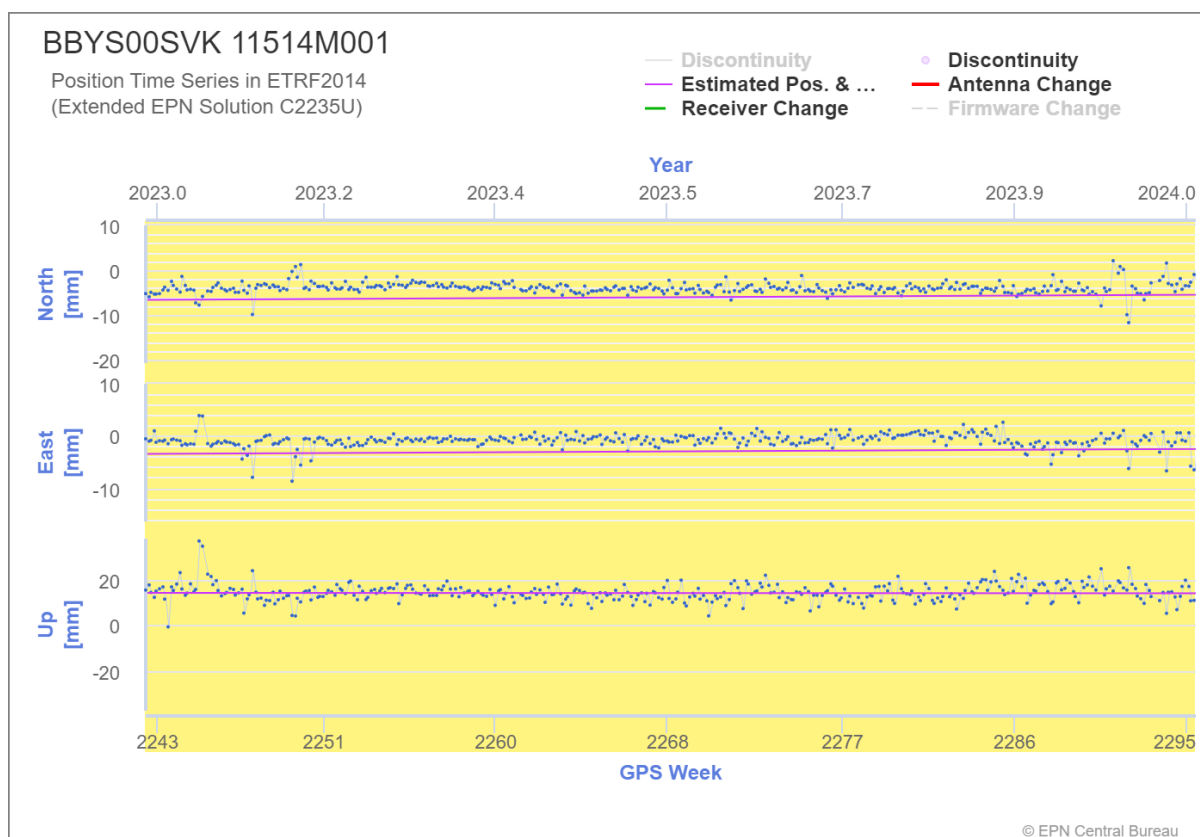
Obr. 28 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89, detail pre rok 2023



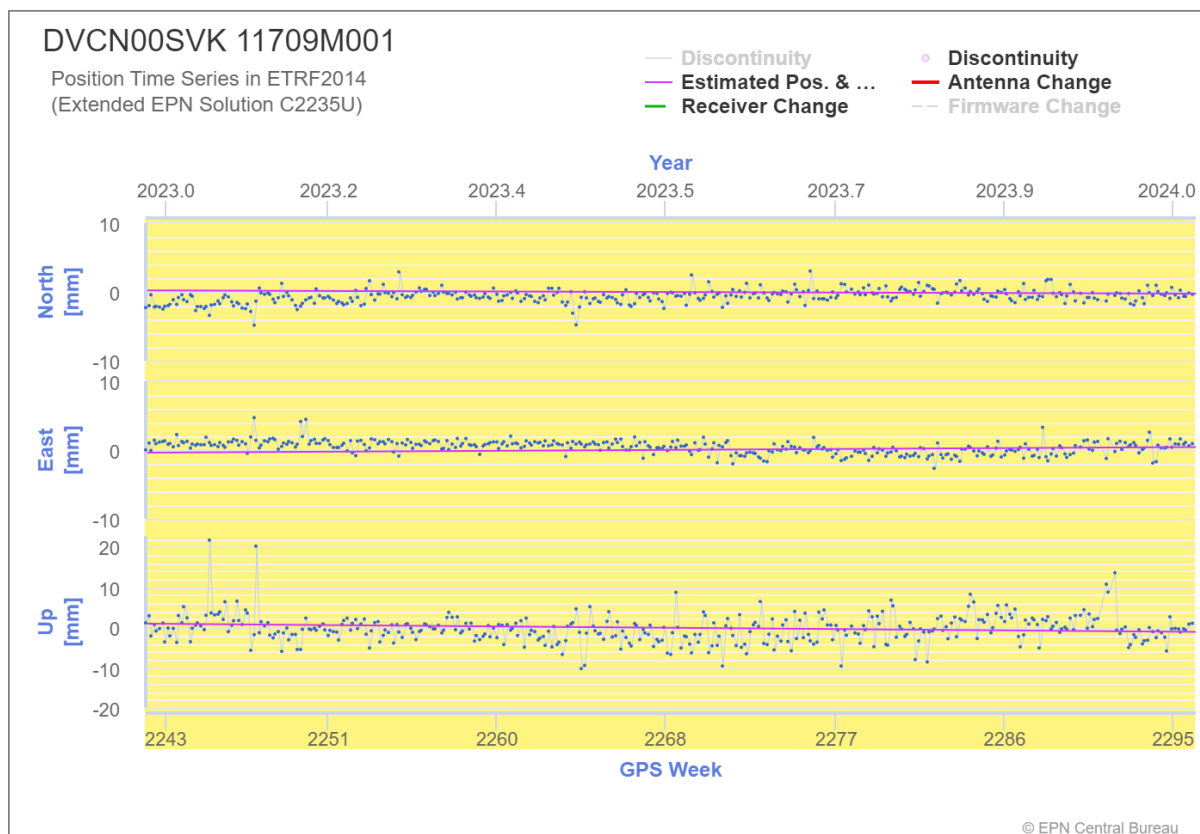
Obr. 29 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89, detail pre rok 2023



Obr. 30 Znážornenie pohybu bodu GANP v ETRS89, detail pre rok 2023



Obr. 31 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89, detail pre rok 2023



Obr. 32 Znáznornenie pohybu bodu DVCN v ETRS89, detail pre rok 2023

Tab. 1 Referenčné súradnice a rýchlosti na staniciach 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 – 316/2023	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 - 316/2023	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	1260571,682 ± 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 - 316/2023	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 - 316/2023	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 - 316/2023	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 - 316/2023	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 - 316/2023	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 - 316/2023	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

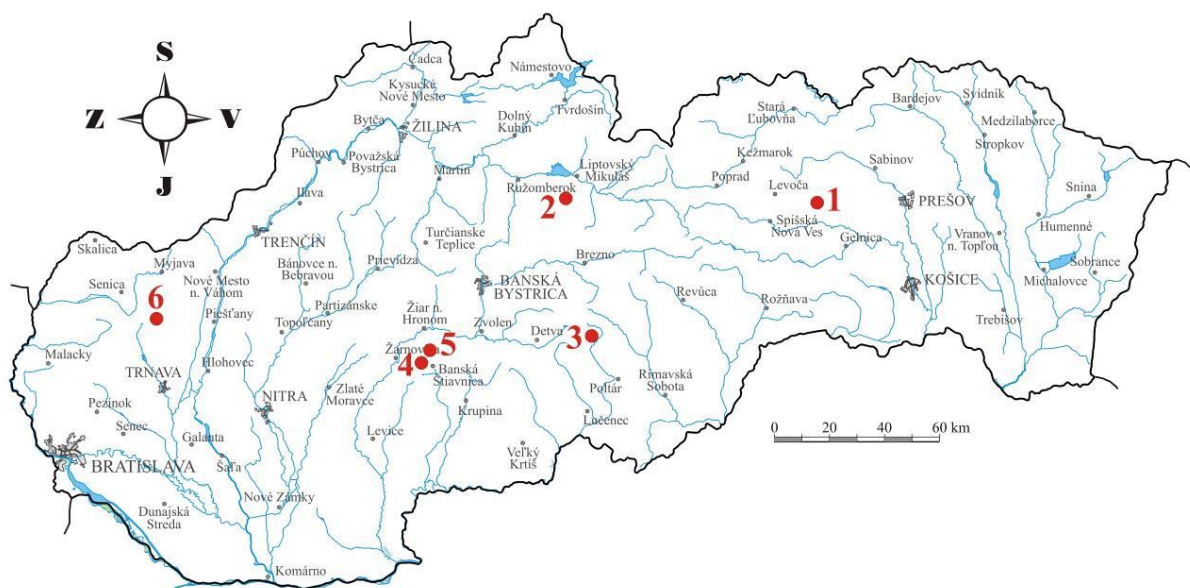
DVCN00SVK - 11507M002 - trieda „B“							
ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
051/2022 - 316/2023	177/2022	4026497,367 ± 0,000	1361546,915 ± 0,000	4739882,156 ± 0,000	NA	NA	NA
IGS14	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
051/2022 - 316/2023	177/2022	4026496,788 ± 0,000	1361547,484 ± 0,000	4739882,484 ± 0,000	NA	NA	NA

2. 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 tohto typu dilatometra na sledovanie mikroposunov na aktívnych tektonických poruchách začalo pred desiatkami rokov v Bulharsku (Avramova-Tacheva et al., 1984) a pokračovalo v Českej republike (napr. Košťák, 1998; Štepančíková et al., 2008), Slovenskej republike (napr. Petro et al., 2004; Briestenský & Stemberk, 2008; Briestenský et al., 2007, 2010, 2011, 2014, 2018), Poľsku (napr. Kontny et al., 2005), Taliansku (Borre et al., 2003), Peru (Košťák et al., 2002), Grécku (napr. Drakatos et al., 2005; Stemberk & Košťák, 2007), Slovinsku (napr. Šebela et al., 2005; Gosar et al., 2009), Nemecku, Kirgizsku, na Špicbergoch (Stemberk et al., 2015) a ďalších krajinách sveta.

2.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

Monitorovacia sieť prístrojov TM-71 na Slovensku je pomerne rozsiahla. Väčšina prístrojov je súčasťou medzinárodnej siete TecNet vybudovanej v rámci projektu EU TecNet, ktorý je riešený Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie vied Českej republiky (www.tecnet.cz).



Obr. 33 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2023 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

V rámci pôsobnosti projektu ČMS GF bolo na území SR inštalovaných na tektonických líniiach 6 prístrojov TM-71 v nasledovných lokalitách: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipeľ, Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda (Obr. 33). Počas roka 2023 boli na predmetných lokalitách odčítavané údaje z prístrojov s periódou približne 1 x za 3 mesiace alebo častejšie.

Branisko

Na lokalite Branisko je prístrojom TM-71 monitorovaná tektonická porucha, pretínajúca

úniková štôľňa tunela Branisko. Touto poruchou je 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. 34: 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. Morfologicky 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). Tatrikum ako subautochtónna jednotka zahŕňa kryštalickej základne a obalové mezozoické jednotky. Ďalšie dve 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 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 (***Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.***), 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. 35 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 kryštallického jadra veporika (Bezák et al., 1999). Horniny vo vnútri zlomového pásma širokého viac než 600 m sú silno tektonicky porušené a mylonitizované (Ondrášik et al., 1987). Na jednom zlome systému, v bývalej prieskumnej štôlni Izabela, bol v roku



2002 inštalovaný dilatometer TM-71 (

Obr. 36).



Obr. 36 Inštalácia dilatometra TM-71 v prieskumnej štôlni Izabela na lokalite Ipeľ

Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)

Lokalita sa nachádza v Štiavnických vrchoch, asi 9 km na Z od Banskej Štiavnice. Na inštaláciu dilatometra TM-71 (Obr. 37) bolo vybraté miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štôlne Starovšechsvätých. Štôľňa 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. 37 Inštalácia dilatometra TM-71 v štôlni Starovšechsvätých na lokalite Banská Hodruša

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. 38). Štôľňa bola vyrazená v tektonicky

porušených porfyrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula).



Obr. 38 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

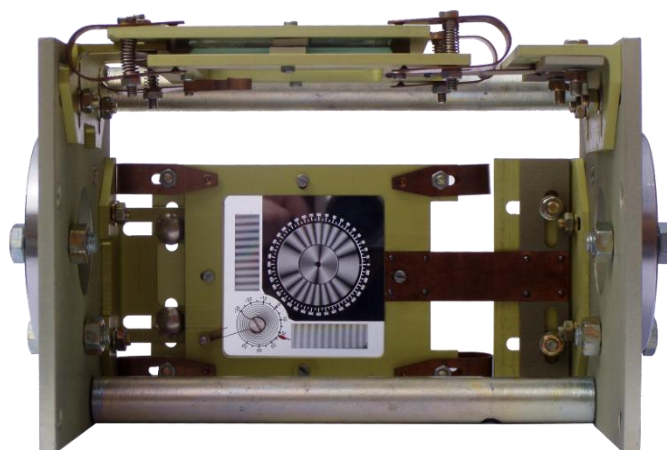
Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát južne od Brezovej pod Bradlom. Morfológicky ide o dobrovodskú depresiu, ktorou prechádza zlom smeru SV-JZ. Podľa Maglay et al. (1999) bol zlom aktívny od stredného pleistocénu do holocénu. Oblasť Dobrej Vody je známa ako seizmicky aktívna. V minulosti 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, $48,58^\circ$ 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. 39). Zber údajov systematicky zabezpečuje pracovník ústavu, RNDr. Miloš Briestenský, PhD.



Obr. 39 Inštalácia dilatometra TM-71 na tektonickej poruche na lokalite Dobrá Voda

2.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Na monitorovanie posunov na vybratých neotektonických poruchách sa v rámci danej úlohy tak ako v predchádzajúcom období aj v roku 2023 používali mechanicko-optické dilatometre typu *TM-71* (Obr. 40), umožňujúce merať veľmi pomalé posuny s presnosťou na úrovni 0,01 mm a rotácie 0,01 gr. Výsledný 3D charakter vektora pohybu zabezpečuje meranie v dvoch na seba kolmých rovinách, čo umožňuje výpočtom stanoviť priestorový pohyb (3D) oboch monitorovaných blokov.



Obr. 40 Mechanicko-optický dilatometer typu *TM-71*

Na spracovanie nameraných údajov sa používa špeciálna aplikácia MSDilat V3.1 (Stercz, 2021) programovaná v objektovom Pascale (Delphi) pre platformu MS Windows.

Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2023 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 9x – Vyhne, 5x – Dobrá Voda, 5x – Branisko, 4x – Banská Hodruša, 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

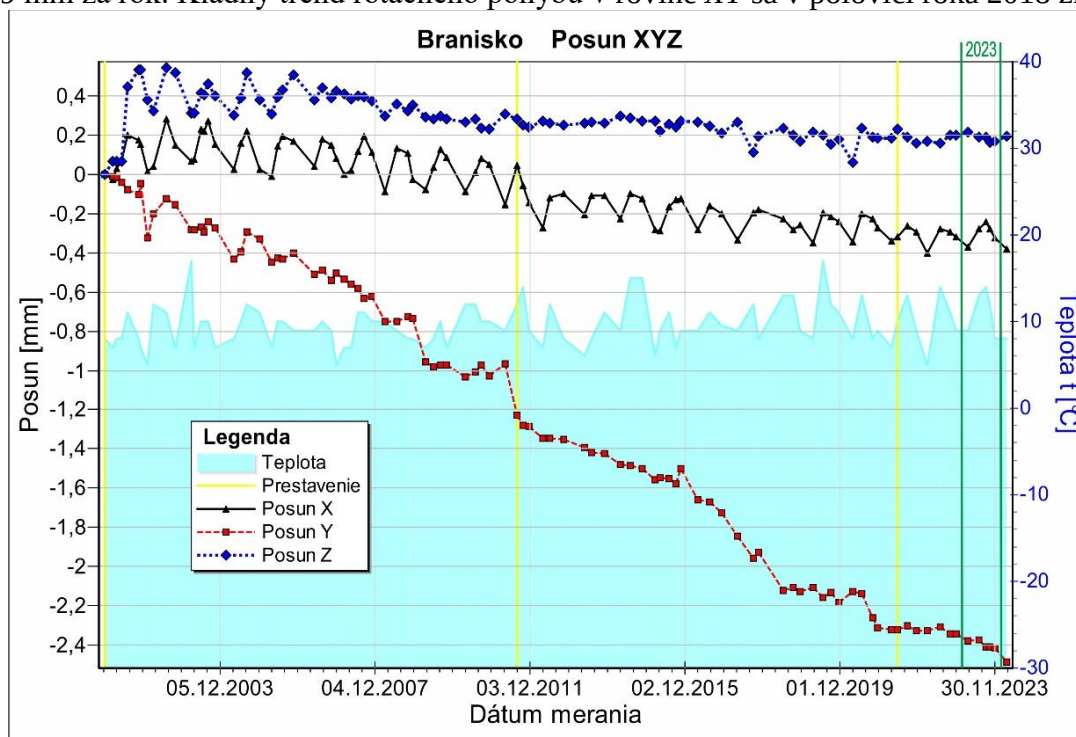
so seizmickými udalosťami. Z tohto dôvodu je potrebné plánovať v budúcnosti na všetkých lokalitách najmenej 4 merania ročne.

2.3 Výsledky monitorovania

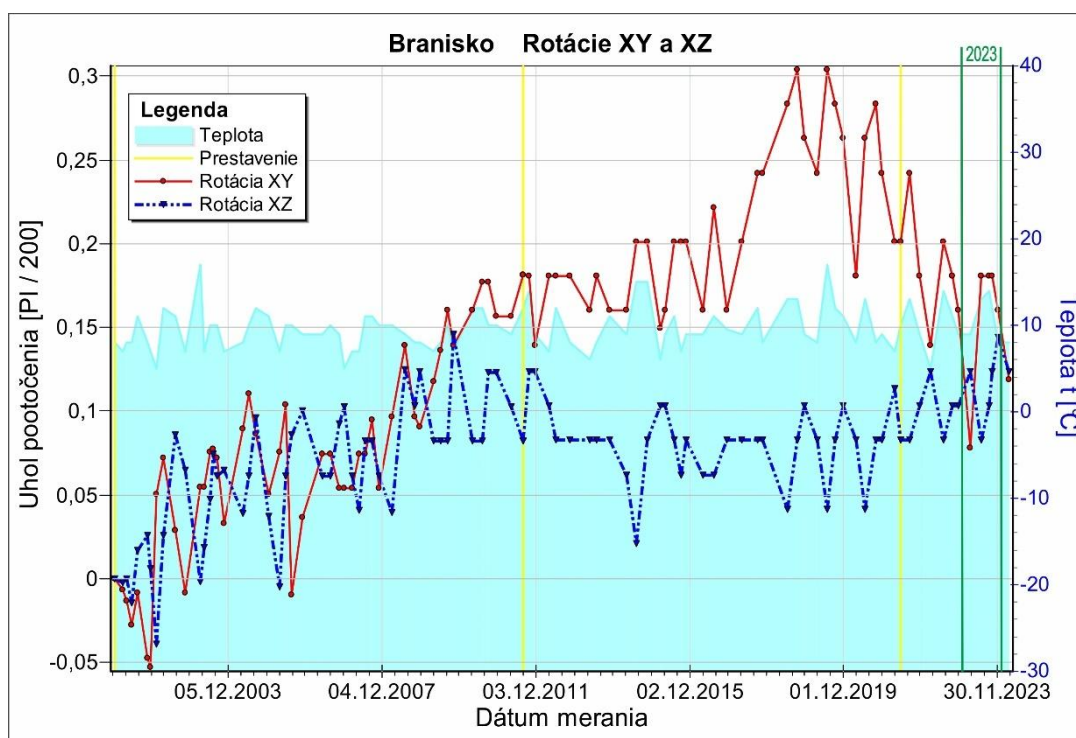
Branisko

Podobne ako v predchádzajúcom období aj v roku 2023 bol zaznamenaný posun, hoci minimálny (0,09 mm) pozdĺž šindliarskeho zlomu (v prevažnej miere v smere osi Y). Dlhodobý trend tohto horizontálneho posunu je zrejmý a ostal zachovaný aj v priebehu roka 2023. Berúc do úvahy vzájomnú priestorovú orientáciu dilatometra a monitorovaného zlomu je tento pohyb interpretovaný ako pravostranný posun. Jeho celková veľkosť dosiahla začiatkom roka 2023 hodnotu 2,34 mm a koncom roka hodnotu 2,43 mm (Obr. 41). Priemerná rýchlosť pohybu za obdobie 23 rokov je $0,105 \text{ mm.rok}^{-1}$. 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 taktiež badateľný, je však oproti horizontálnemu posunu výrazne menší. Krivka, zobrazujúca pohyby v smere osi X podobne ako po iné roky odráža cyklické zmeny v masíve s ročnou periodicitou a celkový trend je tak mierne potlačený a zastretý s hodnotou približne 0,02 mm za rok. Celkové otvorenie trhliny dosiahlo na konci roka hodnotu 0,325 mm.

Trend dlhodobého poklesu (os Z) východného bloku (hanging wall) je veľmi pomalý, v období od roku 2017 sa dokonca viac-menej zastavil a hodnota meraní ostala stáť približne na úrovni 0,2 mm, čo je možné označiť za stagnáciu pohybu vo vertikálnom smere. Celkový pokles za 23 rokov meraní dosiahol 0,2 mm s priemernou rýchlosťou poklesávania cca $0,009 \text{ mm za rok}$. Kladný trend rotačného pohybu v rovine XY sa v polovici roka 2018 zmenil



Obr. 41 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2023



Obr. 42 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2023

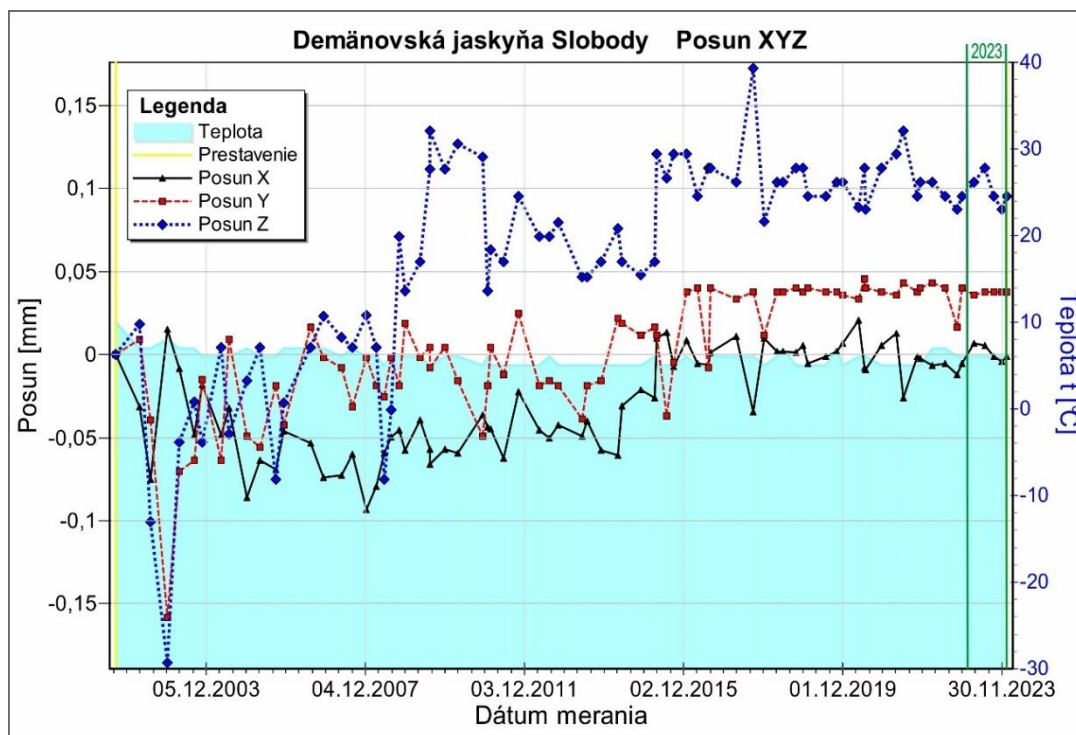
na záporný – klesajúci (t. j. smer rotácie východného bloku je v smere hodinových ručičiek) a v tomto duchu prebiehal aj počas roka 2023 (Obr. 42). Celkový trend za celé merané obdobie je však kladný, t. j. že rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, teda na JJZ. Rotačný pohyb v rovine XZ je za posledné obdobie naopak v súlade s celkovým trendom a jeho charakter je mierne rastúci, čo sa dá interpretovať ako uzatváranie pukliny v hornej časti a otváranie v spodnej. Pohyb je však minimálny s maximom na 0,31 gr.

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.

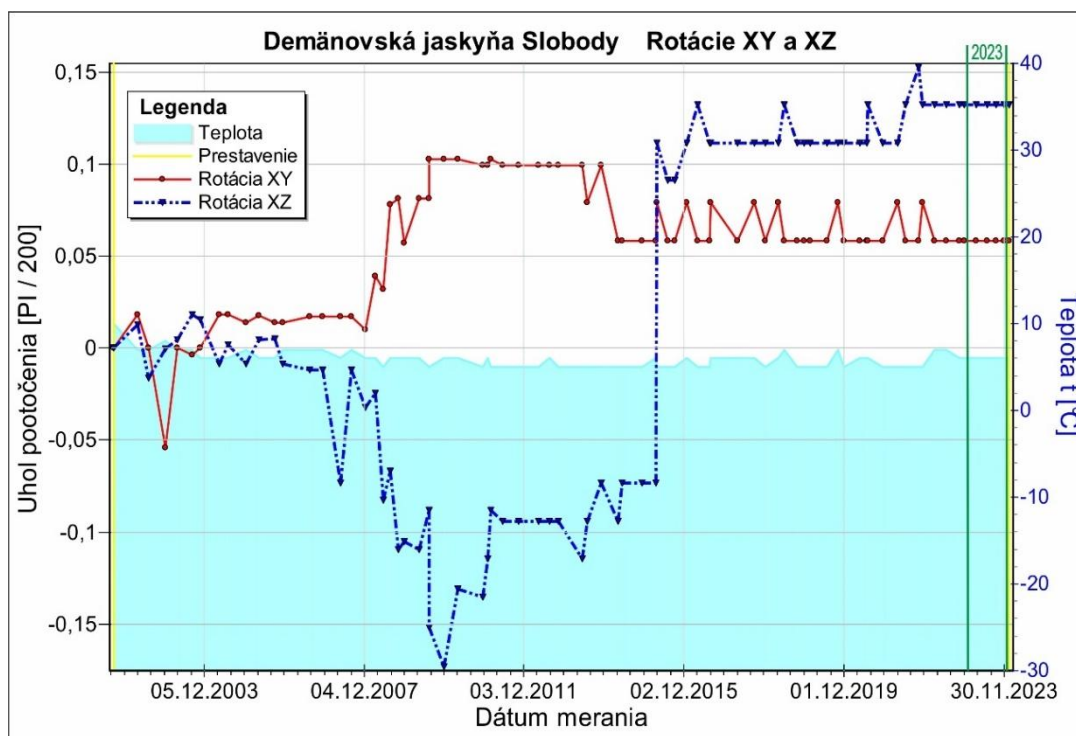
Demänovská jaskyňa Slobody

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. 43). 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 zrejмый. Šmykový pohyb sa interpretuje ako pravostranný. Celkovo možno hodnotiť pohybovú aktivitu na monitorovanej zlomovej línii za rok 2023 ako utlmenú. Namerané hodnoty pre jednotlivé krivky sa v priebehu roka 2023 prakticky nezmenili, prípadne len mierne oscilujú okolo strednej hodnoty s amplitúdou 0,01 – 0,02 mm, čo je na úrovni neistoty merania prístroja. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (Obr. 44) a sumárne indikujú v priestore

pravotočivý pohyb východného bloku, hoci v období roka 2023 nevykazujú žiadnu detekovateľnú zmenu a stagnujú na hodnotách 0,06 gr. v rovine XY a 0,13 gr. v rovine XZ (Obr. 43).



Obr. 43 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi X, Y a Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jaskyňa Slobody za obdobie rokov 2001 – 2023

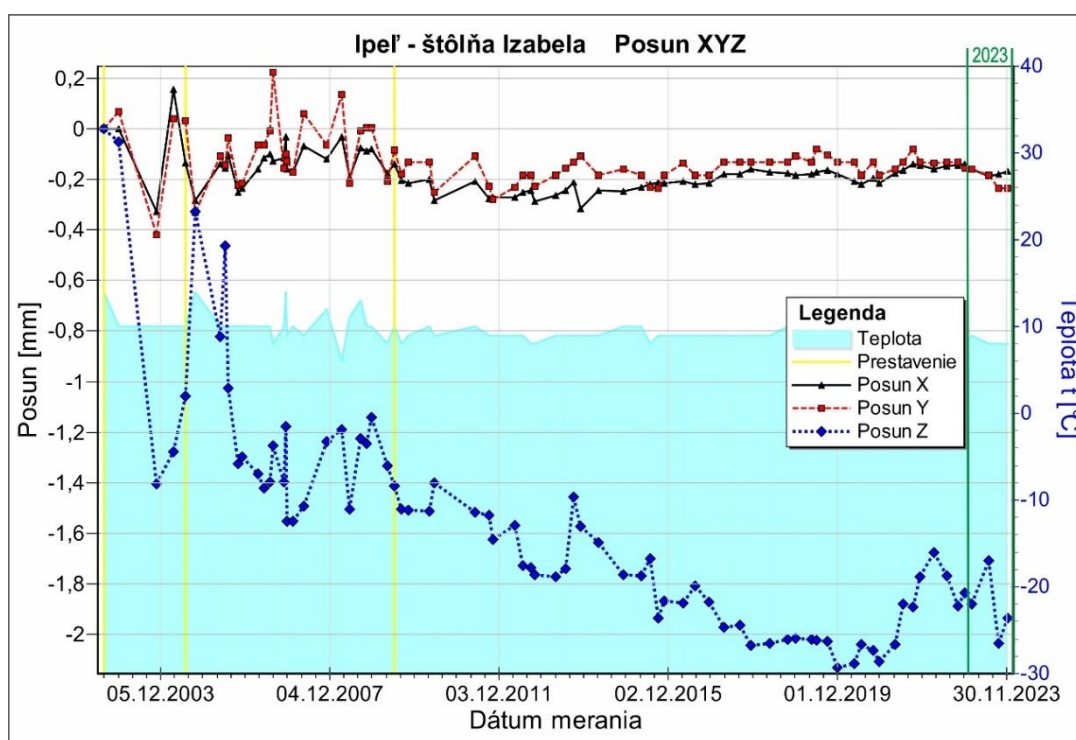


Obr. 44 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2023

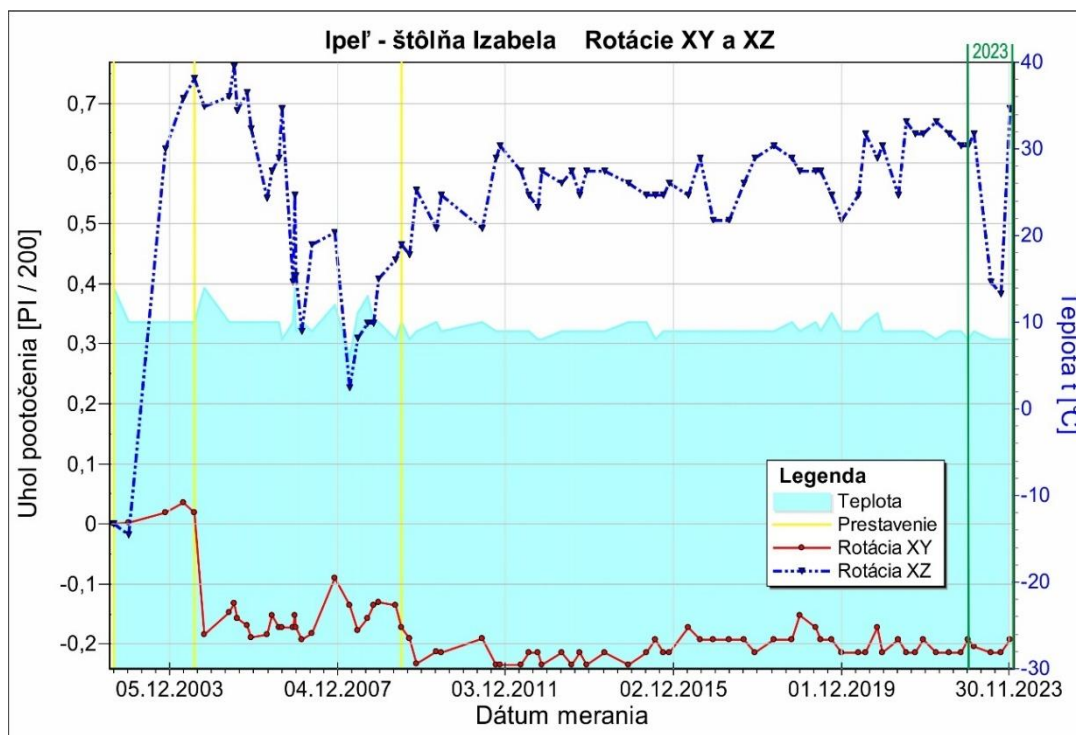
Ipeľ

Trend dlhodobého (21 rokov) pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný. Od začiatku roka 2018 pohyb stagnoval na hodnote cca 2,0 mm, koncom roka 2019 došlo k poklesu o cca 0,1 mm a ustálil sa na celkovej hodnote 2,107 mm (Obr. 45). V roku 2021 bol zaznamenaný zvrät v trende poklesu až do marca 2022. Počas tohto obdobia v trvaní takmer dvoch rokov sa dostala hodnota posunu v smere osi Z späť na úroveň 1,68 mm (úroveň z rokov 2011 – 2014). Nasledujúce obdobie vrátane celého roka 2023 vykazujú namerané hodnoty v smere osi Z vyššiu fluktuáciu a oscilujú okolo strednej hodnoty cca 1,8 až 1,9 mm. Trend pohybu je podobný ako v období pred rokom 2021. Hodnota celkového poklesu v závere roku 2023 dosiahla 1,94 mm.

Veľkosť posunu 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 rovine XY sú zanedbateľné, v rovine XZ došlo v priebehu roka k poklesu hodnoty o cca 0,2 gr, ku koncu roka sa ale hodnota vrátila na úroveň z roka 2022 (Obr. 46).



Obr. 45 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2023



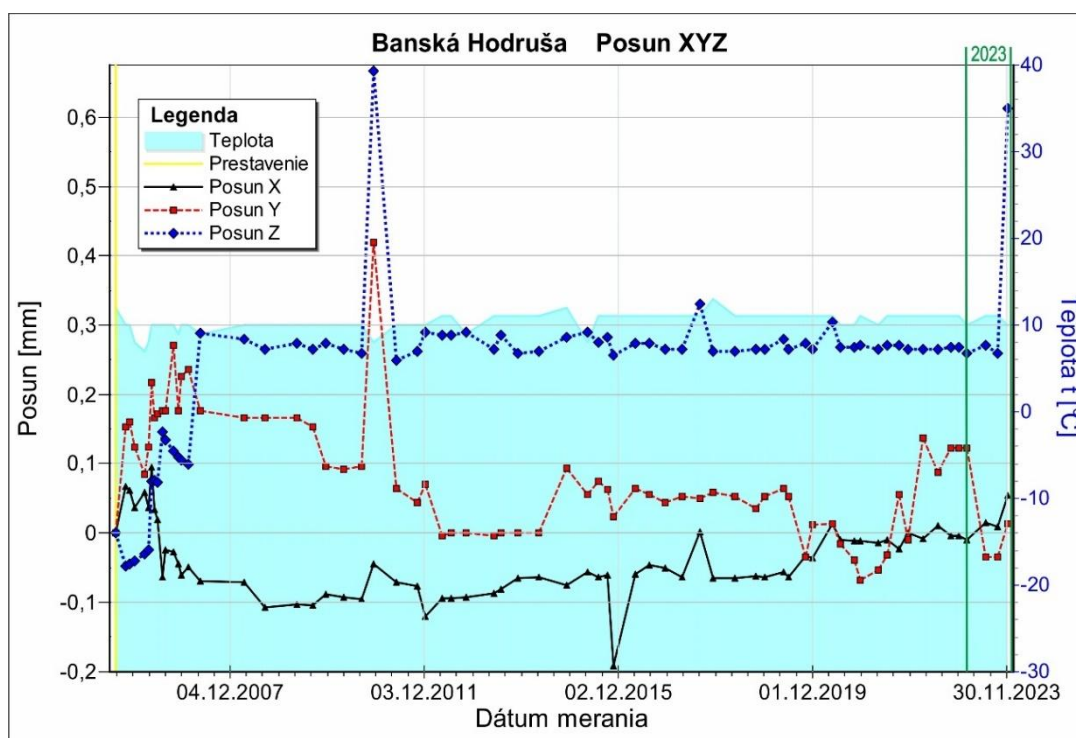
Obr. 46 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni Izabela na lokalite Ipeľ za obdobie rokov 2002 – 2023

Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)

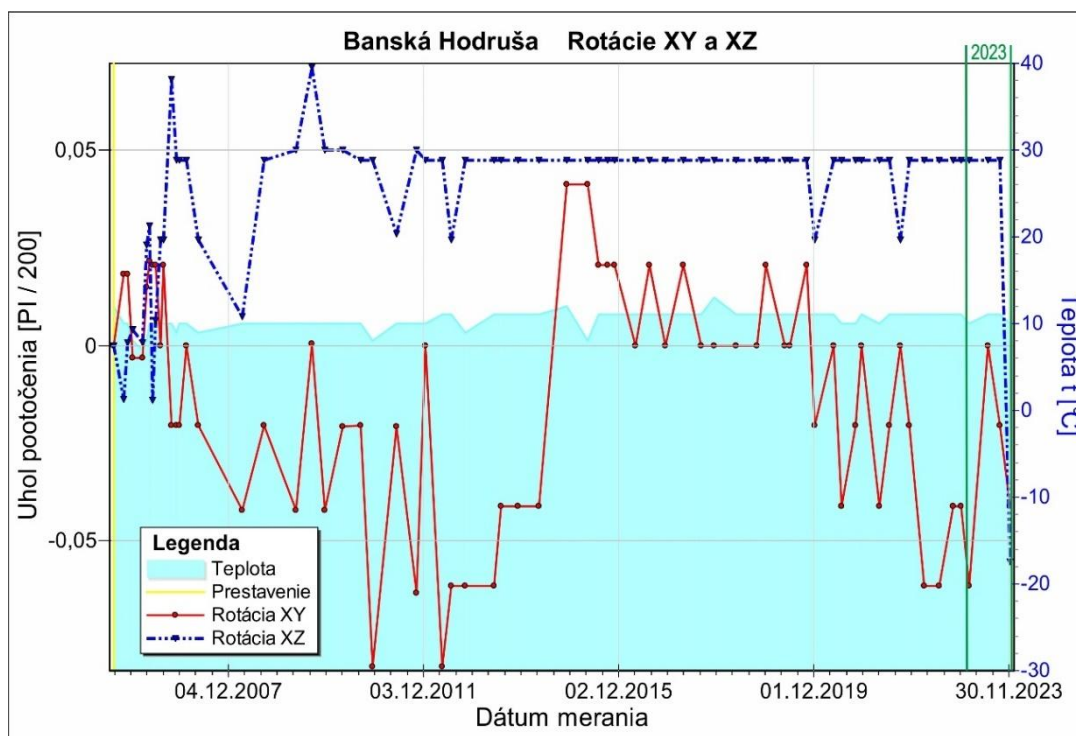
Hoci merania mikroposunov v danej lokalite v posledných rokoch nepreukázali žiaden významný pohyb v smere osi Z (od roku 2007 sa namerané hodnoty podstatne nemenili a stagnovali na úrovni cca 0,270 mm), koncom tretieho kvartálu roka 2023 došlo k zmene (Obr. 47). Posledné meranie v roku 2023 preukázalo v smere osi Z, vzhľadom na doterajšiu stagnáciu, významný pohyb s veľkosťou cca 0,4 mm, ktorý nastal v priebehu niekoľkých mesiacov (časové obdobie medzi dvoma nasledujúcimi meraniami). Podľa údajov, zistených prístrojom, dochádza k relatívnemu poklesu juhovýchodného bloku oproti severozápadnému bloku, ktorý je naopak (relatívne) vyzdvihovaný. Trend, začatý pri poslednom meraní v roku 2023 pokračuje aj pri prvých meraniach v roku 2024.

Posun v smere osi X (otváranie resp. zatváranie trhliny) pokračuje v miernom rastúcom trende, ktorý začal niekedy v polovici roka 2008, koncom roka 2023 bol zaznamenaný posun o cca 0,05 mm, čo oproti stagnujúcemu vývoju v predchádzajúcich troch rokoch je skokovitý posun. Rastúci trend znamená postupné uzatváranie trhliny hoci namerané hodnoty sú veľmi malé, hraničiace s citlivosťou prístroja. Ku koncu roka 2023 bola celková kumulatívna hodnota posunu v smere X za obdobie merania (21 rokov) len približne na úrovni 0,06 mm. Dlhodobý trend v horizontálnom posune pozdĺž roviny zlomu (os Y) nie je jednoznačný. Začiatkom roka 2023 došlo v priebehu 4 mesiacov (interval medzi dvoma meraniami) k sinistrálnemu posunu o cca 0,15 mm z hodnoty približne 0,12 mm na hodnotu -0,035 mm. Celkový posun v smere osi Y sa týmto vrátil na hodnoty z r. 2020. Koncom roka 2023 sa smerovanie zase obrátilo ku kladným číslam. Príčina tohto vývoja pohybu zatiaľ nie je jasná, predpokladáme, že jej vysvetlenie, ak bude možné, tak až v najbližších rokoch. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú veľkosťou takmer zanedbateľné (Obr. 48), napriek tomu pri odčítaní hodnôt v decembri 2023 bola nameraná relatívne významná zmena na krivke rotácií vo vertikálnej rovine (XZ). Podľa nameraných údajov došlo k pootočeniu monitorovaných blokov o cca 0,1 gr tak, že rotáciou blokov sa štrbina medzi nimi v hornej časti viac rozširuje a v dolnej viac

zužuje. Z hľadiska rozmerov nie je tento rotačný pohyb veľký, skôr to vystihuje charakter napätia na tektonickej línii.



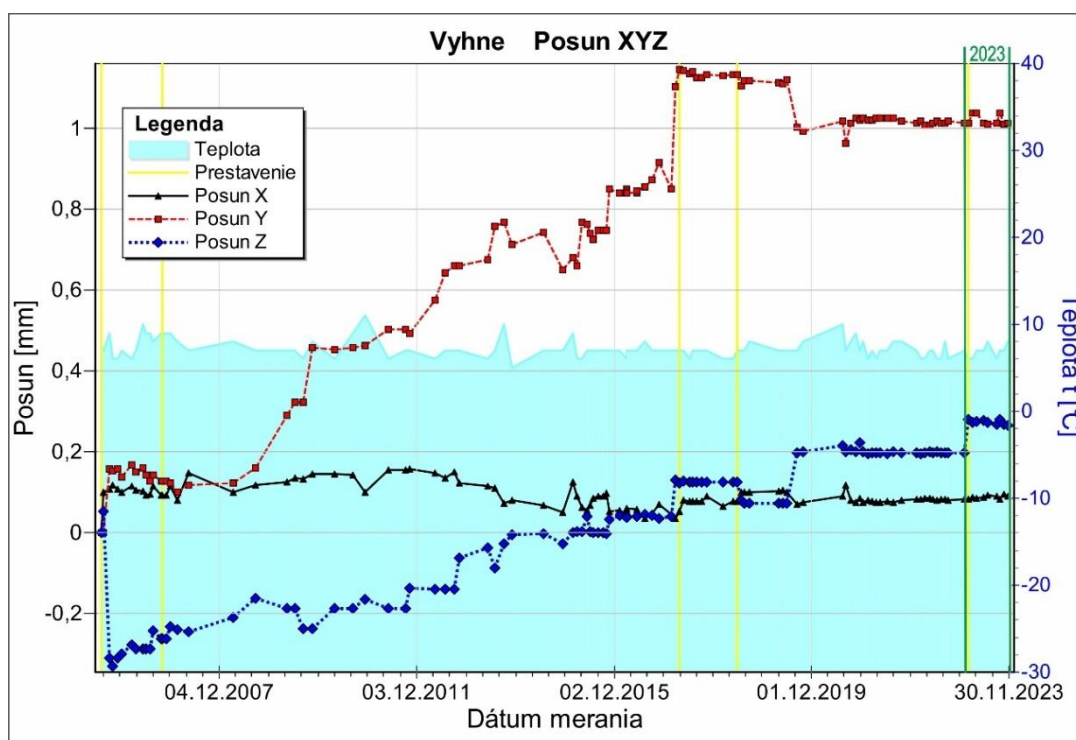
Obr. 47 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zistený dilatometrom TM-71 v štôlni Vŕchovských (stará) lokalite Banská Hodruša za obdobie rokov 2005 – 2023



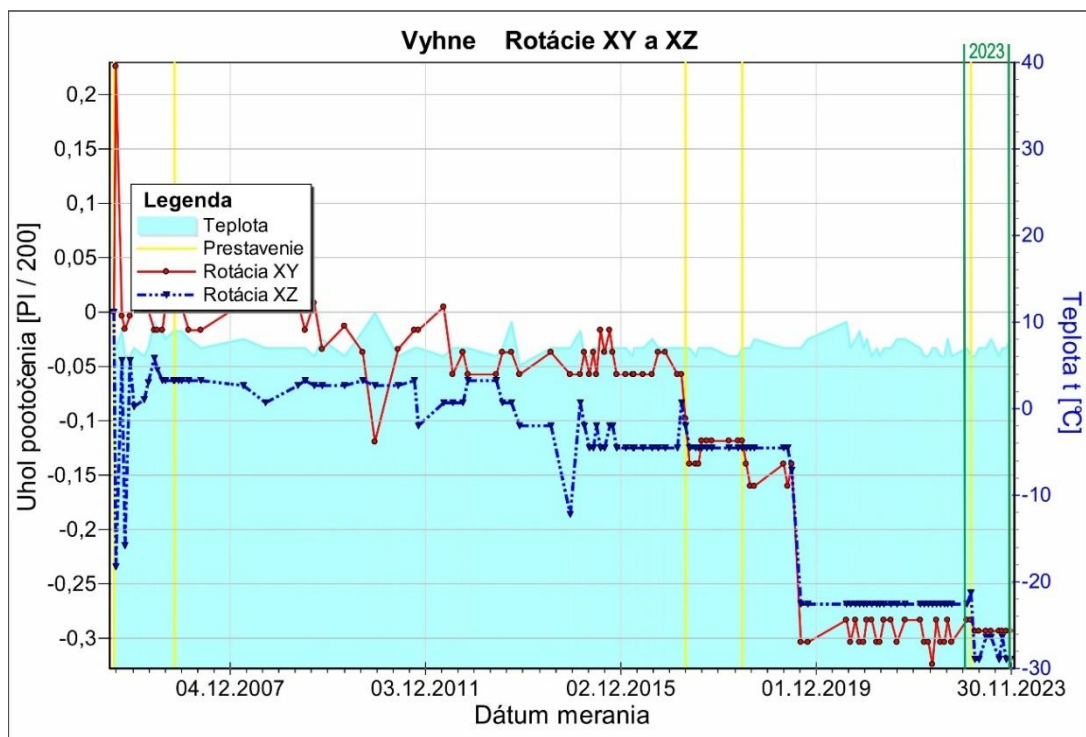
Obr. 48 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v štôlni Vŕchovských (stará) na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005 – 2023

Vyhne

Za posledné roky (od 2019) 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. 49), v horizontálnom smere (šmykový posun pozdĺž zlomu – os Y) nebola zaznamenaná aktivita a výsledná hodnota za celú dobu merania stagnovala v roku 2023 na úrovni cca 1 mm. Pohybová aktivita vo vertikálnom smere (pokles jedného z tektonických blokov – os Z) bola od konca roka 2019 do začiatku roka 2023 bezvýznamná a stagnovala na úrovni 0,2 mm, v priebehu februára 2023 však došlo ku skokovitému vyzdvihnutiu východného bloku (resp. poklesnutiu západného) o cca 0,08 mm. Tento pohyb je v súlade s dlhodobým pozorovaným trendom, ktorý má vypočítanú hodnotu cca 0,03 mm/rok. Podľa priebehu krivky možno konštatovať, že na monitorovanej tektonickej línii nedochádza vo vertikálnom smere k plynulému pohybu ale skôr ku krátkym skokovitým posunom v striedaní s dlhšími obdobiami stagnácie. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách (XY a XZ) boli v predchádzajúcom období bezvýznamné a podobné výsledky boli zaznamenané aj za rok 2023 s tým rozdielom, že vo vertikálnej rovine predsa len je viditeľná nevýrazná zmena vo veľkosti uhla pootočenia v hodnote cca -0,05 gr. Aj v tomto prípade ide o skokovitú zmenu v rovnakom časovom období ako pri posune na osi Y. Taktiež z hľadiska tvaru majú krivky rotácií v oboch meraných rovinách podobu s krivkou Y – majú rozoznateľný dlhodobý trend a skôr skokovitý charakter pohybu (Obr. 50).



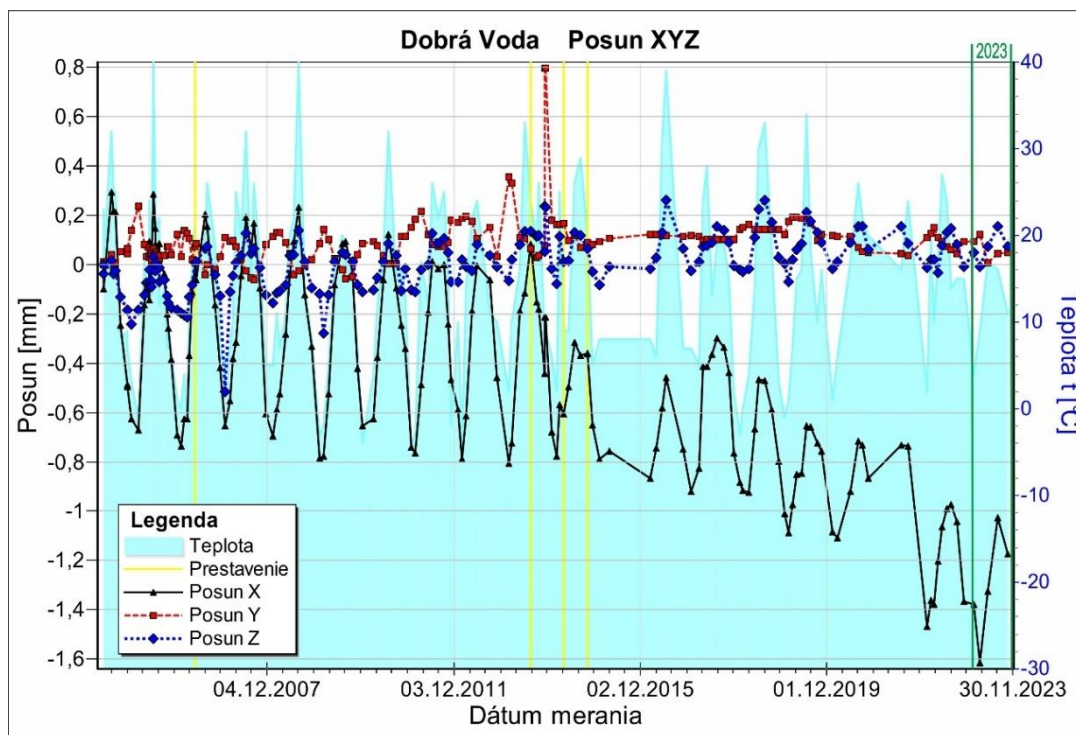
Obr. 49 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2023



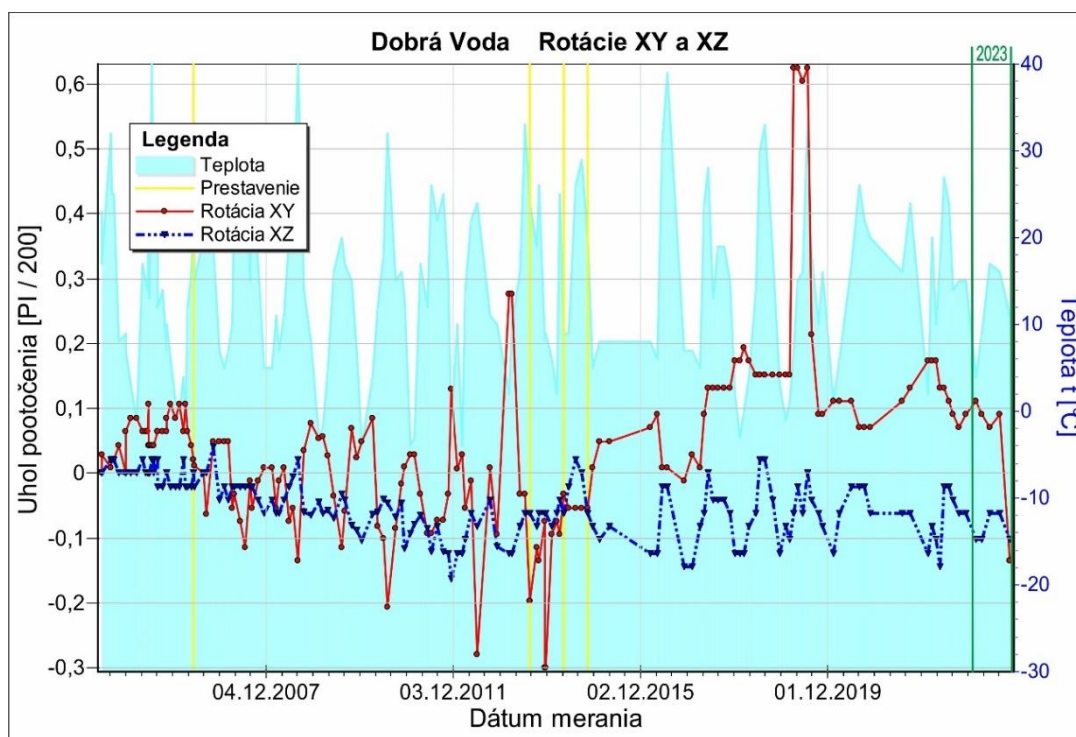
Obr. 50 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v štôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 – 2023

Dobrá Voda

Trend zrýchleného otvárania sa zlomovej trhliny (posun pozdĺž osi X) od konca roku 2015 pokračoval aj v roku 2023 (Obr. 51). Nakoľko je prístroj umiestnený v otvorenom teréne, vplyv zmien vonkajšej teploty na odčítané hodnoty je kvôli tepelnej rozťažnosti konzol výrazne vyšší ako u prístrojov, umiestnených v podzemných priestoroch so stálou teplotou. Preto uvádzanie konkrétnych nameraných hodnôt do tejto správy môže byť skresľujúce a relevantnejší údaj v tomto prípade poskytuje dlhodobý trend. V tomto prípade dochádza za posledných 10 rokov k otváraniu trhliny s rýchlosťou približne 0,09 mm za rok.



Obr. 51 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2023



Obr. 52 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2023

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. 52) nie je za posledných 10 rokov evidentný významný trend v zmenách otáčania oboch navzájom kolmých rovin (XY a XZ). Krivky rotácií vo vertikálnej ani horizontálnej rovine sa za posledné roky významne

nemenia a odzrkadľujú skôr zmeny v súvislosti s okolitou teplotou. Krivka XZ osciluje v období roka 2023 okolo hodnoty cca -0,07 gr s amplitúdou 0,02 až 0,5 gr a krivka XY s podobnou amplitúdou okolo hodnoty 0,1 gr.

2.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2023 dilatometrami typu TM-71 možno zhrnúť nasledovne:

- Podobne ako v roku 2022, ani v roku 2023, s výnimkou lokalít Vyhne a Banská Hodruša nepreukázali prístroje veľmi výraznú recentnú tektonickú aktivitu. Veľkosť posunov za celé obdobie roka nepresiahla nikde hodnotu 0,20 mm. V Banskej Hodruši však došlo k skokovému poklesnutiu juhovýchodného bloku takmer o 0,4 mm a vo Vyhniach o necelú desatinu milimetra. Horizontálne posuny v oboch týchto prípadoch boli zanedbateľné.
- Dlhodobé tendencie pohybu za celé monitorovacie obdobie (podľa lokalít 18 – 23 rokov) sa v priebehu roka 2023 nezmenili a pokračujú v nastúpených trendoch: Branisko (šmykový posun pozdĺž zlomu za rok 2023 bol 0,09 mm – celková hodnota 2,43 mm), Demänovská jaskyňa Slobody (pokles východného bloku – celková hodnota v smere osi Z bola 0,096 mm a oproti minulému roku sa takmer nezmenila, šmykový posun pozdĺž zlomu cca stagnuje na hodnote 0,04 mm), Ipeľ (pokles juhovýchodného bloku – celková hodnota cca 1,94 mm), Banská Hodruša (pokles juhovýchodného bloku – celková hodnota ku koncu roka 2023 je cca 0,62 mm), Vyhne (pokles jedného z blokov – celková hodnota cca 0,26 mm a šmykového posunu pozdĺž zlomu cca 1,01 mm, Dobrá Voda (otváranie trhliny – celková hodnota cca 1,42 mm).
- Monitorovanie tektonickej aktivity má nezanedbateľný prínos v oblasti vedeckého výskumu dlhodobých procesov, ktoré formujú prírodné prostredie. Obzvlášť veľký praktický význam má však pri získavaní údajov v spojitosti s bezpečnosťou technickej infraštruktúry, ako sú líniové stavby (lokalita Branisko – monitoring tektonickej línie v diaľničnom tuneli v prevádzke), energetické zariadenia (lokalita Ipeľ – plánovaná výstavba prečerpávacej vodnej elektrárne s výkonom cca 700 MW) alebo chránené prírodné objekty (Demänovská jaskyňa Slobody – národná prírodná pamiatka a jeden z najnavštevovanejších turistických objektov v SR).

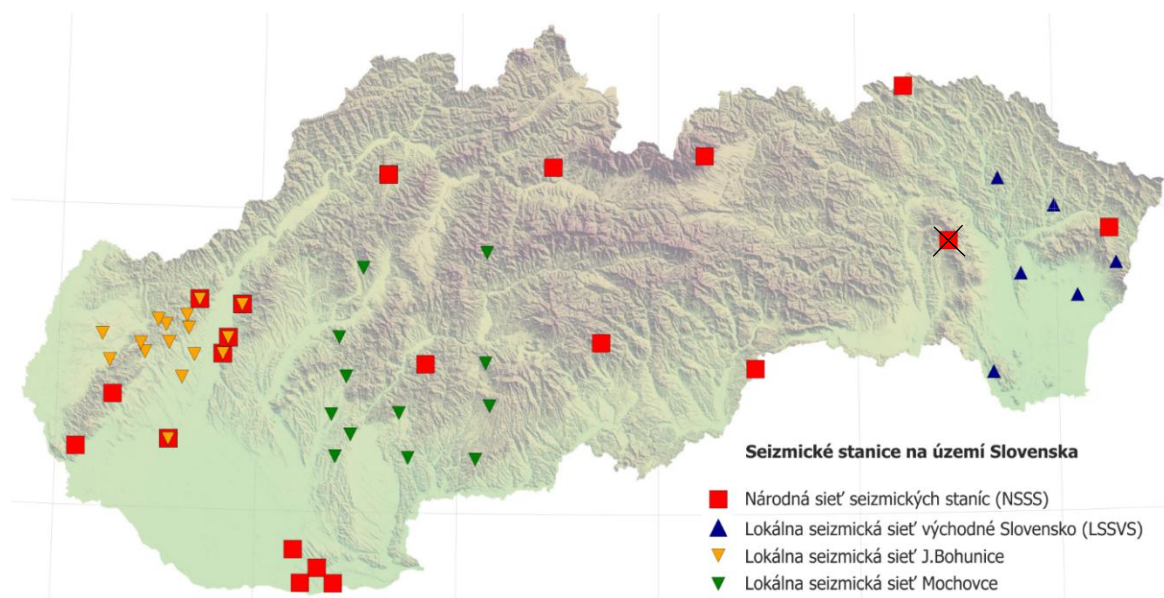
Nakoľko považujeme význam monitorovaných lokalít za dôležitý, navrhujeme pokračovať v monitorovacích prácach aj v roku 2024 s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

3. 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 15 seizmickými stanicami (Tab. 2, Obr. 53).

Tab. 2 Národná sieť seizmických staníc na území SR (stav v roku 2023)

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



Obr. 53 Seizmické stanice na území Slovenska – stav v roku 2023

Na seizmických staniach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu Zeme. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Na staniach ZST, VYHS, KOLS, MODS, LANS a SPC sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné seizmické stanice sú vybavené krátkoperiodickými seizmometrami, seizmická stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom. Po úspešnom ukončení skúšobnej prevádzky od novembra 2022 bola seizmická stanica ZBNS dňa 26. 1. 2023 zaradená do národnej siete. Stanica bola nainštalovaná v spolupráci s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín AVČR a je vybavená širokopásmovým 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 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 na Obr. 53 a 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.

3.1 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 60 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť ÚVZ SAV.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2023)

Stanica	ISC kód	Zem. Šírka [°N]	Zem. Dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seimometer	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, Prenos údajov	Dátový formát
Bratislava Žel. Stud.	ZST	48,196	17,102	250	3x SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	dočasne prerušená prevádzka								
Vyhne	VYHS	48,493	18,836	450	STS-2	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Modra-Piesok	MODS	48,373	17,277	520	STS-2	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Hurbanovo	HRB	47,873	18,192	115	2xMainka	Analog	-	začadený papier, offline	-
Izabela	IZAB	48,569	19,713	450	3x SM3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Iža	SRO1	47,762	18,233	111	LE3D	PCM	20	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kečovo	KECS	48,483	20,486	345	LE3D	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48,933	22,273	460	Guralp-6T-30s	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Liptovská Anna	LANS	49,151	19,468	710	Metrozet	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Moča	SRO2	47,763	18,394	109	Guralp-40T-1s	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49,417	21,244	534	LE3D	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Šrobárová	SRO	47,813	18,313	150	3x SKM-3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Skalnaté Pleso	SPC	49,189	20,234	1751	Guralp-40T-30s	Seis-CompE-arthData	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Zbyňov	ZBNS	49,133	18,642	500	Guralp 6T-30s	EEaS	250	kontinuálny, v reálnom čase	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 2023 bolo zo záznamov seizmických staníc národnej siete interpretovaných 12 447 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo 44 762 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.

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

3.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR

V roku 2023 bolo zo záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných predbežne 82 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 2023 a mapa polohy epicentier týchto zemetrasení sú v Tab. 4 a na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov..**

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky v roku 2023

Deň	Čas (UTC) hh:mm:ss	Geograf. súradnice dĺžka šírka	Hĺbka (km)	M _L	I ₀ (EMS)	Lokalita / Oblasť
Január						
14	18:57:54,46	48,52 N 17,38 E	1	0,5		Malé Karpaty
15	08:58:39,58	48,55 N 17,27 E	2	0,6		Záhorie
Február						
2	20:47:54,46	48,59 N 17,71 E	2	0,4		Malé Karpaty
5	03:09:35,25	47,84 N 18,31 E	0	2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
17	09:44:12,35	48,87 N 21,62 E	0	-		Slanské vrchy
26	16:03:53,14	48,52 N 17,32 E	1	0,4		Malé Karpaty
27	05:05:53,11	48,74 N 19,23 E	0	0,5		Horehronie
27	23:04:06,11	47,90 N 17,74 E	0	1,3		Šamorín-Komárno-Štúrovo

Marec

1	18:35:07,38	48,10 N	17,30 E	0	1,1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
1	23:58:25,60	48,57 N	17,49 E	4	-		Malé Karpaty
6	07:48:08,93	49,15 N	20,97 E	1	1,1		Spišsko-Šarišské medzihorie
6	09:20:30,85	49,17 N	20,49 E	0	1,4		Levočské vrchy
8	03:02:35,97	48,71 N	21,71 E	0	1,6		Slanské vrchy
19	02:55:05,17	48,72 N	21,69 E	9	1,2		Slanské vrchy
19	13:52:03,14	48,71 N	21,70 E	0	2		Slanské vrchy
19	17:18:52,65	48,47 N	17,25 E	0	0,7		Malé Karpaty
26	11:45:27,90	48,53 N	17,35 E	2	1		Malé Karpaty
30	11:39:06,53	48,16 N	19,06 E	0	0,9		Krupinská planina

Apríl

7	20:30:13,92	48,40 N	17,01 E	2	1,5	3	Záhorie
8	04:49:51,22	49,04 N	19,08 E	1	0,8		Veľká Fatra
12	09:52:37,49	48,66 N	17,64 E	0	0,9		Malé Karpaty
12	18:03:23,46	48,63 N	17,52 E	0	0,7		Malé Karpaty
13	22:33:33,58	48,61 N	17,75 E	3	1		Malé Karpaty
21	13:31:54,57	48,18 N	19,77 E	0	-		Cerová vrchovina
26	17:47:55,71	48,65 N	21,96 E	16	2,2	4	Východoslovenská rovina

Máj

3	15:08:42,23	48,55 N	17,69 E	1	0,8		Malé Karpaty
9	19:22:00,94	48,65 N	17,46 E	0	-		Malé Karpaty
14	22:15:29,85	48,41 N	17,22 E	0	0,5		Malé Karpaty

Jún

2	11:47:42,23	48,33 N	19,06 E	0	-		Štiavnické vrchy
3	19:57:12,80	48,53 N	17,26 E	1	0,8		Záhorie
13	15:40:16,87	48,49 N	17,53 E	0	0,7		Malé Karpaty
13	16:40:37,96	48,55 N	17,48 E	6	0,2		Malé Karpaty
18	19:31:02,65	48,56 N	17,42 E	0	0,9		Malé Karpaty
29	19:41:16,77	48,62 N	17,42 E	4	0,1		Malé Karpaty

Júl

24	05:28:56,56	48,50 N	17,39 E	0	-		Malé Karpaty
28	00:26:45,16	48,82 N	21,88 E	0	1		Vihorlatské vrchy
28	21:20:19,88	48,44 N	17,11 E	0	-		Záhorie

August

3	17:54:53,14	48,67 N	18,98 E	1	-		Kremnické vrchy
19	22:29:49,47	48,78 N	19,21 E	0	0,3		Horehronie
19	22:39:10,75	48,78 N	19,23 E	0	0,3		Horehronie
19	22:59:48,53	48,78 N	19,24 E	0	0,7	3	Horehronie
20	02:42:30,90	48,78 N	19,23 E	0	0,2		Horehronie
28	03:06:38,47	47,89 N	18,11 E	0	0,9		Šamorín-Komárno-Štúrovo
28	10:25:46,82	49,20 N	19,64 E	0	1,1		Vysoké Tatry
29	01:54:55,20	48,58 N	17,38 E	0	-		Malé Karpaty

September

5	13:43:04,53	48,35 N	21,80 E	0	-		Zemplínske vrchy
5	19:07:51,15	48,35 N	17,11 E	0	0,7		Malé Karpaty
6	00:01:57,82	48,56 N	17,42 E	0	0,8		Malé Karpaty
10	23:32:36,67	48,57 N	17,41 E	0	0,1		Malé Karpaty
23	17:26:17,63	49,27 N	20,60 E	0	1		Levočské vrchy
25	07:57:44,44	48,35 N	17,08 E	0	-		Malé Karpaty
28	03:37:10,45	48,69 N	19,01 E	0	1,4		Kremnické vrchy
28	11:34:11,66	48,38 N	17,06 E	3	1,4		Záhorie
29	10:00:29,96	49,25 N	20,75 E	0	-		Levočské vrchy
30	00:12:29,24	48,30 N	18,61 E	0	-		Štiavnické vrchy
30	04:32:37,60	48,55 N	17,70 E	2	0,2		Malé Karpaty
30	14:51:19,88	49,02 N	18,64 E	0	1,3		Malá Fatra

Október

9	18:23:08,90	49,06 N	21,72 E	7	4,9	8	Veľká Domaša
9	18:39:49,35	49,03 N	21,76 E	3	1,2		Veľká Domaša
11	02:15:36,31	49,05 N	21,79 E	2	1,5	4	Veľká Domaša
17	06:00:03,68	49,07 N	21,78 E	5	1,5		Veľká Domaša
17	19:28:06,90	49,06 N	21,79 E	5	1,4	3	Veľká Domaša
18	01:20:35,60	49,04 N	21,73 E	3	0,9		Veľká Domaša
18	21:03:37,36	49,03 N	21,72 E	0	1,2		Veľká Domaša
21	05:10:38,77	48,64 N	17,41 E	0	0,5		Malé Karpaty
25	07:50:44,87	49,07 N	21,82 E	8	1,3		Veľká Domaša
25	20:51:52,39	48,65 N	17,39 E	2	-		Malé Karpaty
26	05:43:26,50	49,06 N	21,77 E	7	1,1		Veľká Domaša
27	07:00:12,40	48,81 N	21,88 E	0	-		Vihorlatské vrchy
29	04:04:00,83	49,07 N	21,73 E	0	1,1		Veľká Domaša

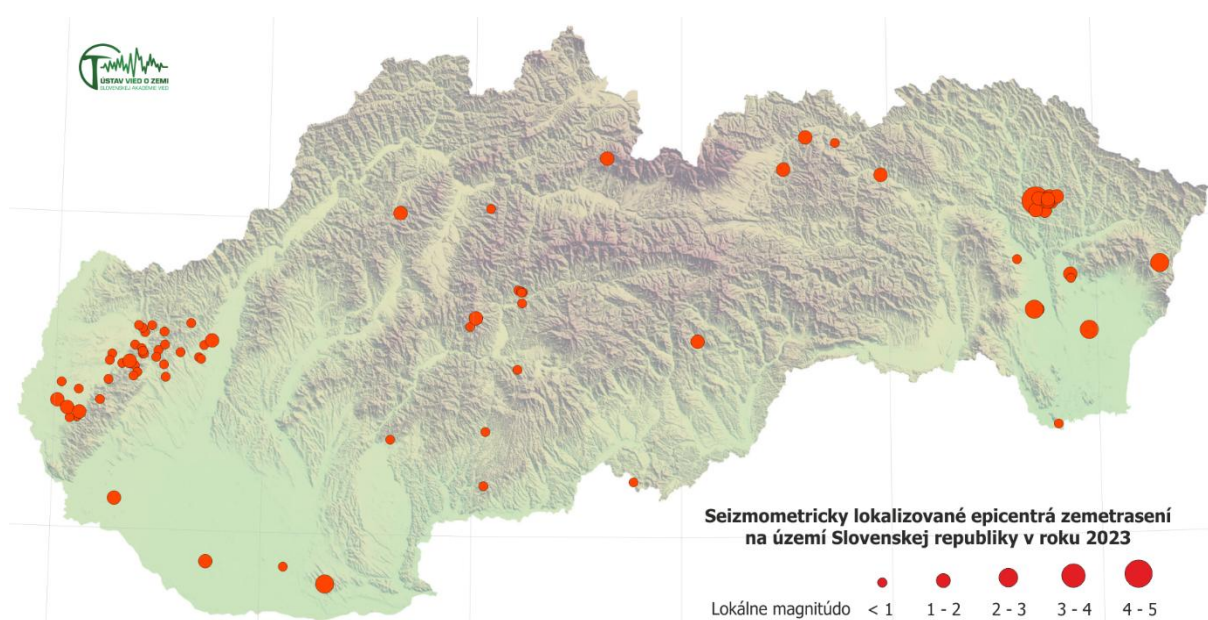
November

5	23:37:36,52	48,37 N	17,12 E	0	1,2		Malé Karpaty
---	-------------	---------	---------	---	-----	--	--------------

8	15:24:44,63	49,05 N	21,78 E	5	1,3		Veľká Domaša
9	11:44:04,26	48,85 N	22,31 E	0	2,1		Vihorlatské vrchy

December

5	20:33:26,65	49,06 N	21,78 E	8	1		Veľká Domaša
6	00:39:12,83	48,62 N	20,08 E	0	1		Revúcka vrchovina
8	00:47:28,82	48,46 N	17,03 E	0	0,5		Záhorie
11	00:21:36,50	48,52 N	17,52 E	3	-		Malé Karpaty
11	18:02:28,87	48,49 N	17,37 E	2	0,6		Malé Karpaty
12	22:12:47,21	48,57 N	17,41 E	2	-		Malé Karpaty
19	00:54:04,93	48,56 N	17,60 E	3	0,1		Malé Karpaty
24	09:27:21,71	48,59 N	17,52 E	0	-		Malé Karpaty
28	20:12:06,73	48,53 N	19,21 E	0	0,8		Štiavnické vrchy



Obr. 54 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2023

3.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2023 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 7 zemetrasení.

Dňa **30. 3. 2023** o **20:26 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na území Rakúska. Najvyššia makroseizmická intenzita zemetrasenia dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané šiestimi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS, LANS, SPC, SRO a ZST. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=3,8$. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	 30. 3. 2023
čas vzniku [UTC]	 20:26:13.3
epicentrum: zemepisná šírka	 47,63° N
zemepisná dĺžka	 16,02° E
hĺbka ohniska	 10 km

lokálne magnitúdo 3,8

Zemetrasenie bolo pocítené v 7 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 18 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v Tab. 5.

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 30. 3. 2023 o 20:26 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozoro- vaní	I [° EMS-98]
Bratislava 4	48,165	17,073	6	3
Bratislava 2	48,140	17,174	4	3
Bratislava 3	48,207	17,147	3	3
Bratislava 1	48,145	17,103	2	3
Bratislava 5	48,068	17,119	1	3
Modra	48,347	17,313	1	3
Slovenský Grob	48,256	17,279	1	pozorované

Dňa **7. 4. 2023** o **20:30 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na Záhorí. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané dvomi seizmickými stanicami NSSS – SRO a ZST. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,5$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum 7. 4. 2023
čas vzniku [UTC] 20:30:13.1
epicentrum: zemepisná šírka 48,40° N
zemepisná dĺžka 17,01° E
hĺbka ohniska 2 km
lokálne magnitúdo 1,5

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 2 makroseizmické pozorovania. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v Tab. 6.

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 7. 4. 2023 o 20:30 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozoro- vaní	I [° EMS-98]
Kuchyňa	48,407	17,157	2	3

Dňa **26. 4. 2023** o **17:47 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na východnom Slovensku, približne 11 km južne pod Michalovcami. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané štyrmi seizmickými stanicami NSSS – KECS, LANS, SPC a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=2,2$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum 26. 4. 2023
čas vzniku [UTC] 17:47:55.1

epicentrum: zemepisná šírka 48,65° N
zemepisná dĺžka 21,96° E
hĺbka ohniska 16 km
magnitúdo 2,2

Zemetrasenie bolo pocítené v 7 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 14 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v Tab. 7.

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 26. 4. 2023 o 17:47 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Zemplínska Široká	48,695	21,978	3	4?
Palín	48,659	21,987	1	4
Topoľany	48,780	21,889	1	4
Čečehov	48,723	21,994	1	3 – 4
Michalovce	48,753	21,915	6	3
Iňačovce	48,699	22,031	1	3
Lastomír	48,706	21,929	1	pozorované

Dňa **19. 8. 2023 o 22:59 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na Horehroní, pri obci Priechod. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané dvomi seizmickými stanicami NSSS – LANS a KECS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=0,7$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seismometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum 19. 8. 2023
čas vzniku [UTC] 22:59:48.1
epicentrum: zemepisná šírka 48,78° N
zemepisná dĺžka 19,24 ° E
hĺbka ohniska -
lokálne magnitúdo 0,7

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 Tab. 8.

Tab. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 19. 8. 2023 o 22:59 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Priechod	48,782	19,236	1	3

Dňa **9. 10. 2023 o 18:23 UTC** bolo masívne makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na východnom Slovensku pri vodnej nádrži Veľká Domaša, v blízkosti obce Ďapalovce. Zemetrasenie v oblasti v blízkosti epicentra spôsobilo aj značné škody na budovách. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 8° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané všetkými seizmickými stanicami na území Slovenska.

Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=4,9$. Prvá manuálna lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler a bola uverejnená na webovej stránke www.zemetrasenia.sk približne hodinu po zemetrasení. Určené seizmometrické parametre zemetrasenia boli:

dátum	 9. 10. 2023
čas vzniku [UTC]	 18:23:10.2
epicentrum: zemepisná šírka	 49,08° N
zemepisná dĺžka	 21,76° E
hĺbka ohniska	 18 km
lokálne magnitúdo	 4,9

Pri prvej manuálnej lokalizácii (zo seizmických staníc NSSS a virtuálnej siete UVZ SAV) nebol k dispozícii dostatočný počet blízkych staníc, čo malo vplyv na určenie hĺbky zemetrasenia. Okrem použitých seizmických údajov sú v danej oblasti ešte seizmické stanice nainštalované v rámci dočasných medzinárodných experimentov, ktoré pracovali v off-line režime a dáta z nich boli spracované dodatočne. Po získaní týchto údajov bolo zemetrasenie relokalizované programom *fastHYPO* s rýchlostným modelom odvodeným z profilov projektu *Celebration CELL06 a CELL11*. Určené parametre zemetrasenia po relokalizácii sú:

dátum	 9. 10. 2023
čas vzniku [UTC]	 18:23:08.9
epicentrum: zemepisná šírka	 49,06° N
zemepisná dĺžka	 21,72° E
hĺbka ohniska	 7 km
lokálne magnitúdo	 4,9

Zemetrasenie bolo masívne pocítené na celom území východného Slovenska a v oblasti v blízkosti epicentra spôsobilo aj značné škody na budovách. ÚVZ SAV má k dispozícii viac ako 2452 makroseizmických pozorovaní zo 495 lokalít. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v Tab. 9.

Tab. 9 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 9. 10. 2023 o 18:23 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Nižná Sitnica	49,068	21,793	12	8
Ďapalovce	49,067	21,750	11	8
Jankovce	49,059	21,797	9	8
Vyšná Sitnica	49,096	21,787	7	8
Černina	49,052	21,824	4	8
Holčíkovce	49,016	21,727	14	7 – 8
Košarovce	49,043	21,781	13	7 – 8
Piskorovce	49,107	21,733	7	7 – 8
Pakostov	49,093	21,823	4	7 – 8
Tokajík	49,106	21,705	4	7 – 8
Rohožník	49,112	21,763	2	7 – 8
Rafajovce	49,042	21,740	1	7 – 8
Ruská Poruba	49,140	21,791	1	7 – 8

Lukačovce	49,031	21,784	7	7
Nová Kelča	49,061	21,695	7	7
Slovenská Kajňa	48,967	21,700	7	7
Víťazovce	49,010	21,802	7	7
Malá Domaša	48,971	21,710	5	7
Baškovce	49,034	21,838	4	7
Girovce	49,014	21,759	4	7
Giglovce	49,000	21,733	3	7
Žalobín	48,970	21,728	3	7
Hrubov	49,093	21,862	2	7
Ruská Kajňa	49,118	21,839	2	7
Turcovce	49,053	21,847	2	7
Vyšný Hrabovec	49,085	21,687	2	7
Jasenovce	48,996	21,746	1	7
Prituľany	49,129	21,774	1	7
Turany nad Ondavou	49,099	21,656	3	6 – 7
Brusnica	49,154	21,699	1	6 – 7
Kolbovce	49,165	21,726	1	6 – 7
Ohradzany	48,999	21,841	6	6
Benkovce	48,950	21,710	4	6
Breznica	49,161	21,663	4	6
Jakušovce	49,158	21,750	1	6
Kručov	49,115	21,608	1	6
Nížné Ladičkovce	49,022	21,902	1	6
Olka	49,155	21,843	1	6
Humenné	48,935	21,902	204	5 – 6
Stropkov	49,202	21,652	45	5 – 6
Bystré	49,011	21,542	11	5 – 6
Udavské	48,974	21,964	8	5 – 6
Šandal	49,187	21,618	5	5 – 6
Hrabovec nad Laborcom	49,090	21,925	4	5 – 6
Karná	48,984	21,806	4	5 – 6
Kochanovce	48,958	21,944	4	5 – 6
Vyšný Žipov	48,985	21,588	4	5 – 6
Čierne nad Topľou	48,997	21,566	3	5 – 6
Kvakovce	48,988	21,672	3	5 – 6
Lubiša	49,006	21,949	3	5 – 6
Remeniny	49,037	21,551	3	5 – 6
Veľopolie	48,993	21,955	3	5 – 6
Vyšné Ladičkovce	49,036	21,891	3	5 – 6
Ondavské Matiašovce	48,936	21,746	2	5 – 6

Radvaň nad Laborcom	49,130	21,928	2	5 – 6
Slovenská Volová	48,982	21,847	2	5 – 6
Tisinec	49,223	21,636	2	5 – 6
Vojtovce	49,205	21,693	2	5 – 6
Detrík	49,041	21,620	1	5 – 6
Ďurd'oš	49,049	21,523	1	5 – 6
Gruzovce	48,973	21,867	1	5 – 6
Kobylnice	49,091	21,542	1	5 – 6
Matiaška	49,061	21,582	1	5 – 6
Michalok	48,992	21,633	1	5 – 6
Sitník	49,180	21,660	1	5 – 6
Skrabské	49,007	21,576	1	5 – 6
Štefanovce	48,960	21,774	1	5 – 6
Valkovce	49,171	21,529	1	5 – 6
Zbudská Belá	49,152	21,942	1	5 – 6
Vranov nad Topľou	48,909	21,669	86	5
Hanušovce nad Topľou	49,027	21,502	24	5
Giraltovce	49,114	21,517	15	5
Nižný Hrušov	48,808	21,775	13	5
Strážske	48,875	21,834	10	5
Hažín nad Cirochou	48,929	21,962	9	5
Brestov	48,965	21,888	7	5
Hencovce	48,872	21,729	7	5
Brekov	48,906	21,838	6	5
Chotča	49,245	21,682	6	5
Jasenov	48,907	21,903	6	5
Sol'	48,927	21,599	6	5
Hlinné	48,951	21,578	5	5
Hudcovce	48,908	21,789	4	5
Nižný Hrabovec	48,854	21,750	4	5
Poša	48,839	21,757	4	5
Vyšný Kazimír	48,939	21,681	4	5
Hankovce	49,025	21,945	3	5
Kuková	49,110	21,454	3	5
Vyšný Hrušov	48,993	22,010	3	5
Bukovce	49,266	21,713	2	5
Hermanovce nad Topľou	48,984	21,510	2	5
Kaluža	48,808	22,001	2	5
Komárany	48,920	21,642	2	5
Mestisko	49,258	21,585	2	5
Nacina Ves	48,819	21,855	2	5

Pstriná	49,310	21,748	2	5
Radoma	49,199	21,564	2	5
Sedliská	48,905	21,728	2	5
Šarišský Štiavnik	49,214	21,567	2	5
Tovarné	48,912	21,758	2	5
Adidovce	49,016	22,037	1	5
Brezov	49,144	21,494	1	5
Dlhé Klčovo	48,810	21,741	1	5
Kladzany	48,886	21,751	1	5
Klokočov	48,814	22,030	1	5
Korunková	49,198	21,746	1	5
Kračúnovce	49,097	21,488	1	5
Malá Poľana	49,281	21,823	1	5
Marhaň	49,169	21,450	1	5
Medzianky	49,037	21,471	1	5
Merník	48,948	21,642	1	5
Myslina	48,946	21,855	1	5
Nižný Kručov	48,912	21,655	1	5
Petrovce nad Laborcom	48,793	21,873	1	5
Pichne	49,039	22,121	1	5
Potoky	49,258	21,626	1	5
Potôčky	49,210	21,716	1	5
Rokytoť pri Humennom	49,102	21,990	1	5
Roškovce	49,239	21,848	1	5
Rovné	48,980	22,004	1	5
Soboš	49,147	21,554	1	5
Sukov	49,219	21,874	1	5
Vlača	49,050	21,510	1	5
Výrava	49,193	22,005	1	5
Michalovce	48,751	21,921	87	4 – 5
Snina	48,990	22,156	50	4 – 5
Svidník	49,309	21,573	25	4 – 5
Medzilaborce	49,271	21,904	16	4 – 5
Ľubotice	49,011	21,276	12	4 – 5
Belá nad Cirochou	48,974	22,107	9	4 – 5
Raslavice	49,150	21,319	9	4 – 5
Kamenica nad Cirochou	48,934	22,010	8	4 – 5
Čaklov	48,907	21,628	7	4 – 5
Jalová	49,040	22,238	7	4 – 5
Baňa	49,216	21,607	5	4 – 5
Kapušany	49,045	21,335	5	4 – 5

Stakčín	49,004	22,234	5	4 – 5
Vinné	48,811	21,968	5	4 – 5
Zalužice	48,760	21,987	5	4 – 5
Čabalovce	49,227	21,964	4	4 – 5
Drienov	48,874	21,270	4	4 – 5
Družstevná pri Hornáde	48,803	21,247	4	4 – 5
Lipníky	49,046	21,406	4	4 – 5
Pozdišovce	48,726	21,854	4	4 – 5
Teriakovce	48,990	21,310	4	4 – 5
Trhovište	48,698	21,806	4	4 – 5
Veľký Šariš	49,050	21,200	4	4 – 5
Zámutov	48,902	21,558	4	4 – 5
Budimír	48,800	21,303	3	4 – 5
Demjata	49,107	21,312	3	4 – 5
Haniska	48,958	21,239	3	4 – 5
Chlmec	48,886	21,939	3	4 – 5
Kokošovce	48,945	21,339	3	4 – 5
Krásny Brod	49,241	21,899	3	4 – 5
Ličartovce	48,875	21,247	3	4 – 5
Malý Šariš	49,009	21,182	3	4 – 5
Pčoliné	49,067	22,170	3	4 – 5
Petrovany	48,917	21,262	3	4 – 5
Podhorany	49,081	21,357	3	4 – 5
Ptičie	48,905	21,958	3	4 – 5
Staré	48,860	21,876	3	4 – 5
Vehec	48,874	21,627	3	4 – 5
Banské	48,829	21,573	2	4 – 5
Beniakovce	48,770	21,317	2	4 – 5
Cabov	48,804	21,640	2	4 – 5
Fintice	49,052	21,287	2	4 – 5
Gregorovce	49,068	21,206	2	4 – 5
Kamienka	48,906	21,999	2	4 – 5
Krušinec	49,233	21,662	2	4 – 5
Kurima	49,227	21,452	2	4 – 5
Ladomirová	49,330	21,625	2	4 – 5
Lascov	49,157	21,476	2	4 – 5
Lemešany	48,851	21,272	2	4 – 5
Lužany pri Topli	49,120	21,493	2	4 – 5
Makovce	49,258	21,753	2	4 – 5
Modra nad Cirochou	48,945	22,043	2	4 – 5
Moravany	48,741	21,783	2	4 – 5

Parchovany	48,750	21,717	2	4 – 5
Petrovce	49,000	21,479	2	4 – 5
Remetské Hámre	48,850	22,183	2	4 – 5
Rudlov	48,923	21,575	2	4 – 5
Topoľovka	48,924	21,809	2	4 – 5
Trnkov	49,035	21,358	2	4 – 5
Tulčík	49,088	21,305	2	4 – 5
Zbudza	48,816	21,893	2	4 – 5
Župčany	49,011	21,159	2	4 – 5
Bačkov	48,739	21,624	1	4 – 5
Bardejovská Nová Ves	49,303	21,318	1	4 – 5
Beša	48,534	21,950	1	4 – 5
Biel	48,409	22,056	1	4 – 5
Cernina	49,296	21,473	1	4 – 5
Čertižné	49,351	21,826	1	4 – 5
Dargov	48,732	21,586	1	4 – 5
Davidov	48,825	21,637	1	4 – 5
Drienovská Nová Ves	48,900	21,242	1	4 – 5
Dúbrava	48,932	21,309	1	4 – 5
Dukovce	49,122	21,416	1	4 – 5
Hankovce	49,204	21,405	1	4 – 5
Havaj	49,255	21,785	1	4 – 5
Hažlín	49,303	21,421	1	4 – 5
Hostovice	49,119	22,144	1	4 – 5
Hrabovčík	49,281	21,558	1	4 – 5
Chmeľov	49,069	21,439	1	4 – 5
Jabloň	49,065	21,980	1	4 – 5
Jovsa	48,820	22,096	1	4 – 5
Juskova Voľa	48,878	21,567	1	4 – 5
Kapišová	49,344	21,595	1	4 – 5
Kendice	48,925	21,243	1	4 – 5
Kučín	49,209	21,455	1	4 – 5
Maškovce	49,014	21,995	1	4 – 5
Ňagov	49,250	21,932	1	4 – 5
Okružná	49,022	21,370	1	4 – 5
Olšavka	49,291	21,689	1	4 – 5
Papín	49,094	22,059	1	4 – 5
Pavlovce nad Uhom	48,613	22,069	1	4 – 5
Podhradík	49,003	21,350	1	4 – 5
Poruba pod Vihorlatom	48,850	22,144	1	4 – 5
Pusté Čemerné	48,843	21,819	1	4 – 5

Pušovce	49,086	21,410	1	4 – 5
Radvanovce	49,051	21,460	1	4 – 5
Rakovčik	49,242	21,580	1	4 – 5
Rakovec nad Ondavou	48,768	21,785	1	4 – 5
Sačurov	48,820	21,695	1	4 – 5
Sečovská Polianka	48,784	21,680	1	4 – 5
Suché	48,766	21,837	1	4 – 5
Šarišská Poruba	49,040	21,382	1	4 – 5
Terňa	49,110	21,238	1	4 – 5
Trnava pri Laborci	48,817	21,934	1	4 – 5
Uzovce	49,091	21,183	1	4 – 5
Vagrinec	49,312	21,632	1	4 – 5
Voľa	48,850	21,850	1	4 – 5
Vyšná Šebastová	49,016	21,326	1	4 – 5
Vyšná Voľa	49,249	21,364	1	4 – 5
Vyšný Kručov	49,169	21,435	1	4 – 5
Želmanovce	49,118	21,428	1	4 – 5
Košice	48,711	21,254	318	3 – 5
Prešov	49,000	21,255	297	3 – 5
Bardejov	49,292	21,255	26	3 – 5
Trebišov	48,629	21,720	43	4
Rozhanovce	48,751	21,344	11	4
Sečovce	48,702	21,656	11	4
Veľké Kapušany	48,554	22,077	8	4
Svinica	48,734	21,464	7	4
Bidovce	48,736	21,439	6	4
Sobrance	48,745	22,181	5	4
Čierna nad Tisou	48,417	22,089	4	4
Iňačovce	48,697	22,034	4	4
Michaľany	48,515	21,622	4	4
Ruská Nová Ves	48,977	21,325	4	4
Bánovce nad Ondavou	48,683	21,817	3	4
Čaňa	48,610	21,326	3	4
Zemplínska Teplica	48,646	21,574	3	4
Jasenov	48,796	22,168	2	4
Kuzmice	48,579	21,569	2	4
Ostrov	48,719	22,165	2	4
Rovné	49,283	21,515	2	4
Streda nad Bodrogom	48,375	21,755	2	4
Veľaty	48,524	21,658	2	4
Vojčice	48,677	21,716	2	4

Záhor	48,625	22,202	2	4
Zbehňov	48,689	21,628	2	4
Bačkovík	48,783	21,432	1	4
Blatné Remety	48,708	22,105	1	4
Bohdanovce	48,657	21,400	1	4
Čičarovce	48,541	22,023	1	4
Dlhá Lúka	49,331	21,295	1	4
Dúbravka	48,637	21,887	1	4
Dvorianky	48,731	21,707	1	4
Fulianka	49,065	21,331	1	4
Hatalov	48,660	21,887	1	4
Hendrichovce	49,022	20,998	1	4
Hraň	48,544	21,786	1	4
Chmeľovec	49,083	21,367	1	4
Janovík	48,836	21,285	1	4
Klenová	48,943	22,333	1	4
Košický Klečenov	48,741	21,506	1	4
Kráľovský Chlmec	48,422	21,980	1	4
Krásnovce	48,720	21,884	1	4
Lada	49,044	21,359	1	4
Lopúchov	49,139	21,371	1	4
Malé Zalužice	48,759	21,994	1	4
Malý Kamenec	48,352	21,788	1	4
Mikulášová	49,383	21,391	1	4
Nižná Polianka	49,404	21,402	1	4
Novosad	48,527	21,742	1	4
Olšovany	48,705	21,413	1	4
Orkucany	49,088	21,112	1	4
Plechotice	48,626	21,636	1	4
Pribeník	48,393	21,999	1	4
Ruskov	48,682	21,433	1	4
Sady nad Torysou	48,708	21,347	1	4
Sedlice	48,919	21,118	1	4
Seniakovce	48,822	21,299	1	4
Slanec	48,636	21,479	1	4
Sliepkovce	48,673	21,946	1	4
Stebník	49,379	21,267	1	4
Šarišská Trstená	49,083	21,383	1	4
Šiba	49,233	21,233	1	4
Ubl'a	48,899	22,390	1	4
Veľké Trakany	48,391	22,095	1	4

Vysoká nad Uhom	48,626	22,092	1	4
Zatín	48,477	21,903	1	4
Zemplínska Široká	48,693	21,978	1	4
Ždaňa	48,603	21,349	1	4
Sabinov	49,103	21,097	15	3 – 4
Dulova Ves	48,953	21,305	9	3 – 4
Ražňany	49,082	21,082	4	3 – 4
Záborské	48,944	21,290	5	3 – 4
Kysak	48,854	21,220	3	3 – 4
Opiná	48,854	21,427	3	3 – 4
Kostoľany nad Hornádom	48,788	21,235	2	3 – 4
Milhostov	48,665	21,713	2	3 – 4
Seňa	48,561	21,257	2	3 – 4
Svinia	49,012	21,124	2	3 – 4
Trstené pri Hornáde	48,574	21,335	2	3 – 4
Bodovce	49,112	21,178	1	3 – 4
Brežany	48,978	21,111	1	3 – 4
Bunetice	48,862	21,393	1	3 – 4
Janov	48,940	21,180	1	3 – 4
Ľubovec	48,914	21,174	1	3 – 4
Malá Lodina I	48,879	21,132	1	3 – 4
Malá Trňa	48,454	21,682	1	3 – 4
Malý Lipník	49,337	20,800	1	3 – 4
Obišovce	48,863	21,236	1	3 – 4
Olcava	48,929	20,753	1	3 – 4
Perín	48,551	21,173	1	3 – 4
Ploské	48,814	21,325	1	3 – 4
Varhaňovce	48,855	21,361	1	3 – 4
Veľká Lodina	48,860	21,156	1	3 – 4
Veľká Lomnica	49,116	20,359	1	3 – 4
Lučenec	48,336	19,700	29	3
Poprad	49,054	20,291	18	3
Rožňava	48,662	20,533	16	3
Spišská Nová Ves	48,932	20,536	14	3
Stará Ľubovňa	49,300	20,689	12	3
Banská Bystrica	48,763	19,160	11	3
Detva	48,542	19,397	8	3
Moldava nad Bodvou	48,614	20,997	7	3
Rimavská Sobota	48,383	20,018	7	3
Valaliky	48,642	21,293	7	3
Brezno	48,836	19,677	6	3

Krompachy	48,915	20,877	6	3
Pečovská Nová Ves	49,125	21,045	6	3
Kežmarok	49,136	20,431	5	3
Lipany	49,153	20,963	5	3
Palín	48,658	21,989	5	3
Smižany	48,957	20,522	5	3
Záhradné	49,089	21,270	4	3
Borša	48,392	21,706	3	3
Drienovec	48,610	20,950	3	3
Košické Oľšany	48,734	21,346	3	3
Levoča	49,025	20,588	3	3
Liptovský Mikuláš	49,120	19,688	3	3
Nová Polianka	49,120	20,153	3	3
Orlov	49,283	20,867	3	3
Spišské Podhradie	49,000	20,751	3	3
Svit	49,058	20,197	3	3
Šarišské Michaľany	49,067	21,135	3	3
Zemplínske Hradište	48,583	21,737	3	3
Ábelová	48,411	19,432	2	3
Brezovica	49,144	20,855	2	3
Buzica	48,532	21,077	2	3
Cejkov	48,467	21,764	2	3
Fíľakovo	48,270	19,822	2	3
Helcmanovce	48,830	20,871	2	3
Hýľov	48,731	21,105	2	3
Chminianska Nová Ves	49,002	21,086	2	3
Jenkovce	48,655	22,210	2	3
Košická Polianka	48,694	21,345	2	3
Kysta	48,514	21,719	2	3
Malý Slivník	49,119	21,259	2	3
Margecany	48,894	21,012	2	3
Mošurov	49,120	21,249	2	3
Nižná Hutka	48,659	21,359	2	3
Ortáše	48,830	21,361	2	3
Osikov	49,174	21,263	2	3
Plavnica	49,270	20,773	2	3
Poltár	48,431	19,792	2	3
Revúca	48,683	20,117	2	3
Richvald	49,276	21,190	2	3
Skároš	48,588	21,376	2	3
Slanské Nové Mesto	48,630	21,524	2	3

Slivník	48,599	21,557	2	3
Sokol'	48,813	21,218	2	3
Spišské Vlachy	48,948	20,797	2	3
Albínov	48,731	21,666	1	3
Andrejovka	49,287	20,898	1	3
Armutovce	48,977	20,494	1	3
Bátorová	48,132	19,273	1	3
Blažice	48,667	21,412	1	3
Boliarov	48,804	21,432	1	3
Boťany	48,445	22,088	1	3
Brezovica	49,342	19,653	1	3
Brzotín	48,632	20,497	1	3
Budkovce	48,634	21,927	1	3
Čel'ovce	48,601	21,629	1	3
Černocho	48,439	21,733	1	3
Červená Voda	49,146	21,089	1	3
Červenica pri Sabinove	49,135	21,025	1	3
Čoltovo	48,496	20,373	1	3
Danišovce	48,949	20,621	1	3
Dlhoňa	49,402	21,570	1	3
Drienica	49,130	21,110	1	3
Dúbrava	48,985	20,848	1	3
Ďurkov	48,708	21,439	1	3
Ďurková	49,240	20,872	1	3
Falkušovce	48,627	21,843	1	3
Fričkovce	49,185	21,241	1	3
Geča	48,627	21,309	1	3
Gelnica	48,853	20,937	1	3
Gemerská Hôrka	48,534	20,378	1	3
Hajnáčka	48,217	19,952	1	3
Hniezdne	49,301	20,636	1	3
Hnilec	48,833	20,500	1	3
Hnúšť'a	48,579	19,953	1	3
Horňa	48,758	22,202	1	3
Host'ovce	48,572	20,854	1	3
Hrabkov	48,959	21,021	1	3
Hrhov	48,607	20,750	1	3
Hriadky	48,700	21,709	1	3
Chmiňany	49,003	21,070	1	3
Choňkovce	48,779	22,241	1	3
Chrastné	48,793	21,353	1	3

Jablonov	49,016	20,723	1	3
Jakovany	49,153	21,071	1	3
Jakubovany	49,107	21,143	1	3
Janovce	49,191	21,305	1	3
Jarovnice	49,058	21,059	1	3
Klenov	48,929	21,055	1	3
Kluknava	48,922	20,938	1	3
Komárov	49,281	21,350	1	3
Komárovce	48,733	22,177	1	3
Košická Belá	48,804	21,106	1	3
Krčava	48,681	22,247	1	3
Kvačany	48,946	21,087	1	3
Ľubotín	49,261	20,876	1	3
Malé Ozorovce	48,682	21,614	1	3
Medzany	49,042	21,156	1	3
Mníšek nad Hnilcom	48,806	20,807	1	3
Mokroluh	49,308	21,212	1	3
Nižná Kamenica	48,761	21,478	1	3
Nižný Slavkov	49,100	20,850	1	3
Oľšavka	48,965	20,824	1	3
Partizanske	48,641	18,589	1	3
Pašková	48,592	20,384	1	3
Plešivec	48,547	20,401	1	3
Prakovce	48,817	20,900	1	3
Priechod	48,783	19,233	1	3
Pusté Pole	49,215	20,907	1	3
Rankovce	48,810	21,460	1	3
Rozložná	48,617	20,350	1	3
Ruskovce	48,777	22,163	1	3
Ružomberok	49,053	19,300	1	3
Senné	48,665	22,024	1	3
Slovinky	48,880	20,844	1	3
Stanča	48,570	21,656	1	3
Strbské Pleso	49,128	20,031	1	3
Šarišské Jastrabie	49,245	20,910	1	3
Šemša	48,675	21,114	1	3
Tatranská Lomnica	49,166	20,279	1	3
Tomášovce	48,371	19,620	1	3
Tročany	49,182	21,322	1	3
Úpor	48,579	21,669	1	3
Vajkovce	48,783	21,322	1	3

Veľké Revištia	48,745	22,093	1	3
Veľký Blh	48,446	20,119	1	3
Veľký Folkmar	48,857	21,015	1	3
Veľký Krtíš	48,209	19,349	1	3
Vojany	48,570	21,990	1	3
Vyšná Hutka	48,677	21,354	1	3
Vyšný Klátov	48,745	21,124	1	3
Vyšný Medzev	48,714	20,902	1	3
Abrahámovce	49,044	20,442	3	pozorované
Kalnište	49,130	21,484	3	pozorované
Kanaš	49,056	21,235	2	pozorované
Lúčky	48,769	22,042	2	pozorované
Abramová	48,936	18,797	1	pozorované
Adamovské Kochanovce	48,853	17,925	1	pozorované
Betlenovce	48,729	21,903	1	pozorované
Bukovec	48,711	21,149	1	pozorované
Bystrany	48,949	20,759	1	pozorované
Granč-Petrovce	48,997	20,803	1	pozorované
Jasov	48,683	20,974	1	pozorované
Kružná	48,638	20,472	1	pozorované
Nižná Myšľa	48,624	21,364	1	pozorované
Nový Smokovec	49,137	20,216	1	pozorované
Pača	48,682	20,611	1	pozorované
Rakovnica	48,661	20,461	1	pozorované
Studenec	49,012	20,770	1	pozorované
Svätá Mária	48,434	21,841	1	pozorované
Turčiansky Michal	48,884	18,863	1	pozorované
Úbrež	48,787	22,132	1	pozorované
Višňov	48,748	21,669	1	pozorované
Vladiča	49,302	21,779	1	pozorované
Vyšná Myšľa	48,634	21,387	1	pozorované

Dňa **11. 10. 2023 o 02:15 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na východnom Slovensku pri vodnej nádrži Veľká Domaša. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,5$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	 11. 10. 2023
čas vzniku [UTC]	 02:15:36.3
epicentrum: zemepisná šírka	 49,05° N
zemepisná dĺžka	 21,79° E

hĺbka ohniska 2 km
lokálne magnitúdo 1,5

Zemetrasenie bolo pocítené v 3 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 3 makroseizmické pozorovanie. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v Tab. 10.

Tab. 10 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 11. 10. 2023 o 02:15 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozoro- vaní	I [° EMS-98]
Nižná Sitnica	49,069	21,795	1	4?
Čierne nad Topľou	48,995	21,570	1	3
Jankovce	49,058	21,800	1	pozorované

Dňa **17. 10. 2023 o 19:28 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na východnom Slovensku pri vodnej nádrži Veľká Domaša. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

Zemetrasenie bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS – KECS, KOLS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,4$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum 17. 10. 2023
čas vzniku [UTC] 19:28:06.9
epicentrum: zemepisná šírka 49,06° N
zemepisná dĺžka 21,79° E
hĺbka ohniska 5 km
lokálne magnitúdo 1,4

Zemetrasenie bolo pocítené v 4 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 6 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v Tab. 11.

Tab. 11 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 17. 10. 2023 o 19:28 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozoro- vaní	I [° EMS-98]
Nižná Sitnica	49,069	21,795	3	3
Černina	49,053	21,825	1	3
Jankovce	49,058	21,800	1	3
Jasenov	48,907	21,901	1	3

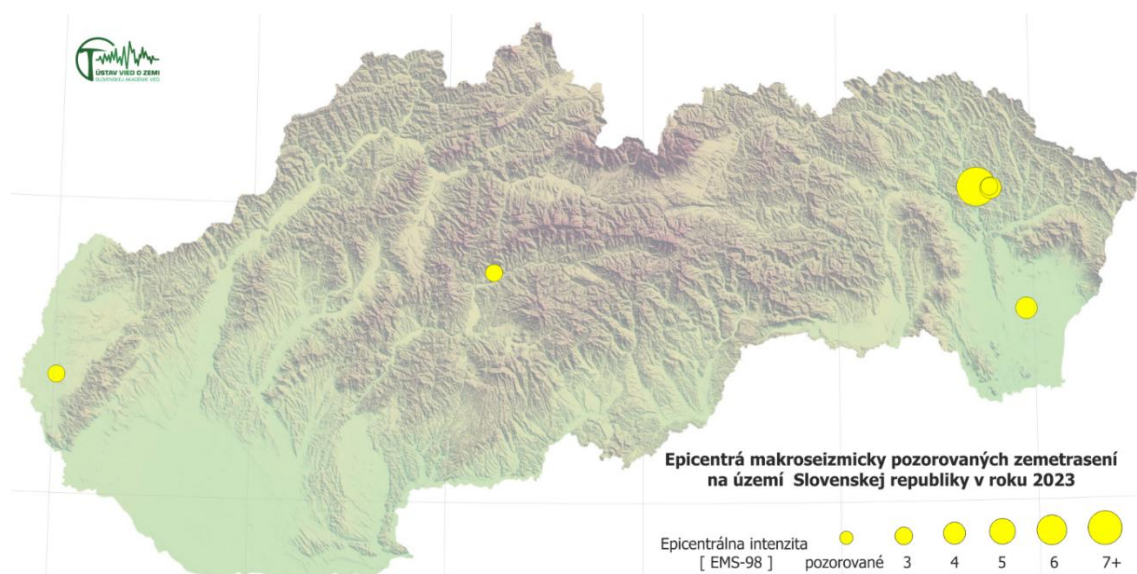
Údaje, ktoré na základe týchto výsledkov vstupujú do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky a mapa epicentier makroseizmicky pozorovaných zemetrasení v roku 2023 sú uvedené v Tab. 12 a na Obr. 55. Na mape sú zobrazené len tie zemetrasenia, ktoré mali epicentrum na území Slovenska.

Tab. 12 Údaje vstupujúce do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení v roku 2023

DÁTUM	ČAS [UTC]	HYPOCENTRUM	M_L	I_0	LOKALITA
-------	-----------	-------------	-------	-------	----------

Rok	mes	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2023	03	30	20	26	13.3	47,63	16,02	10	3,8	3*	Rakúsko
2023	04	07	20	30	13.1	48,40	17,01	2	1,5	3	Záhorie
2023	04	26	17	47	55.1	48,65	21,96	16	2,2	4	Východoslovenská rovina
2023	08	19	22	59	48.1	48,78	19,24	-	0,7	3	Horehronie
2023	10	09	18	23	08.9	49,06	21,72	7	4,9	8	Veľká Domaša
2023	10	11	02	15	36.3	49,05	21,79	2	1,5	4	Veľká Domaša
2023	10	17	19	28	06.9	49,06	21,79	5	1,4	3	Veľká Domaša

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



Obr. 55 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2023

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, Ľ., 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, Ľ., 2007: Displacements registered around the 13.3. 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, Ľ., 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, Ľ. & Bella, P., 2018: Present-day stress orientation and tectonic pulses registered in the caves of the Slovenský kras Mts. (S-E Slovakia). *Acta Geodyn. Geomater.*, 15, 2(190), 93–103.
- Drakatos, G., Petro, Ľ., Ganas, A., Melis, N., Košťák, B., Kontny, B., Cacoň, 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 Pohronskeho 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 Moiré' 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 Štiavnica stratovolcano, Western Carpathians: implications for mineral precipitation paths. *Geologica Carpathica*, 51, 19–36.
- Ondrášik, R., Hovorka, D. & Matejček, A., 1987: Prejavy muránsko-divínskej poruchovej zóny vo veporickom kryštaliniku v štôlni PVE Ipeľ. *Mineralia Slovaca* 19, 29–44.
- Petro, L., Košťák, B., Polaščinová, E., & Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů 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., Baláz, 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: Příspěvek 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.
- Vlcko, 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.
- Vlcko, 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. Jermey (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/_productservices/coordinates/pdf/ETRF_Monitoring_Firenze_Brockmann.pdf