

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 02

Tektonická a seizmická aktivita územia

Správa za rok 2024

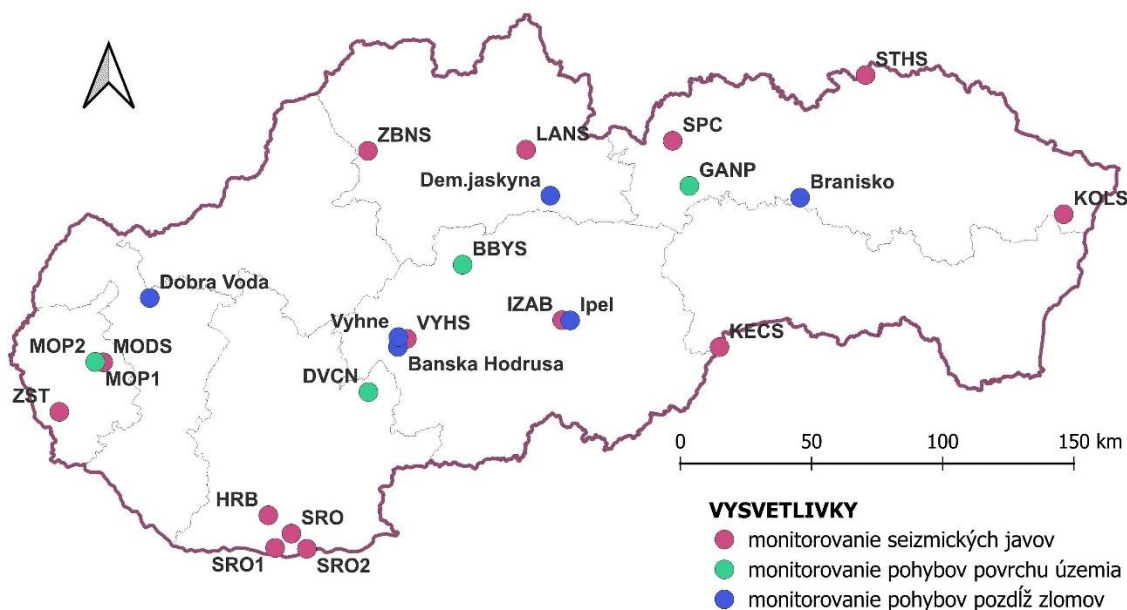
Názov geologickej úlohy:	Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory
Číslo geologickej úlohy:	207
Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy:	RNDr. Peter Ondrus
Zodpovedný riešiteľ podsystemu:	Ing. Silvia Jajčišinová
Spoluriešitelia:	Mgr. Daniel Grega, Mgr. Marián Stercz, PhD., Ing. Juraj Papčo, PhD., 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:	RNDr. Michal Klaučo, PhD. generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

Obsah

Úvod.....	3
1. POHYBY POVRCHU ÚZEMIA.....	4
1.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN	7
2. POHYBY POZDĹŽ ZLOMOV	25
2.1 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	25
2.2 Základná charakteristika monitorovacej siete	26
Branisko.....	26
Demänovská jaskyňa Slobody.....	27
Ipeľ	28
Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)	29
Vyhne	29
Dobrá Voda	30
2.3 Výsledky monitorovania	30
Branisko.....	31
Demänovská jaskyňa Slobody.....	32
Ipeľ	34
Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)	36
Vyhne	37
Dobrá Voda	39
2.4 Diskusia.....	40
3. MONITOROVANIE SEIZMICKÝCH JAVOV	42
3.1 Dátové a spracovateľské centrum	43
3.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR	44
3.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky	46
LITERATÚRA.....	51

ÚVOD

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (Obr. 1) boli v roku 2024 monitorované pohyby zemského povrchu, pohyby pozdĺž zlomov a seizmická aktivita (Tab. 1). Monitoring pohybov zemského povrchu bol realizovaný aj prostredníctvom globálnych navigačných družicových systémov (GNSS), ktoré umožnili presné určenie globálnej priestorovej polohy na vybraných hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch, prevádzkovaných Slovenskou technickou univerzitou v Bratislave (STU) a Geodetickým a kartografickým ústavom Bratislava (GKÚ). Pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybraných lokalitách pomocou dilatometrov typu TM-71 (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálna geologická služba 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 2024.



Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR, podsystém 02

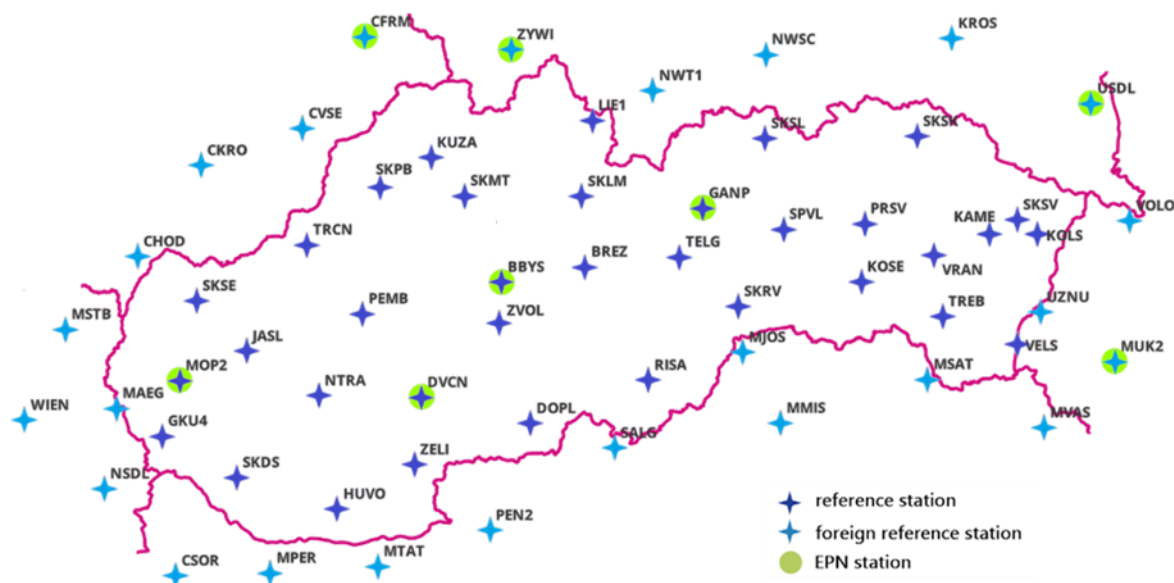
Tab. 1 Monitorovacia sieť v rámci tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska v roku 2024

Typ monitorovaných lokalít	Spôsob monitorovania	Počet lokalít	Frekvencia	Názov lokality a označenie monitorovacích bodov
Pohyby povrchu územia	GPS meranie GNSS	4	stála stanica	Gánovce pri Poprade (GANP), Banská Bystrica (BBYS), Modrá - Piesok (MOP1, MOP2), Devičany (DVCN)
Pohyby pozdĺž zlomov	Dilatometer TM-71	6	4 x ročne (Vyhne 13x, Dobrá Voda 3x)	Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipel', Banská Hodruša, Vyhne, Dobrá Voda
Monitorovanie seizmických javov	Národná sieť seizmických staníc (NSSS)	14	kontinuálne meranie	Bratislava Železná studnička (ZST), Modra – Piesok (MODS), Vyhne (VYHS), Šrobárová (SRO), Kečovo (KECS), Hurbanovo (HRB), Liptovská Anna (LANS), Kolonické sedlo (KOLS), Iža (SRO1), Moča (SRO2) , Stebnická Huta (STHS), Izabela (IZAB), Skalnaté Pleso (SPC), Zbyňov (ZBNS)

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 osobnou chybou. Na presné určenie lokalizačných parametrov (súradníc) bodov v referenčných súradnicových systémoch sa využívajú geodetické merania, a to najmä technológia na určovanie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiažového zrýchlenia. Technológia GNSS je efektívna metóda na relatívne určovanie polohy bodov s uvádzanou horizontálnou neistotou (x, y) 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, európskeho systému GALILEO, resp. čínskeho systému BEIDOU. Na presnú lokalizáciu, výpočet súradníc sa v roku 2024 využívali údaje zo systémov NAVSTAR GPS, GLONASS a GALILEO. SKPOS v roku 2024 tvorilo sieť 35 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS, realizujúcich na Slovensku geodetický referenčný systém ETRS89. 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.



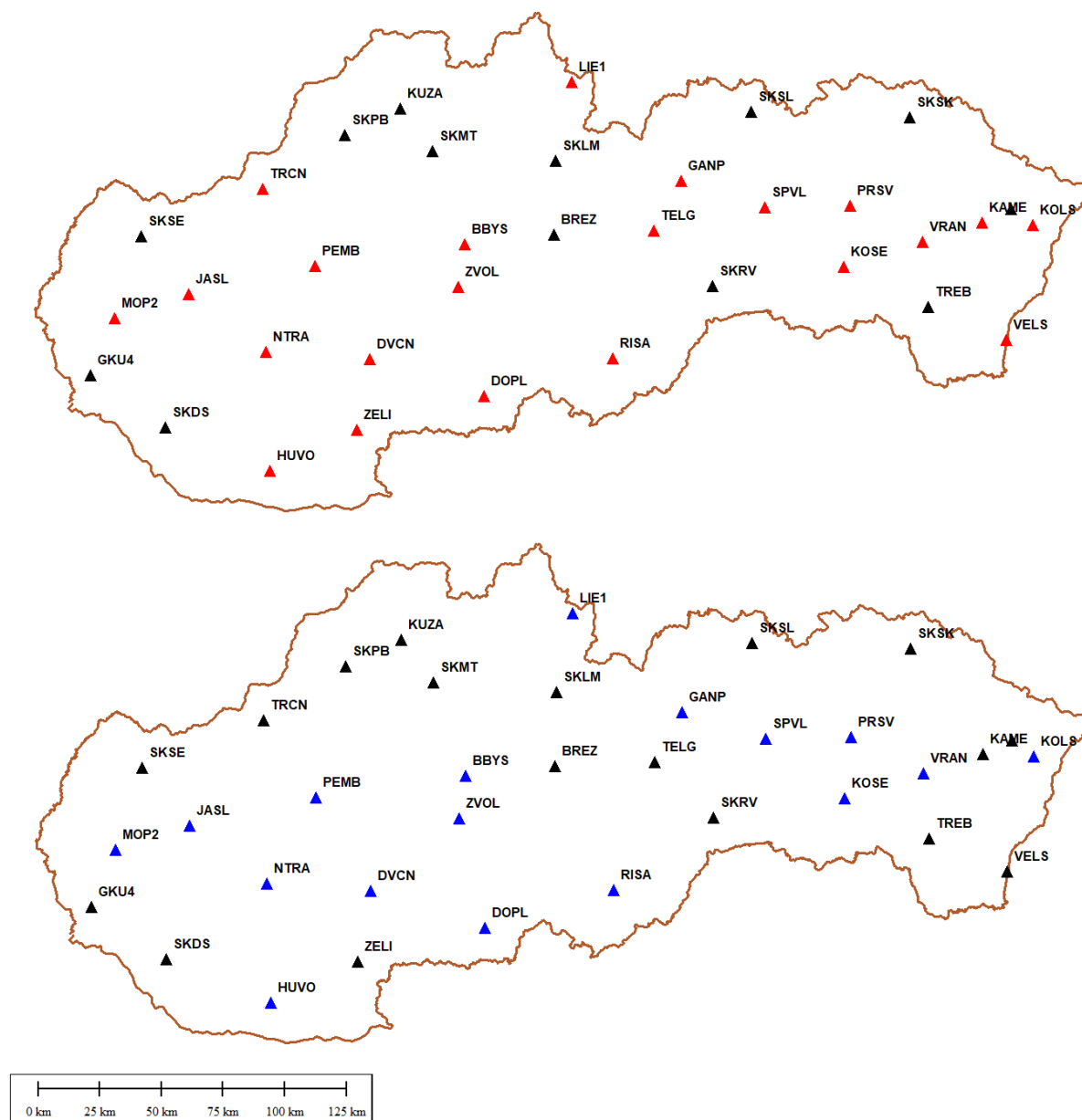
Obr. 2 Rozmiestnenie bodov EPN (označené) a SKPOS na území Slovenska (GKÚ 2024)

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.



Obr. 3 Rozmiestnenie špeciálnych stabilizácií (červená farba) a GNSS/InSAR kolokačných staníc (modrá farba) na území Slovenska

Z 35 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2024 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 je ukotvených do hĺbky

5 m. V roku 2024 boli dokončené prípravné práce a do operačnej činnosti bol zaradený špecializovaný geodetický bod s hĺbkovou pilierovou stabilizáciou v lokalite Prešov (PRSV) a zároveň bol zrušený bod Banská Štiavnica (BASV). Tým ostal celkový počet staníc siete SKPOS na počte 35, pričom 22 staníc má geodynamickú stabilizáciu. V roku 2024 sa pokračovalo v budovaní ďalších kolokačných staníc integrujúcich technológiu GNSS spolu s inovatívnou družicovou radarovou interferometriou pomocou pasívneho kútového odražača alebo aktívneho radarového transpondéra. Tieto boli vybudované v lokalitách Rimavská Sobota a Prešov (Obr. 4). Zároveň pokračovala činnosť aktívneho radarového transpondéra na lokalite Gánovce.

Najstarším bodom – stanicou GNSS na území Slovenska je MOPI (Obr. 5) na 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 na lokalite Gánovce pri Poprade, je spravovaný GKÚ a permanentné observácie sú vykonávané od 16.11.2003 (1245. týždeň GPS). Bod BBYS na 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 GKÚ 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. 4 Kolokačné stanice GNSS a InSAR (GKÚ 2024)



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

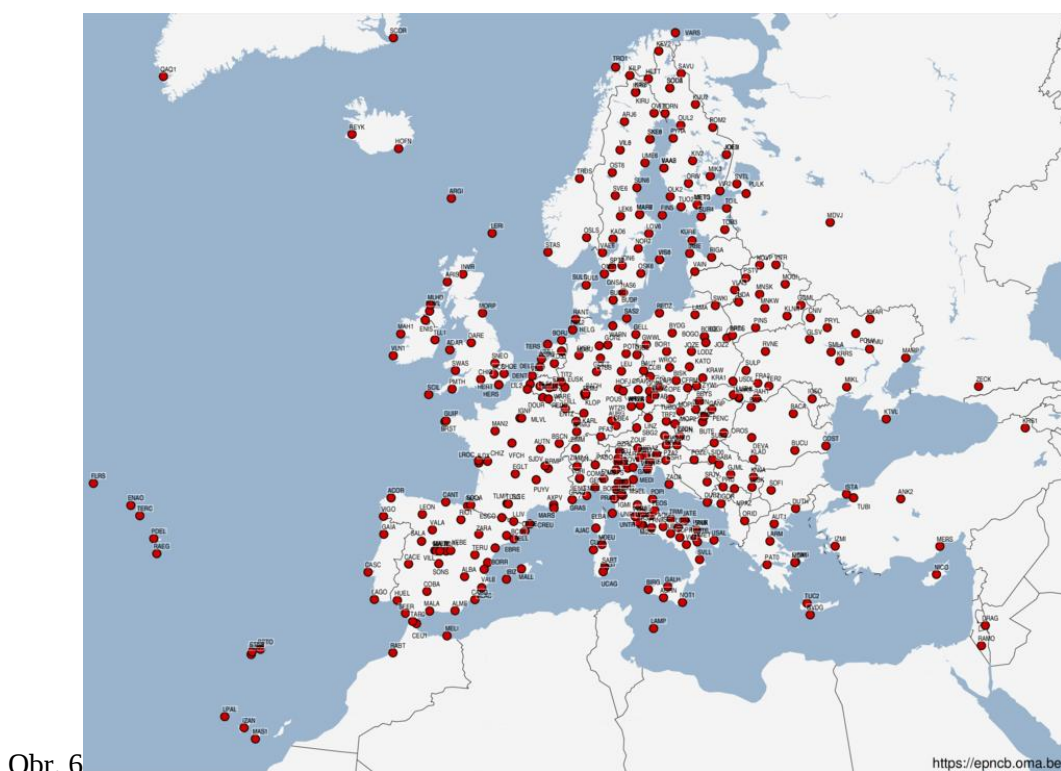
1.1 *Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN*

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 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31. 12. 2024 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS).

Výsledky monitoringu sú spracované pre jednotlivé body EPN vzhľadom na Medzinárodný (svetový) terestrický referenčný rámec – *ITRF2020 (IGS20)*, 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 Obr. 12, resp. detailne pre rok 2024 na Obr. 13 až Obr. 17. Na Obr. 18 až Obr. 22 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme *ITRS*, realizácia *ITRF2020 (IGS20)*. Na Obr. 23 až Obr. 27 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referenčnom systéme *ETRS89*, realizácia *ETRF2014*, resp. na Obr. 28 až Obr. 32 sú znázornené detaily pre rok 2024

(http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/index.php). Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené vo forme grafu zmeny polohy bodu – stanice, uvedenej v mm, a to v smere sever – juh (North), východ– západ (East) a vo výške (Up). Vodorovná os predstavuje časovú os datovanú v týždňoch GPS, zvislá os predstavuje v optimalizovanej mierke zmenu bodu v mm. Zobrazované hodnoty v grafoch sú vždy z týždenných riešení. Zvislé priamky v tabuľkách určujú dôvody skokov v časovom rade: zmenu referenčného rámca, zmenu antény alebo prijímača, resp. zmenu jeho riadiaceho softvéru (firmware). Grafy znázornenia pohybov bodov (MOPI, MOP2, GANP, BBYS, DVCN) v medzinárodnom terestrickom referenčnom systéme (ITRS) majú na našom území zhodný severovýchodný trend, podobne ako na väčšine staníc EPN. Za obdobie posledných 10 rokov sme v tomto severovýchodnom 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 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 ITRF2020/IGS20). 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 v rámci euroázijskej platne stabilné (Tab. 2) a ich vnútroplatňová rýchlosť nepresahuje 1 mm/rok v rámci Eurázijskej platne.

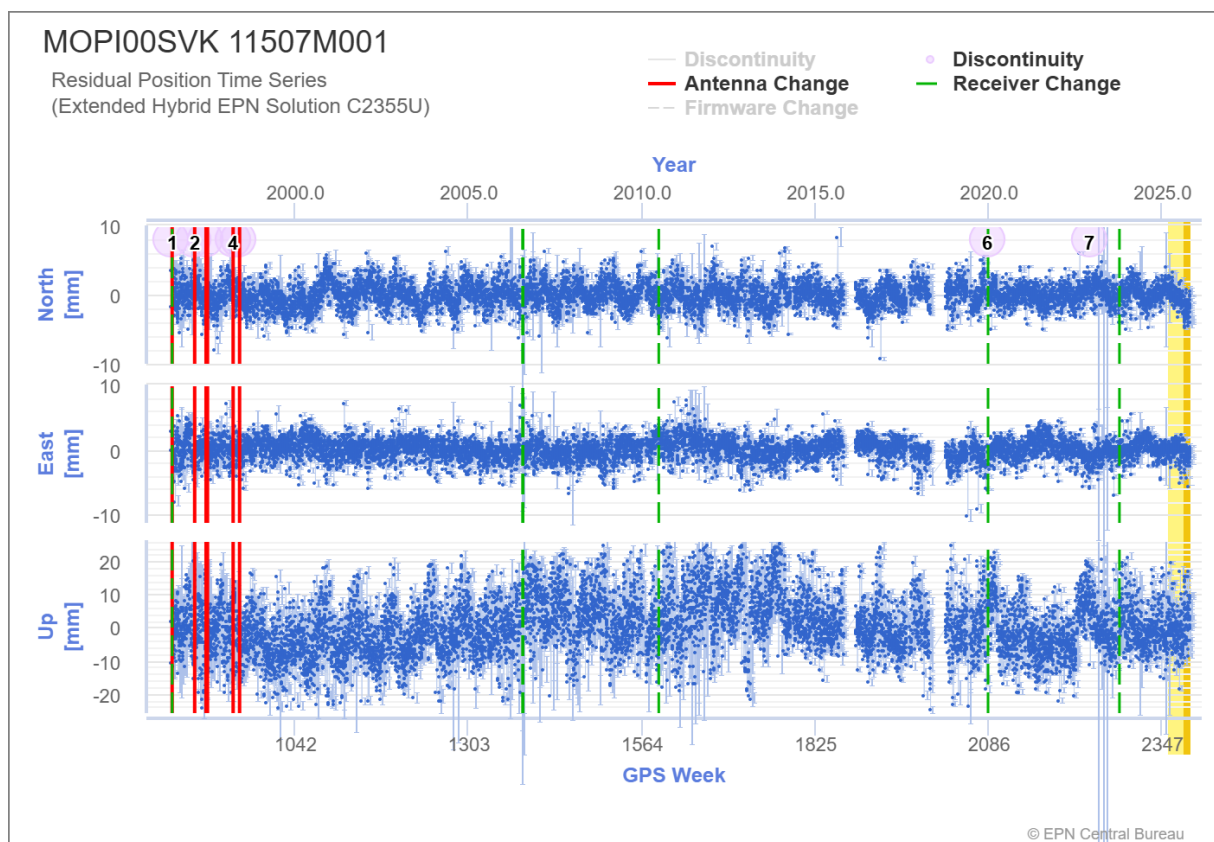


Obr. 6

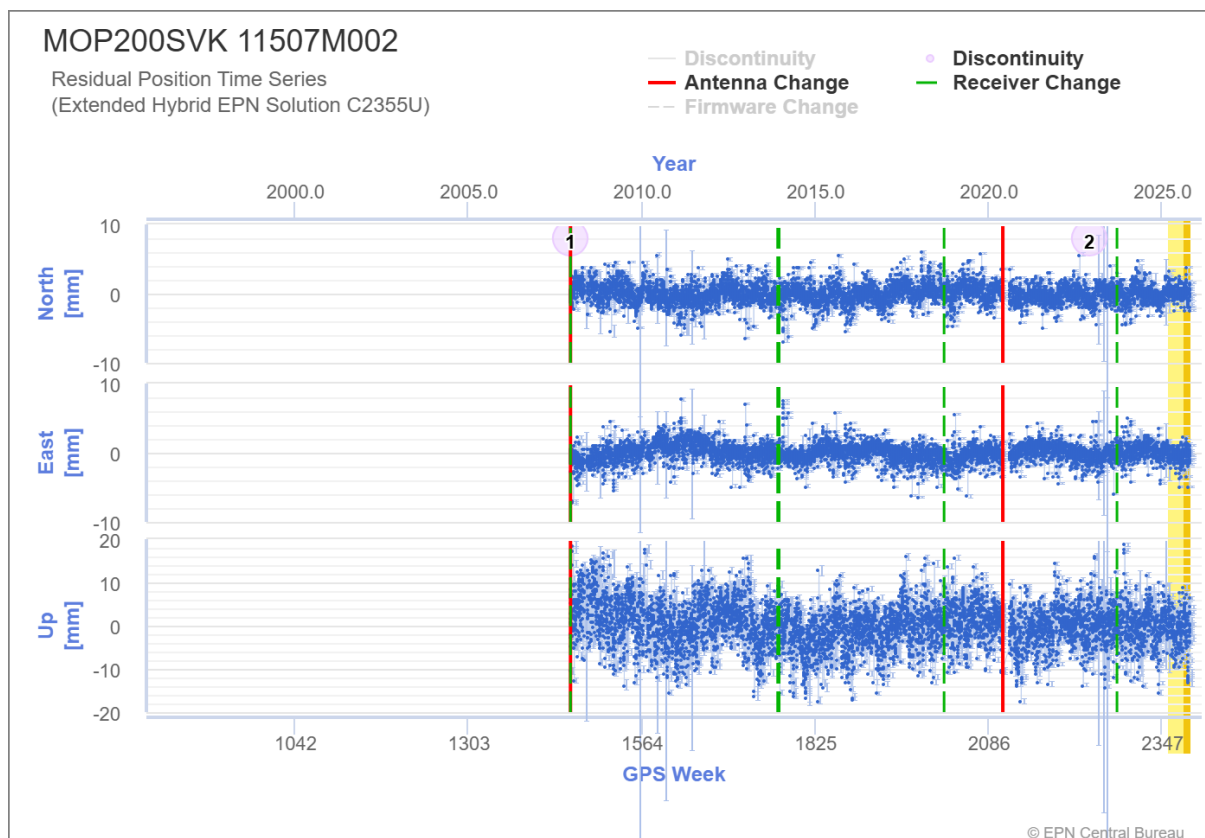
Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31.12.2024



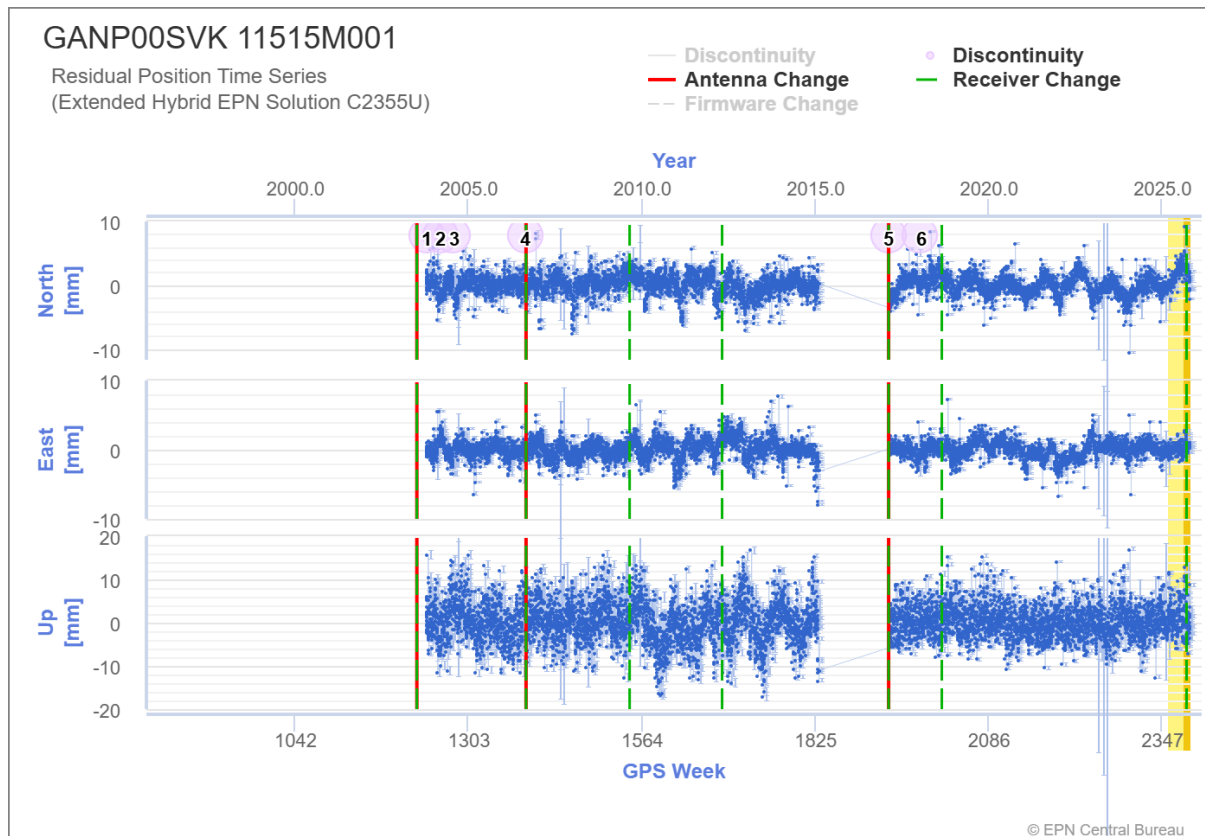
Obr. 7 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31. 12. 2024 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS



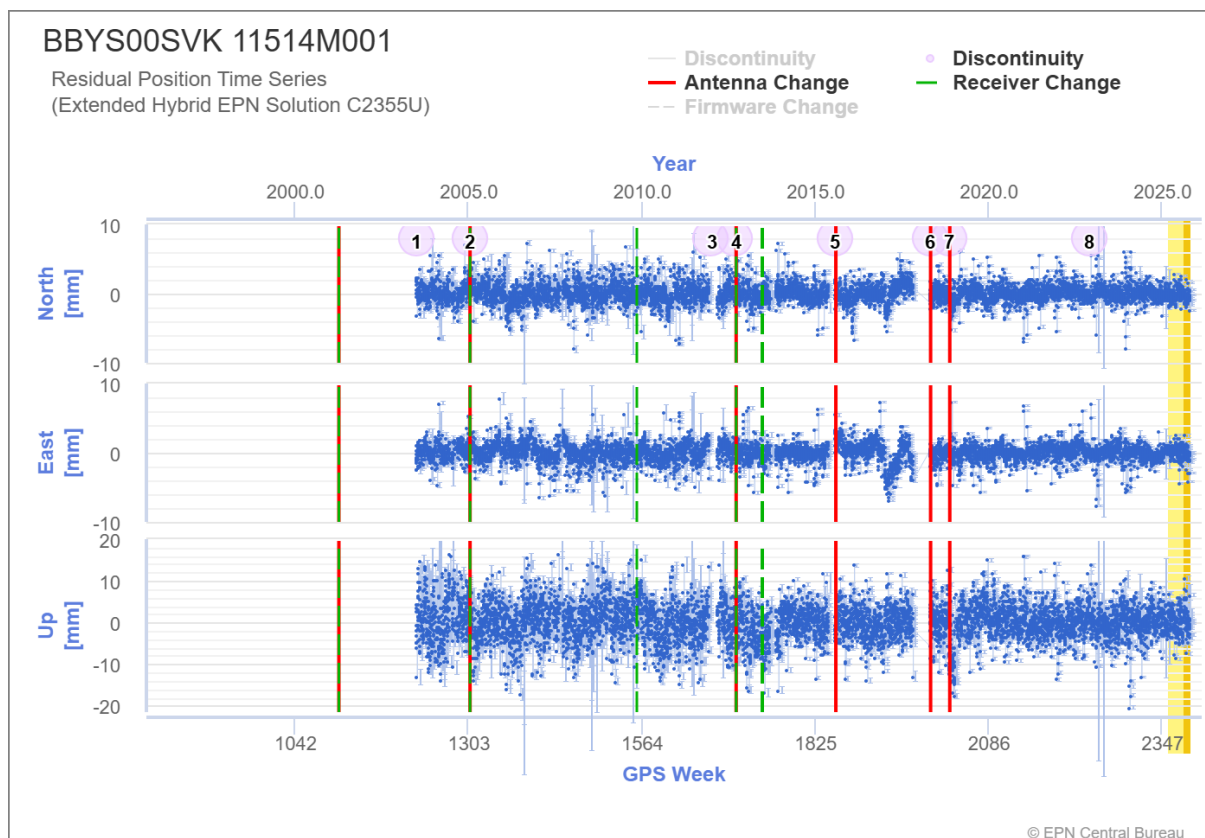
Obr. 8 Znáznornenie pohybu bodu MOPI



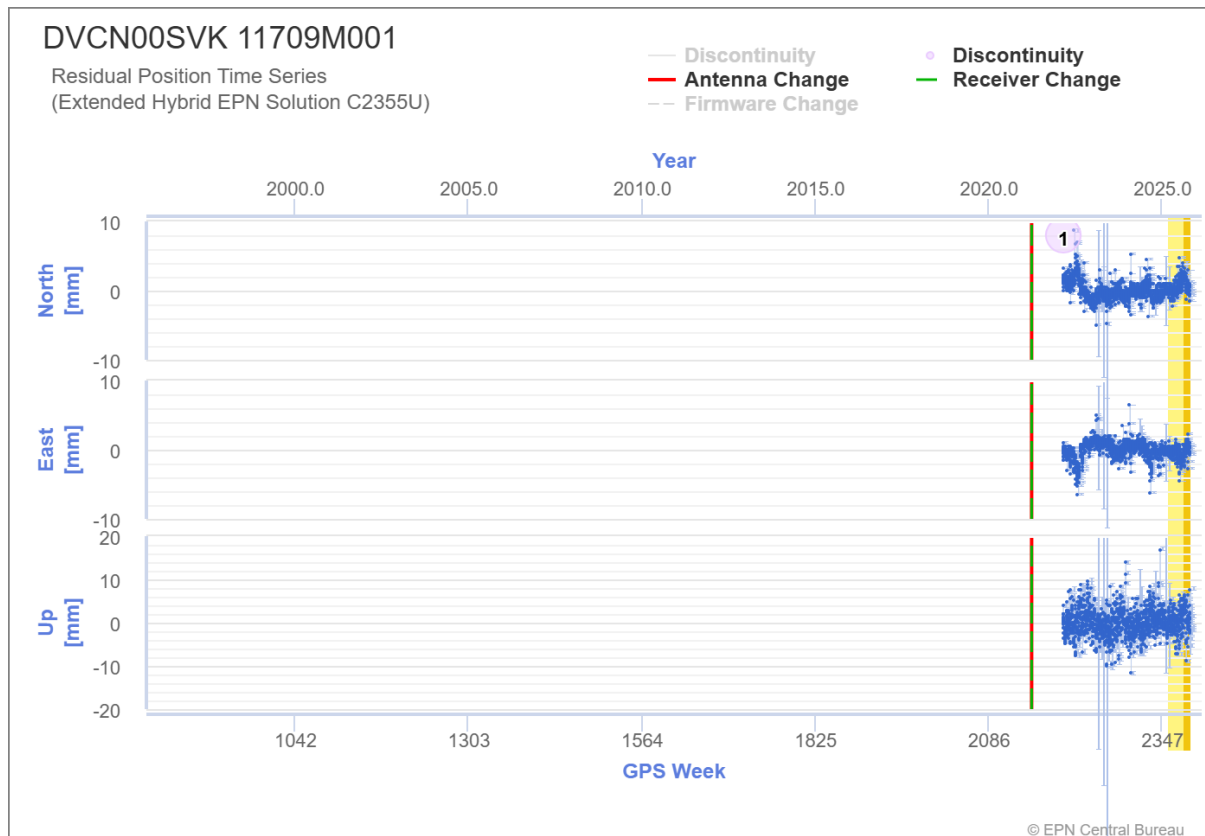
Obr. 9 Znáznornenie pohybu bodu MOP2



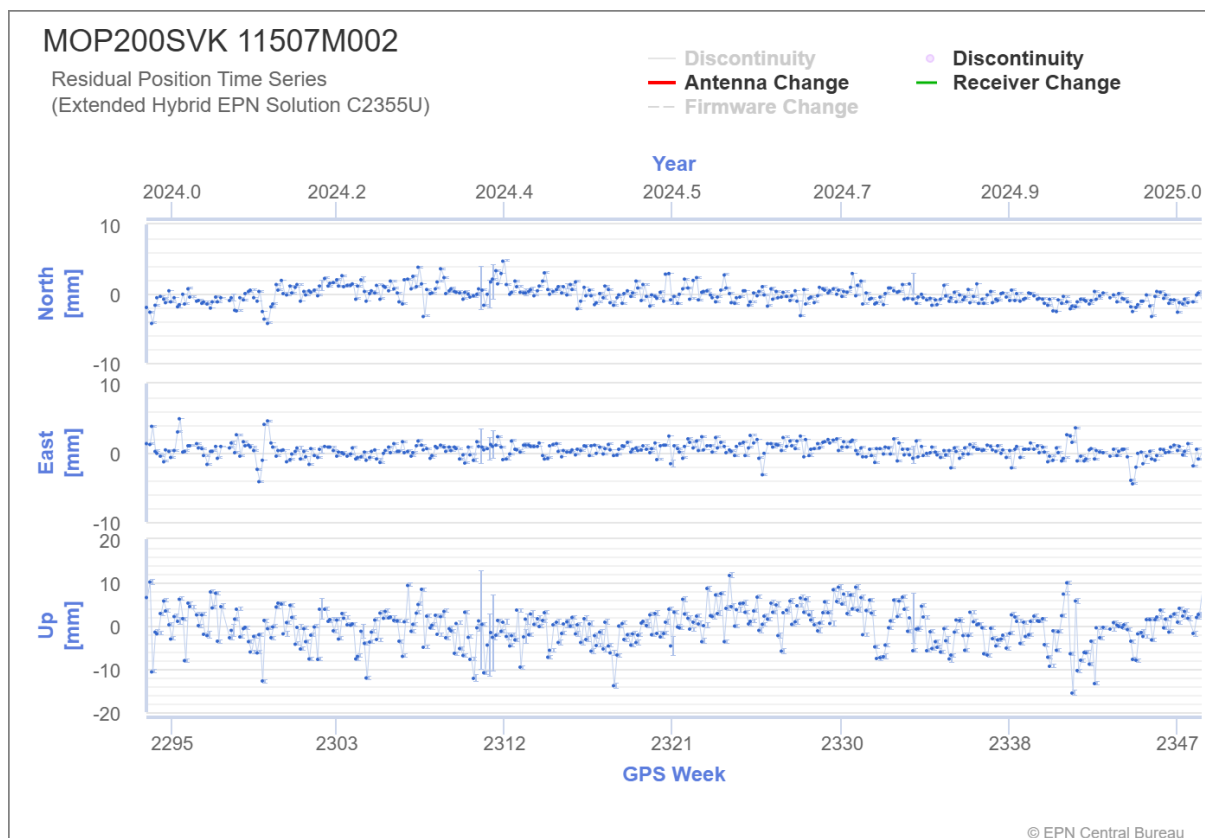
Obr. 10 Znáznornenie pohybu bodu GANP



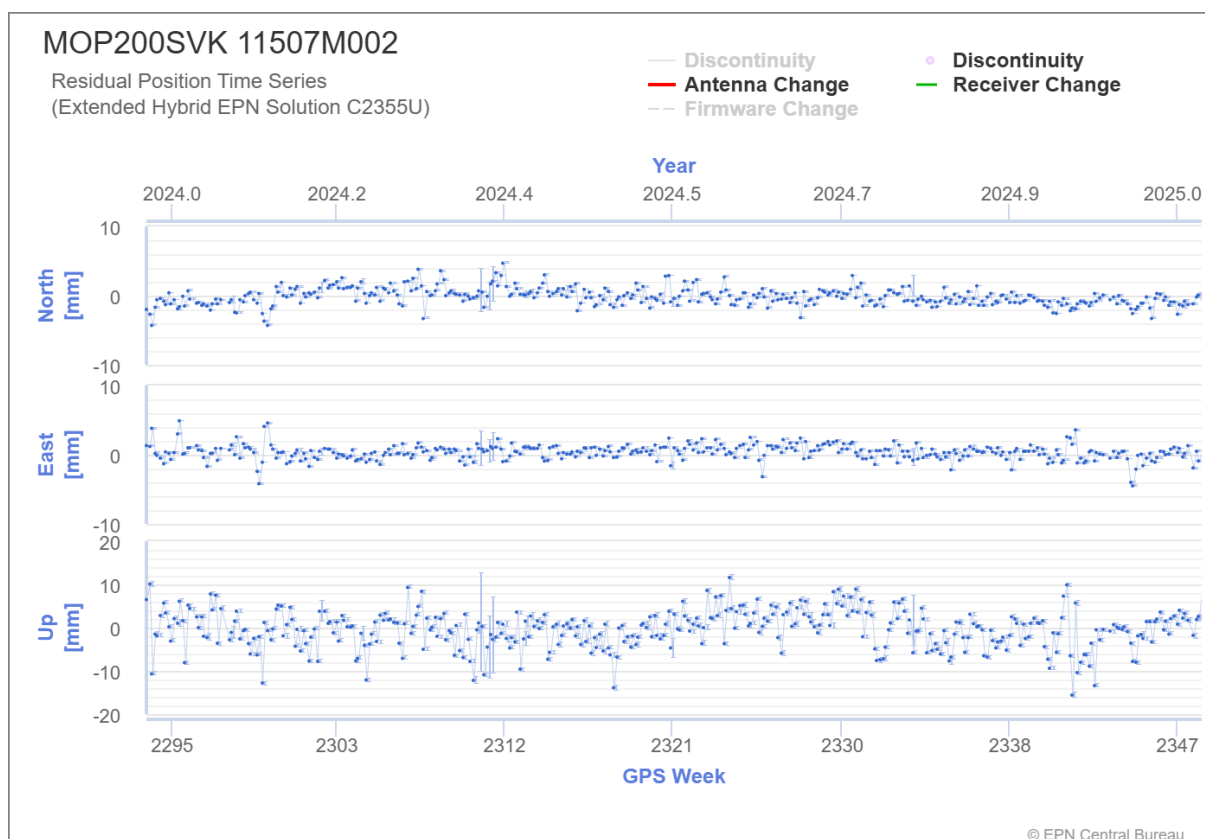
Obr. 11 Znážornenie pohybu bodu BBYS



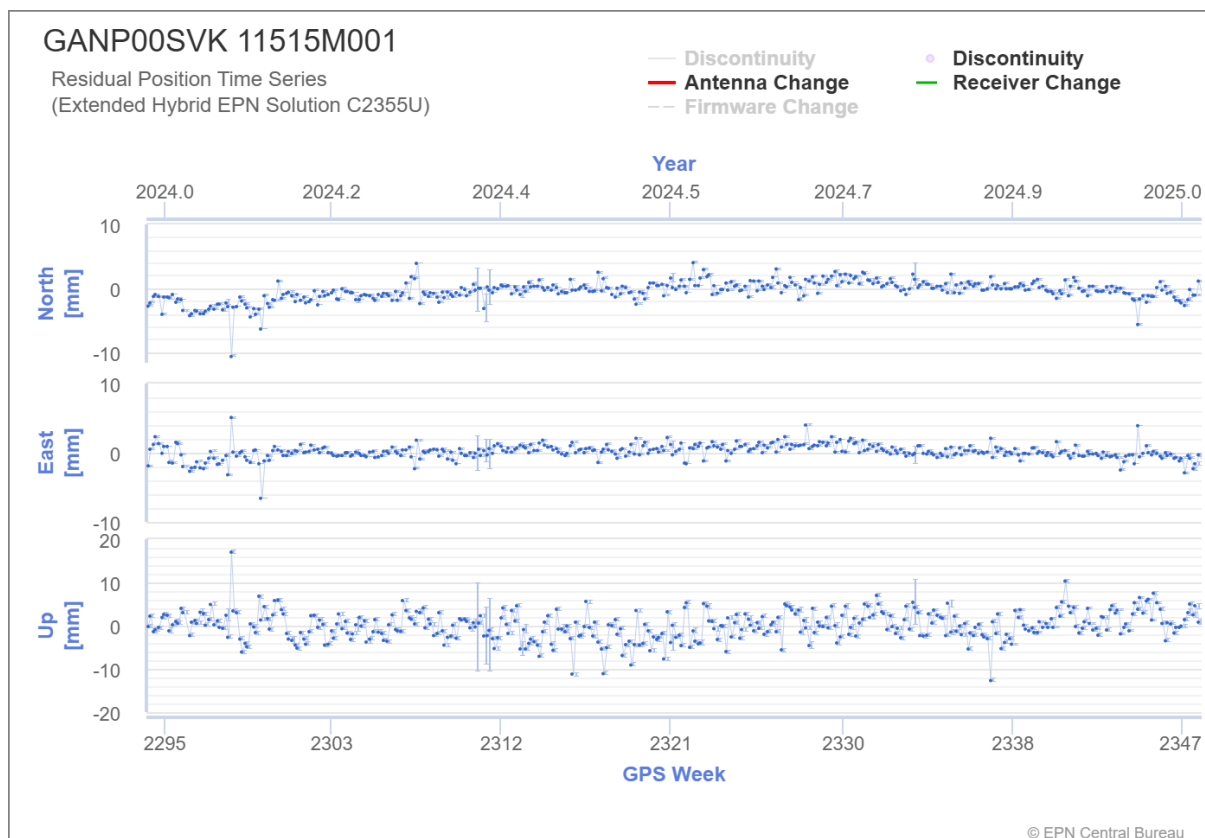
Obr. 12 Znážornenie pohybu bodu DVCN



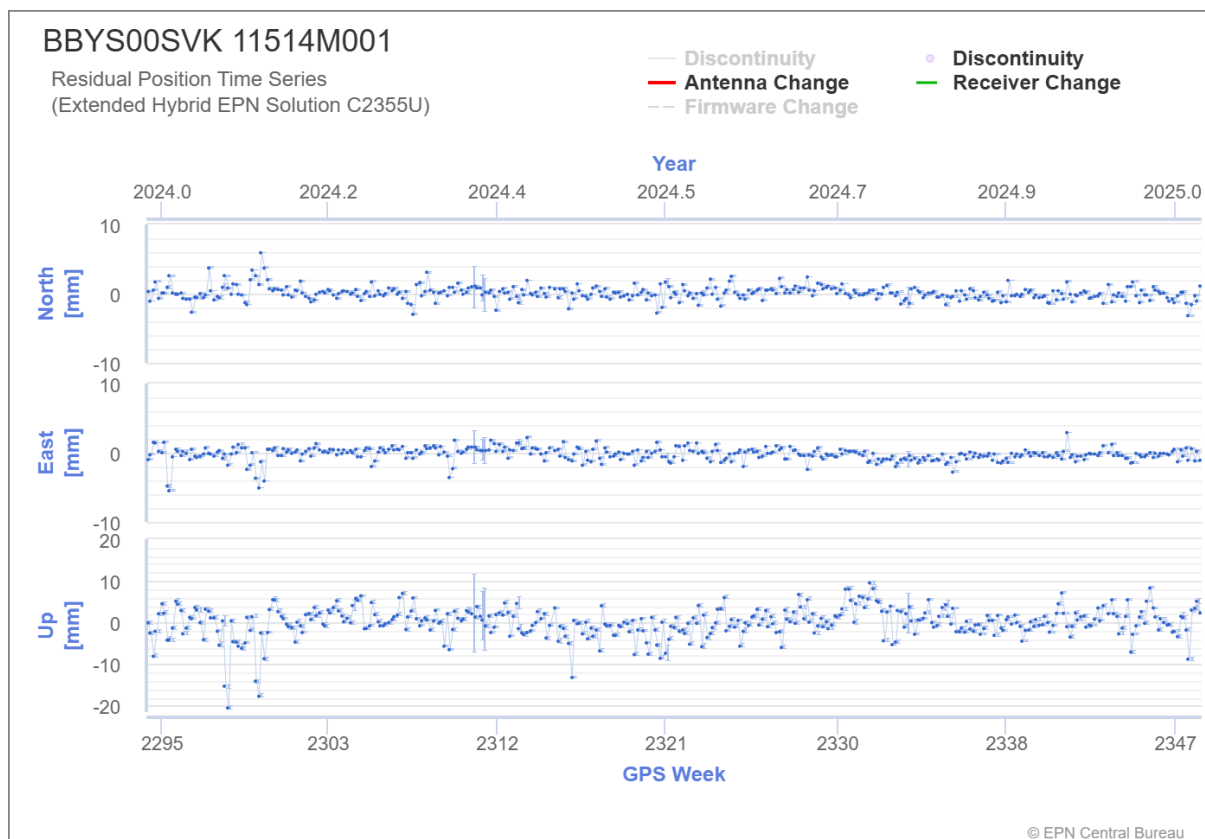
Obr. 13 Znáznornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2024



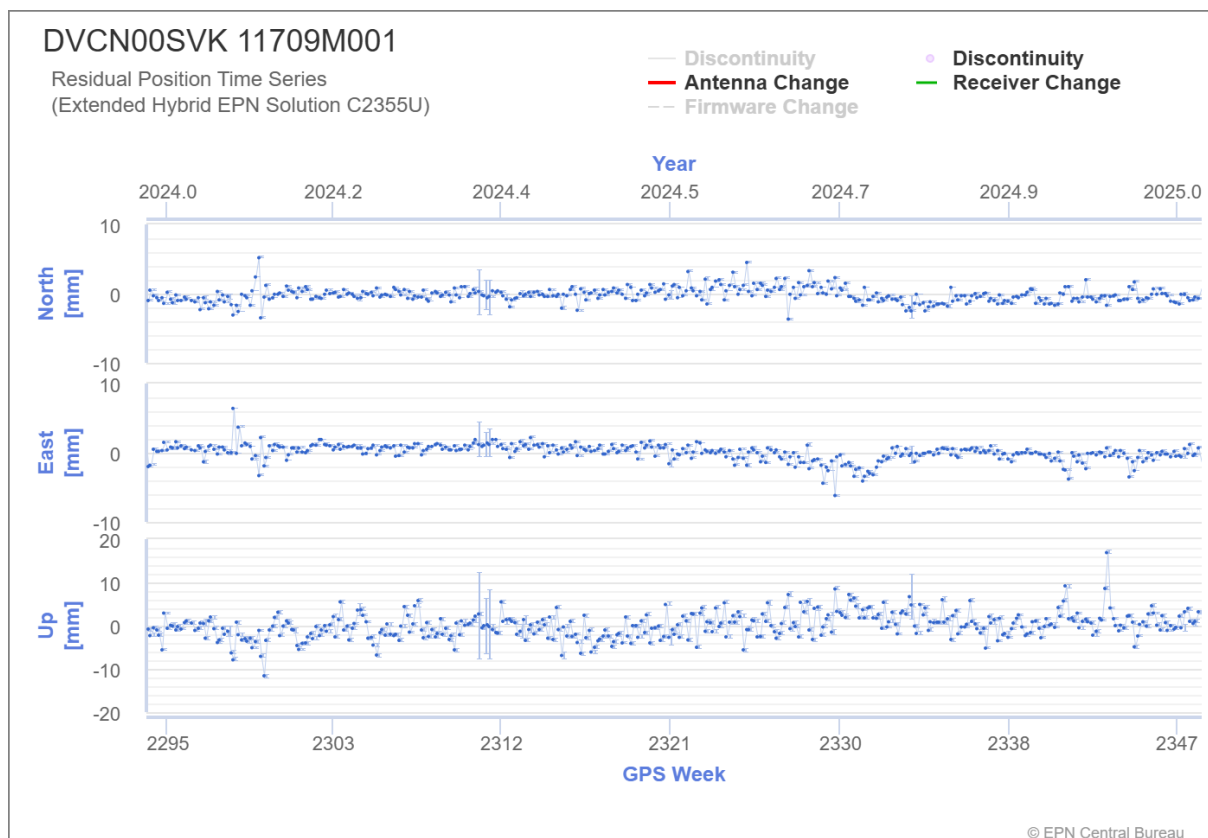
Obr. 14 Znáznornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2024



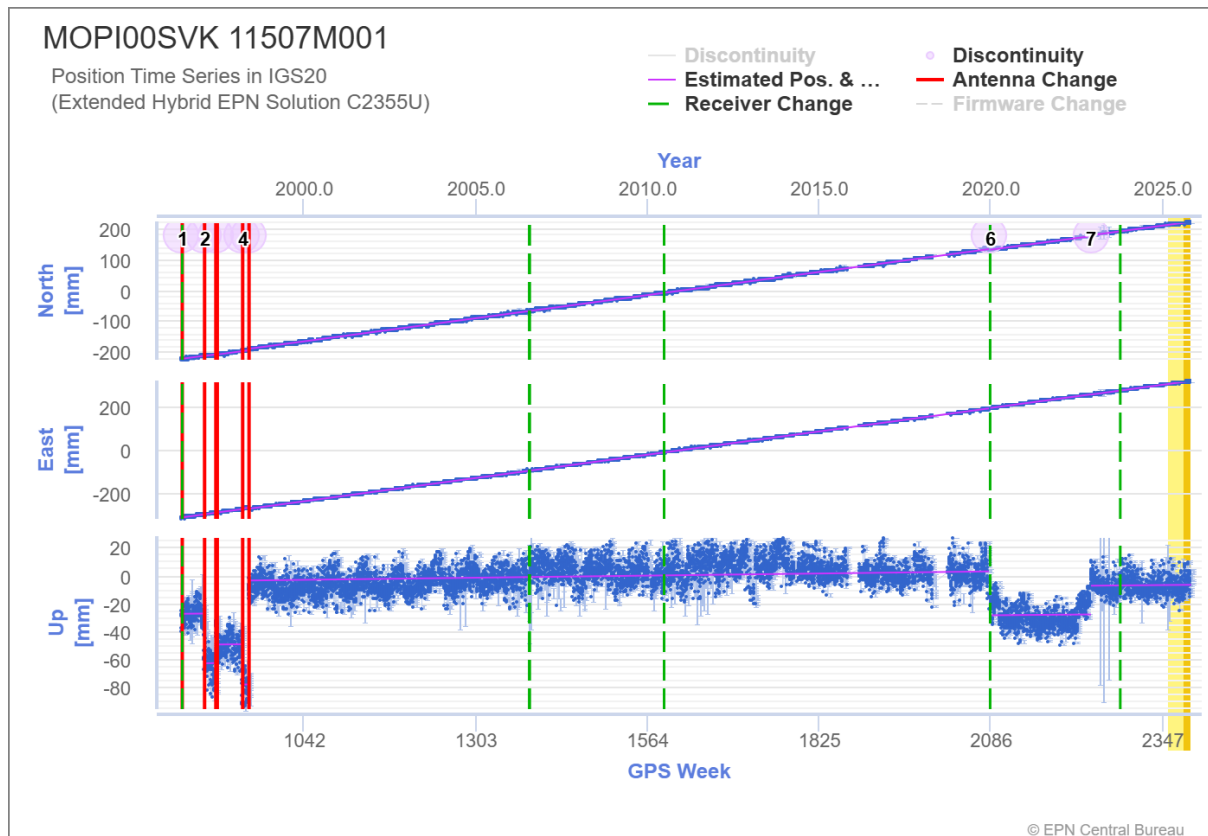
Obr. 15 Znážornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2024



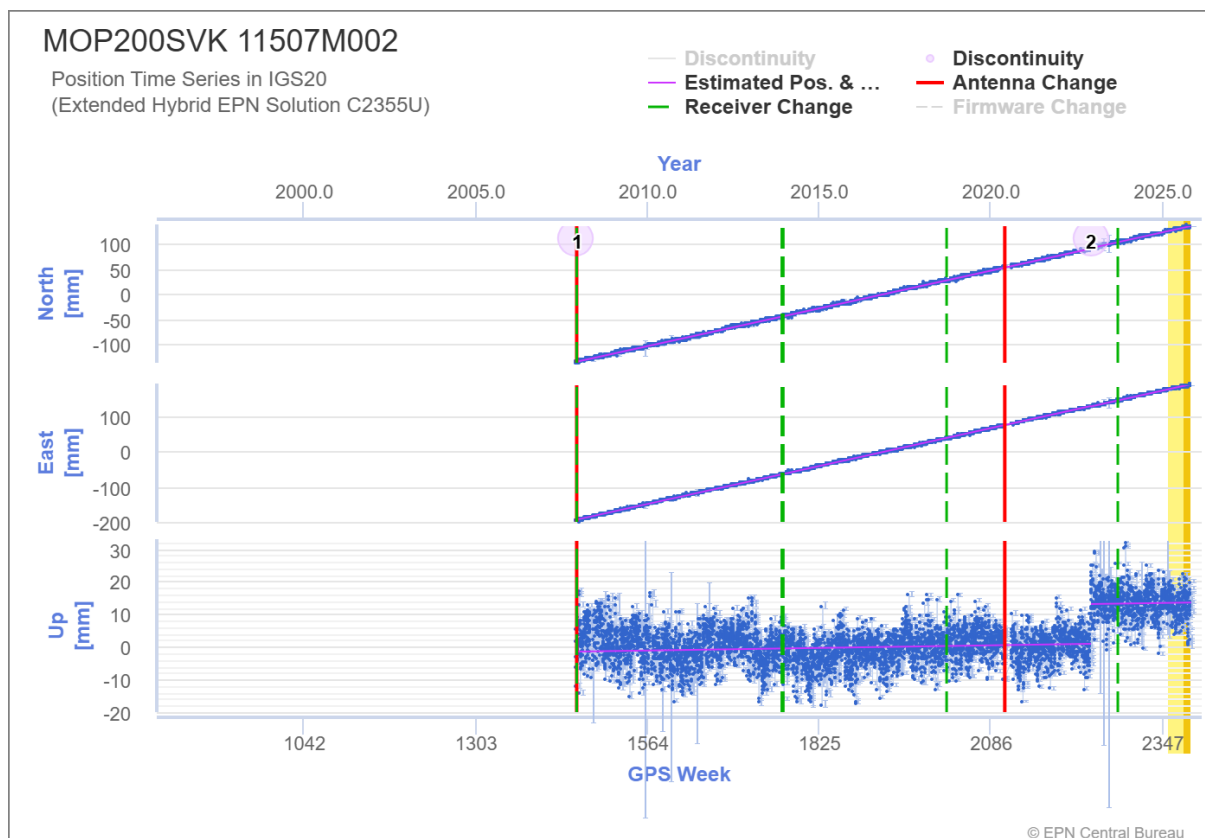
Obr. 16 Znážornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2024



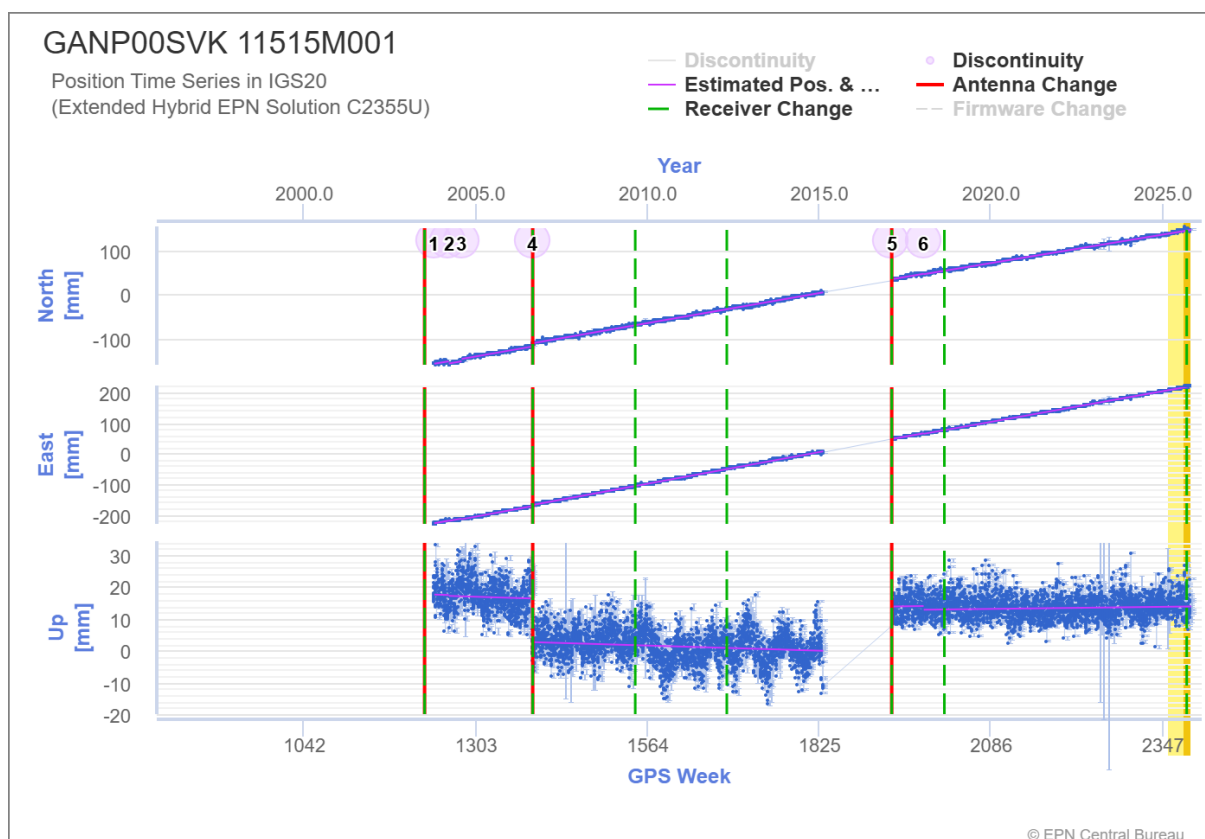
Obr. 17 Znáznornenie pohybu bodu DVCN, detail pre rok 2024



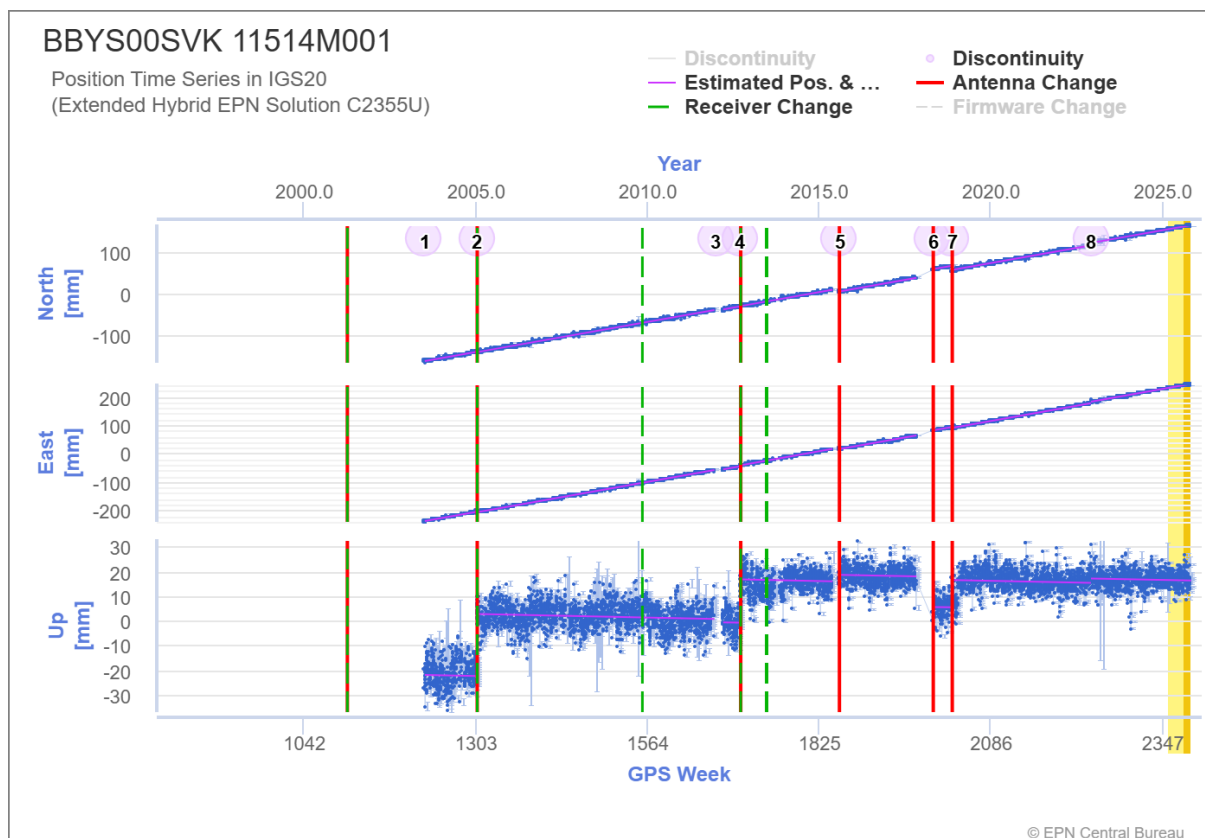
Obr. 18 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ITRS



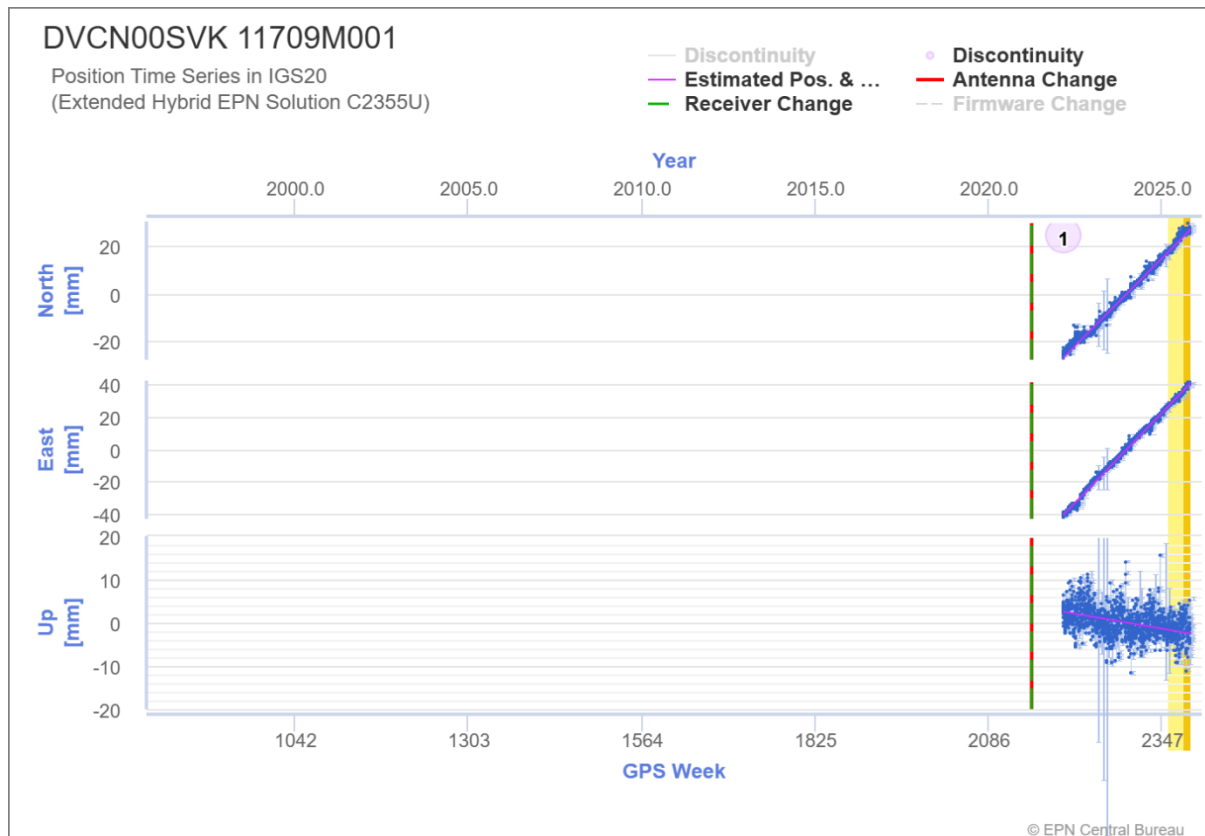
Obr. 19 Znáznorenie pohybu bodu MOP2 v ITRS



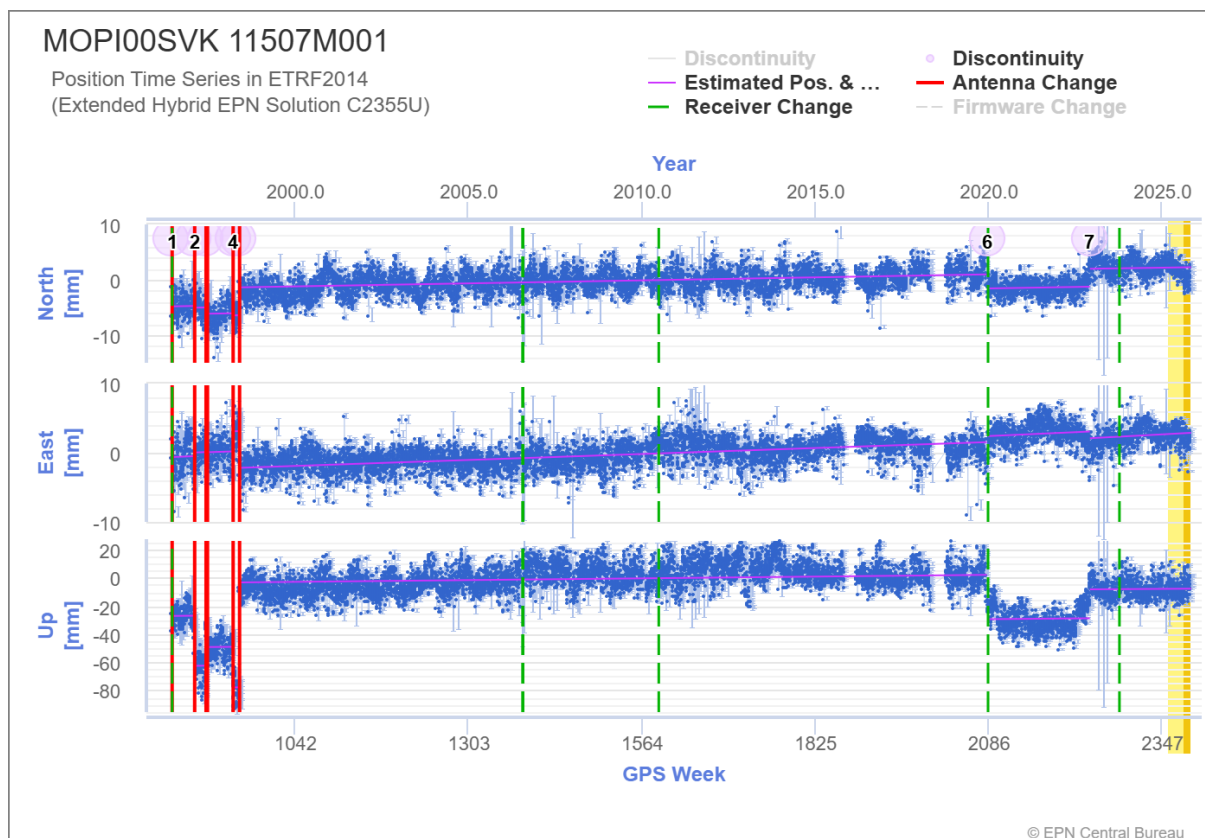
Obr. 20 Znáznorenie pohybu bodu GANP v ITRS



Obr. 21 Znáozornenie pohybu bodu BBYS v ITRS



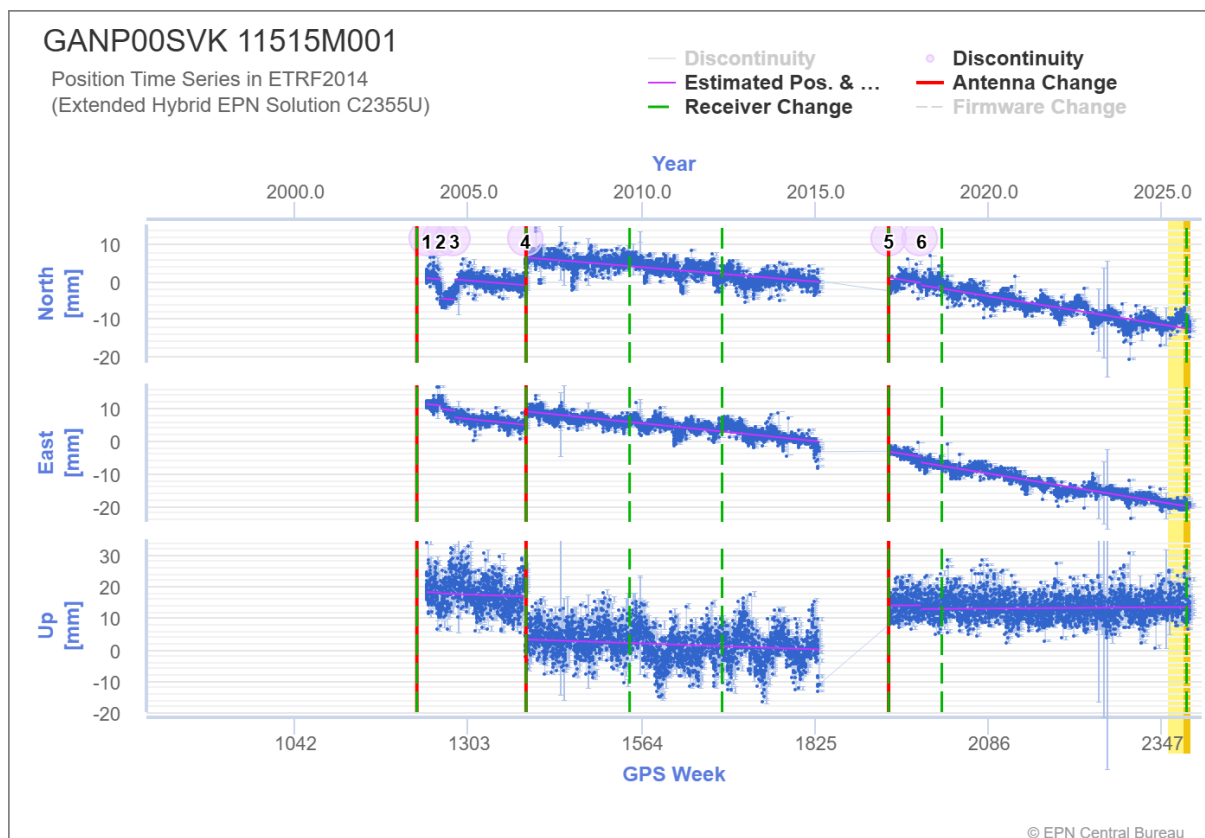
Obr. 22 Znáozornenie pohybu bodu DVCN v ITRS



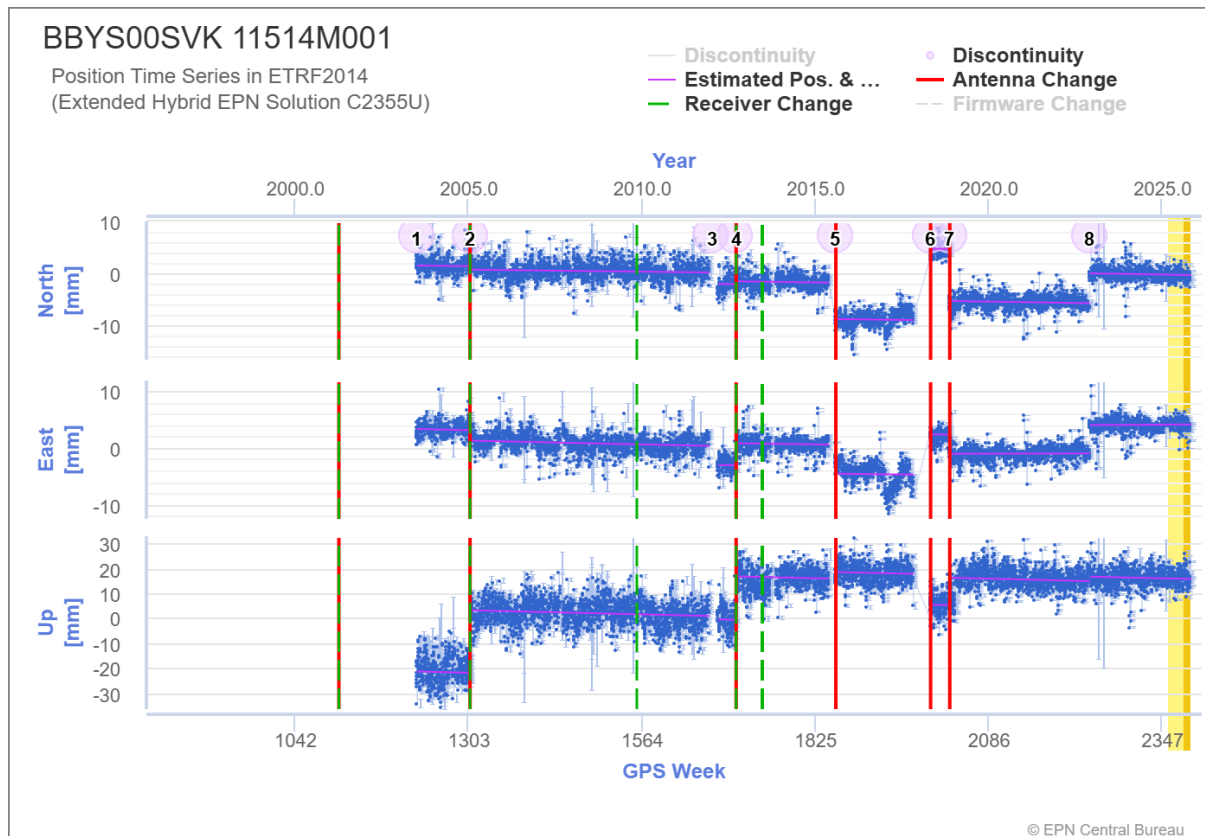
Obr. 23 Znážornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89



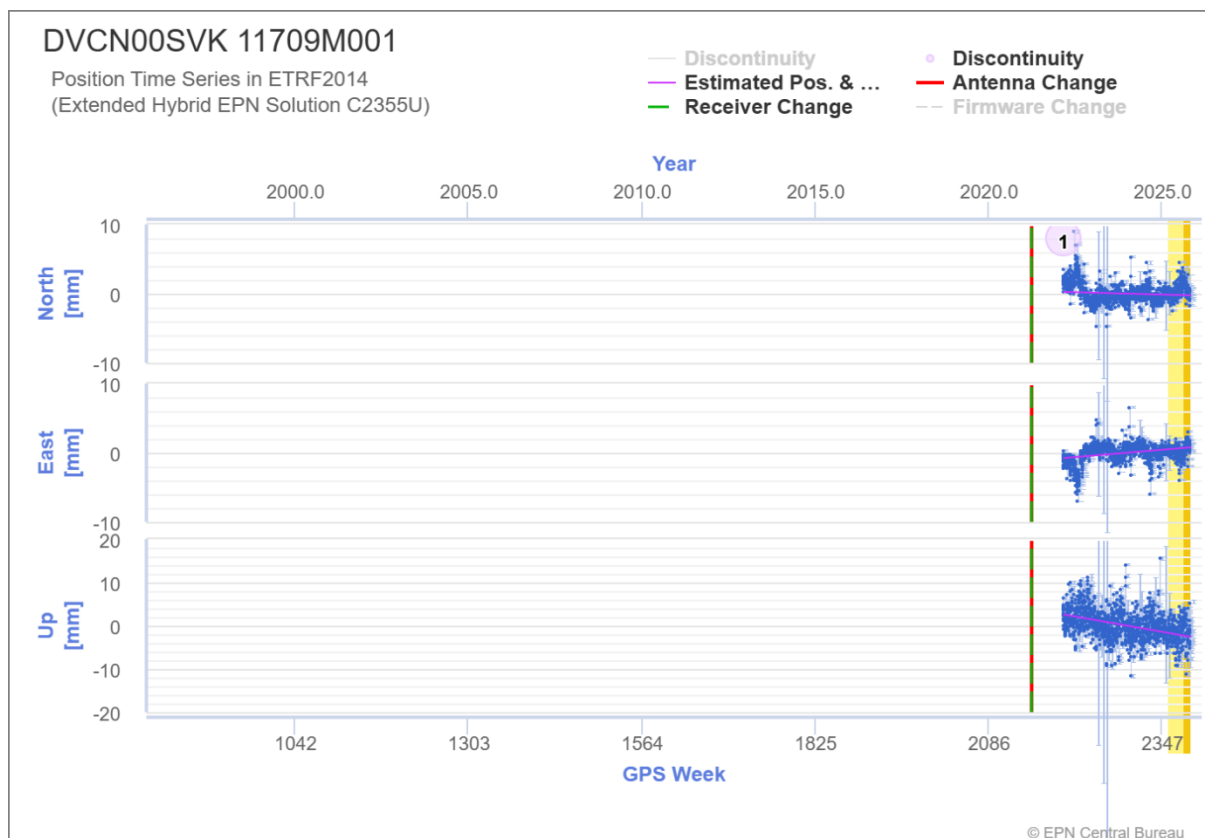
Obr. 24 Znážornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89



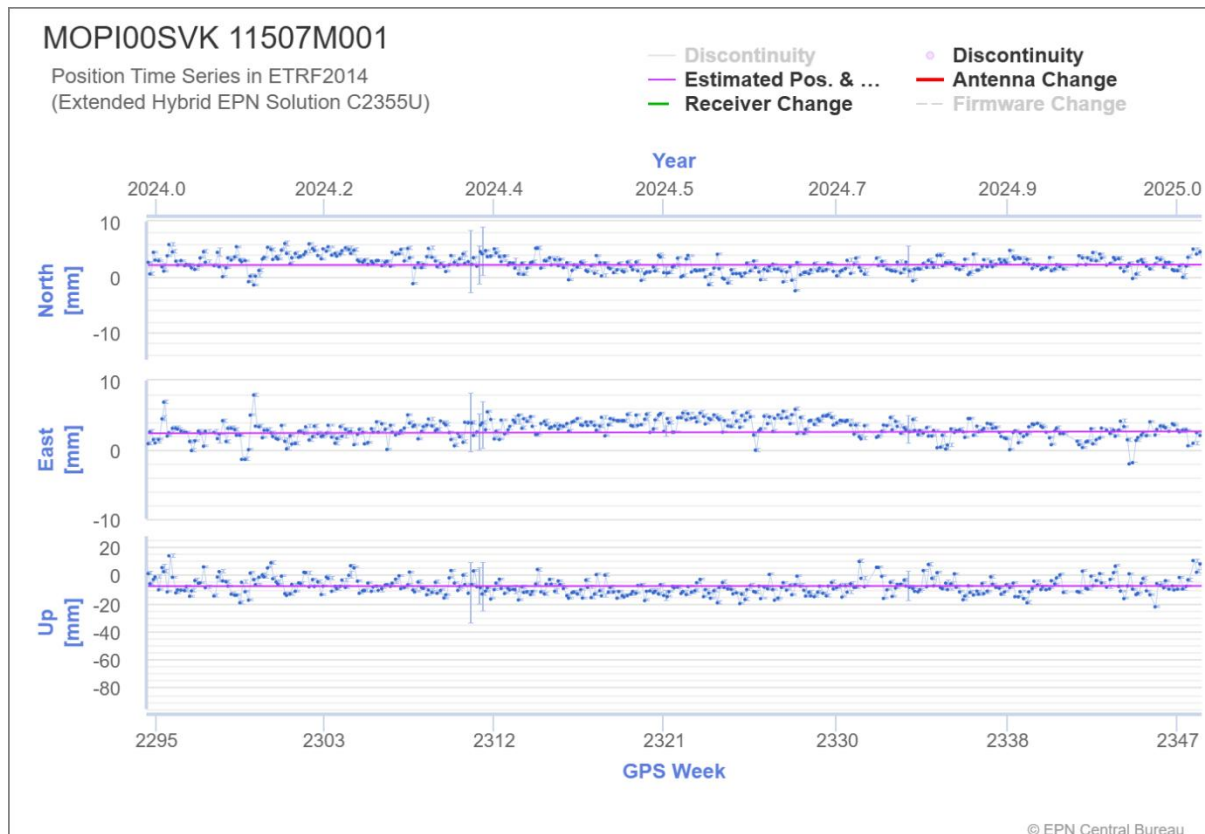
Obr. 25 Znáznornenie pohybu bodu GANP v ETRS89



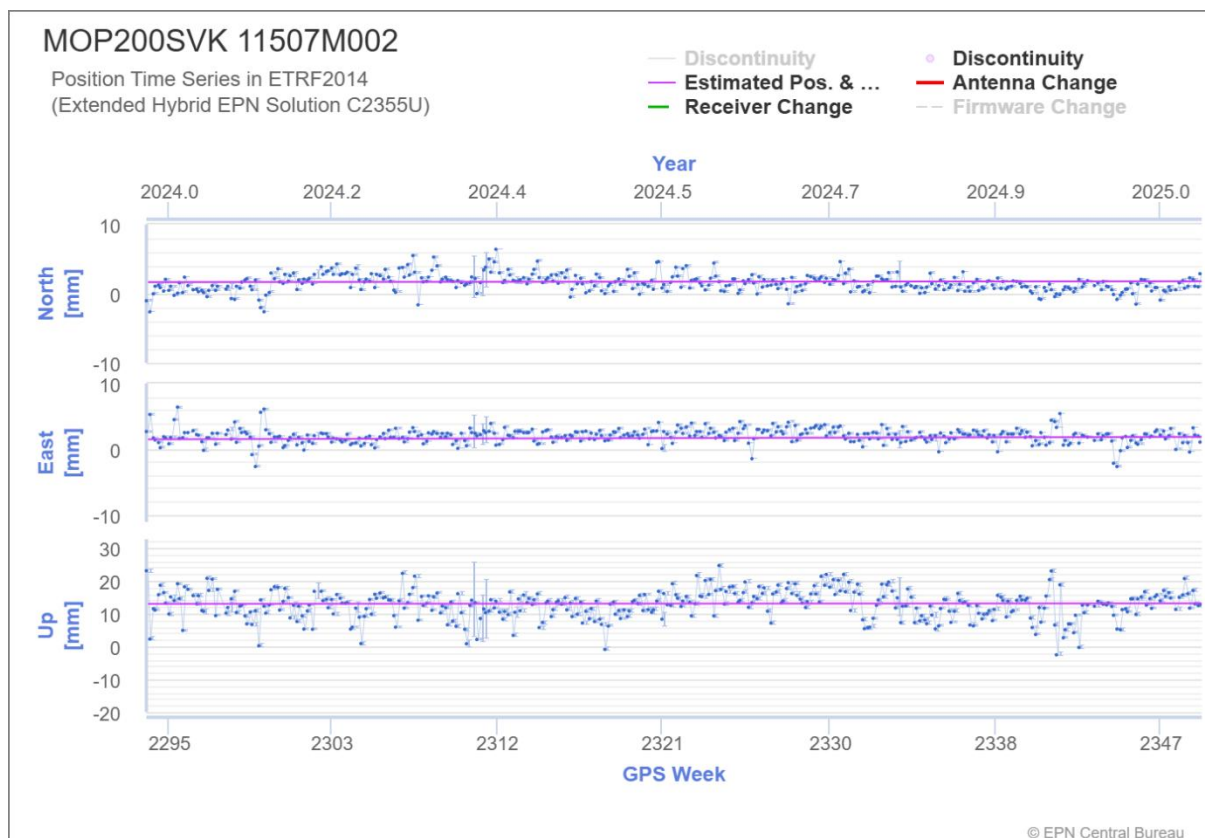
Obr. 26 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89



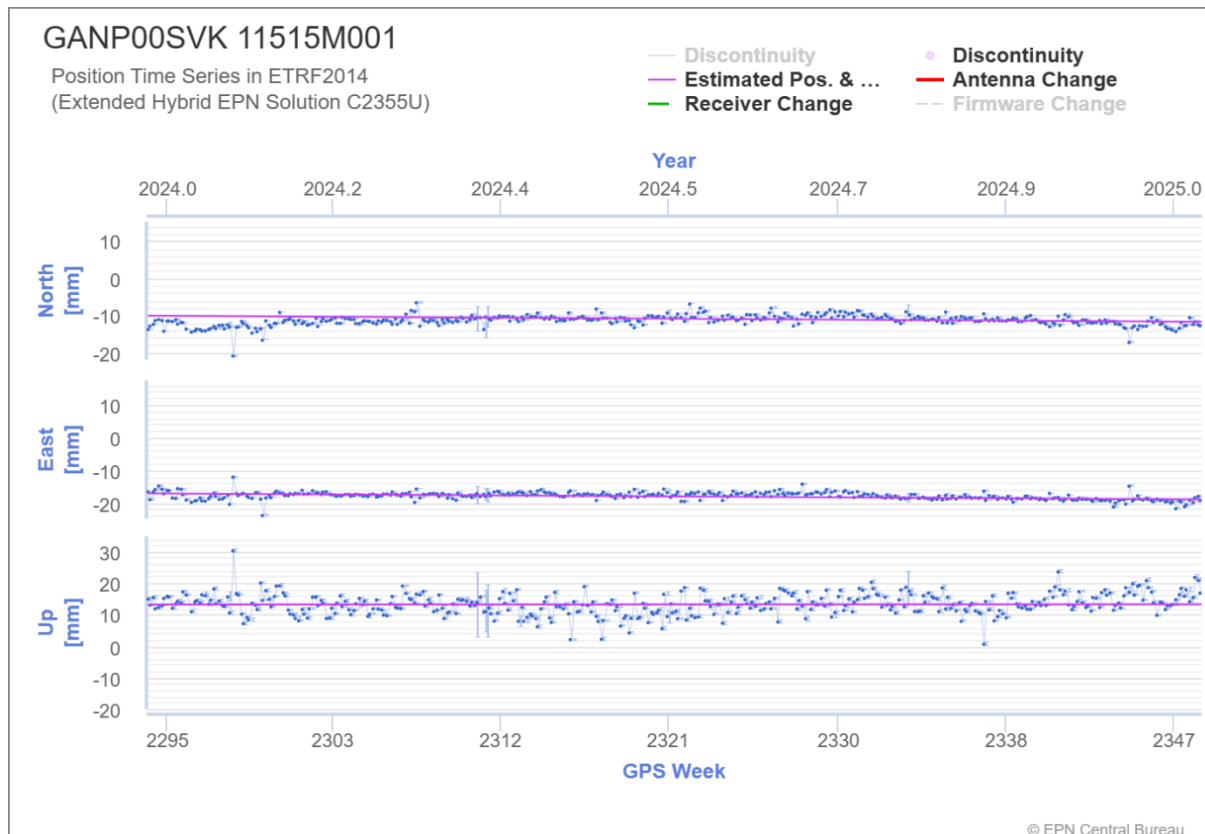
Obr. 27 Znáznornenie pohybu bodu DVCN v ETRS89



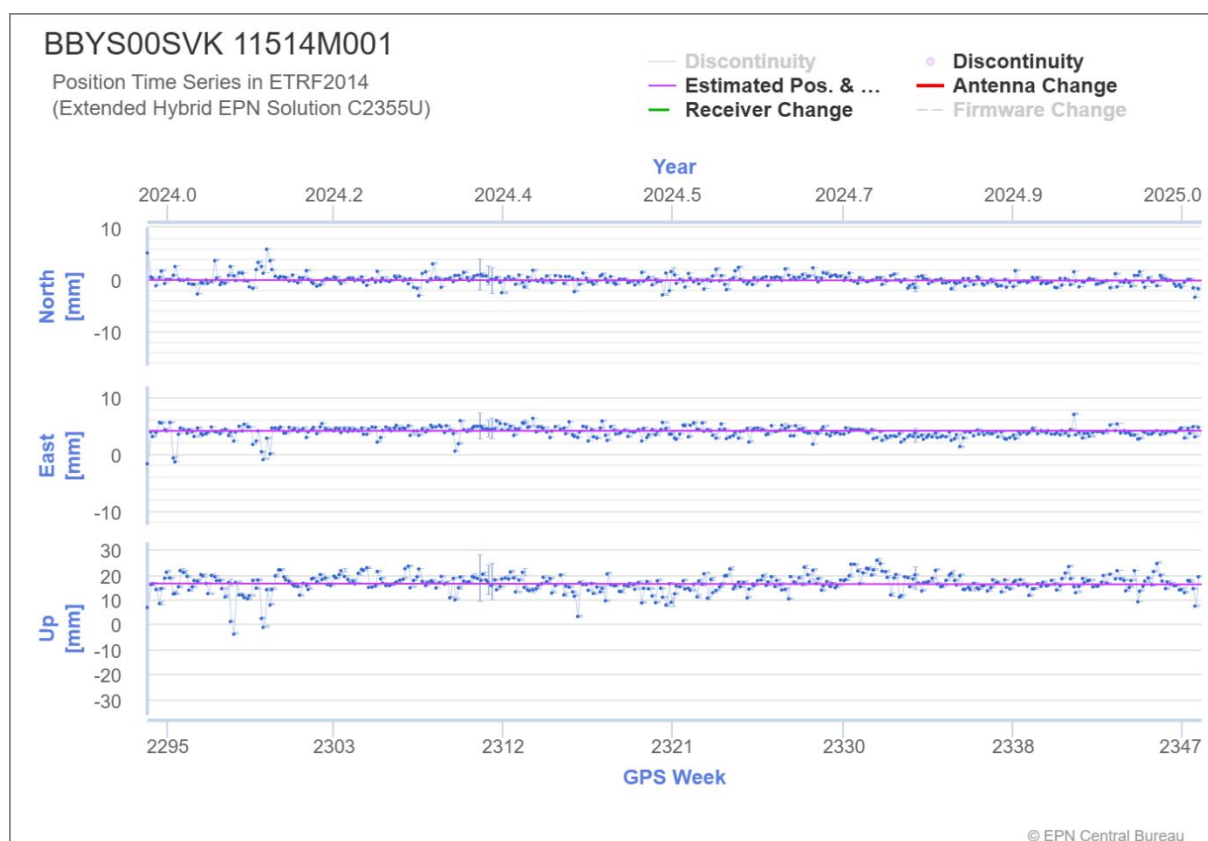
Obr. 28 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ETRS89, detail pre rok 2024



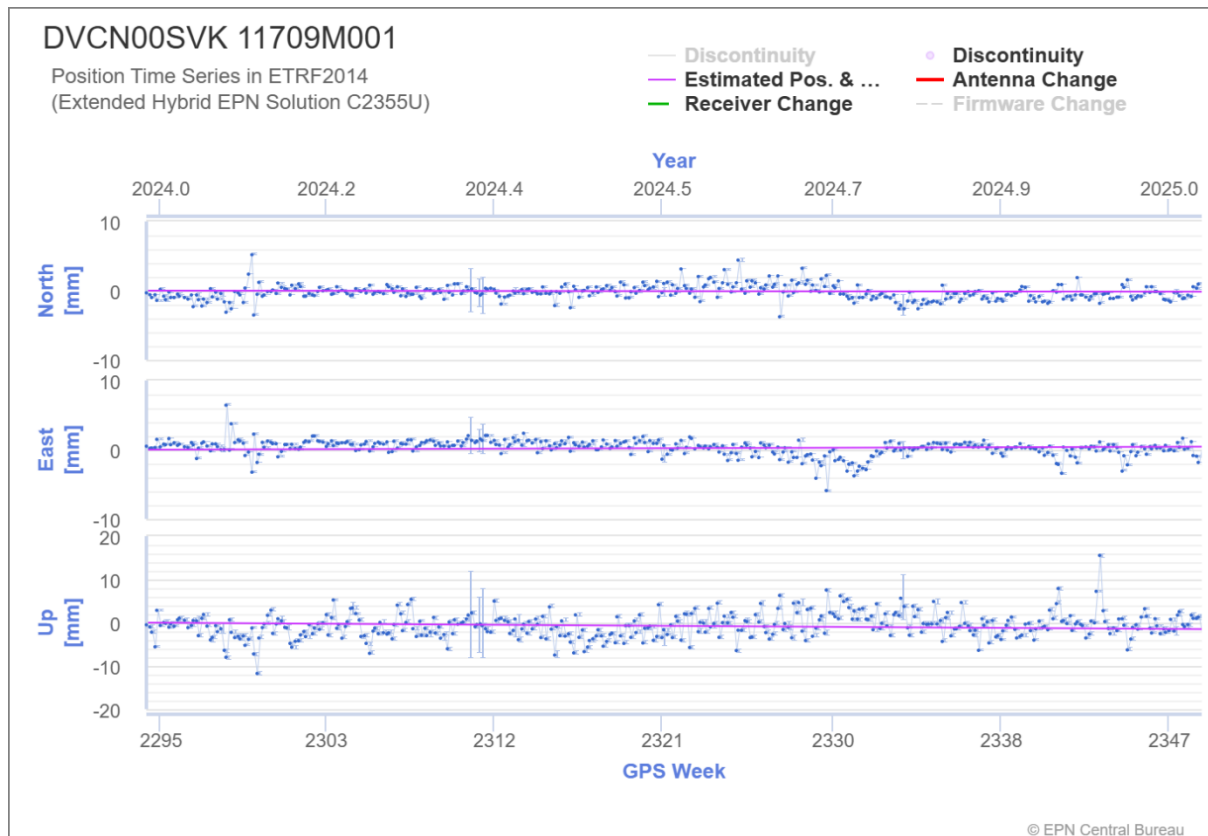
Obr. 29 Znážornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS89, detail pre rok 2024



Obr. 30 Znážornenie pohybu bodu GANP v ETRS89, detail pre rok 2024



Obr. 31 Znáznornenie pohybu bodu BBYS v ETRS89, detail pre rok 2024



Obr. 32 Znáznornenie pohybu bodu DVCN v ETRS89, detail pre rok 2024

Tab. 2 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
331/2022 – 060/2025	001/2015	4053738.145 ± 0.00020	1260571.328 ± 0.00009	4744940.699 ± 0.00026	0.0001 ± 0.00001	0.00017 ± 0.00001	0.00045 ± 0.00001
355/2019 - 316/2023	001/2015	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	001/2015	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	001/2015	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	001/2015	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	001/2015	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	001/2015	4053738.139 ± 0.001	1260571.329 ± 0.000	4744940.685 ± 0.001	0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000

MOP200SVK - 11507M002 - trieda „A“							
ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
331/2022 - 060/2025	001/2015	4053742.9225 ± 0.00012	1260569.3918 ± 0.00006	4744940.0061 ± 0.00015	-0.0001 ± 0.00001	0.00017 ± 0.00001	0.00044 ± 0.00001
340/2007 – 316/2023	001/2015	4053742.916 ± 0.000	1260569.389 ± 0.000	4744939.996 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0003 ± 0.0000

GANP00SVK - 11515M001 - trieda „A“							
ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
013/2018 - 060/2025	001/2015	3929181.8174 ± 0.00017	1455236.4559 ± 0.00009	4793653.7533 ± 0.00020	0.0018 ± 0.00002	-0.0013 ± 0.00001	-0.0009 ± 0.00003
055/2017 - 012/2018	001/2015	3929181.817 ± 0.000	1455236.457 ± 0.000	4793653.754 ± 0.000	0.0018 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0000	-0.0009 ± 0.0000
239/2006 - 040/2015	001/2015	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	001/2015	3929181.821 ± 0.000	1455236.463 ± 0.000	4793653.749 ± 0.000	0.0008 ± 0.0000	-0.0013 ± 0.0000	-0.0009 ± 0.0000

BBYS00SVK - 11514M001 - trieda „A“							
ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
331/2022 - 060/2025	001/2015	3980359.0894 ± 0.00027	1382291.8263 ± 0.00013	4772771.8081 ± 0.00031	-0.0001 ± 0.00003	-0.0003 ± 0.00001	-0.0001 ± 0.00003
317/2018 - 330/2022	001/2015	3980359.094 ± 0.000	1382291.822 ± 0.000	4772771.803 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000
115/2018 - 315/2018	001/2015	3980359.080 ± 0.000	1382291.822 ± 0.000	4772771.803 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000
214/2015 - 300/2017	001/2015	3980359.100 ± 0.000	1382291.820 ± 0.000	4772771.803 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000
260/2012 - 139/2015	001/2015	3980359.091 ± 0.000	1382291.823 ± 0.000	4772771.805 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000
072/2012 - 252/2012	001/2015	3980359.082 ± 0.000	1382291.815 ± 0.000	4772771.792 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000

012/2005 - 343/2011	001/2015	3980359.080 ± 0.000	1382291.818 ± 0.000	4772771.794 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000
185/2003 – 010/2005	001/2015	3980359.063 ± 0.000	1382291.814 ± 0.000	4772771.776 ± 0.000	-0.0001 ± 0.0000	-0.0003 ± 0.0000	-0.0001 ± 0.0000

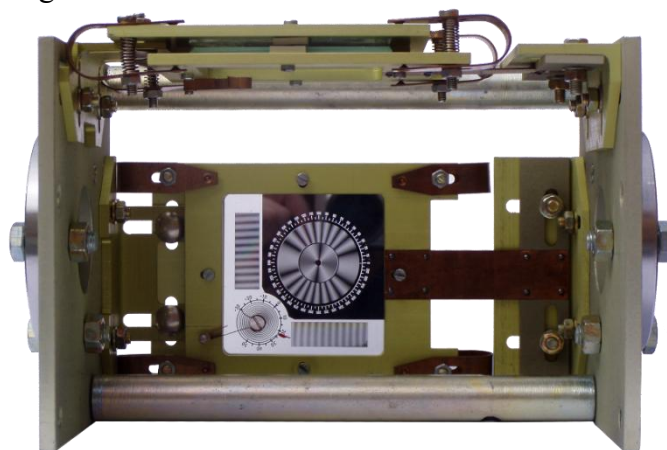
DVCN00SVK - 11507M002 - trieda „B“							
ETRF2014	epocha t0	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V _X	V _Y	V _Z
051/2022 - 060/2025	177/2022	4026497.3671 ± 0.00018	1361546.9151 ± 0.00009	4739882.1558 ± 0.00019	NA	NA	NA

2. POHYBY POZDĹŽ ZLOMOV

Merania pohybov na tektonických líniách sú v rámci Čiastkového monitorovacieho systému – Geologické faktory, realizované pomocou mechanicko-optických dilatometrov TM-71 (Košťák, 1969). Okrem monitorovania pohybov na tektonických líniách je prístroj TM-71 schopný dlhodobo zaznamenávať 3D mikroposuny aj v prípade svahových porúch typu plazenia a zosúvania (napr. Košťák & Rybář, 1978; Kostak & Cruden, 1990; Petro et al., 1999), ale aj dislokácií v rámci 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 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Na monitorovanie posunov na vybratých neotektonických poruchách sa v rámci tejto úlohy, rovnako ako aj v predchádzajúcom období, využívali mechanicko-optické dilatometry typu TM-71 (Obr. 33) aj v roku 2024. Princíp merania vychádza z opticko-mechanickej interferencie, konkrétne z tvorby moiré vzorov viditeľných medzi dvoma sklenenými doštičkami. Tieto doštičky sú pokryté tenkou vrstvou chrómu, v ktorej je na šírke 1 mm vyleptaných 21 drážok usporiadaných do sústredných kružníc alebo do tvaru skrutkovice. Interferencia vytvára prúžkovú štruktúru (moiré obrazec), z ktorej je možné po prepočte a pri meraní v dvoch na seba kolmých rovinách, určiť veľkosť a smer posunu, ale aj rotačné pohyby sledovaných blokov. Prístroje umožňujú merať veľmi pomalé posuny s presnosťou na úrovni 0,01 mm a rotácie 0,01 grádu.



Obr. 33 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 2024 zabezpečoval zber údajov na všetkých lokalitách vizuálnym odčítaním, resp. fotograficky s frekvenciou 13x – Vyhne, 3x – Dobrá Voda, 4x – Branisko, Banská Hodruša, Ipeľ a Demänovská jaskyňa Slobody.

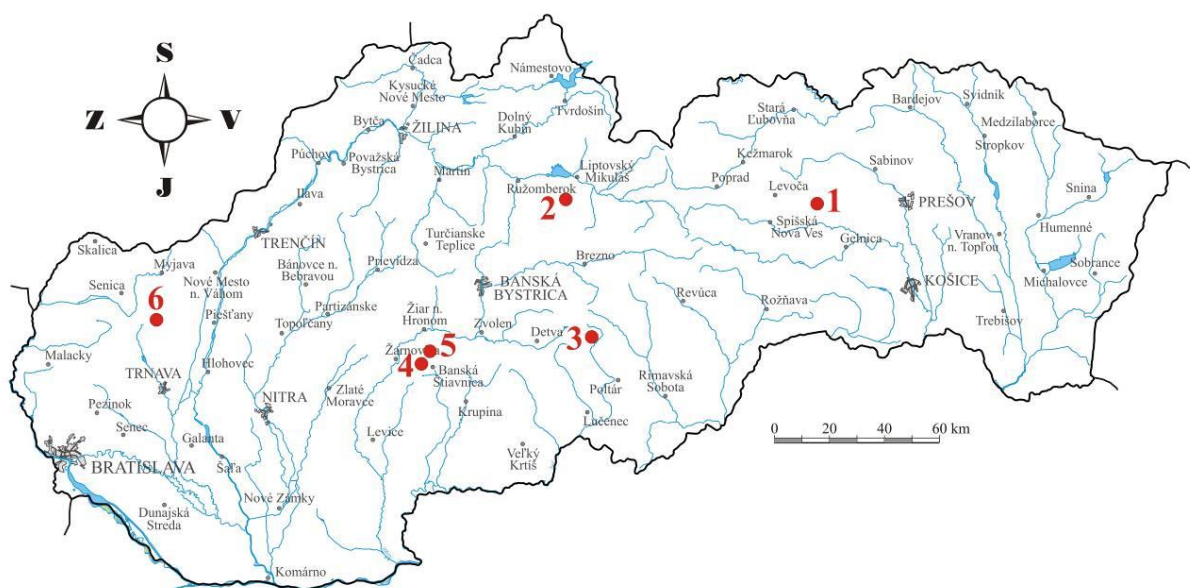
Fotodokumentáciu prístroja vo Vyhniach zabezpečovali pracovníci Geofyzikálneho odboru Ústavu vied o Zemi SAV. Údaje z lokality Dobrá Voda sčasti zabezpečil v rámci spolupráce Ústav struktúry a mechaniky hornín AV ČR v.v.i. Praha, Mgr. Miloš Briestenský, PhD.

Treba uviesť, že frekvencia meraní 4x ročne sa pre daný typ prístroja považuje za minimum, 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.

2.2 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 struktúry a mechaniky hornín Akadémie vied Českej republiky, v.v.i. (www.tecnet.cz).

V rámci pôsobnosti projektu ČMS – GF bolo na území SR inštalovaných na tektonických líniiach 6 prístrojov TM-71. Ide o nasledujúce lokality: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipel', Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda (Obr. 34). Počas roka 2024 boli na predmetných lokalitách odčítavané údaje z prístrojov s periódou približne raz za 3 mesiace alebo častejšie.



Obr. 34 Prehľad lokalít, na ktorých boli v roku 2024 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami TM-71. 1 – Branisko, 2 – Demänovská jaskyňa Slobody, 3 – Ipel', 4 – Banská Hodruša, 5 – Vyhne, 6 – Dobrá Voda

Branisko

Na lokalite Branisko je prístrojom TM-71 monitorovaná tektonická porucha pretínajúca únikovú štôľňu tunela Branisko (Obr. 35). Pohorie Branisko tvorí samostatný geomorfologický celok, ktorý patrí k Fatransko-tatranskej oblasti. Branisko má morfologicky výraznú hrast'ovú formu, tektonicky oddelenú od sedimentov centrálnokarpatského paleogénu (podtatranská skupina) z oboch strán pohoria. Na západnej strane prebieha medzi paleogénnymi sedimentami a jednotkami budujúcimi masív pohoria Branisko (kryštalínium tatrika – severné veporikum) poľanovský zlom, na východnej strane je to šindliarsky zlom (Polák et al., 1996). Práve na šindliarskom zlome, ktorý má smer SSV – JJZ, bol koncom roka 2000 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 35 Inštalácia dilatometra TM-71 v únikovej štólňi tunela Branisko

Demänovská jaskyňa Slobody

Jaskyňa je súčasťou vyše 41 km dlhého (Bella, 2016), niekoľkoúrovňového krasového systému nachádzajúceho sa na pravej strane doliny riečky Demänovka. Jaskynný systém je najdlhší na Slovensku. Morfológicky je okolie jaskyne súčasťou Nízkych Tatier, ktorých územie je dnes národným parkom. Jaskyňa vznikla v strednotriasových vápencoch krížňanského príkrovu (fatrika) dlhodobým podpovrchovým pôsobením riečky Demänovka. Podzemné chodby a priestory sa viažu na dva zlomové systémy s orientáciou SZ-JV a SV-JZ (Droppa, 1957 a 1972). Prvý systém je kvázi-paralelný s hlavným jaloveckým zlomom (Hók et al., 2000) prechádzajúcim dnom údolia. Dilatometer TM-71 bol inštalovaný v tzv. Čarovnej chodbe (Obr. 36 **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**), ktorá má približne smer SZ-JV.

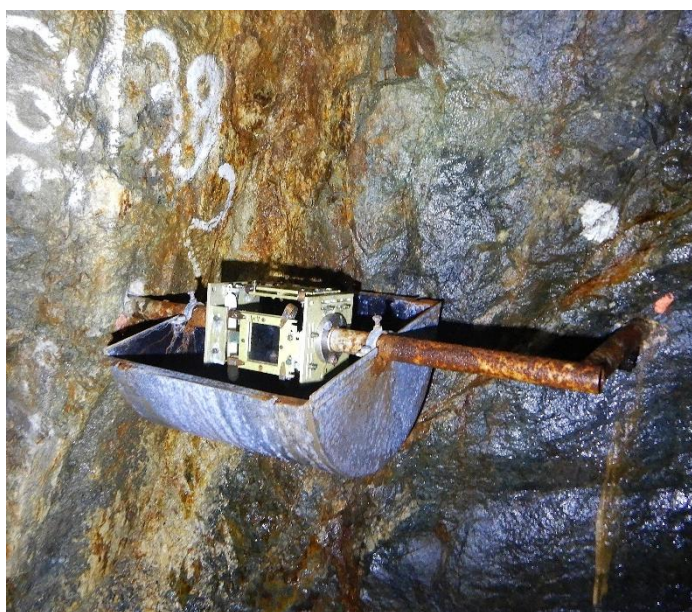
Na zbere údajov sa podieľali aj pracovníci Správy slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, RNDr. Juraj Littva, PhD. a Pavol Staník.



Obr. 36 Inštalácia dilatometra TM-71 v Čarovnej chodbe (Demänovská jaskyňa Slobody)

Ipeľ

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipeľa nad obcou Málinec v katastrálnom území Ipeľský potok, ktorá geomorfologicky patrí do Stolických vrchov. Dolinou rieky prechádza jeden z najvýznamnejších zlomových systémov Západných Karpát – muránsko-malcovský systém (Pospíšil et al., 1986; Dvořák et al., 2005), resp. jeho južnejšia časť v podobe muránsko-divínskeho systému, ktorý pozostáva z niekoľkých paralelných SV-JZ zlomov (Pospíšil et al., 1989). Dolina Ipeľa je budovaná staropaleozoickými metamorfovanými (pararuly, ortoruly a migmatity) a magmatickými (granity, granodiority, tonality a aplity) horninami kryštallického jadra veporika (Bezák et al., 1999). Horniny vo vnútri zlomového pásma širokého viac než 600 m sú silno tektonicky porušené a mylonitizované (Ondrášik et al., 1987). V bývalej prieskumnej štolni Izabela bol na zlome v roku 2002 inštalovaný dilatometer TM-71 (Obr. 37).



Obr. 37 Inštalácia dilatometra TM-71 v prieskumnej štolni 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. 38) bolo vybrané miesto križovania dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štôlne Starovšechsvätých. Štôlna je vyrazená v kremenno-dioritových porfýroch reprezentujúcich strednú stratovulkanickú štruktúru (Konečný et al., 1998). Orientácia zlomov a horninových dajok v banskoštiavnickom stratovulkáne odráža zmeny v smeroch paleonapätí počas neogénu (Nemčok et al., 2000). Väčšina zlomov má orientáciu SSV-JJZ. Na lokalite je osadený jeden prístroj, ktorého inštalácia prebehla v roku 2005.



Obr. 38 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. Antona Paduánskeho (Obr. 39).

Štôlna bola vyrazená v tektonicky porušených porfýrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená žula). 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.



Obr. 39 Inštalácia dilatometra TM-71 v opustenej štôlni sv. Antona Paduánskeho na lokalite Vyhne

Dobrá Voda

Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát v katastrálnom území obce Dobrá Voda. Litologicky sa na geologickej stavbe okolia podieľajú vrchnokriedové baranecké pieskovce ako súčasť Brezovskej skupiny hronika. 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 struktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR, v.v.i. Praha (ÚSMH AV ČR) na zlome inštalovaný jeden dilatometer TM-71 (Obr. 40).



Obr. 40 Inštalácia dilatometra TM-71 na lokalite Dobrá Voda

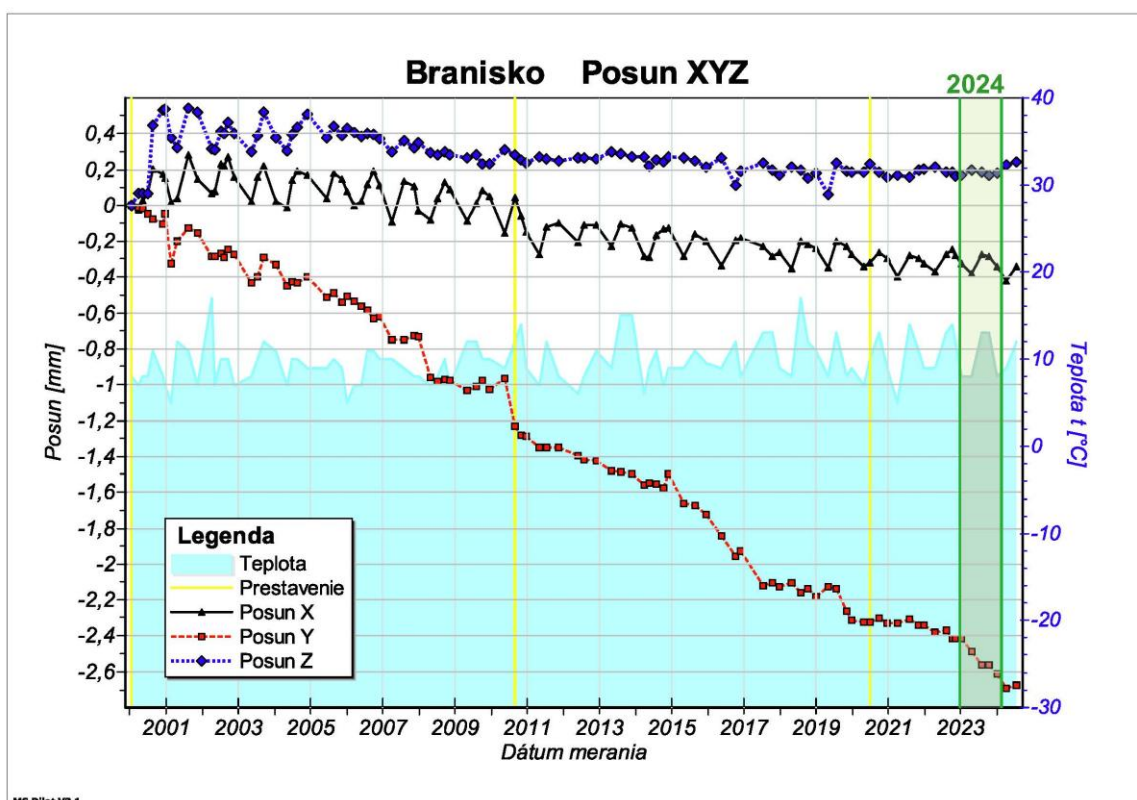
2.3 Výsledky monitorovania

Branisko

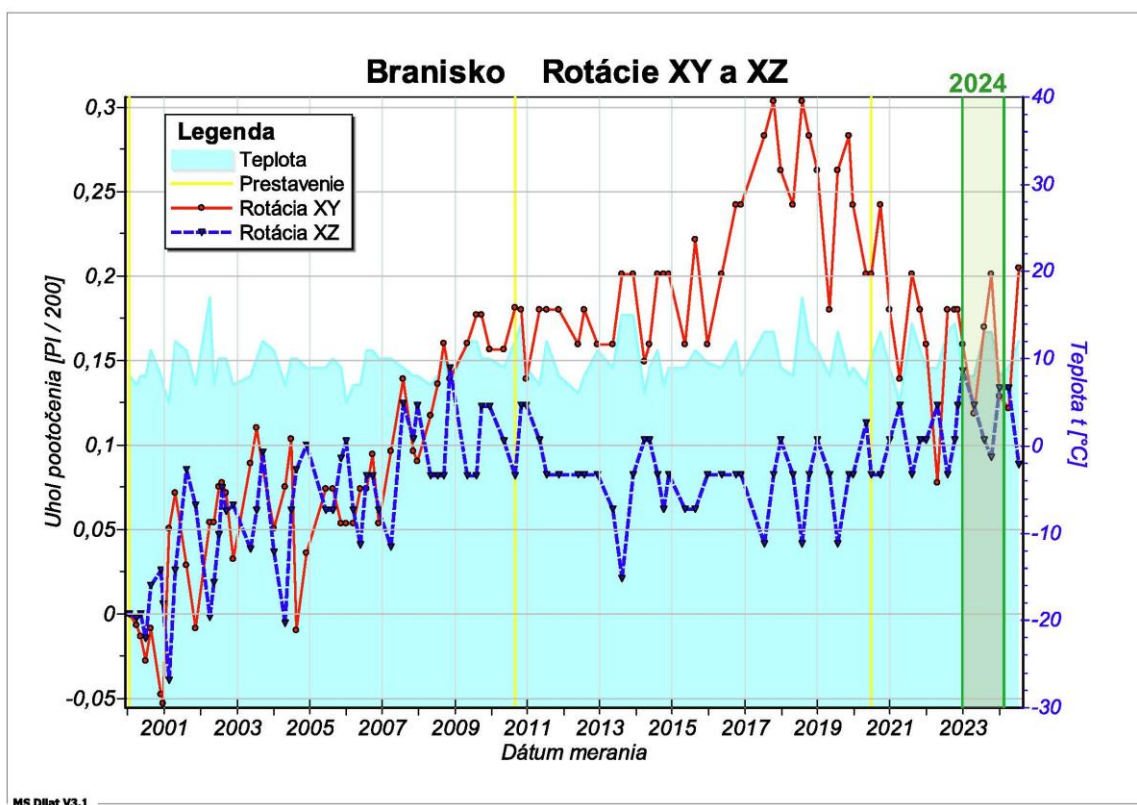
Pohyb pozdĺž šindliarskeho zlomu si v roku 2024 zachoval svoj dlhodobý trend pravostranného poklesu juhovýchodného bloku smerom na juh až JJZ. Dominantnou zložkou vektora pohybu je teda pravostranný horizontálny posun (posun pozdĺž osi Y). Posun sa v roku 2024 mierne zvýšil oproti predchádzajúcim 3 rokům. Táto zmena odzrkadľuje charakteristický vývoj pohybu na Y-ovej zložke, ktorý má charakter striedania obdobia mierneho pohybu s výraznejším resp. rýchlejšími obdobiami. Nárast v roku 2024 dosiahol 0,198 mm (celkový posun na konci roka bol 2,611 mm; Obr. 41). Priemerná rýchlosť pohybu za celé obdobie monitorovania, t. j. za 24 rokov je 0,109 mm za rok.

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 0,342 mm, pričom za posledný rok sa zväčšilo len o hodnotu 0,017 mm.

Trend dlhodobého poklesu východného bloku (hanging wall), čo vyjadruje pohyb pozdĺž osi Z je veľmi pomalý. Posledné roky sa viac-menej zastavil a hodnota meraní ostala stáť približne na úrovni 0,2 mm, čo je možné označiť za stagnáciu pohybu vo vertikálnom smere. V roku 2024 sa zväčšil len o 0,007 mm, čo môžeme označiť za stagnáciu pohybu vo vertikálnom smere. Celkový pokles za celé obdobie monitorovania je 0,178 mm s priemernou rýchlosťou poklesávania cca 0,007 mm za rok.



Obr. 41 Posun tektonických blokov pozdĺž šindliarskeho zlomu (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 za obdobie rokov 2000 – 2024



Obr. 42 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na šindliarskom zlome za obdobie rokov 2000 – 2024

Kladný trend rotačného pohybu v rovine XY sa v polovici roka 2018 zmenil na záporný – klesajúci (t. j. smer rotácie východného bloku je v smere hodinových ručičiek) a v tomto duchu prebiehal do roku 2023 (Obr. 42). V roku 2024 sa zmenil na kladný, čo je aj trendom za celé merané obdobie, 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.

Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Šmykový pohyb v samotnej tunelovej rúre už v minulosti spôsobil vznik niekoľkých trhlín po oboch stranách zlomu. Prevádzkovateľ tunela, Národná diaľničná spoločnosť (NDS), je o doterajšom vývoji pohybov na zlome pravidelne písomne informovaná formou krátkej správy. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity v nasledujúcom období bude NDS okamžite poskytnutá príslušná informácia.

Demänovská jaskyňa Slobody

V Demänovskej jaskyni Slobody, konkrétne v Čarovnej chodbe, je od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru, trend nárastu pohybu pozdĺž všetkých osí napriek minimálnym hodnotám zrejмый, no málo výrazný (Obr. 43).

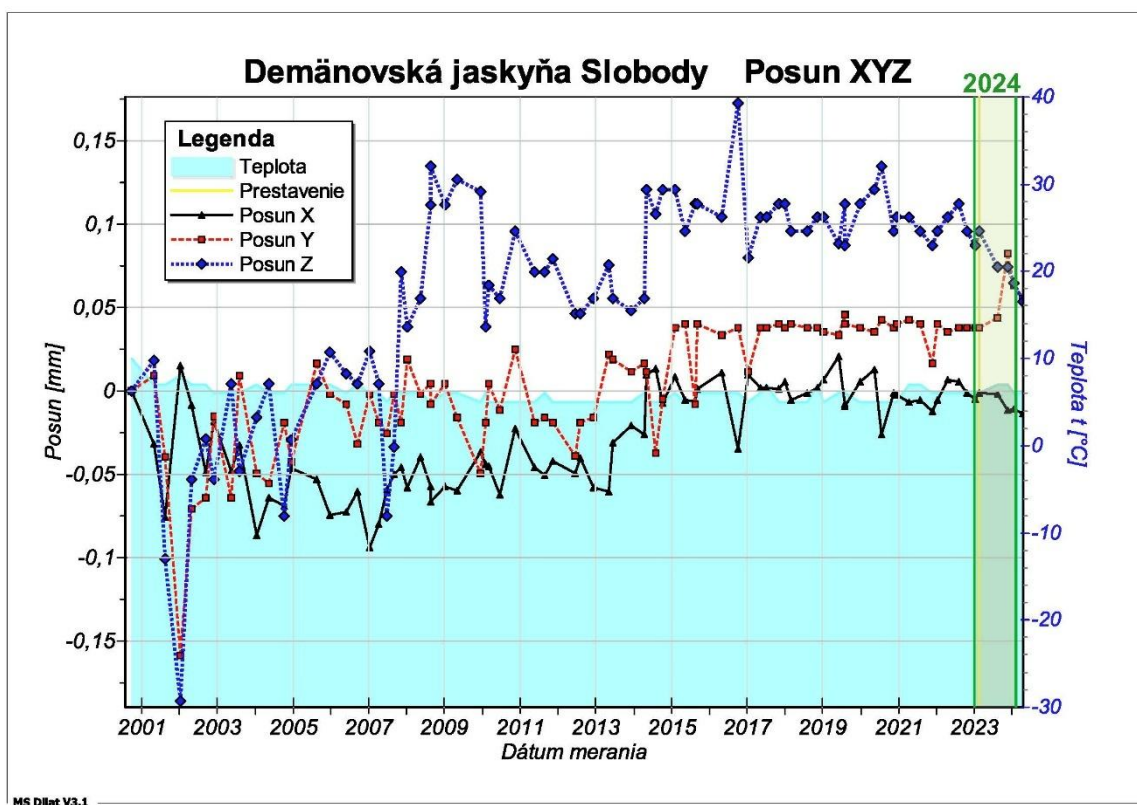
Slabý, ale najvýznamnejší pohyb, bol zistený v smere osi Z (vertikálny pohyb pozdĺž zlomovej poruchy – os Z), ktorý je interpretovaný ako nevýrazný pokles juhozápadného bloku. Pokles od roku 2015 stagnoval na úrovni cca 0,1 mm. Zmena je pozorovaná od júla 2023, keď dochádza k zmene trendu krivky na klesajúci s hodnotou zmeny za rok 2024 0,022 mm. Celková konečná hodnota Z-ovej zložky výsledného vektora pohybu je však kladná a má veľkosť 0,065 mm.

Otváranie, resp. zatváranie trhliny (posun v smere osi X) predstavuje vodorovný posun v smere sklonu tektonickej poruchy. Krivka má od začiatku monitorovania približne do konca

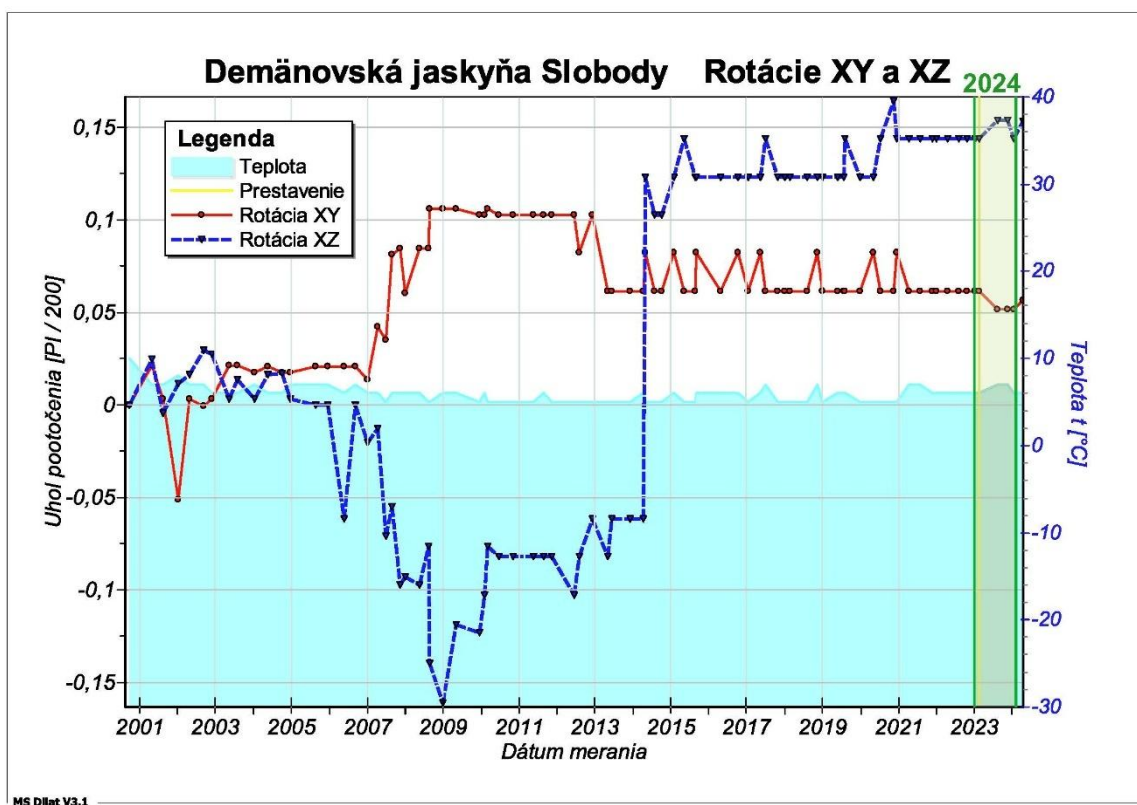
roka 2007 klesajúcu tendenciu, čo značí otváranie sa tektonickej poruchy. Následne sa trend mení na rastúci až do polovice roka 2015, kedy dochádza k uzatváraniu tektonickej poruchy. Nasledujúce roky krivka stagnuje resp. má veľmi mierny klesajúci trend, čo je pozorované aj v roku 2024. Hodnota sa zmenila o 0,029 mm na celkovú hodnotu 0,011 mm.

Šmykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os Y) od roku 2015 tiež stagnoval. V roku 2024 došlo k miernemu zvýšeniu hodnoty o 0,026 mm, na celkovú hodnotu za celé merané obdobie 0,064 mm. Dlhodobý trend šmykového pohybu sa interpretuje ako ľavostranný.

Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné a v posledných rokoch stagnujú, resp. krivka XZ len veľmi mierne rastie. V rovine XY hodnota osciluje okolo 0,05 – 0,06 a v rovine XZ 0,14 – 0,15 grádu (Obr. 44).



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 – 2024



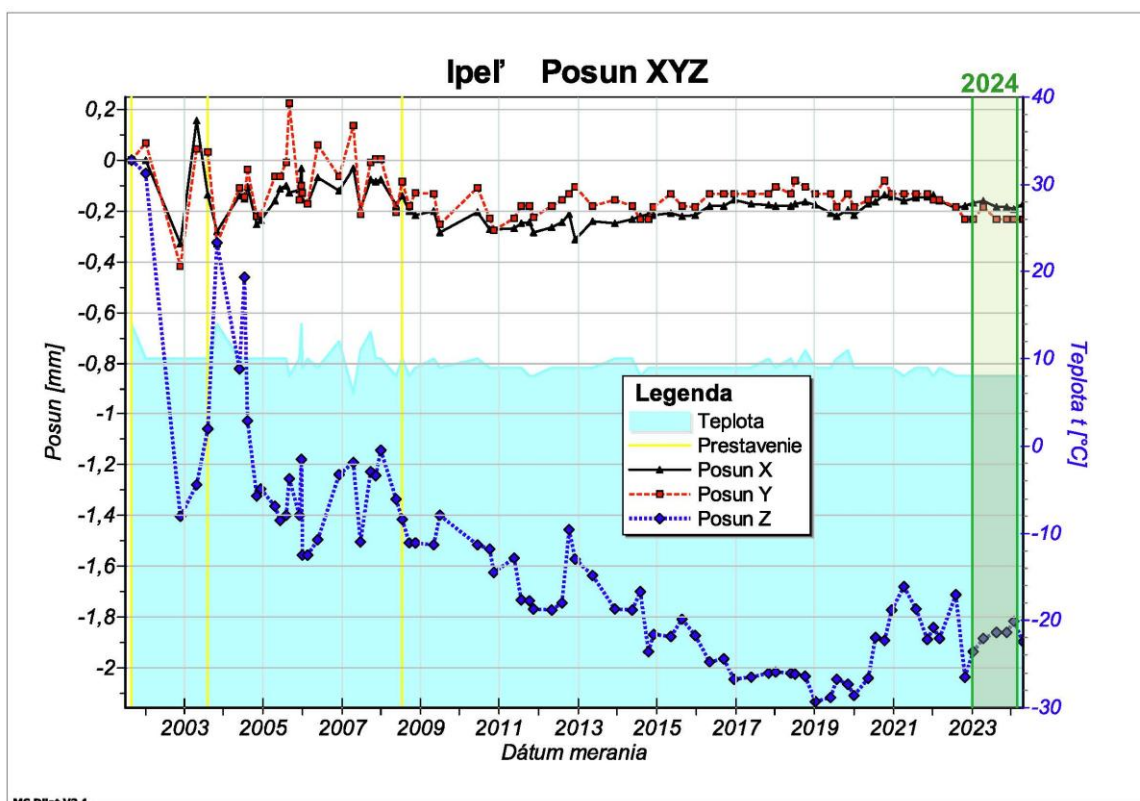
Obr. 44 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 – 2024

Ipeľ

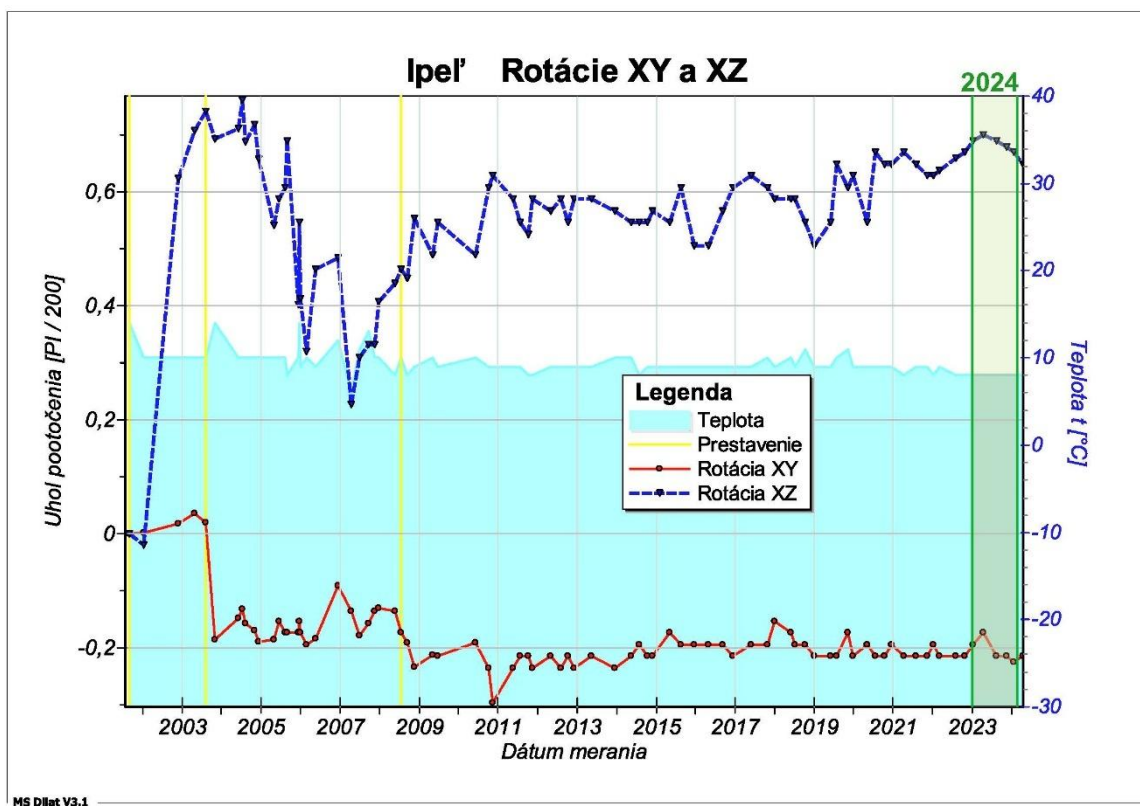
Tektonická porucha pretínajúca prieskumnú chodbu štôlne Izabela na Ipeľi z dlhodobého hľadiska nevykazuje výrazné pohyby, pričom prevláda vertikálny pohyb (Obr. 45). Trend dlhodobého (22 rokov) pomalého poklesávania JV bloku je však zreteľný. Od začiatku roka 2018 pohyb stagnoval na hodnote cca 2,0 mm, koncom roka 2019 došlo k poklesu o cca 0,1 mm a ustálil sa na celkovej hodnote 2,107 mm. 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. V roku 2024 sa hodnoty poklesu (os Z) viac-menej ustálili a oscilovali okolo 1,85 mm. Hodnota celkového poklesu v závere roku 2024 dosiahla 1,81 mm. Priemerná rýchlosť poklesu je 0,08 mm za rok.

Veľkosť pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) a Y (posun pozdĺž zlomu) je z dlhodobého hľadiska minimálny až stagnujúci. V roku 2024 sa trhlina otvorila o 0,026 mm na celkovú hodnotu pohybu 0,194 mm. Posun pozdĺž zlomu vykazoval v roku 2024 stagnujúcu hodnotu celkového posunu 0,233 mm.

Rotácie blokov v rovine XY sú zanedbateľné a charakter krivky nemení svoj priebeh. Krivka rotácie vo vertikálnej rovine XZ vykazovala v roku 2024 klesajúci charakter s hodnotou poklesu o cca 0,03 grádu (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 – 2024



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 – 2024

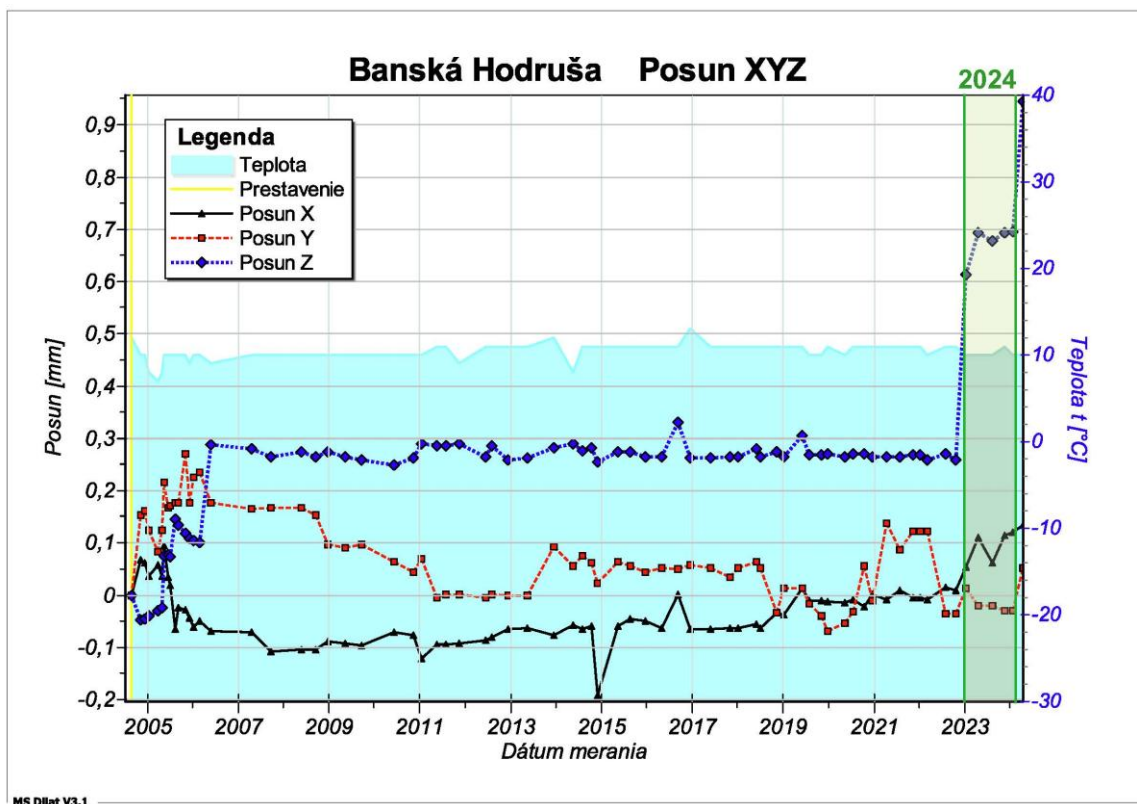
Banská Hodruša (Hodruša-Hámre)

V Banskej Hodruši, v podzemných priestoroch bane Starovšechsvätých, merania mikroposunov nepreukázali vo vertikálnom smere (os Z) žiaden významný pohyb. Od roku 2007 sa namerané hodnoty podstatne nemenili a stagnovali na úrovni okolo 0,25 až 0,3 mm, koncom tretieho kvartálu roka 2023 však došlo k zmene (Obr. 47). Meraniami boli zistené prevažne pohyby vo vertikálnom smere, ktoré sa prejavili výraznejším odskokom Z krivky o hodnotu 0,436 mm. V roku 2024 sa pohyb viac menej ustálil a dosiahol hodnotu celkového pohybu 0,695 mm. Podľa údajov zistených prístrojom dochádza k relatívnemu, skokovitému výzdvihu severozápadného bloku oproti juhovýchodnému, ktorý naopak poklesáva.

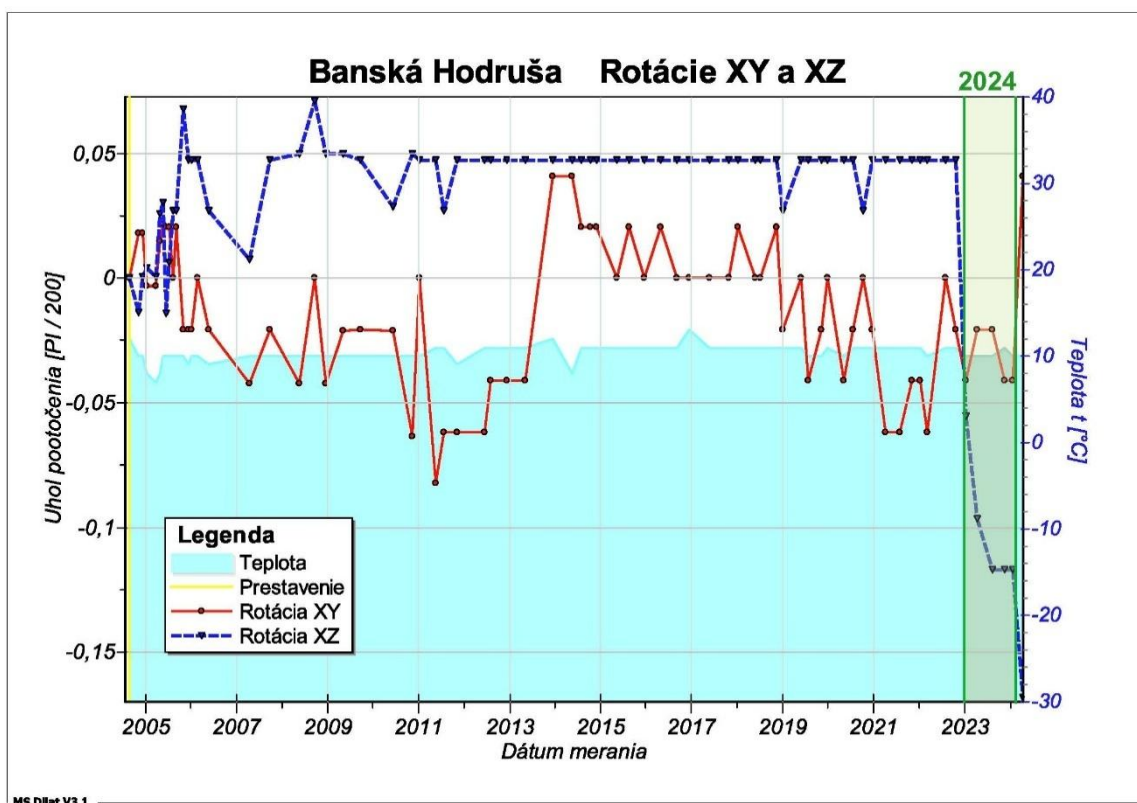
Posun v smere osi X (zatváranie trhliny) pokračuje v miernom rastúcom trende, ktorý začal niekedy v polovici roka 2008. V závere roka 2023 prudšie narástol, čo oproti relatívne stagnujúcemu vývoju v predchádzajúcich troch rokoch je skokovitý posun. V roku 2024 sa rast spomalil a nárast dosiahol 0,065 mm na celkovú hodnotu 0,12 mm. Rastúci trend znamená postupné uzatváranie trhliny, hoci namerané hodnoty sú veľmi malé, hraničiace s citlivosťou prístroja.

Dlhodobý trend v horizontálnom posune pozdĺž roviny zlomu (os Y) nie je jednoznačný. V priebehu merania došlo viackrát k zmene trendu, celkovo však štatisticky vykazuje krivka záporný trend. V roku 2024 sa hodnoty v smere osi Y približovali hodnotám z roku 2020 a krivka má mierne klesajúcu tendenciu. Celková hodnota pohybu dosahovala 0,030 mm s poklesom za rok 2024 o 0,009 mm.

Výrazný skok na krivke Z sa prejavil aj na krivke rotácií vo vertikálnej rovine (XZ), ktorá dlhšiu dobu stagnovala (Obr. 48). Podľa nameraných údajov došlo k pootočeniu monitorovaných blokov o cca 0,15 grádu tak, že rotáciou blokov sa štrbina medzi nimi v hornej časti viac zužuje a v dolnej viac rozširuje. V druhej polovici roka 2024 sa rotácia viac menej ustálila. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) rovine si v roku 2024 zachovali svoj trend.



Obr. 47 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zistený dilatometrom TM-71 v štólňi Starovšechsvätých (stará) lokalite Banská Hodruša za obdobie rokov 2005 – 2024



Obr. 48 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v štôlni Starovšechsvätých na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005 – 2024

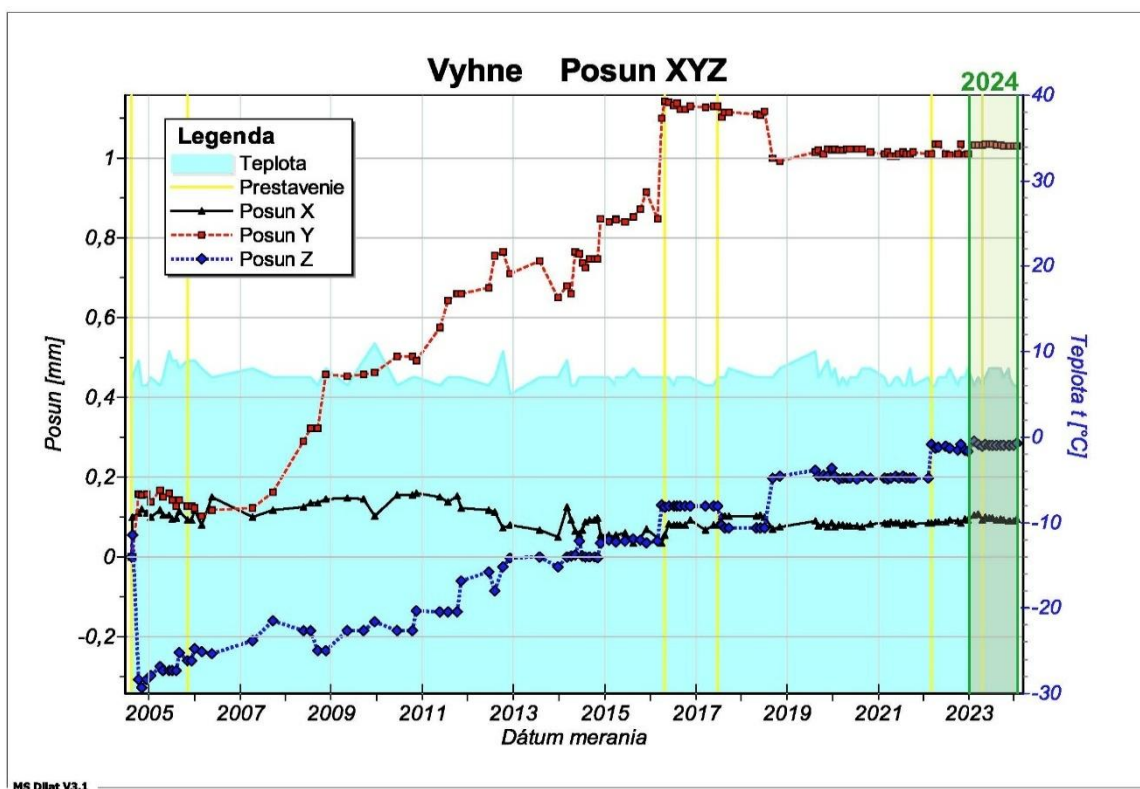
Vyhne

Na lokalite Vyhne, v štôlni svätého Antona Paduánskeho, potvrdil prístroj za posledné roky (od 2019) stagnáciu pohybů v smere všetkých troch osí. Podľa Obr. 49 je zrejmé, že celkovo tu dominuje horizontálny posun v smere osi Y (sinistrálny šmykový posun pozdĺž zlomu). Z dlhodobého hľadiska možno konštatovať, že na monitorovanej tektonickej línii dochádzalo spočiatku (do roku 2017) k výraznejšiemu posunu, do júna 2019 nasledovala doba stagnácie, potom došlo k výraznejšiemu klesnutiu krivky a opäť dlhšia doba stagnácie trvajúca aj v roku 2024. Na zlome tak nedochádza k posunu plynule, ale skôr ku krátkym skokovitým posunom v striedaní s dlhšími obdobiami stagnácie. V roku 2024 aktivita a výsledná hodnota za celú dobu merania bola na úrovni 1,032 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 0,05 mm za rok.

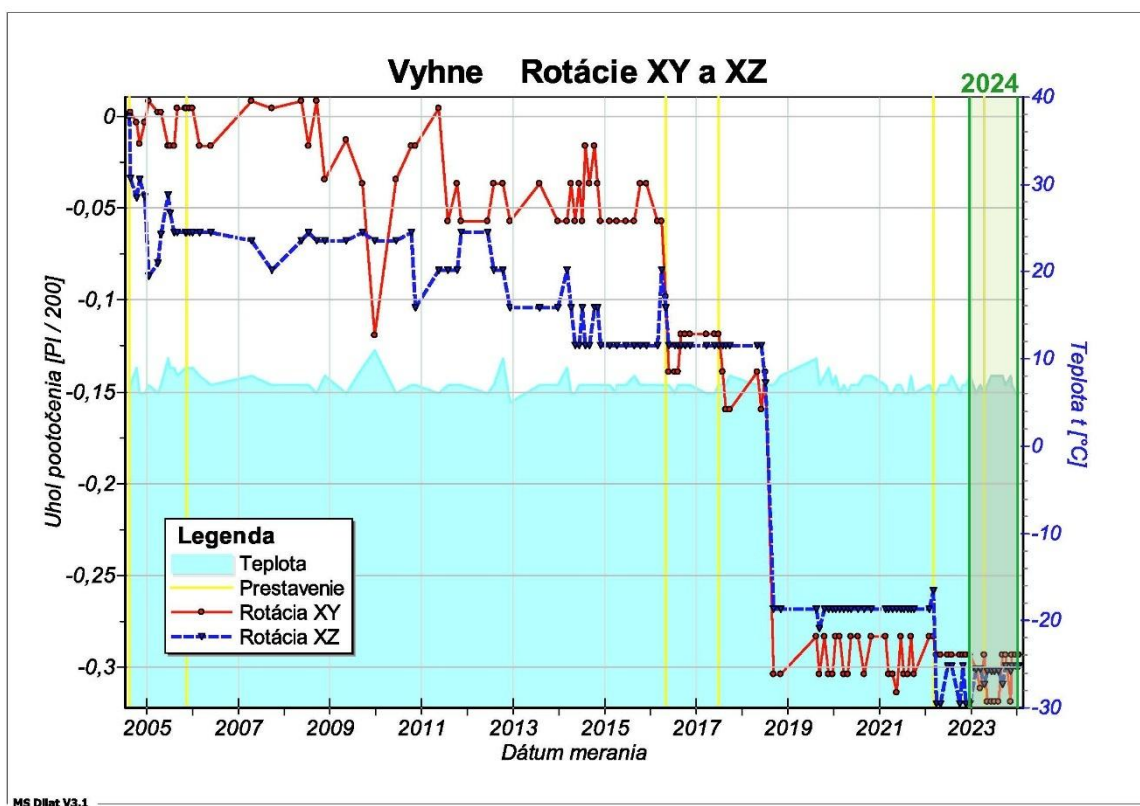
Pohybová aktivita vo vertikálnom smere (pokles západného bloku – os Z) bola od februára 2023 bezvýznamná a stagnovala na úrovni 0,27 až 0,28 mm. Podľa celkového priebehu krivky možno konštatovať, že na monitorovanej tektonickej línii, podobne ako v horizontálnom smere, aj vo vertikálnom smere nedochádza k plynulému pohybu, ale skôr ku krátkym skokovitým posunom v striedaní s dlhšími obdobiami stagnácie.

Horizontálny posun (os X), v tomto prípade zatváranie trhliny, v podstate stagnuje, resp. vykazuje len minimálne zmeny. Od začiatku meraní, t. j. od roku 2005, je to okolo hodnoty 0,1 mm a tak tomu bolo aj v roku 2024. Hodnota celkového pohybu na konci roka dosahovala 0,094 mm, čo je v priemer len 0,0048 mm za rok.

Z dlhodobého hľadiska môžeme konštatovať, že rotácie blokov voči sebe v horizontálnej aj vo vertikálnej rovine dosiahli pomerne výrazné zmeny. Namerané rotácie blokov v rovine XZ boli v roku 2024 však bezvýznamné a takmer stabilné na úrovni hodnoty okolo 0,3 grádu. 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 – 2024



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 – 2024

Dobrá Voda

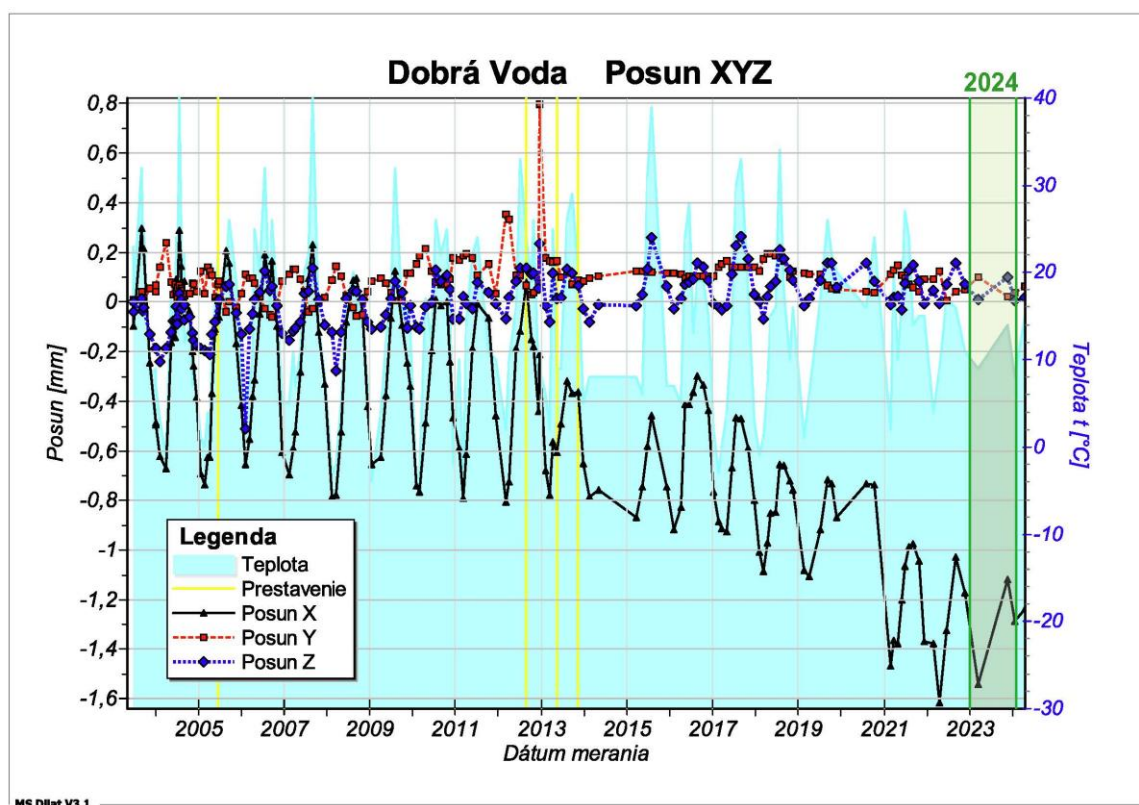
Na rozdiel od prístrojov umiestnených v podzemí so stálou teplotou je prístroj na lokalite Dobrá Voda inštalovaný v otvorenom teréne, a teda vystavený aj výraznému vplyvu kolísania vonkajšej teploty a ďalších klimatických faktorov ovplyvňujúcich rozťažnosť konzol. Z tohto dôvodu je vhodnejšie zameriavať sa predovšetkým na údaje dlhodobého trendu a ročné údaje treba brať s rezervou (Obr. 51).

Na lokalite sa výraznejšie prejavuje iba otváranie zlomovej trhliny (posun pozdĺž osi X), a to od polovice roku 2013, keď dochádza k miernemu zostrmeniu klesania trendu. Tento trend pokračoval aj v roku 2024. Posun v roku 2024 narástol o 0,117 mm na celkových 1,29 mm.

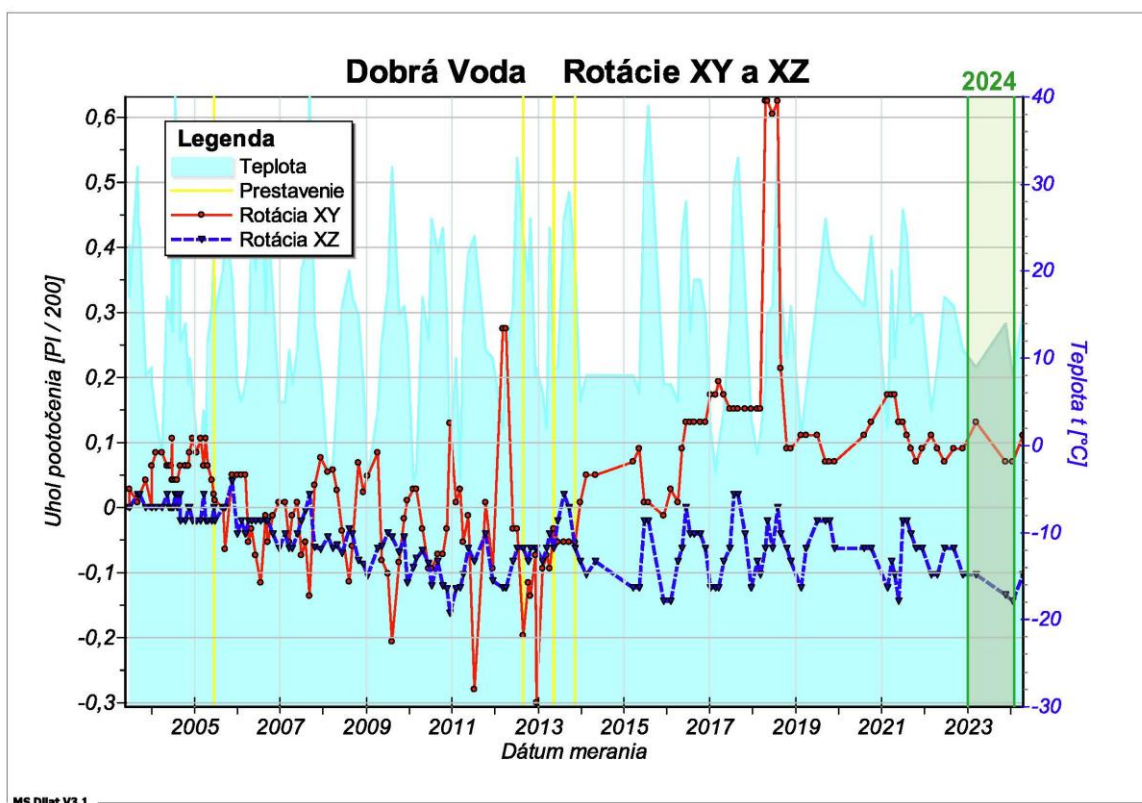
Nárast trendu krivky Z značí nevýrazný pokles severozápadného bloku, aj keď je len minimálny. Od roku 2015 oscilujú hodnoty okolo 0,15 mm. Celkový pohyb Z-ovej zložky, nameraný za monitorované obdobie je 0,007 mm.

Šmykový posun pozdĺž zlomu (os Y) od roku 2015 oscilujú v rozmedzí hodnôt cca 0,0 – 0,2 mm. Celkový pohyb Y-ovej zložky, nameraný za monitorované obdobie je 0,037 mm.

Z grafu rotácií (Obr. 52) nie je za posledných 10 rokov evidentný významný trend v zmenách otáčania oboch navzájom kolmých rovín (XY a XZ). Do roku 2013 mali obidve krivky podobný, klesajúci priebeh. Krivky rotácií vo vertikálnej ani horizontálnej rovine sa za posledné roky významne nemenia a odzrkadľujú skôr zmeny v súvislosti s okolitou teplotou.



Obr. 51 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi X, Y, Z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2024



Obr. 52 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 – 2024

2.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, ako podsystém 02 Čiastkového monitorovacieho systému – geologické faktory, sú významnou súčasťou Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. V roku 2024 boli dilatometrami typu TM-71 monitorované nasledujúce lokality: Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipeľ, Banská Hodruša, Vyhne a Dobrá Voda. Výsledky možno zhrnúť nasledovne:

- Na všetkých sledovaných tektonických poruchách bola potvrdená neotektonická aktivita.
- Na lokalitách Ipeľ, Vyhne a Dobrá Voda, bol zaznamenaný konzistentný tektonický pohyb s ustáleným dlhodobým trendom bez výrazných výkyvov.

Ipeľ – trend poklesu juhovýchodného bloku (os Z) s celkovou hodnotou 1,81 mm. Veľkosť pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) a Y (posun pozdĺž zlomu) je z dlhodobého hľadiska minimálny až stagnujúci.

Vyhne – pohyby namerané na tejto lokalite majú charakter krátkych, skokovitých posunov v striedaní s dlhšími obdobiami stagnácie. Za posledné roky dochádza k stagnácii pohybov v smere všetkých troch osí. Celkový šmykový posun pozdĺž zlomu je 1,032 mm, pokles jedného z blokov s celkovou hodnotou 0,284 mm.

Dobrá Voda – dlhodobým trendom je otváranie trhliny s celkovým posunom 1,29 mm. Pokles bloku a šmykový posun pozdĺž zlomu sú minimálne.

- Lokality Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody a Banská Hodruša vykazovali v roku 2024 väčšiu tektonickú aktivitu, resp. náhle skokové pohyby pozdĺž zlomových línii.

Branisko – v porovnaní z predchádzajúcimi rokmi tu bol zaznamenaný výraznejší

nárast horizontálneho posunu, čo nie je však z dlhodobého hľadiska nič výnimočné. Z monitoringu vyplýva, že na zlome sa striedajú obdobia mierneho posunu s obdobiami výraznejších, resp. rýchlejších pohybov. Šmykový pravostranný posun pozdĺž zlomu za rok 2024 bol 0,198 mm, celková hodnota 2,611 mm. Dlhodobý trend otvárania trhliny a poklesu východného bloku je veľmi pomalý, resp. stagnuje.

Demänovská jaskyňa Slobody – trend nárastu pohybu pozdĺž všetkých osí je napriek minimálnym hodnotám zrejímavý. V roku 2024 má posun v smere osi Z výrazne klesajúci trend. Ide o pokles juhozápadného bloku s celkovou hodnotou 0,065 mm. Šmykový posun pozdĺž zlomu sa po stagnácii mierne zvýšil (o 0,026 mm) na celkovú hodnotu 0,064 mm. Otváranie, resp. zatváranie trhliny, má veľmi mierny klesajúci trend.

Banská Hodruša – začiatok roka 2024 bol poznačený výrazným skokovitým výzdvihom severozápadného bloku koncom roka 2023 o hodnotu 0,436 mm. V roku 2024 sa pohyb viac menej ustálil a dosiahol hodnotu celkového pohybu 0,695 mm. Výrazný skok na krivke Z sa prejavil aj na krivke rotácií vo vertikálnej rovine (XZ), ktorá dlhšiu dobu stagnovala. Dlhodobý trend zatvárania trhliny pokračuje v miernom rastúcom trende. V závere roka 2023 nastal tiež skokovitý posun. V roku 2024 sa rast spomalil a nárast dosiahol 0,065 mm na celkovú hodnotu 0,12 mm. Náhlý pohyb v roku 2023 môže súvisieť so seizmickými udalosťami (9. 10. 2023, Ďapalovce).

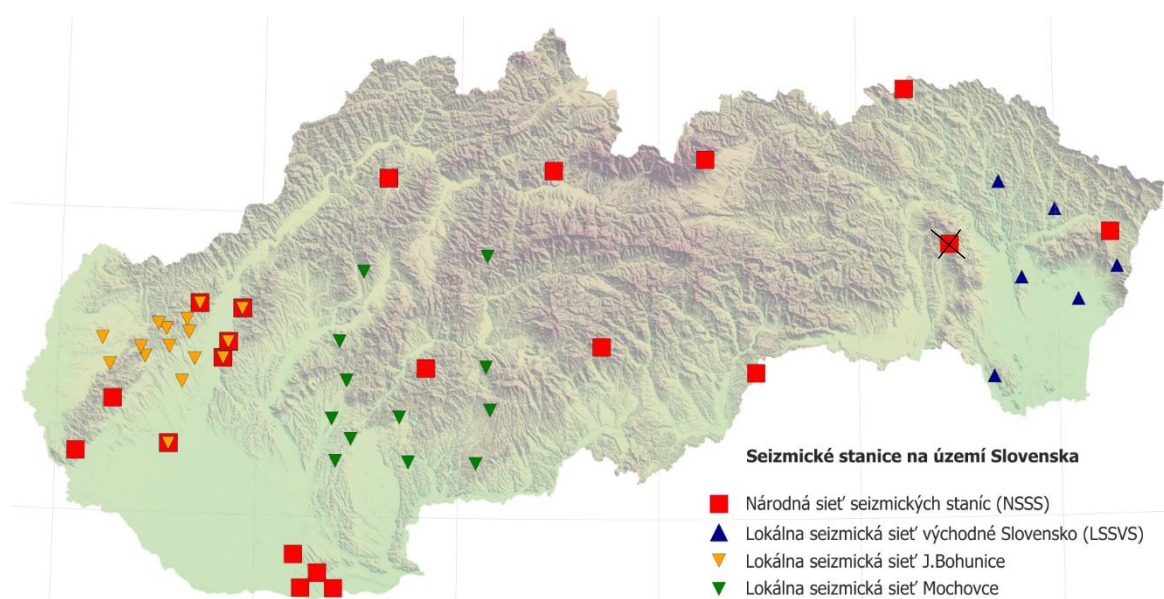
- V prípade prístroja umiestneného v exteriéri (Dobrá Voda) je amplitúda oscilácií ovplyvnená najmä teplotnými a poveternostnými zmenami, čo krátkodobo komplikuje identifikáciu jemných zmien prekrytých sezónnou zložkou v časovom rade. Z tohto dôvodu je vhodnejšie zameriavať sa predovšetkým na údaje dlhodobého trendu.
- 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 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, je vhodné pokračovať v monitorovacích prácach aj v roku 2025, aby sa v dlhšom časovom horizonte objasnili zákonitosti a charakter sledovaných pohybov. Frekvenciu meraní navrhujeme 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, v.v.i. (ÚVZ SAV) v Bratislave. Národná sieť seizmických staníc je tvorená 15 seizmickými stanicami:

- | | |
|--|-------------------------|
| - Bratislava - Železná studnička (ZST) | - Liptovská Anna (LANS) |
| - Červenica (CRVS) ... dočasne prerušená prevádzka | - 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 2024

Na seizmických stanicach sa pomocou seizmometrov zaznamenáva rýchlosť pohybu Zeme. Všetky seizmické stanice sú registrované v International Seismological Centre, ISC, vo Veľkej Británii. Na stanicach ZST, VYHS, KOLS, MODS, LANS, SPC a ZBNS sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné seizmické stanice sú vybavené krátkoperiodickými seizmometrami, seizmická stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom. Na seizmickej stanici VYHS bol v roku 2024 dlhodobý výpadok online prenosu zaznamenaných údajov v súvislosti so zmenou používaného prenosového protokolu.

Na území Slovenska sú okrem NSSS v prevádzke aj lokálne seizmické siete v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice, ktoré prevádzkuje spoločnosť Centrum pre vedu a výskum, s.r.o. so sídlom v Kalnej nad Hronom. 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, sú znázornené na Obr. 53, resp. 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. Na seizmickej stanici Iža bola z dôvodu výrazného zvýšenia seizmického šumu ukončená prevádzka seizmometra. Seizmické stanice Vyhne a Moča mali v roku 2024 dlhodobé technické problémy s prenosom zaznamenaných údajov.

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 70 seizmických staníc tvoriacich Regionálnu virtuálnu seizmickú sieť ÚVZ SAV.

Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. V ďalšom kroku je vykonávaná manuálna analýza, v rámci ktorej sú pre každý seizmický jav určené časy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz) a pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítané magnitúda a vykonaná lokalizácia. V roku 2024 bolo zo záznamov seizmických staníc národnej siete interpretovaných 12 290 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo 44 918 seizmických fáz.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2024)

Stanica	ISC kód	Zem. Šírka [°N]	Zem. Dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seizmo-meter	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, Prenos údajov	Dátový formát
BA Žel. Studnička	ZST	48,196	17,102	250	Metrozet	Wave32	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48,902	21,461	476	STS-2	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
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	2x Mainka	Analog	-	začadený papier, off-line	-
Izabela	IZAB	48,569	19,713	450	3x SM3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Iža	SRO1	47,762	18,233	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	SeisComp EarthData	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Zbyňov	ZBNS	49,133	18,642	500	Guralp 40T-30s	EEaS	250	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED

Ústav vied o Zemi SAV, v.v.i. 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 makroseismickej 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 2024 bolo zo záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných predbežne 59 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Parametre týchto zemetrasení boli určené na základe interpretácií seizmických záznamov zo staníc NSSS a ďalších staníc Virtuálnej siete seizmických staníc ÚVZ SAV využitím softvérového balíka SeismicHandler. Interpretácie záznamov zo seizmických staníc NSSS (určené seizmické fázy, časy príchodov a epicentrálna vzdialenosť pre danú seizmickú stanicu) sú archivované v databáze na ÚVZ SAV.

Zoznam lokalizovaných zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky v roku 2024 je v Tab. 4 a na Obr. 54.

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky v roku 2024

Deň	Čas UTC hh:mm:sec	Geograf. súradnice dĺžka šírka	Hĺbka km	M _L	I ₀ EMS	Lokalita/Oblasť
Január						
6	07:27:46,11	48,40 N 17,17 E	2	0,7		Malé Karpaty
10	16:12:09,23	48,56 N 17,22 E	0	0,4		Záhorie
10	16:12:49,42	48,55 N 17,24 E	2	0,2		Záhorie
31	21:35:12,96	49,05 N 21,79 E	5	1,4	3	Veľká Domaša
Február						
6	01:34:53,76	48,75 N 19,18 E	0	-		Horehronie
13	04:25:59,14	48,44 N 17,19 E	0	-		Malé Karpaty
17	14:36:25,39	49,40 N 20,42 E	4	1,4		Pieniny
20	15:34:41,81	48,51 N 17,48 E	0	-		Malé Karpaty
22	12:54:15,65	49,06 N 21,81 E	6	2,7	4	Veľká Domaša
22	13:35:32,33	49,06 N 21,79 E	7	1,7	4	Veľká Domaša
Marec						
1	20:17:16,26	48,75 N 19,25 E	0	1		Horehronie
4	13:11:26,65	48,52 N 20,01 E	1	-		Revúcka vrchovina
15	23:48:50,62	48,59 N 17,55 E	2	1,2		Malé Karpaty
16	00:05:37,76	48,59 N 17,53 E	2	0,4		Malé Karpaty

28	23:14:40,40	47,91 N	18,03 E	0	1,8	Šamorín-Komárno-Štúrovo
31	15:07:26,10	48,58 N	19,29 E	0	1,1	Poľana
Apríl						
2	17:22:54,41	48,58 N	17,36 E	0	0,9	Malé Karpaty
6	10:54:15,97	49,05 N	21,77 E	5	1,5	Veľká Domaša
8	12:21:47,31	48,58 N	17,59 E	0	-	Malé Karpaty
14	19:38:11,15	49,01 N	18,50 E	3	1,4	Strážovské vrchy
21	00:42:41,33	48,71 N	19,14 E	0	1,1	Horehronie
21	12:37:06,93	48,82 N	18,26 E	0	-	Strážovské vrchy
23	22:27:48,70	48,68 N	22,31 E	0	1,5	Vihorlatské vrchy
Máj						
13	01:38:02,32	49,05 N	21,77 E	5	1,2	Veľká Domaša
23	05:15:43,72	48,59 N	17,39 E	4	0,6	Malé Karpaty
23	05:17:11,34	48,60 N	17,38 E	3	0,9	Malé Karpaty
24	12:37:48,50	48,82 N	22,38 E	0	2	Vihorlatské vrchy
Jún						
2	22:33:48,97	48,98 N	18,47 E	2	0,4	Strážovské vrchy
3	04:55:44,32	48,98 N	18,49 E	0	1,4	Strážovské vrchy
9	21:31:33,55	49,06 N	21,76 E	6	0,7	Veľká Domaša
16	22:01:13,12	48,59 N	17,03 E	0	0,8	Záhorie
17	14:40:05,31	48,54 N	17,69 E	0	-	Malé Karpaty
Júl						
20	00:37:45,14	48,27 N	17,30 E	1	0,6	Malé Karpaty
29	08:30:35,46	48,42 N	17,15 E	0	-	Záhorie
August						
4	00:26:26,75	48,44 N	17,10 E	0	0,4	Záhorie
4	00:59:12,79	48,44 N	17,05 E	0	0,4	Záhorie
10	21:47:17,41	48,46 N	17,06 E	0	-	Záhorie
11	03:15:58,11	48,43 N	17,04 E	0	-	Záhorie
12	04:37:37,89	48,46 N	17,36 E	0	0,1	Malé Karpaty
23	02:41:03,45	48,48 N	17,38 E	0	0,6	Malé Karpaty
26	04:05:10,84	48,61 N	17,88 E	0	1,4	Považský Inovec
September						
17	12:54:39,73	48,90 N	22,25 E	4	2	Vihorlatské vrchy
22	23:21:44,66	48,44 N	17,06 E	0	-	Záhorie
Október						
2	10:25:44,88	49,04 N	21,76 E	0	1,7	Veľká Domaša

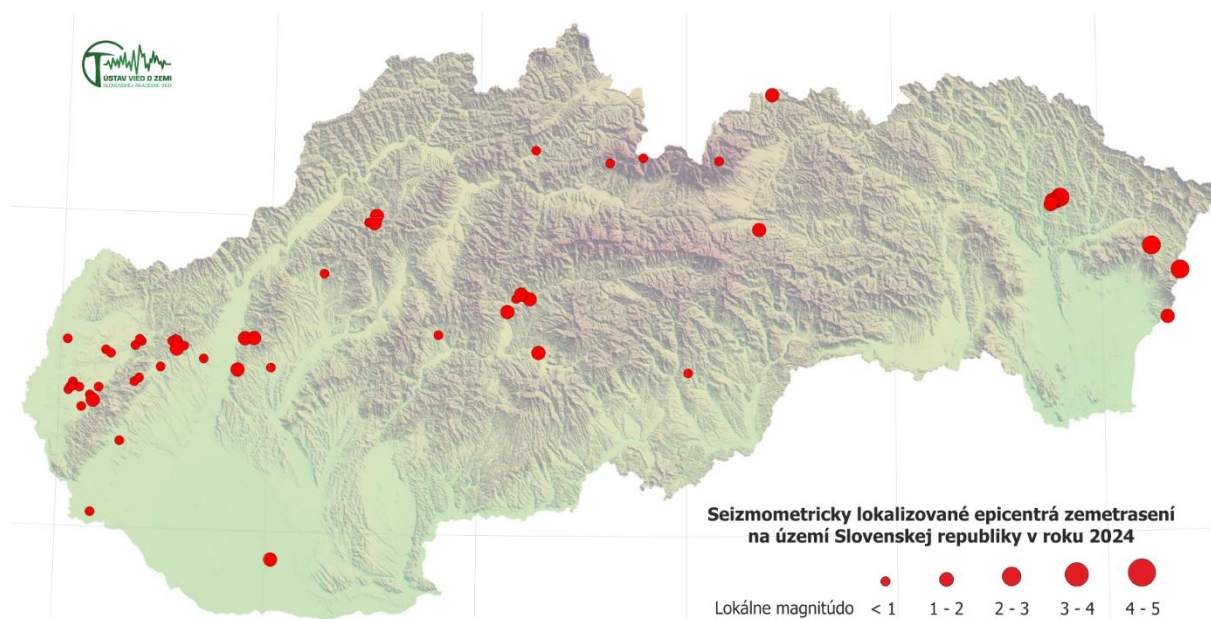
3	03:07:55,36	49,22 N	19,27 E	0	0,2	Orava
18	19:41:48,24	49,19 N	20,16 E	0	0,5	Vysoké Tatry
20	04:15:53,38	48,76 N	19,20 E	0	1	Horehronie

November

4	19:06:17,59	48,60 N	17,56 E	0	0,3	Malé Karpaty
12	13:42:28,25	49,18 N	19,63 E	0	0,8	Vysoké Tatry
12	21:39:22,16	49,20 N	19,79 E	0	0,1	Vysoké Tatry
12	23:15:32,44	48,63 N	18,81 E	0	-	Vtáčnik
14	01:39:49,36	48,05 N	17,17 E	0	-	Šamorín-Komárno-Štúrovo
25	20:05:54,12	48,38 N	17,11 E	0	-	Záhorie
25	21:03:15,17	48,40 N	17,16 E	0	1	Malé Karpaty
27	04:21:04,50	48,61 N	17,93 E	1	1,6	3 Považský Inovec
29	10:17:08,86	48,52 N	18,01 E	0	-	Považský Inovec
29	16:36:22,12	48,57 N	17,56 E	0	1	Malé Karpaty

December

28	11:12:42,77	48,97 N	20,35 E	0	1,4	Slovenský raj
28	12:03:08,58	48,51 N	17,85 E	0	1,1	Považský Inovec



Obr. 54 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2024

3.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

V roku 2024 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných 5 zemetrasení.

Dňa **31. 1. 2024** o **21:35 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. Podrobnejšie informácie sú uvedené v Tab. 5.

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

dátum	.....	31. 1. 2024
čas vzniku [UTC]	.....	21:35:13,0
epicentrum: zemepisná šírka	.....	49,05° N
zemepisná dĺžka	.....	21,79° E
hĺbka ohniska	.....	5 km
lokálne magnitúdo	.....	1,4

Zemetrasenie bolo pocítené na 3 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 13 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3° EMS-98.

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 31. 1. 2024 o 21:35 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [EMS-98]
Nižná Sitnica	49,069	21,795	8	3
Ďapalovce	49,068	21,752	4	3
Košarovce	49,042	21,783	1	3

Dňa **1. 2. 2024 o 01:59 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom na území Rakúska. Zemetrasenie bolo makroseizmicky pozorované aj na území Slovenska, avšak makroseizmické údaje boli príliš nekonzistentné a dosiahnutú makroseizmickú intenzitu nebolo možné určiť. Podrobnejšie informácie sú uvedené v Tab. 6.

Zemetrasenie bolo zaznamenané siedmimi seizmickými stanicami NSSS: ZST, SRO, MODS, LANS, KECS, SPC a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=3,8$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	.....	1. 2. 2024
čas vzniku [UTC]	.....	01:59:20,2
epicentrum: zemepisná šírka	.....	47,67° N
zemepisná dĺžka	.....	15,89° E
hĺbka ohniska	.....	5 km
lokálne magnitúdo	.....	3,8

Zemetrasenie bolo pocítené na 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 1 makroseizmické pozorovanie. Makroseizmické údaje z tejto lokality boli nekonzistentné a nebolo možné určiť dosiahnutý stupeň makroseismickej intenzity.

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 1. 2. 2024 o 01:59 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [EMS-98]
Bratislava 2	48,140	17,174	1	pozorované

Dňa **22. 2. 2024 o 12:54 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. Podrobnejšie informácie sú uvedené v Tab. 7.

Zemetrasenie bolo zaznamenané piatimi seizmickými stanicami NSSS: KOLS, STHS, KECS, LANS a MODS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=2,7$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	.....	22. 2. 2024
čas vzniku [UTC]	.....	12:54:15,7
epicentrum: zemepisná šírka	.....	49,06° N
zemepisná dĺžka	.....	21,81° E
hĺbka ohniska	.....	6 km
magnitúdo	.....	2,7

Zemetrasenie bolo pocítené na 27 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 104 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98.

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 22. 2. 2024 o 12:54 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [EMS-98]
Ďapalovce	49,068	21,752	30	4
Holčíkovce	49,015	21,721	3	4
Piskorovce	49,107	21,736	2	4
Giglovce	49,001	21,733	1	4
Černina	49,053	21,825	7	3-4
Lukačovce	49,033	21,788	5	3-4
Jankovce	49,058	21,800	7	3
Humenné	48,933	21,909	4	3
Košarovce	49,042	21,783	3	3
Nová Keľča	49,062	21,697	3	3
Girovce	49,014	21,760	2	3
Ohradzany	49,007	21,857	2	3
Rohožník	49,111	21,763	2	3
Vyšný Hrabovec	49,089	21,687	2	3
Abrahámovce	49,161	21,343	1	3
Hrubov	49,095	21,864	1	3
Karná	48,984	21,806	1	3
Ruská Kajňa	49,120	21,840	1	3
Udavské	48,974	21,968	1	3
Víťazovce	49,012	21,803	1	3
Vyšný Žipov	48,987	21,590	1	3
Nižná Sitnica	49,069	21,795	9	pozorované
Baškovce	49,033	21,840	4	pozorované
Turcovce	49,053	21,848	4	pozorované
Pakostov	49,092	21,824	3	pozorované
Vyšná Sitnica	49,097	21,790	3	pozorované
Rafajovce	49,044	21,755	1	pozorované

Dňa **22. 2. 2024** o **13:35 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. Podrobnejšie informácie sú uvedené Tab. 8.

Zemetrasenie bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS: KOLS, KECS a STHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,7$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	.....	22. 2. 2024
čas vzniku [UTC]	.....	13:35:32,3
epicentrum: zemepisná šírka	.....	49,06° N
zemepisná dĺžka	.....	21,79° E
hĺbka ohniska	.....	7 km
lokálne magnitúdo	.....	1,7

Zemetrasenie bolo pocítené na 3 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 3 makroseizmické pozorovania. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 4° EMS-98.

Tab. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 22. 2. 2024 o 13:35 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [EMS-98]
Košarovce	49,042	21,783	1	4?
Baškovce	49,033	21,840	1	pozorované
Humenné	48,933	21,909	1	pozorované

Dňa **27. 11. 2024** o **04:21 UTC** bolo makroseizmicky pozorované zemetrasenie s epicentrom v pohorí Považský Inovec. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98. Podrobnejšie informácie sú uvedené v Tab. 9.

Zemetrasenie bolo zaznamenané tromi seizmickými stanicami NSSS: ZST, LANS a KECS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia $M_L=1,6$. Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	.....	27. 11. 2024
čas vzniku [UTC]	.....	04:21:04,5
epicentrum: zemepisná šírka	.....	48,61° N
zemepisná dĺžka	.....	17,93° E
hĺbka ohniska	.....	1 km
lokálne magnitúdo	.....	1,6

Zemetrasenie bolo pocítené na 3 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 7 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia I_0 je 3° EMS-98.

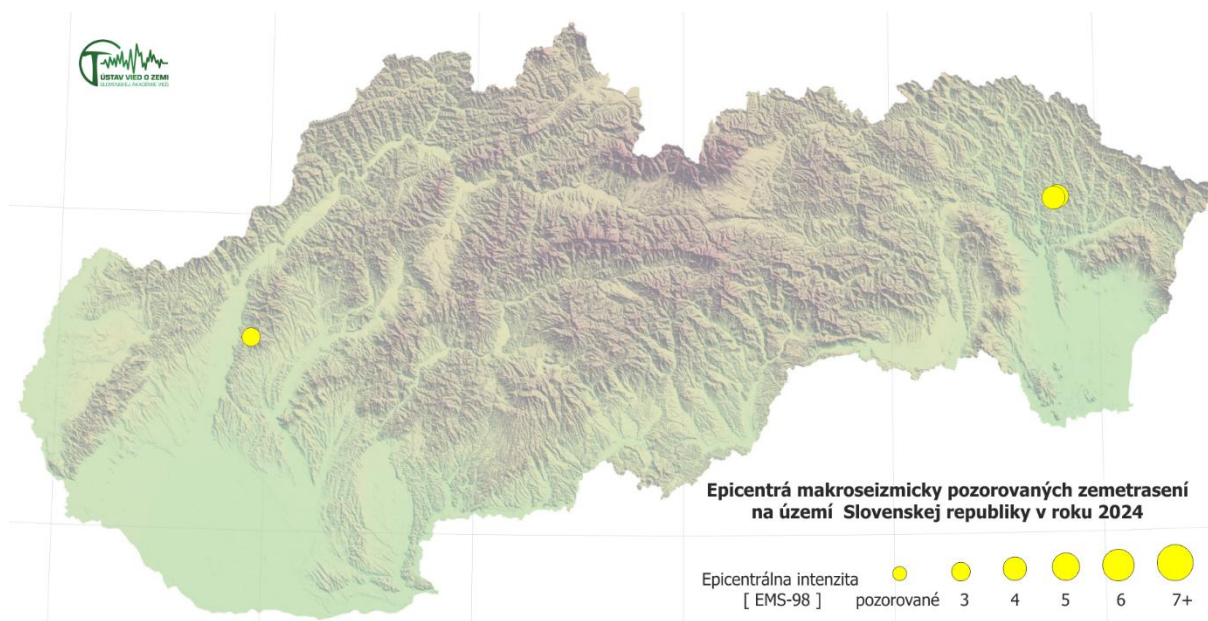
Tab. 9 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 27. 11. 2024 o 04:21 UTC

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [EMS-98]
Modrová	48,643	17,899	3	3
Stará Lehota	48,646	17,959	2	3
Hubina	48,617	17,888	2	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 2024, sú uvedené v Tab. 10 a na Obr. 55 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2024 Obr. 55.

Tab. 10 Údaje vstupujúce do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení v roku 2024

Dátum			Čas [UTC]			Hypocentrum			M _L	I ₀	Lokalita
rok	mes.	deň	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2024	01	31	21	35	13,0	49,05	21,79	5	1,4	3	Veľká Domaša
2024	02	01	01	59	20,2	47,67	15,89	-	3,8	-	Rakúsko
2024	02	22	12	54	15,7	49,06	21,81	6	2,7	4	Veľká Domaša
2024	02	22	13	35	32,3	49,06	21,79	7	1,7	4	Veľká Domaša
2024	11	27	04	21	04,5	48,61	17,93	1	1,6	3	Považský Inovec



Obr. 55 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky v roku 2024

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.
- 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., Bielík, Kováč, P., & Šujan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca*, Bratislava, 32, 459–470.
- Konečný, V., (Ed), Lexa, J., Halouzka, R., Dublan, L., Šimon, L., Stolár, M., Nagy, A., Polák, M., Vozár, J., Havrila, M., Pristaš, J., 1998: Geologická mapa Štiavnických vrchov a

- Pohronského Inovca (Štiavnický stratovulkán). Ministerstvo životného prostredia SR; Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Kontny, B., Cacoň, 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.
- Košťák, B., 1969: A new device for in-situ movement detection and measurement. *Experimental Mechanics*. SESA (American Society for Experimental Stress Analysis) Journal 9, 374–379.
- Košťák, B., 1998: Evidence of active tectonic movements in the Krušné Hory Mts. (NW Bohemia). *Journal of the Czech Geological Society*, 43, 287–297.
- Košťák, B. & Rybář, J., 1978: Measurements of the activity of very slow slope movements. *Grundlagen u. Anwendung d. Felsmechanik*. Trans Tech. Publ., Clausthal, 191–205.
- Kostak, B. & Cruden, D.M., 1990: The Moire' crack gauges on the crown of the Frank Slide. *Canadian Geotechnical Journal*, 27, 835–840.
- Košťák, B., Vilímek, 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 štolni PVE Ipeľ. *Mineralia Slovaca* 19, 29–44.
- Petro, Ľ., Košťák, B., Polaščinová, E., & Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů v Slanských vrchoch. *Mineralia Slovaca*, 31, 549–554 (in Slovak with English summary).
- Petro, Ľ., Vlčko, J., Ondrášik, R. & Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engineering Geology*, 74, 103–112.
- Polák, M., Jacko, S. (Eds.), Vozár, J., Vozárová, A., Gross, P., Harčár, J., Sasvári, T., Zacharov, M., Baláž, B., Kaličiak, M., Karoli, S., Nagy, A., Buček, S., Maglay, J., Spišák, Z., Žec, B., Filo, I., Janočko, J., 1996. Geologická mapa Braniska a Čiernej hory 1:50 000. Vyd. Geologická služba SR, Bratislava.
- Pospíšil, L., Nemčok, J., Graniczny, M. & Doktor, S., 1986: Príspevek metod dálkového průzkumu k identifikaci zlomů s horizontálním posunem v oblasti Západných Karpat. *Mineralia Slovaca*, 18, 385–402.
- Pospíšil, L., Bezák, V., Nemčok, J., Feranec, J., Vass, D. & Obernauer, D., 1989: Muránsky tektonický systém – významný príklad horizontálnych posunov v Západných Karpatoch. *Mineralia Slovaca*, 21, 305–322.
- Stemberk, J., Košťák, B., 2007: 3-D trend of aseismic creep along active faults in western part of the Gulf of Corinth, Greece. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 4 (145), 53–65.
- Stemberk, J., Briestenský, M., Cacoň, S., 2015: The recognition of transient compressional fault slow-slip along the northern shore of Hornsund Fjord, SW Spitsbergen, Svalbard. *Polish Polar Research*, 2, 36, 109–123.
- Stepančíková, P., Stemberk, J., Vilímek, V., Košťák, B., 2008: Neotectonic development of drainage network in the East Sudeten and monitoring of recent displacements on tectonic structures (Czech Republic). *Geomorphology*, 102, 68–80.

- Šebela, S., Gosar, A., Košťák, B. & Stemberk, J., 2005: Active tectonic structures in the W part of Slovenia – setting of micro-deformation monitoring. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 2 (137), 45–57.
- Stercz, M., 2021: MSDilat V3.1 – aplikácia na vyhodnocovanie 3D meraní dilatometrom TM-71 programovaná v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.
- Vlčko, J., 2002: Monitoring – an effective tool in safeguarding the historic structures. In: Sassa, K. (Ed.), *Proc. of the Inter. Symp. on Landslide Risk Mitigation and Protection of Cultural and Natural Heritage*, Kyoto, Japan. Publ. UNESCO/ Kyoto Univ. Press, 267–278.
- Vlčko, J., 2004: Extremely slow slope movements influencing the stability of Spis Castle, UNESCO site. *Landslides*, 1-1, 67–71.
- Vlčko, J., Petro, Ľ., 2002: Monitoring of subgrade movements beneath historic structures. In: J.L. van Roy & C.A. Jermy (Eds.) „*Proc. of 9th Int. Congress IAEG*”, Durban, South Africa, (CD-ROM), 1432-1437.
- Vlčko, J., Greif, V., Gróf, V., Jezný, M., Petro, Ľ., Brček, M., 2009: Rock displacement and thermal expansion at historic heritage sites in Slovakia. *Environmental Geology*, 58, 1727–1740.

Internetové zdroje:

EPN – http://www.epncb.oma.be/_networkdata/stationmaps.php

EPN – http://www.epncb.oma.be/_productsservices/timeseries/

EPN – http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/

EPN

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

<http://www.tecnet.cz/>