

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 02

**Tektonická a seizmická aktivita územia**

**Správa za rok 2018**

Názov geologickej úlohy: **riastkový monitorovací systém Geologické faktory**

íslo geologickej úlohy: **207**

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

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

Spoluriešitelia: **Ing. Juraj Páňo, PhD., RNDr. Andrej Cipciar, Mgr. Kristián Csicsay, PhD., Mgr. Marián Stercz, Mgr. Daniel Grega, Ing. Katarína Paňajová, Ing. Martin Bednárik, PhD., Mgr. Miloš Briestenský, PhD., Doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.,**

Zástupca zhotoviteľa a geologických prác: **RNDr. Pavel Liška, CSc.**

Štátny zástupca zhotoviteľa a geologických prác: **Ing. Branislav Fieč, CSc.**  
generálny riaditeľ ŠGÚD

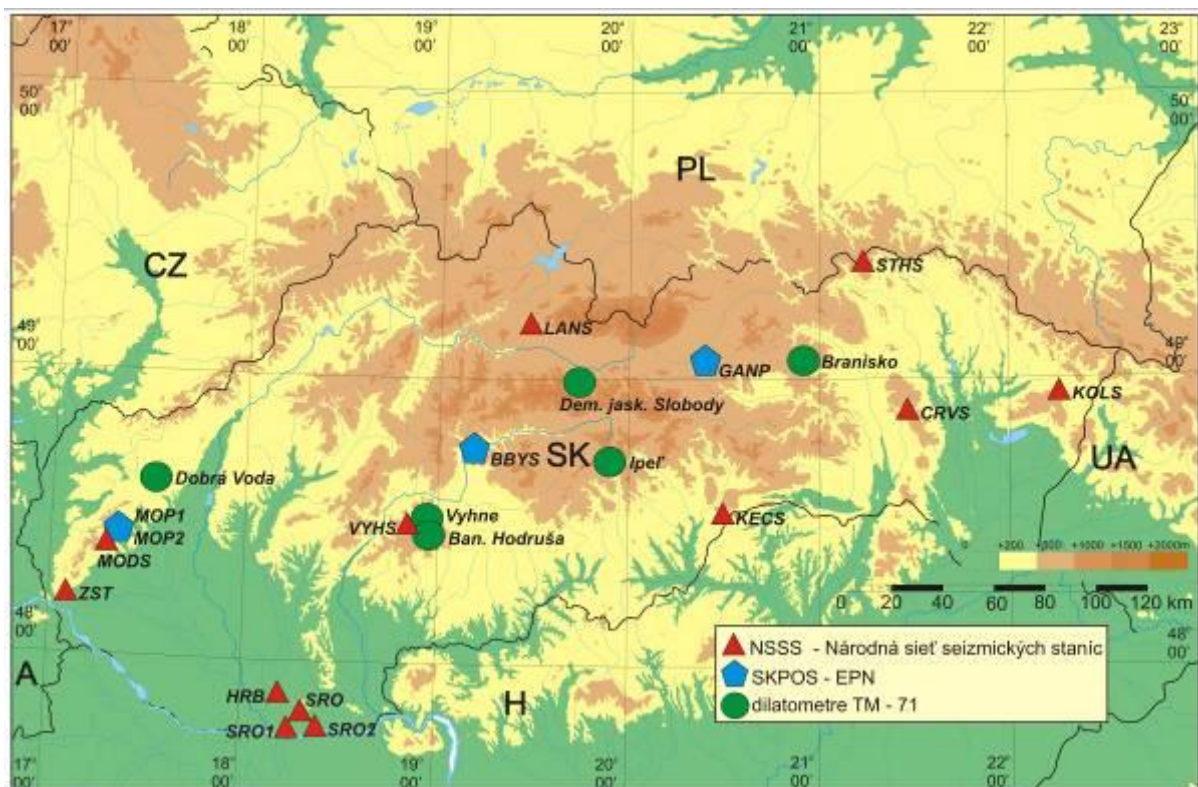
Bratislava november 2019

## OBSAH

1. Úvod .....	1
2. Pohyby povrchu územia.....	1
2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v EPN...5	
3. Pohyby pozdĺž zlomov.....	18
3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete .....	19
3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia .....	22
3.3 Výsledky monitorovania .....	23
3.4 Diskusia.....	32
4. Monitorovanie seizmických javov .....	33
4.1 Dátové a spracovateľské centrum.....	34
4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území Slovenskej republiky .....	35
4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky .....	35
5. Literatúra.....	43

## 1. Úvod

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska (obr. 1) boli v roku 2018 monitorované pohyby povrchu aj s využitím globálnych navigačných družicových systémov (GNSS) pre určenie globálnej priestorovej polohy na vybraných horizontálne 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 (Technický geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Košice). Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená Geofyzikálnym odborom Ústavu vied o Zemi Slovenskej akadémie vied (ÚVZ SAV) na základe meraní za rok 2018.



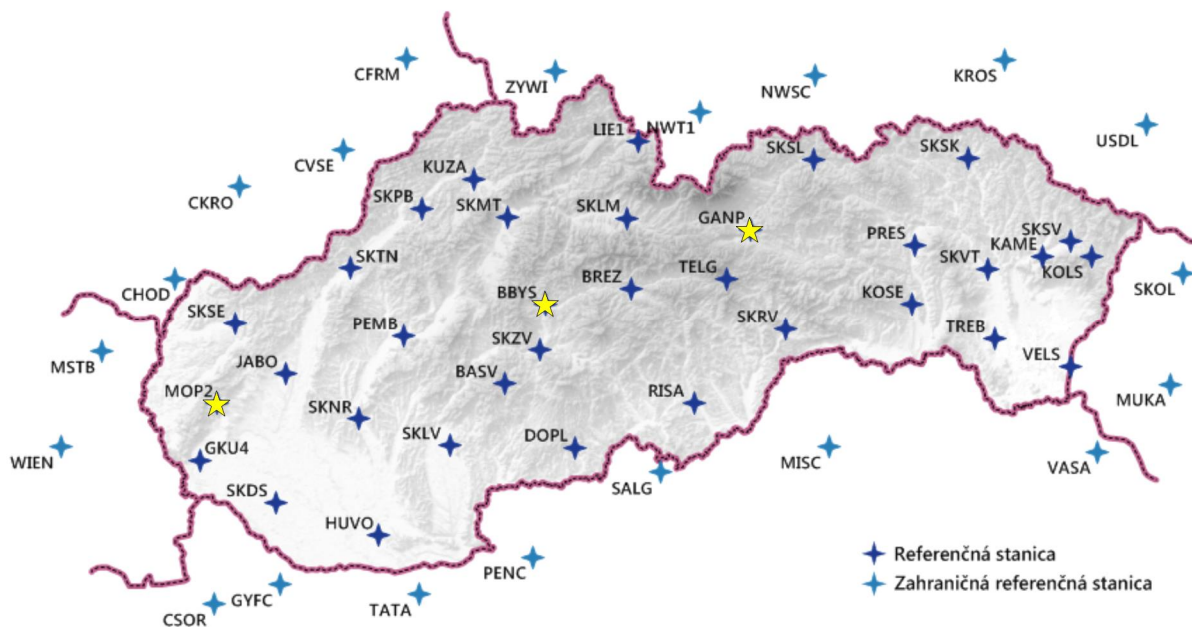
Obr. 1 Schéma rozmiestnenia lokalít monitorovaných na Slovensku v rámci geologickej úlohy – iastkový monitorovací systém geologických faktorov flivotného prostredia SR, subsystém 02 Tektonická a seizmická aktivita územia.

## 2. Pohyby povrchu územia

Monitorovanie geodynamických prejavov vrchnej vrstvy zemskej kôry geodetickými metódami umožnili vysoko presné geodetické prístroje vybavené kvalitnou elektronikou, zvy ajne

plne automatizované s objektívnym záznamom údajov vylučujúcim z procesu merania mera a s jeho osobnou chybou. Na presné určenie lokalizačných parametrov (súradníc) bodov v referenčných súradnicových systémoch sa vyuffívajú geodetické merania, a to najmä technológia na určovanie priestorovej polohy bodom pomocou globálnych navigačných družicových systémov (GNSS), geometrická nivelácia a relatívne i absolútne určenie tiaflového zrýchlenia. Technológia GNSS je efektívna metóda na relatívne určovanie polohy bodov s uvádzanou horizontálnou neistotou  $(x, y)$  2 ó 3 mm a s neistotou vo výške  $(z)$  asi 4 ó 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 ufl aj európskeho systému GALILEO, resp. ínskeho systému BeiDou. Na presnú lokalizáciu, výpočet súradníc, sa v roku 2017 zatiaľ vyuffívali iba údaje z systémov NAVSTAR GPS a GLONASS. SKPOS v súčasnosti tvorí sieť 34 geodetických bodov, referenčných staníc GNSS, realizujúcich geodetický referenčný systém ETRS-89 na Slovensku. ETRS-89 ó Európsky terestrický referenčný systém 1989 ó je systém priestorových súradníc označovaný karteziánskymi súradnicami  $X, Y, Z$  alebo parametrami  $a, b, h$ . Bol zavedený na návrh Európskej subkomisie pre referenčné rámce (EUREF) pri Medzinárodnej federácii geodetov (FIG) Európskou úniou a direktívami INSPIRE. STU a GKÚ (SKPOS) poskytujú do spracovania Európskej permanentnej siete (EPN) v reálnom čase údaje zo 4 bodov (obr. 2) a z ďalších bodov aj do projektu zoskupenia EUPOS.



Obr. 2 Rozmiestnenie bodov EPN a SKPOS na území Slovenska (GKÚ, 2018).

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

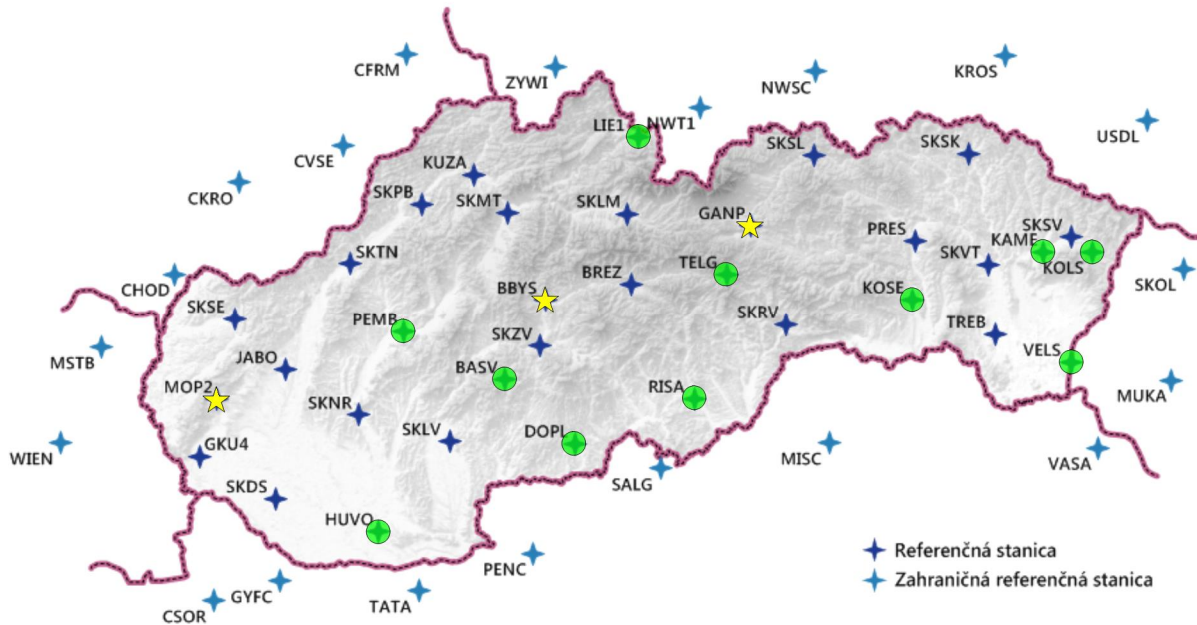
Prvoradou úlohou SKPOS je zabezpečiť realizáciu súradnicového systému *ETRS-89* pre subjekty vyvíjajúce technológiu *GNSS*. Merané údaje *GNSS* z bodov –peciálne stabilizovaných je možné využiť aj na geodynamický monitoring.

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

Z 33 geodetických bodov zaradených do SKPOS bolo v roku 2018 ufi 14 bodov (obr. 3) stabilizovaných spôsobom umofl ujúcim merané údaje využiť aj pre výskum (monitoring) prejavov geodynamiky na povrchu Zeme. Do siete je zaradených 9 –pecializovaných geodetických bodov, ktoré sú realizované ako h bkové pilierové stabilizácie ukotvené do h bky od 3 aľ do 10 m so stabilizovanou geodetickou zna kou. Ďalších 5 geodetických bodov realizovaných h bkovou ty ovou stabilizáciou podľa vzoru UNAVCO ukotvených do h bky 5 m. V roku 2018 boli rozbehnuté prípravné práce na vybudovanie Ďalších troch –pecializovaných geodetických bodov s h bkovou pilierovou stabilizáciou. Ide o body v lokalite Tren ín ó Zlatovce, Zvolen ó Borová hora a Ve ký Krtí, ktoré budú pravdepodobne zaradené do opera nej ĩnnosti v roku 2019. Je predpoklad, že po viacro nom permanentnom meraní na týchto bodoch by sa dali získa spo ahlivé údaje o rýchlostnej charakteristike týchto bodov (lokality).

Najstarším bodom ó stanicou *GNSS* na území Slovenska je *MOPI* (obr. 4), v lokalite Modra ó Piesok, stabilizovaný na skalnom hrebeni Tisových skál, a to od 17. 11. 1996 (880. týfde GPS). *Týfde GPS (GPS WEEK)* je oficiálne zauflívané datovanie asu/týflov od spustenia systému NAVSTAR GPS, pouflívané na ukladanie údajov a riešenia. Od 24. 8. 2008 (1494. týfde GPS) je permanentne meraný bod *MOP2*, stabilizovaný ved a pôvodného bodu na skale pilierom. Tieto body spravuje Katedra geodetických základov Stavebnej fakulty STU v Bratislave. Bod *GANP* sa nachádza v lokalite Gánovce pri Poprade, je spravovaný GKÚ a permanentné observácie sú vykonávané od 16. 11. 2003 (1245. týfde GPS). Bod *BBYS* v lokalite Banská Bystrica, ktorý je v správe Topografického ústavu Armády SR pracuje od 4. 2. 2007 (1413. týfde GPS). Údaje z týchto bodov sú v reálnom ase zasielané aj do Európskej

permanentnej siete (*EPN* ó Euref Permanent Network), ktorú riadi Európska komisia pre referenčné rámce (*EUREF*) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (*IAG*). Pre body *MOPI*, *MOPI2*, *GANP* a *BBYS* sú monitoring a určenie rýchlostí spracovávané v rámci *EPN*.



Obr. 3 Rozmiestnenie špeciálnych stabilizácií na území Slovenska (GKÚ, 2018).



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

## 2.1 Permanentný monitoring zmien na geodetických bodoch technológiou GNSS v *EPN*

Európska sie permanentných staníc *GNSS* dnes spracováva údaje z cca 280 staníc *GNSS*. Na obr. 5 je schéma rozmiestnenia staníc *EPN* z európskej časti, z ktorých viaceré sú zaradené i do svetovej siete (<http://www.epncb.oma.be/networkdata/stationmaps.php>) permanentných staníc *IGS* (obr. 6).



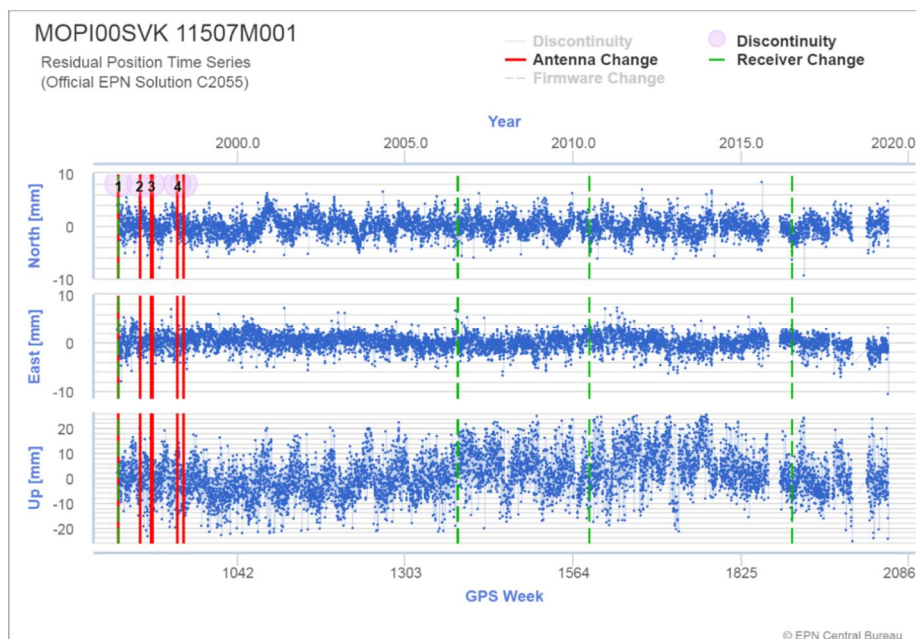
Obr. 5 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31. 12. 2018.



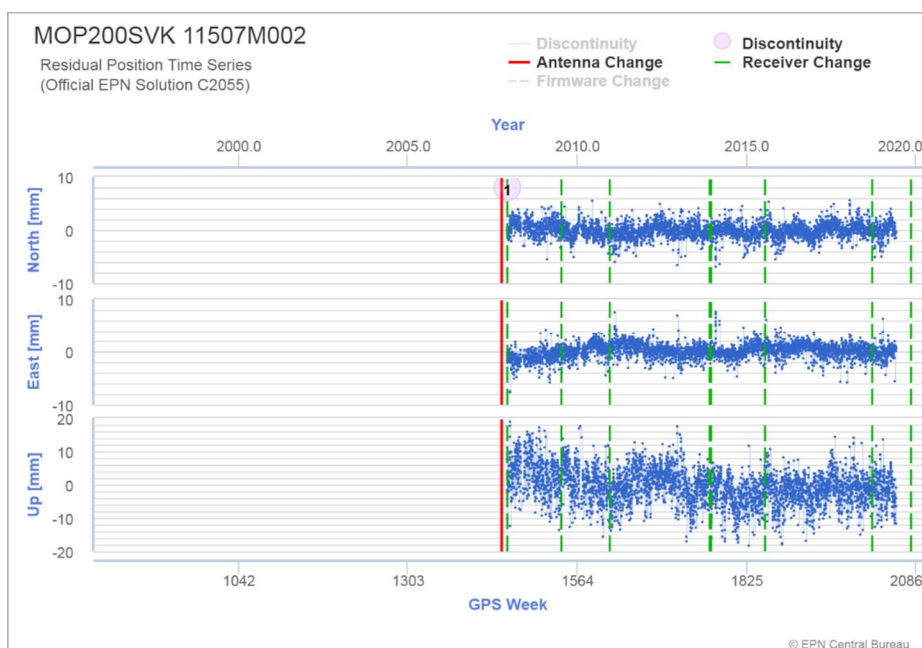
Obr. 6 Rozmiestnenie permanentných staníc EPN k 31. 12. 2018 a výber staníc EPN zaradených do svetovej siete IGS.

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

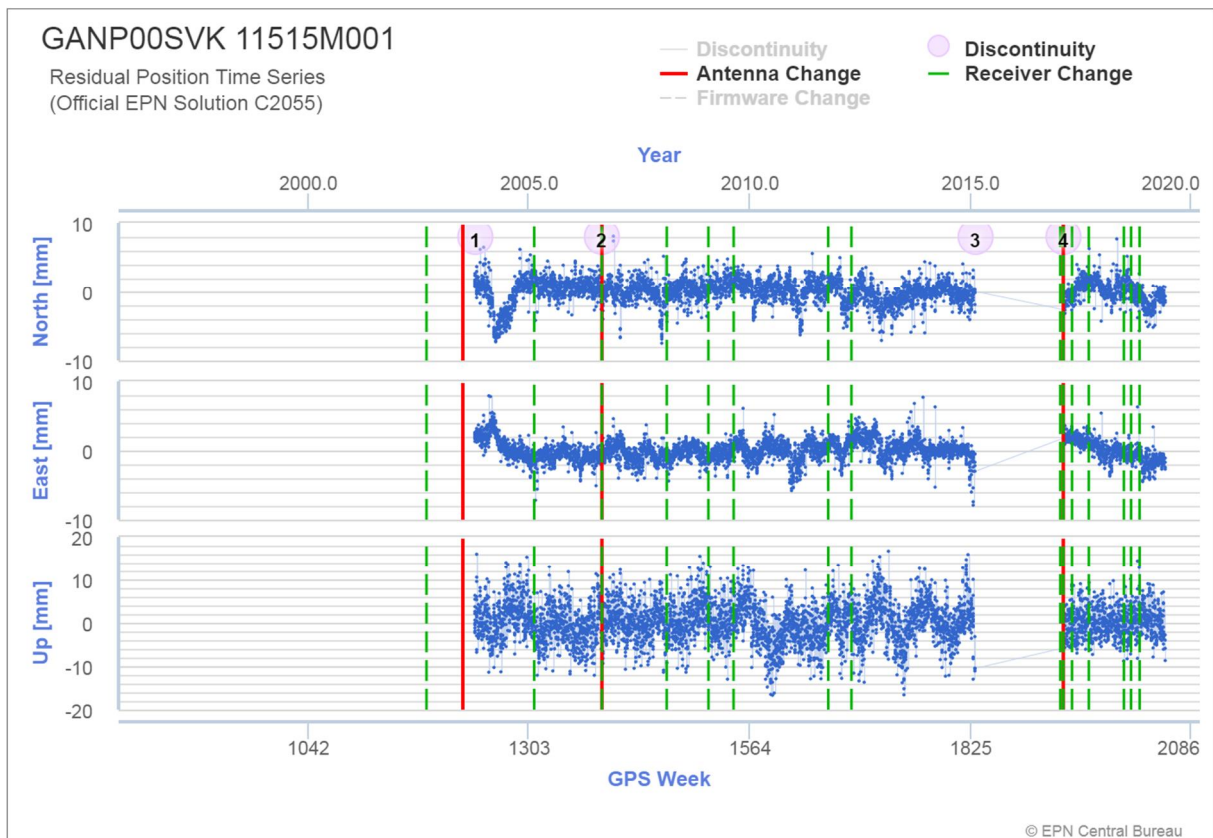
zo slovenských staníc v Modre ó Piesku (*MOPI, MOP2*), v Gánovciach pri Poprade (*GANP*) a Banskej Bystrici (*BBYS*) sú prezentované v grafoch na obr. 7-10, resp. detailne pre rok 2018 na obr. 11-14. Na obr. 15-18 sú grafy pohybu bodov v globálnom priestorovom systéme *ITRS*, realizácia *ITRF2014 (IGS14)*. Na obr. 19-22 sú grafy pohybu bodov v Európskom terestrickom referen nom systéme *ETRS-89*, realizácia *ETRF2014*. Na obr. 23-26 sú znázornené detaily pre rok 2018 (<http://www.epncb.oma.be/products-services/coordinates/index.php>).



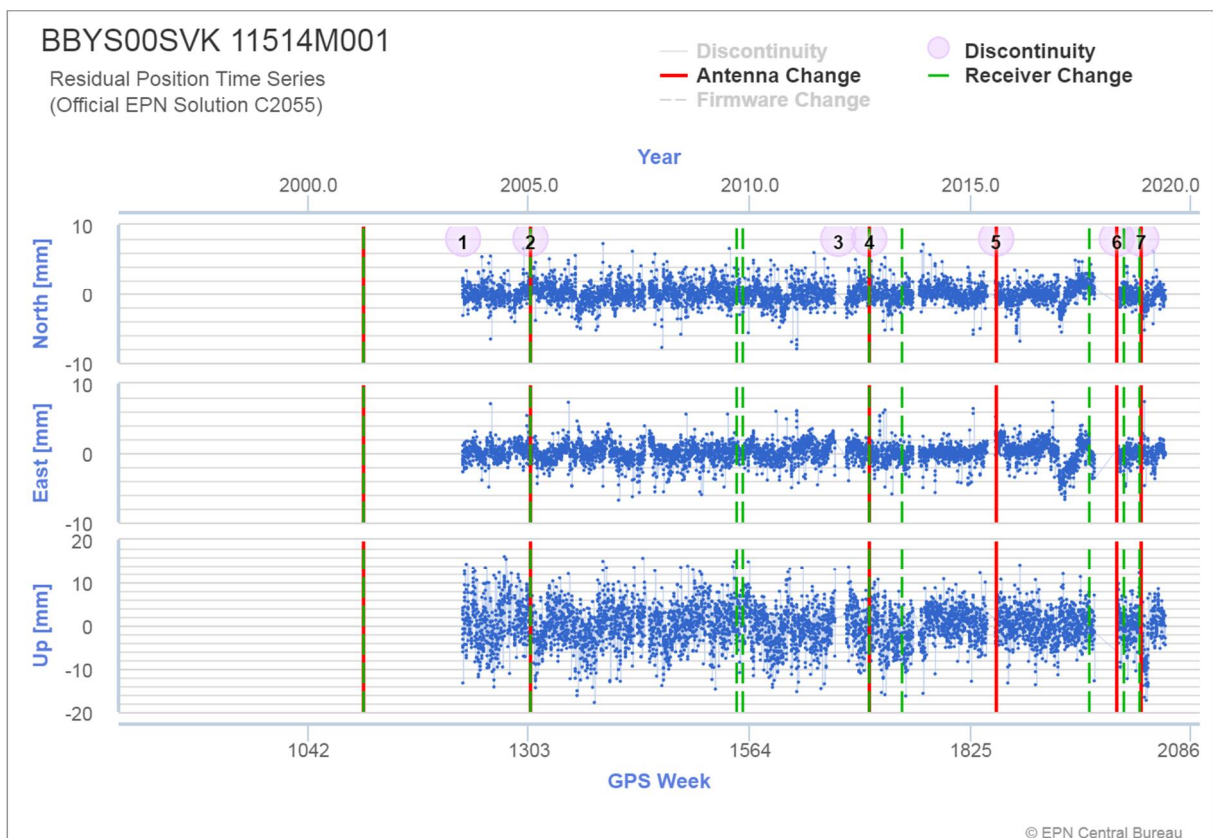
Obr. 7 Znázornenie pohybu bodu MOPI.



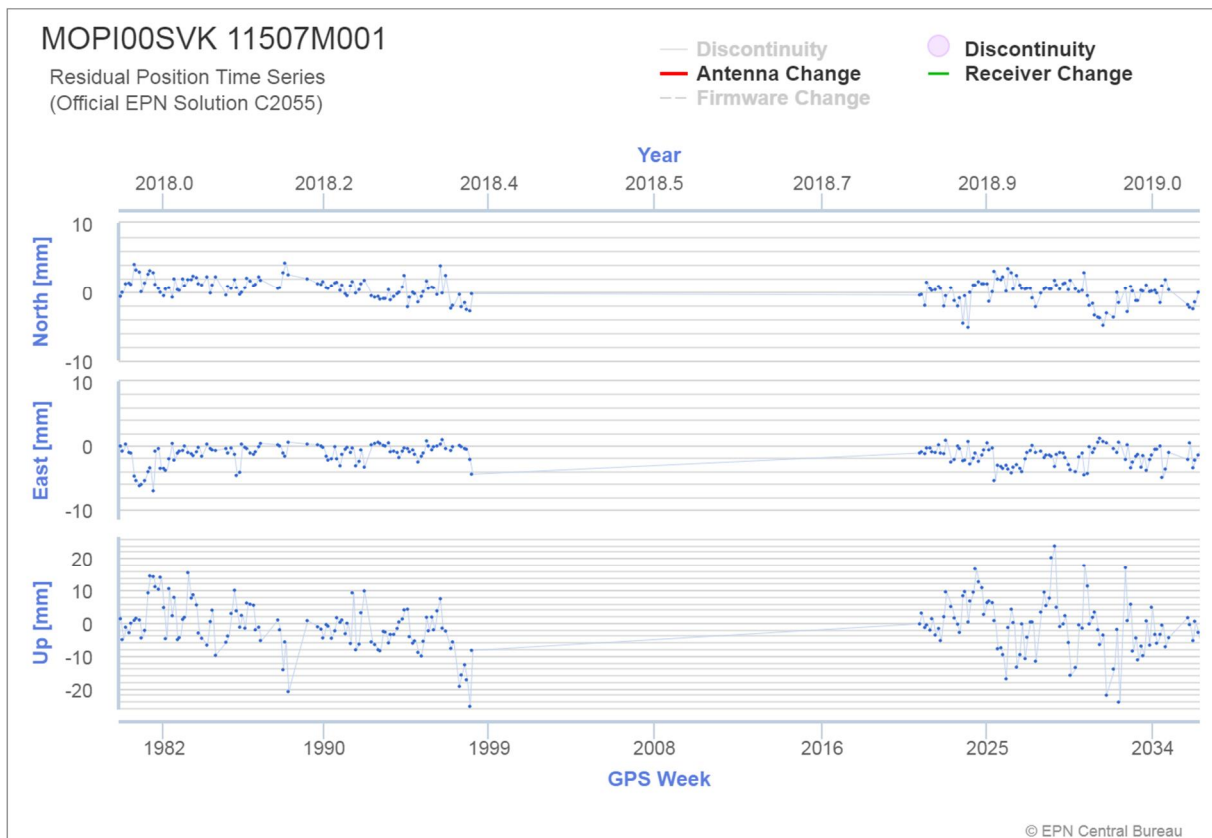
Obr. 8 Znázornenie pohybu bodu MOP2.



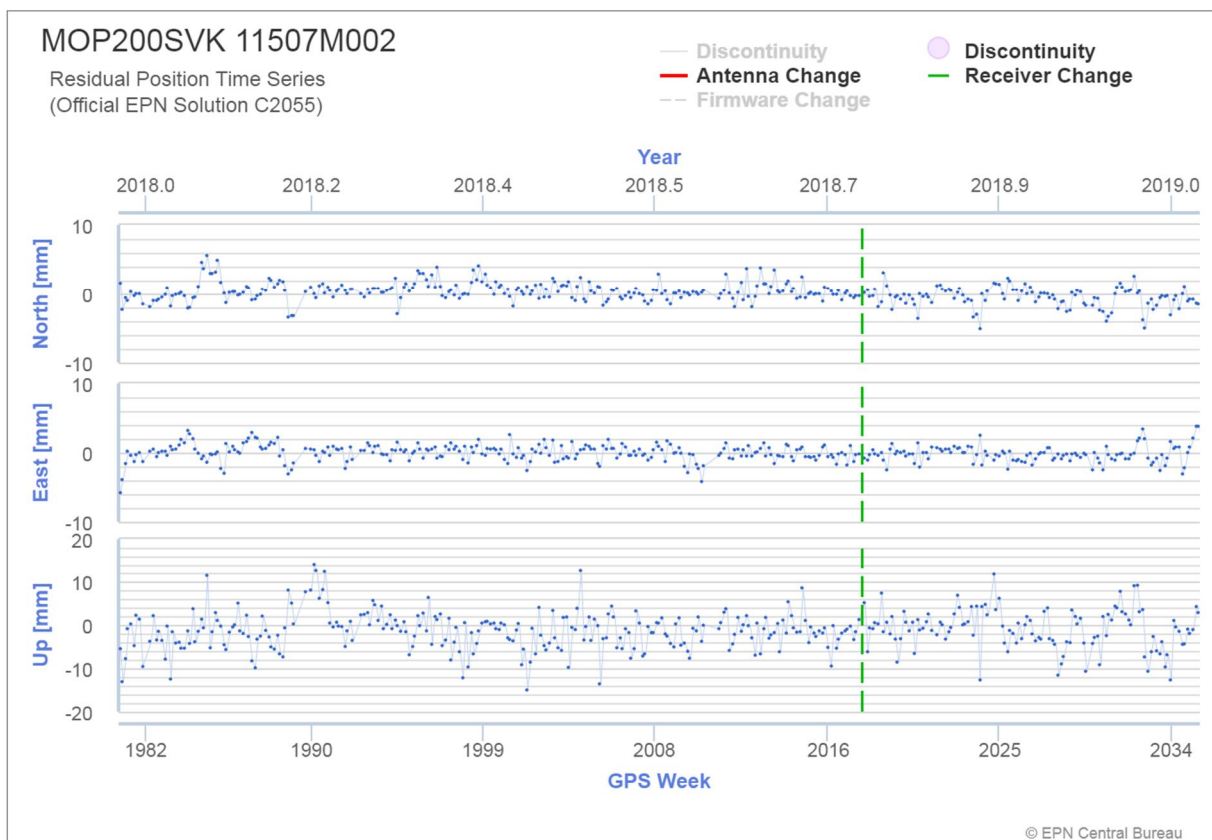
Obr. 9 Znáozornenie pohybu bodu GANP.



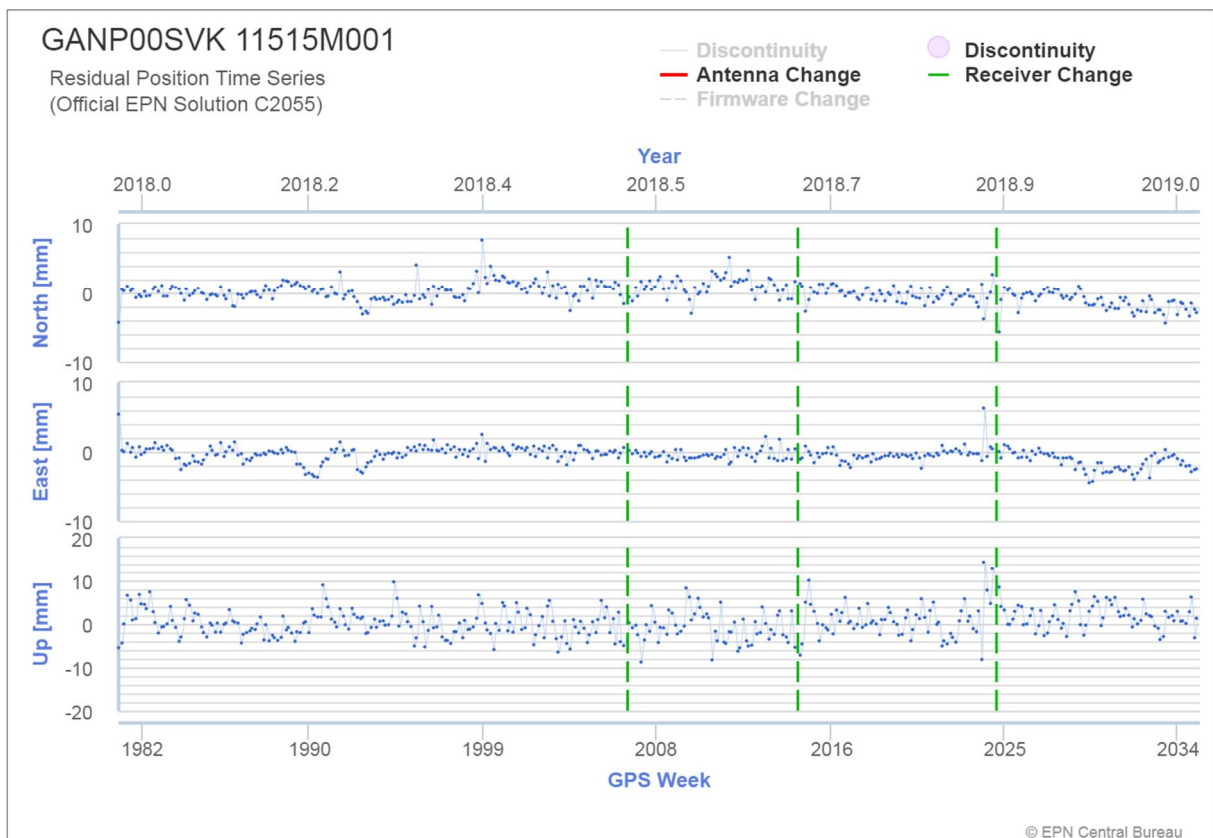
Obr. 10 Znáozornenie pohybu bodu BBYS.



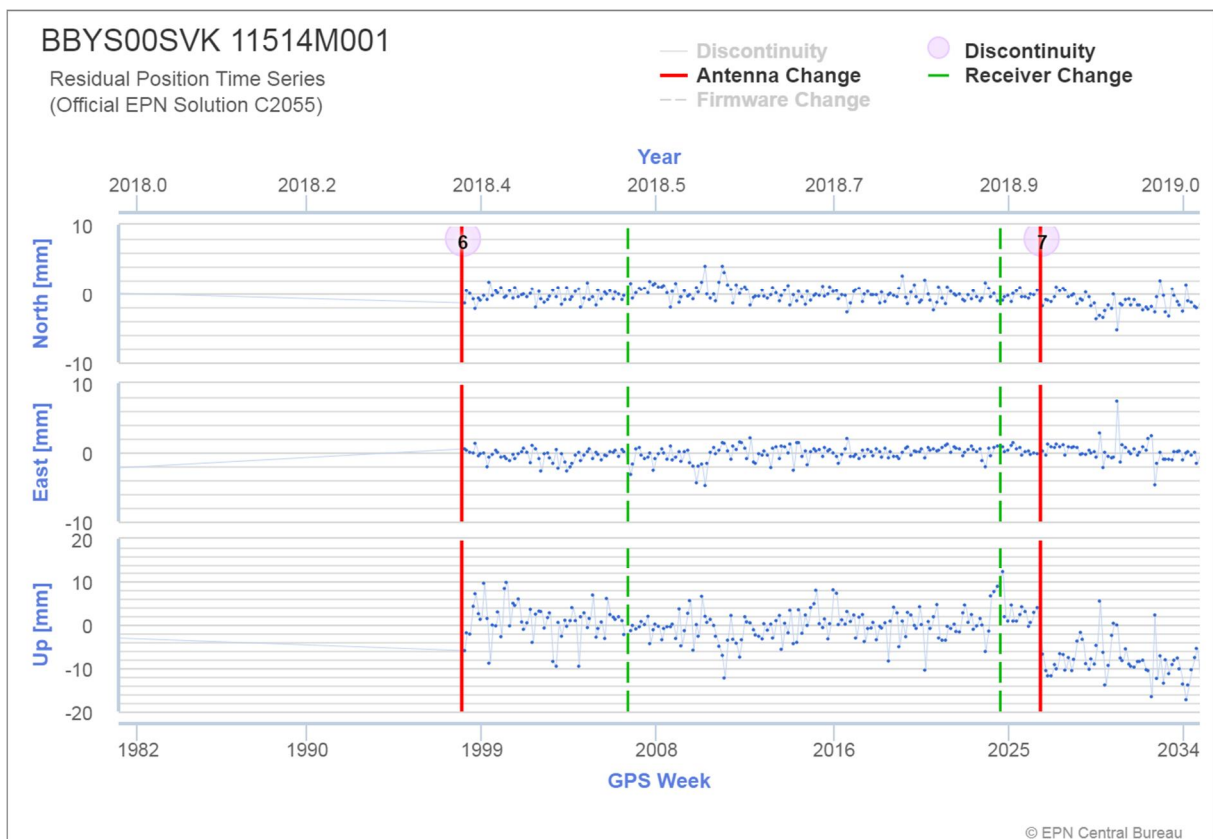
Obr. 11 Znáznornenie pohybu bodu MOPI, detail pre rok 2018.



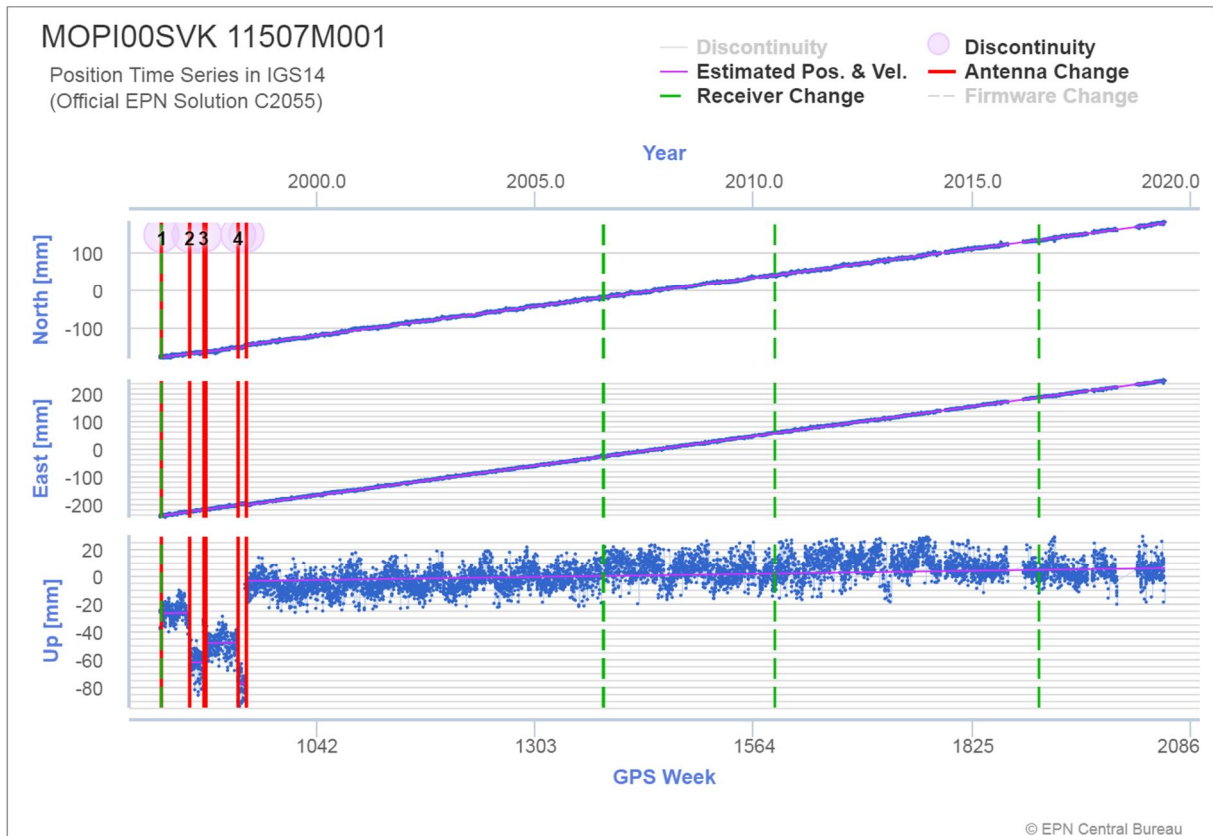
Obr. 12 Znáznornenie pohybu bodu MOP2, detail pre rok 2018.



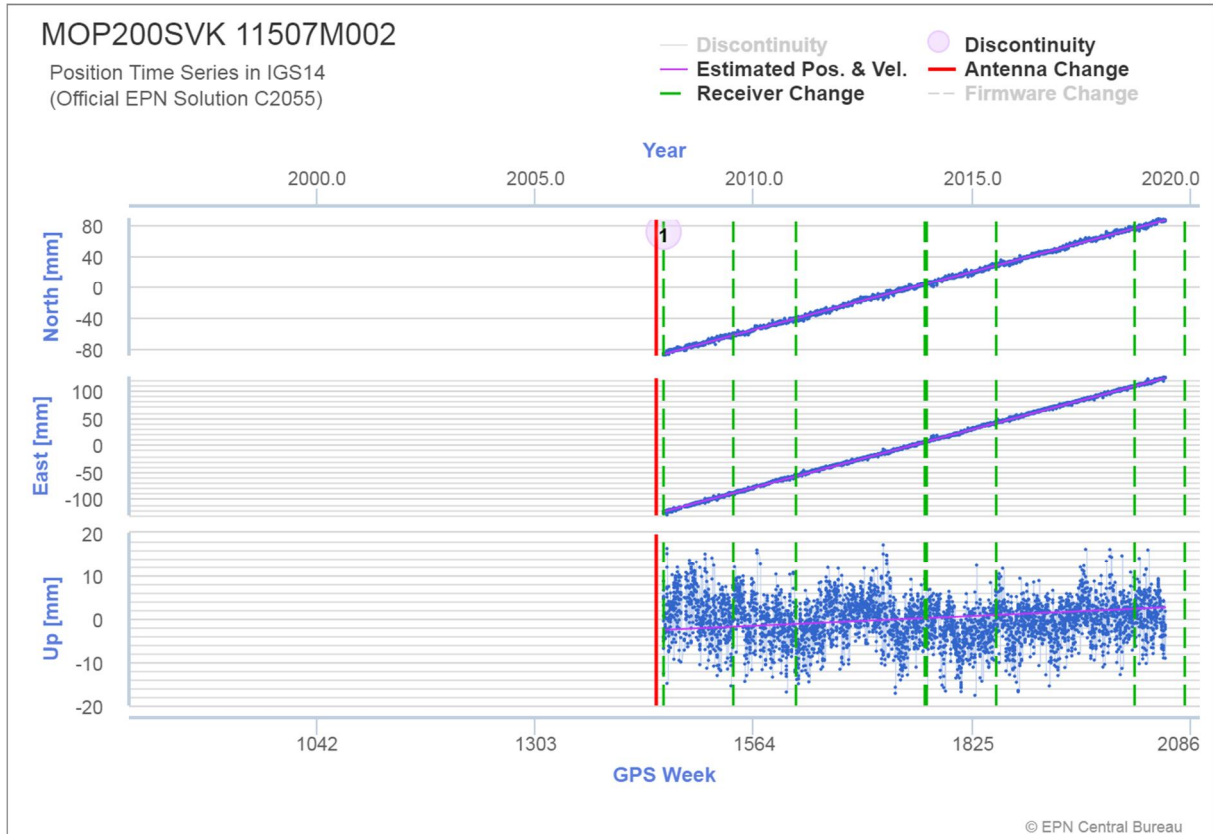
Obr. 13 Znážornenie pohybu bodu GANP, detail pre rok 2018.



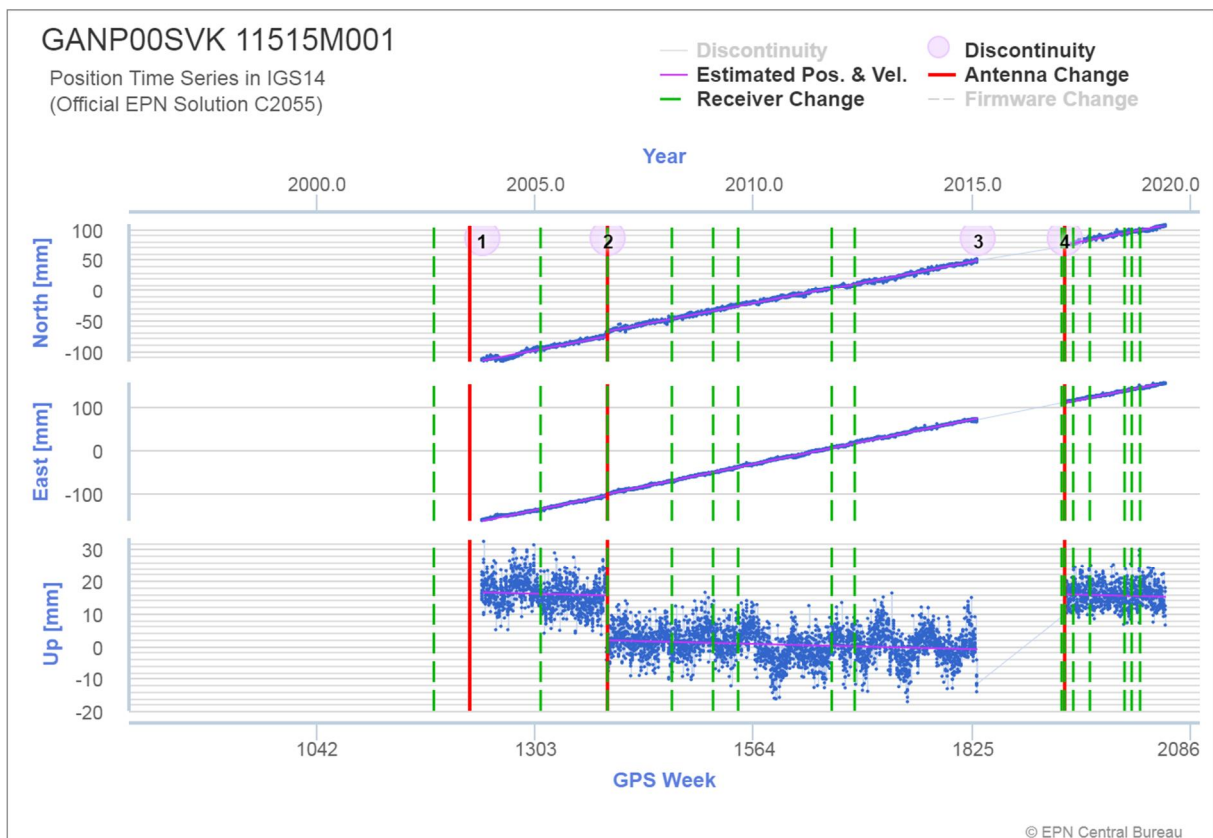
Obr. 14 Znážornenie pohybu bodu BBYS, detail pre rok 2018.



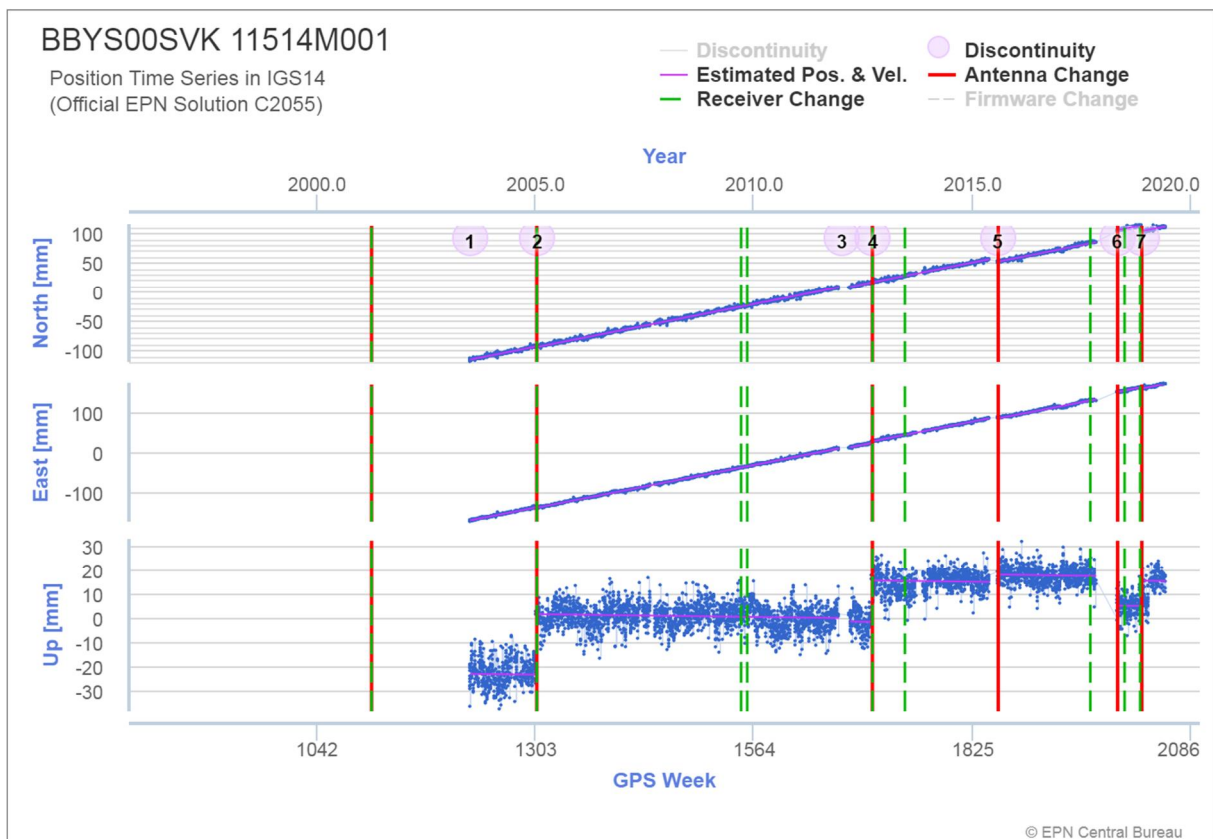
Obr. 15 Znáznornenie pohybu bodu MOPI v ITRS.



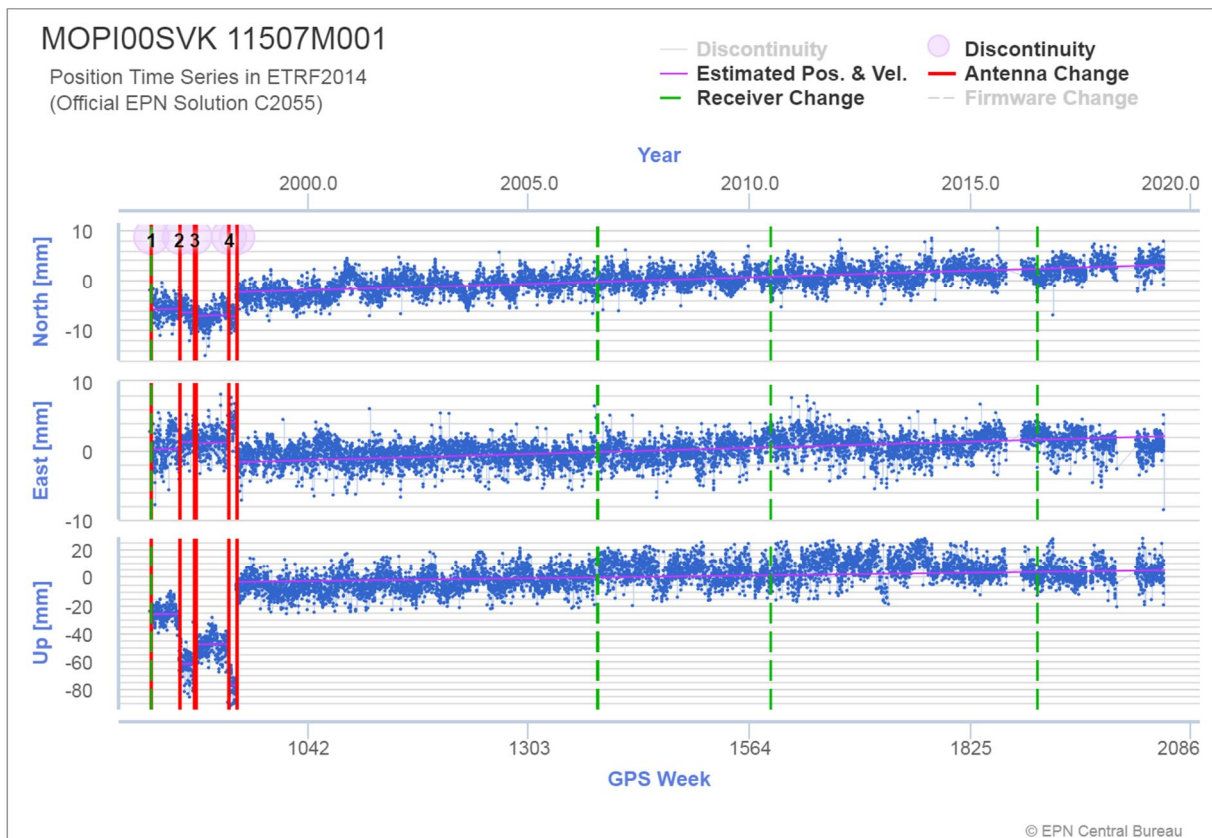
Obr. 16 Znáznornenie pohybu bodu MOP2 v ITRS.



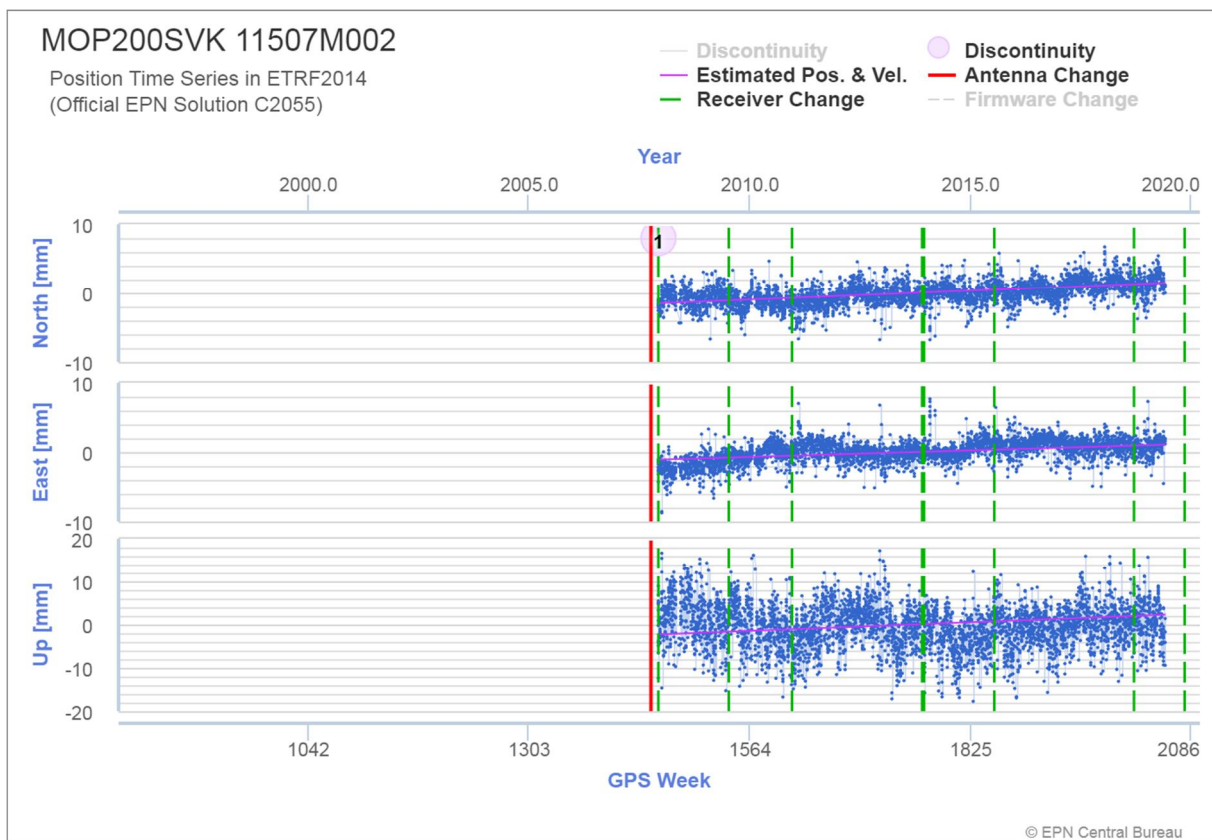
Obr. 17 Znážornenie pohybu bodu GANP v ITRS.



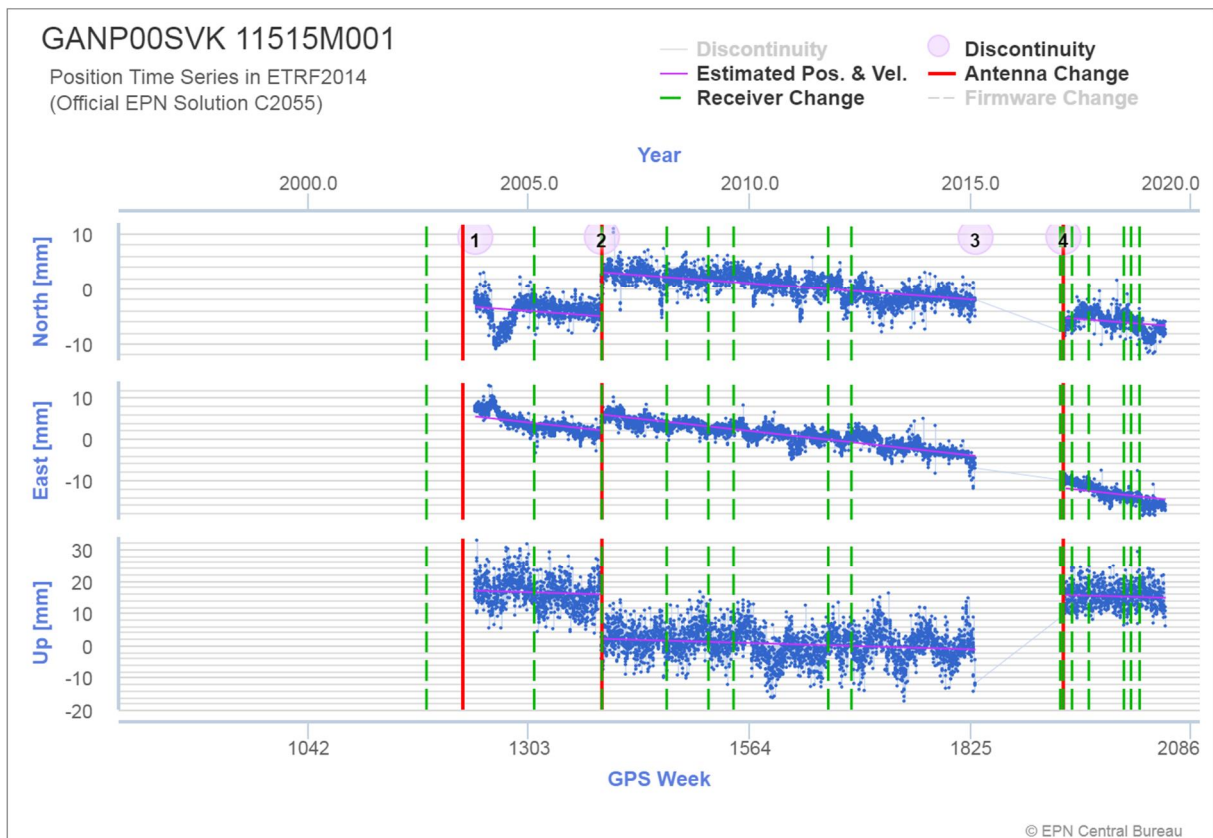
Obr. 18 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ITRS.



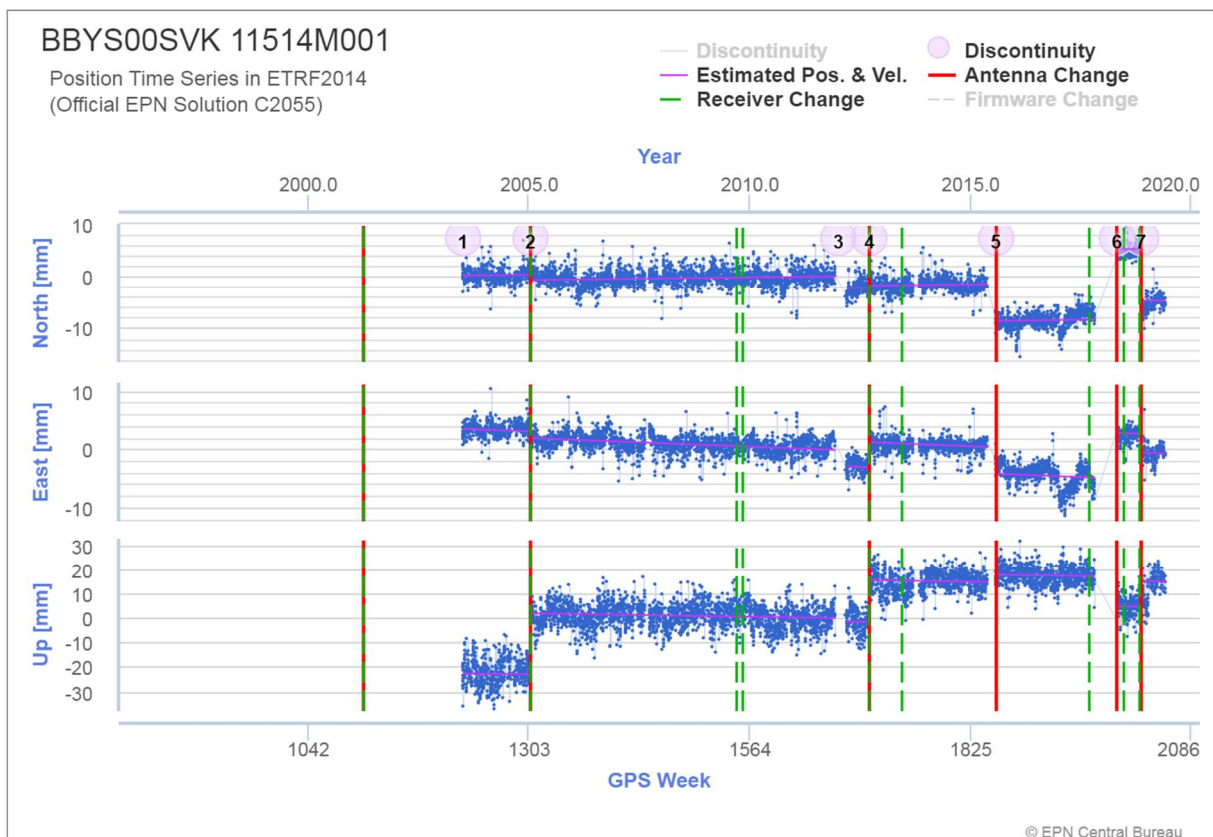
Obr. 19 Znážornenie pohybu bodu MOPI v ETRS-89.



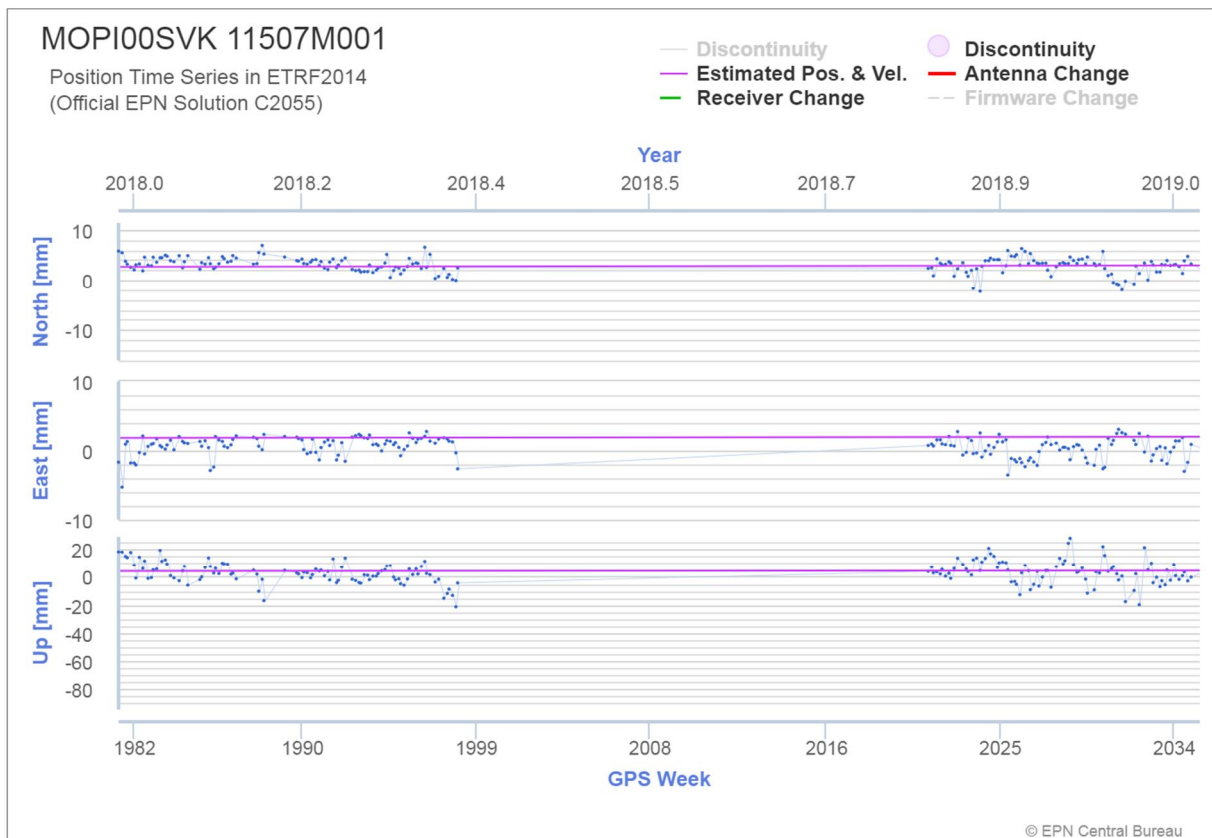
Obr. 20 Znážornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS-89.



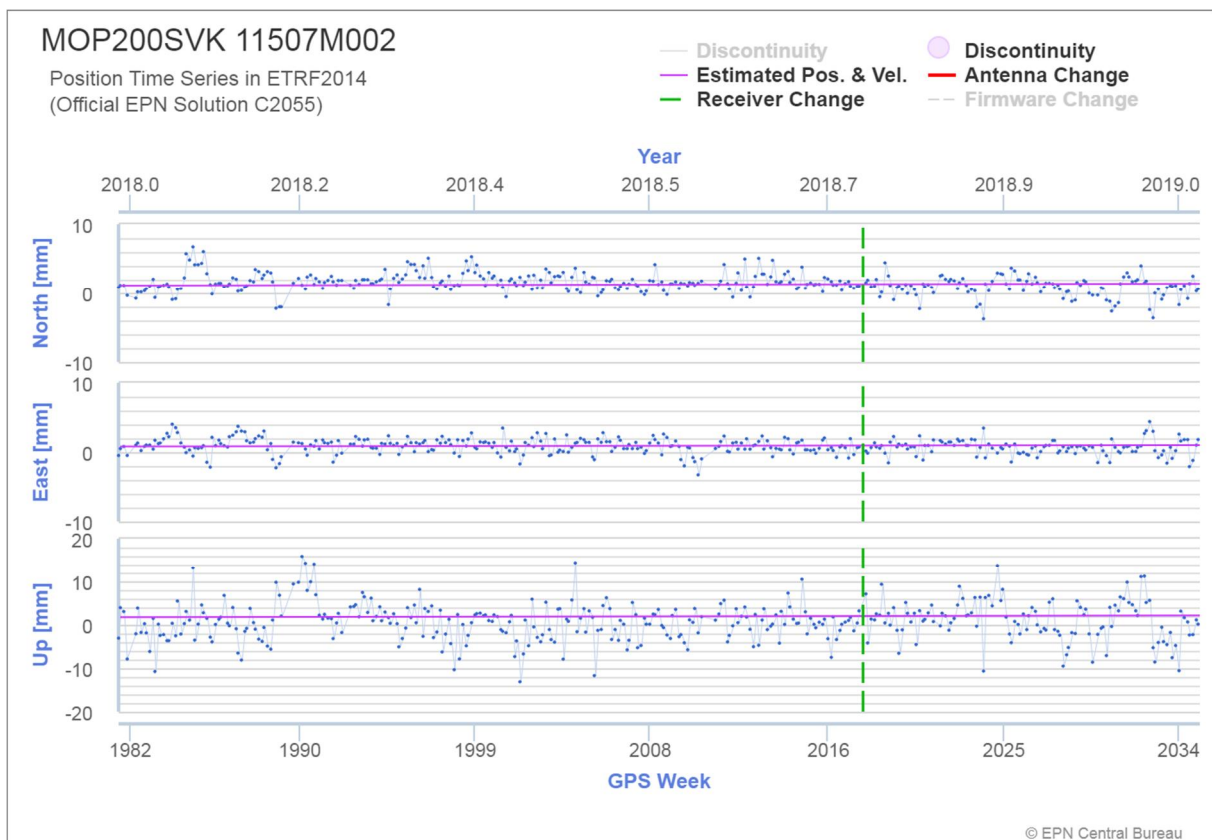
Obr.21 Znážornenie pohybu bodu GANP v ETRS-89.



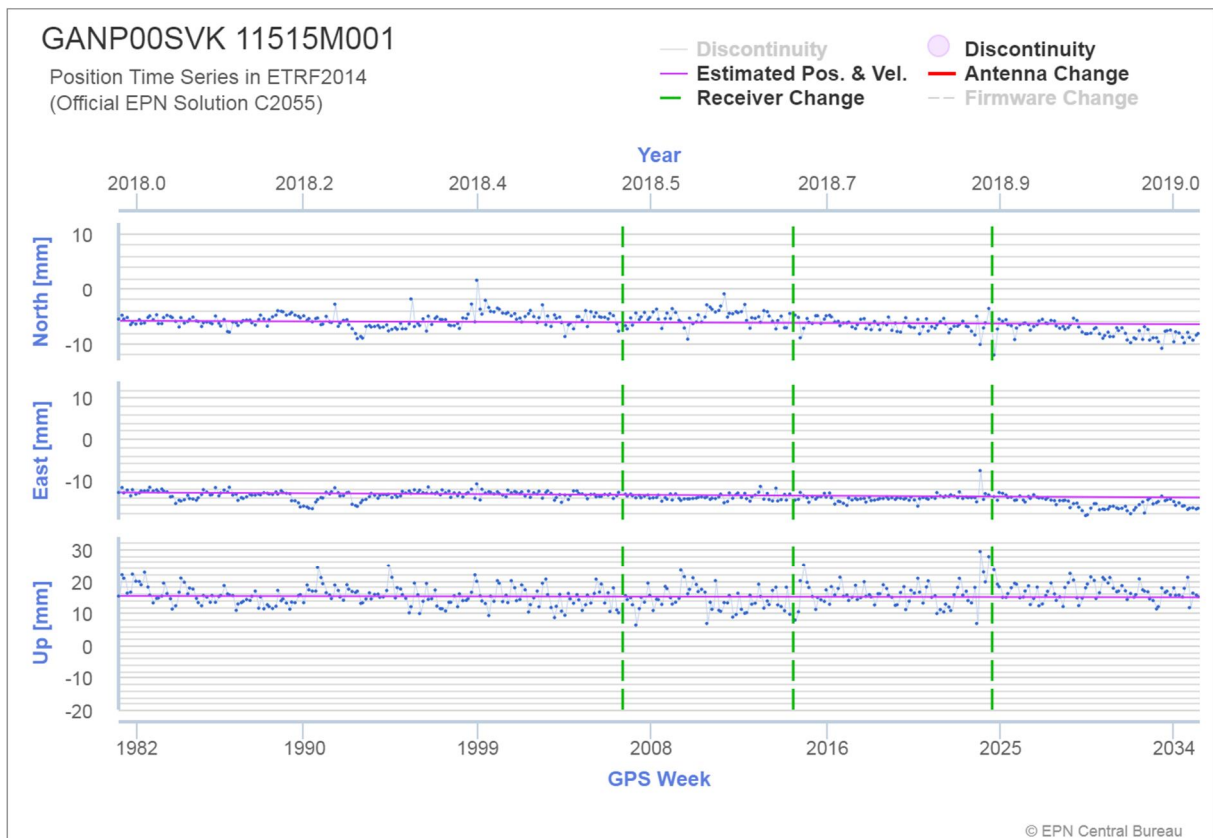
Obr. 22 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ETRS-89.



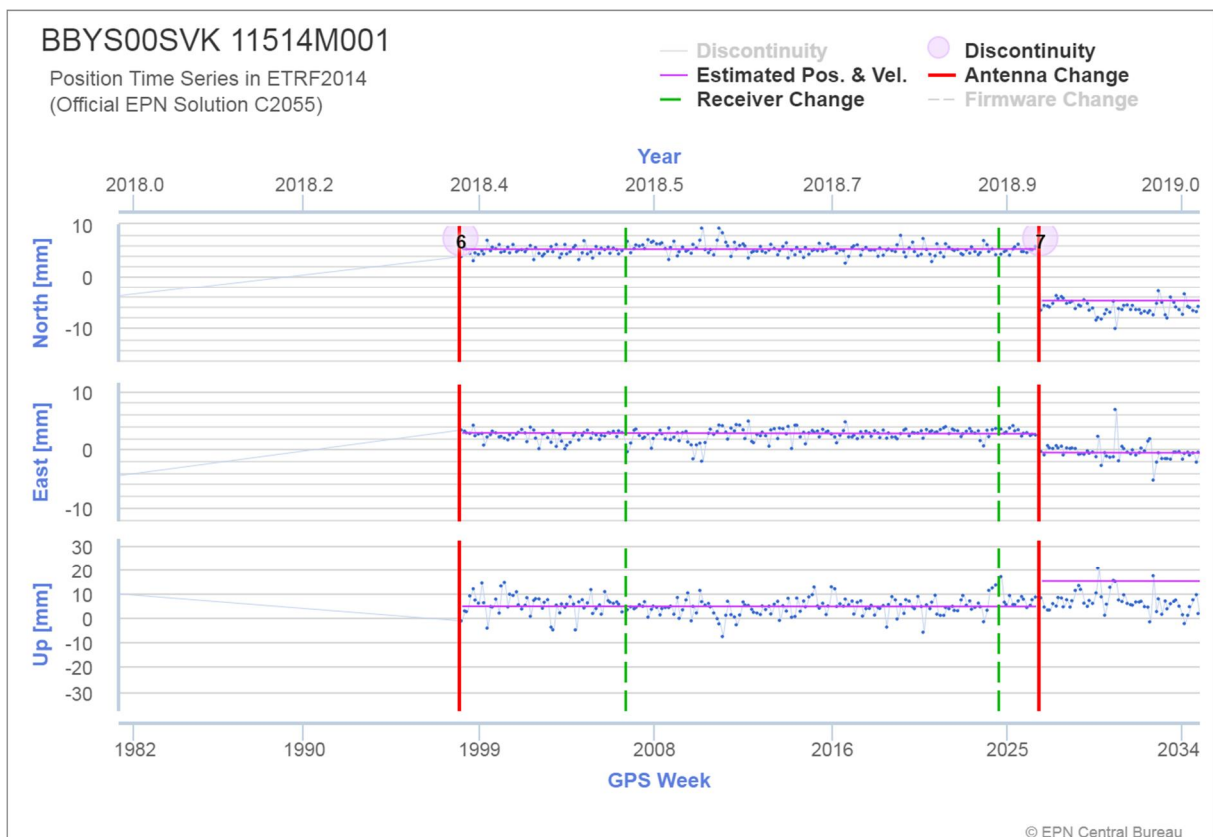
Obr. 23 Znážornenie pohybu bodu MOPI v ETRS-89, detail pre rok 2018.



Obr. 24 Znážornenie pohybu bodu MOP2 v ETRS-89, detail pre rok 2018.



Obr. 25 Znážornenie pohybu bodu GANP v ETRS-89, detail pre rok 2018.



Obr. 26 Znážornenie pohybu bodu BBYS v ETRS-89, detail pre rok 2018.

Na jednotlivých obrázkoch sú znázornené vo forme grafu zmeny polohy bodu o stanice uvedenej v mm, a to v smere sever o juh (North), východ o západ (East) a vo vý-ke (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) v medzinárodnom terestrickom referenčnom systéme (ITRS) majú zhodný severovýchodný trend na našom území 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 ETRS-89, 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 šA o spoľahlivý bod o a šB o bod s výskytom väčšieho umu o. Bod GANP bol vzhľadom na jeho problematické správanie v období 2015/GPS de 41 a 12/2017/GPS de 55 v dôsledku chyby antény GNSS preradený do kategórie B, a teda neboli mu v poslednej realizácii riešenia EPN v systéme ITRS, resp. ETRS-89, určené ročné rýchlosti pohybu.

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

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

MOPI00SVK o 11507M001 o trieda šB o

ETRF2014	epocha to	Poloha (m)			Rýchlosť (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
142/1998 o 147/2019	180/2007	4053738.153 ± 0.001	1260571.330 ± 0.001	4744940.704 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 o 140/1998	058/1999	4053738.108 ± 0.001	1260571.320 ± 0.001	4744940.642 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 o 071/1998	257/1998	4053738.127 ± 0.001	1260571.323 ± 0.001	4744940.664 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 o 152/1997	074/1998	4053738.117 ± 0.001	1260571.320 ± 0.001	4744940.654 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 o 032/1997	253/1997	4053738.140 ± 0.001	1260571.326 ± 0.001	4744940.681 ± 0.001	NA	NA	NA

IGS14	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
142/1998 ó 147/2019	180/2007	4053737.840 ± 0.001	1260571.646 ± 0.001	4744940.887 ± 0.001	NA	NA	NA
074/1998 ó 140/1998	058/1999	4053737.936 ± 0.001	1260571.494 ± 0.001	4744940.743 ± 0.001	NA	NA	NA
154/1997 ó 071/1998	257/1998	4053737.963 ± 0.001	1260571.489 ± 0.001	4744940.760 ± 0.001	NA	NA	NA
034/1997 ó 152/1997	074/1998	4053737.962 ± 0.001	1260571.478 ± 0.001	4744940.745 ± 0.001	NA	NA	NA
163/1996 ó 032/1997	253/1997	4053737.993 ± 0.001	1260571.475 ± 0.001	4744940.767 ± 0.001	NA	NA	NA

### MOP200SVK ó 11507M002 ó trieda šAõ

ETRF2014	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
340/2007 ó 152/2019	001/2010	4053742.916 ± 0.001	1260569.389 ± 0.001	4744939.996 ± 0.001	0.0000 ± 0.0001	0.0002 ± 0.0001	0.0005 ± 0.0001
IGS14	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
340/2007 ó 152/2019	001/2010	4053742.561 ± 0.001	1260569.748 ± 0.001	4744940.204 ± 0.001	-0.0169 ± 0.0001	0.0173 ± 0.0001	0.0104 ± 0.0001

### GANP00SVK ó 11515M001 ó trieda šBõ

ETRF2014	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
055/2017 ó 152/2019	102/2018	3929181.823 ± 0.001	1455236.453 ± 0.001	4793653.751 ± 0.001	NA	NA	NA
239/2006 ó 040/2015	350/2010	3929181.804 ± 0.001	1455236.461 ± 0.001	4793653.744 ± 0.001	NA	NA	NA
286/2003 ó 231/2006	093/2005	3929181.817 ± 0.001	1455236.468 ± 0.001	4793653.753 ± 0.001	NA	NA	NA
IGS14	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
055/2017 ó 152/2019	102/2018	3929181.303 ± 0.001	1455236.940 ± 0.001	4793654.030 ± 0.001	NA	NA	NA
239/2006 ó 040/2015	350/2010	3929181.414 ± 0.001	1455236.826 ± 0.001	4793653.953 ± 0.001	NA	NA	NA
286/2003 ó 231/2006	093/2005	3929181.528 ± 0.001	1455236.739 ± 0.001	4793653.908 ± 0.001	NA	NA	NA

### BBYS00SVK ó 11514M001 ó trieda šAõ

ETRF2014	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>X</sub>	V <sub>Y</sub>	V <sub>Z</sub>
317/2018 ó 152/2019	001/2010	3980359.094 ± 0.001	1382291.824 ± 0.001	4772771.804 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001

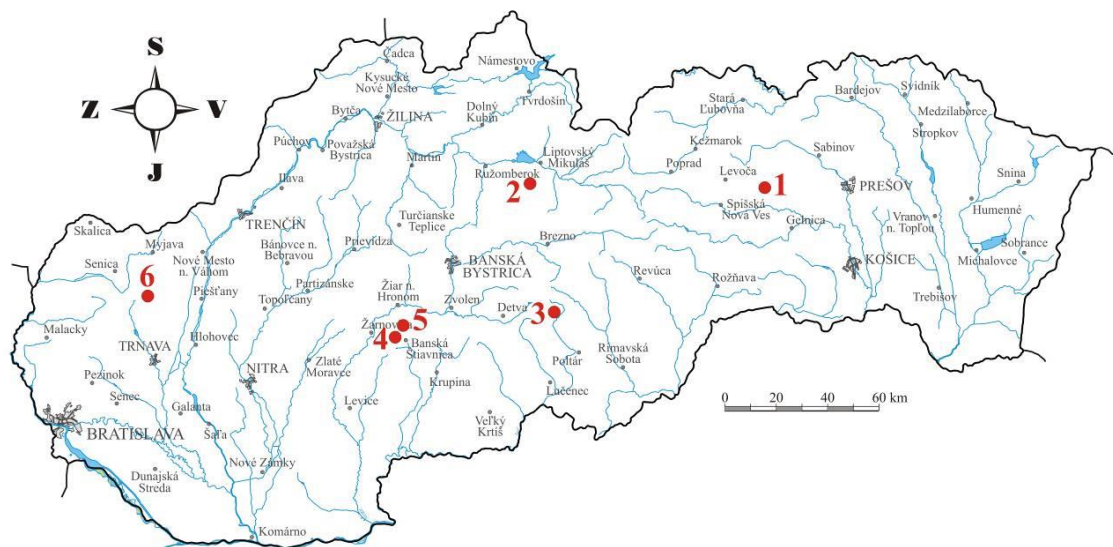
115/2018 6 315/2018	001/2010	3980359.079 ± 0.001	1382291.822 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
214/2015 6 300/2017	001/2010	3980359.099 ± 0.001	1382291.821 ± 0.001	4772771.803 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
260/2012 6 139/2015	001/2010	3980359.091 ± 0.001	1382291.823 ± 0.001	4772771.805 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
072/2012 6 252/2012	001/2010	3980359.082 ± 0.001	1382291.815 ± 0.001	4772771.792 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
012/2005 6 343/2011	001/2010	3980359.080 ± 0.001	1382291.817 ± 0.001	4772771.795 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
185/2003 6 010/2005	001/2010	3980359.064 ± 0.001	1382291.813 ± 0.001	4772771.777 ± 0.001	-0.0002 ± 0.0001	-0.0004 ± 0.0001	-0.0001 ± 0.0001
<u>IGS14</u>	epocha to	Poloha (m)			Rýchlos (m/rok)		
		X	Y	Z	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>
317/2018 6 152/2019	001/2010	3980358.728 ± 0.001	1382292.177 ± 0.001	4772772.007 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
115/2018 6 315/2018	001/2010	3980358.713 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
214/2015 6 300/2017	001/2010	3980358.733 ± 0.001	1382292.174 ± 0.001	4772772.006 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
260/2012 6 139/2015	001/2010	3980358.724 ± 0.001	1382292.176 ± 0.001	4772772.008 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
072/2012 6 252/2012	001/2010	3980358.715 ± 0.001	1382292.168 ± 0.001	4772771.995 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
012/2005 6 343/2011	001/2010	3980358.714 ± 0.001	1382292.171 ± 0.001	4772771.998 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001
185/2003 6 010/2005	001/2010	3980358.697 ± 0.001	1382292.166 ± 0.001	4772771.980 ± 0.001	-0.0176 ± 0.0001	0.0165 ± 0.0001	0.0095 ± 0.0001

### 3. Pohyby pozd ŷ zlomov

Mechanicko-optický dilatometer *TM-71* (Kostak, 1969) je prístroj schopný zaznamenáva 3D mikroposuny v prípade svahových porúch typu plazenia a zosúvania (napr. Ko–ák & Rybá , 1978; Kostak & Cruden, 1990; Petro et al., 1999), ale aj historických objektov (napr. VI ko, 2002; VI ko & Petro, 2002; VI ko, 2004; VI ko et al., 2009). Použitie dilatometrov na sledovanie mikroposunov na aktívnych tektonických poruchách začalo pred 35-timi rokmi v Bulharsku (Avramova-Tacheva et al., 1984) a pokračovalo v Českej republike (napr. Ko–ák, 1998; Štepančíková et al., 2008), Slovenskej republike (napr. Petro et al., 2004; Briestenský & Štemberk, 2008, Briestenský et al., 2007, 2010, 2011, 2014, 2018), Poľsku (napr. Kontny et al., 2005), Taliansku (Borre et al., 2003), Peru (Ko–ák et al., 2002), Grécku (napr. Drakatos et al., 2005; Štemberk & Ko–ák, 2007), Slovinsku (napr. Tšebela et al., 2005; Gosar et al., 2009), Nemecku, Kirgizsku a na Tšpicbergoch (Štemberk et al., 2015).

### 3.1 Základná charakteristika monitorovacej siete

Pohyby pozd fl zlomov boli v roku 2018 sledované pomocou dilatometrov typu *TM-71* osadených v nasledovných lokalitách: Branisko, Demänovská jasky a Slobody, Ipe , Banská Hodru-a, Vyhne a Dobrá Voda (obr. 27).



Obr. 27 Preh ad lokalít, na ktorých boli v roku 2018 monitorované neotektonické poruchy na území SR dilatometrami *TM-71*. 1 ó Branisko, 2 ó Demänovská jasky a Slobody, 3 ó Ipe , 4 ó Banská Hodru-a-Hámre, 5 ó Vyhne, 6 ó Dobrá Voda.

#### **Branisko**

Lokalitu reprezentuje úniková -tôl a tunela Branisko, presnej-ie -indliarsky zlom, ktorý prechádza východným okrajom pohoria Branisko. Zlom má smer SSV ó JJZ a odde uje sedimenty centrálnokarpatského paleogénu (podtatranská skupina) od kry-talinika tatrika ó sever-



ného veporika (Polák a Jacko, 1996). Na tomto styku bol koncom roka 2000 in-talovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 28).

Obr. 28 In-talácia dilatometra *TM-71* v únikovej -tôlni tunela Branisko

#### **Demänovská jasky a Slobody**

Jasky a je sú as ou 40,8 km dlhého (Bella, 2016), nieko kourov ového kra-sového systému nachádzajúceho sa na

pravej strane doliny rieky Demänovka. Jaskynný systém je najdlhší na Slovensku. Morfológicky je okolie jaskyne súčasťou Nízkych Tatier, ktorých územie je dnes národným parkom. Pohorie je budované tromi tektonickými jednotkami – tatrikom, fatrikom a hronikom (Biely et al., 1992). Tatrikum ako subautochtónna jednotka zahŕňa krytalicový fundament a obalové mezozoické jednotky. Sú to dve príkrovové štruktúry sú v príkrovej pozícii a sú tvorené väčšinou vápencami a dolomitmi. Paleogénne sedimenty v okolí jaskyne sú súčasťou post-tektonickej výplne Liptovskej kotliny. Jaskyňa vznikla v stredotriasových vápencoch krídlom anského príkrovu fatrika dlhodobým podpovrchovým pôsobením rieky 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-parallelný s hlavným jaloveckým zlomom (Hók et al., 2000) prechádzajúcim dnom údolia. Dilatometer *TM-71* bol inštalovaný v tzv. úrovnej chodbe (obr. 29), ktorá má približne smer SZ-JV.



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

### **Ipe**

Lokalitu reprezentuje dolina horného toku Ipe a nad obcou Ipe, 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 parallelných SV-JZ zlomov (Pospíšil et al., 1989). Dolina Ipe je budovaná staropaleozoickými metamorfovanými (pararuly, ortoruly a migmatity) a magmatickými (granity, granodiority, tonality a aplity) horninami krytalicového jadra veporika (Bezák et al., 1999). Horniny vo vnútri zlomového pásma širokého viac než 600 m sú silno tektonicky porušené a mylonitizované (Ondrášek et al., 1987). Na jednom zlome systému, v bývalej prieskumnej štolni Izabela, bol v roku 2002 inštalovaný dilatometer *TM-71* (obr. 30).

### **Banská Hodruša (Hámre)**

Lokalita sa nachádza v Hlavnických vrchoch, asi 9 km na Z od Banskej Hlavnice. Na inštaláciu dilatometra *TM-71* (obr. 31) bolo vybrané miesto kríženia dvoch zlomov (SV-JZ a SZ-JV) vo vnútri štolne Vechsvätých (stará). Štola je vyrazená v kremenno-dioritových

porfýroch reprezentujúcich strednú stratovulkanickú –truktúru (Kone ný et al., 1998). Orientácia zlomov a horninových dajok v bansko–tiavnickom stratovulkáne odráža zmeny v smeroch paleonapätí po as neogénu (Nem ok et al., 2000). Vä –ina zlomov má orientáciu SSV–JJZ.



*Obr. 30 In–talácia dilatometra TM-71 v prieskumnej –tôlni Izabela na lokalite Ipe*



*Obr. 31 In–talácia dilatometra TM-71 v –tôlni V–ech–svätých (stará) na lokalite Banská Hodruša (Hámre)*

### Vyhne

Lokalita sa nachádza asi 9 km na SZ od Banskej Tiavnice a je súčasťou bansko–tiavnického stratovulkánu. Dilatometer TM-71 bol inštalovaný v roku 2005 na S–J zlomovej poruche vo vnútri opustenej –tôlne sv. Anton Paduánsky (obr. 32). –tôľ a bola vyrazená v tektonicky porušených porfýrických granodioritoch (tzv. vyhnianska drvená flula).



*Obr. 32 In–talácia dilatometra TM-71 v opustenej –tôlni 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 umožní uje koreláciu výsledkov monitoringu so seizmickými udalosťami v regióne a jeho –ír–om okolí. Zber údajov

bol realizovaný v spolupráci s Geofyzikálnym odborom ÚVZ SAV.

## ***Dobrá Voda***

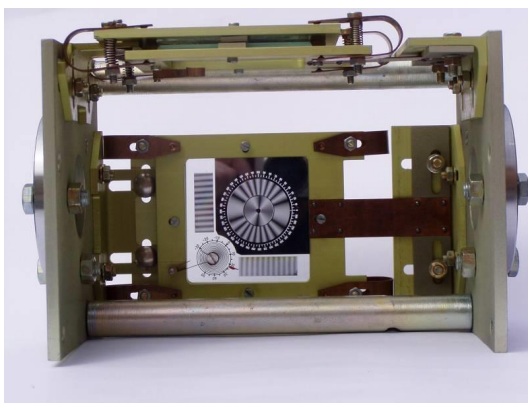
Lokalita sa nachádza v severnej časti Malých Karpát južne od Brezovej pod Bradlom. Morfológicky ide o dobrovodskú depresiu, ktorou prechádza zlom smeru SV-JZ. Podľa Maglay et al. (1999) bol zlom aktívny od stredného pleistocénu do holocénu. Oblasť Dobrej Vody je známa ako seizmicky aktívna. V minulosti tu bolo zaznamenané jedno z najsilnejších zemetrasení na tomto území. Najsilnejšie známe zemetrasenie z 9. 1. 1906 v okolí Dobrej Vody malo epicentrálnu intenzitu  $I_0 = 8,5^\circ$  MSK-64 (23 hod 07 min,  $48,58^\circ$  N,  $17,46^\circ$  E,  $h = 10$  km,  $M_L = 5,7$ ). V máji roku 2004 bol Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR, v. v. i. Praha (ÚSMH AV ČR) na zlome inštalovaný jeden dilatometer *TM-71* (obr. 33).



*Obr. 33 Inštalácia dilatometra TM-71 na tektonickej poruche na lokalite Dobrá Voda*

### **3.2 Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia**

Na monitorovanie posunov na vybraných neotektonických poruchách sa v rámci danej úlohy aj v roku 2018 používali mechanicko-optické dilatometry typu *TM-71* (obr. 34). Prístroj je schopný merať veľmi pomalé posuny, t. j.  $\leq 0,01$  mm a rotácie 0,01 gr. Merania sa realizujú



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

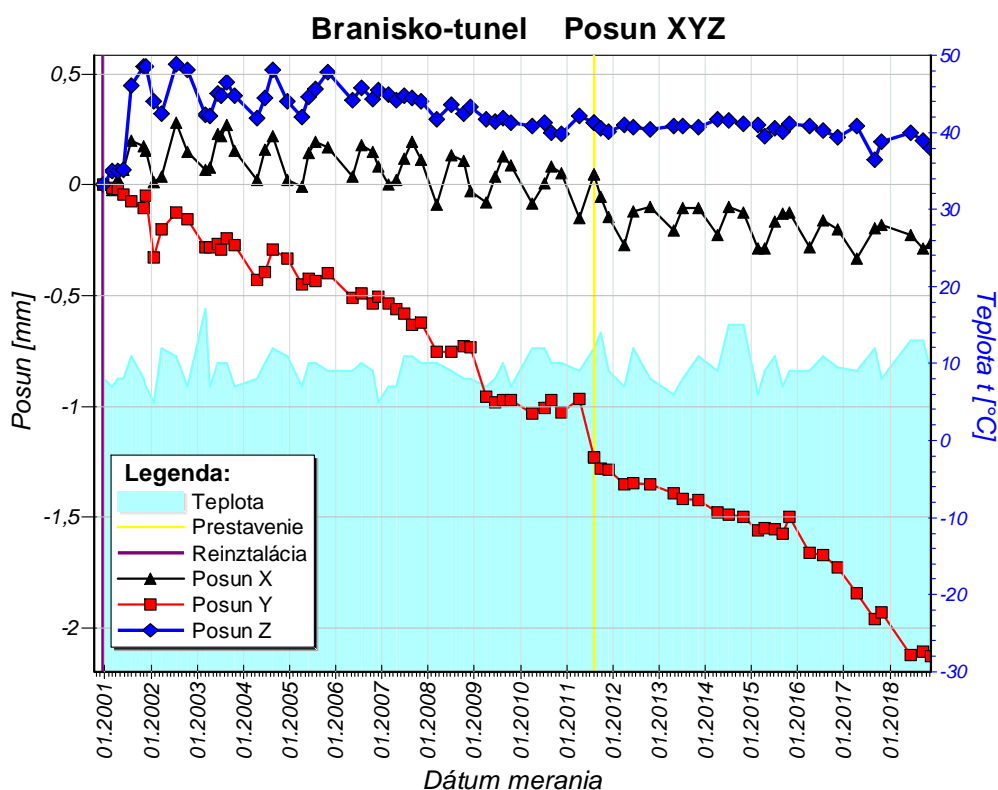
*Obr. 34 Mechanicko-optický dilatometer typu TM-71*

Dilatometrami typu *TM-71* sa v roku 2018 zabezpečoval zber údajov na vŕtkých lokalitách vizuálnym odŕtaním, resp. fotograficky s frekvenciou 6x o Vyhne, 3x o Branisko, Banská Hodruša-Hámre a Ipeľ, 4x o Demänovská jaskyňa a Slobody a 8x o Dobrá Voda. Odŕtanie údajov na lokalite Dobrá Voda bolo aj v roku 2018 zabezpečené českými kolegami z ÚSMH AV ČR. Treba uviesť, že 4 merania ročne sa pre daný typ prístroja považujú za minimálne kvôli dostatočne presnej interpretácii výsledkov vzhľadom na sezónnu dilatáciu masívu a koreláciu výsledkov so seizmickými udalosťami. Z tohto dôvodu by bolo vhodné plánovať v budúcnosti na vŕtkých lokalitách najmenej 4 merania ročne.

### 3.3 Výsledky monitorovania

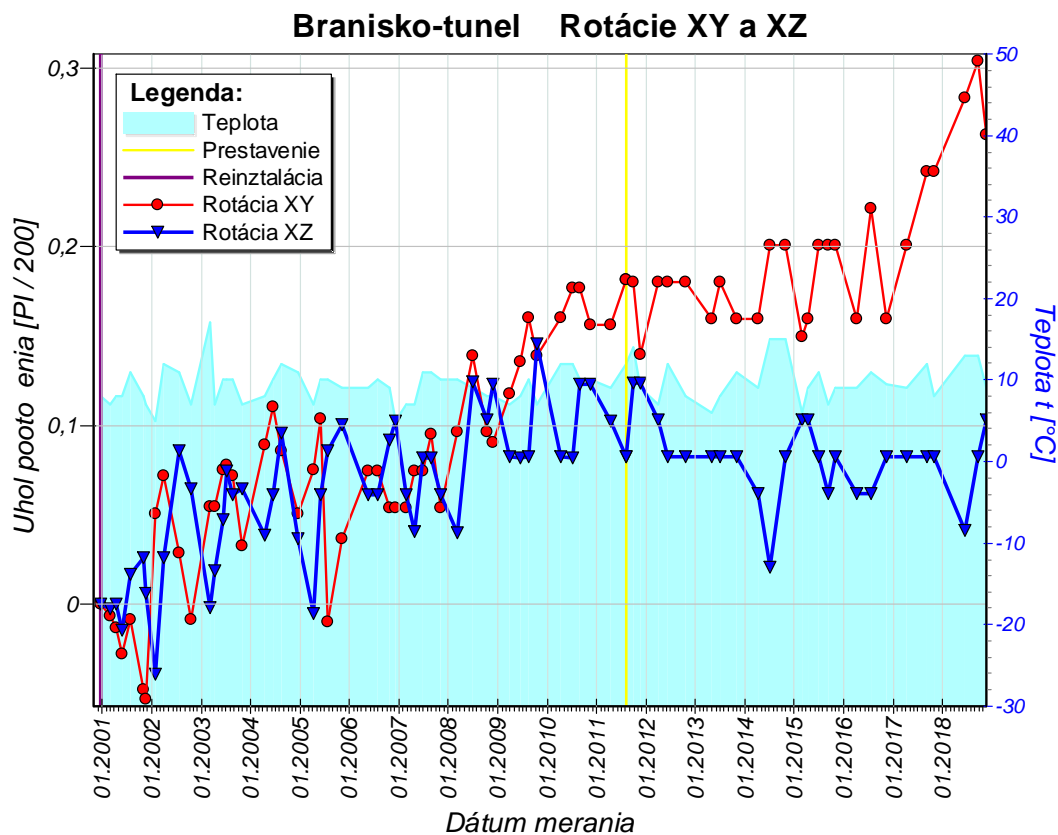
#### *Branisko*

Výsledky meraní potvrdili aj v roku 2018 pretrvávajúci a zreteľný trend narastania –mykového pohybu pozdĺž indliarskeho zlomu (v smere osi *y*). Berúc do úvahy vzájomnú priestorovú orientáciu dilatometra a monitorovaného zlomu je tento pohyb interpretovaný ako pravostranný. Jeho celková hodnota dosiahla v novembri hodnotu 2,127 mm (obr. 35). Oproti roku 2017 narástol posun o 0,199 mm. Pohyb je progresívny a jeho priemerná rýchlosť je



Obr. 35 Posun tektonických blokov pozdĺž indliarskeho zlomu (osi *x*, *y*, *z*) zaznamenaný dilatometrom *TM-71* za obdobie rokov 2000 o 2018.

0,118 mm.rok<sup>-1</sup>. Tmavý pohyb ufl v minulosti spôsobil vznik niekoľkých trhlin po oboch stranách zlomu v samotnej tunelovej rúre. Otváranie trhliny (pohyb v smere osi *x*) je veľmi pomalé, avšak jeho dlhodobý trend je zrejмый. V roku 2018 tento pohyb stagnoval, celkové otvorenie dosiahlo 0,259 mm. Pokles (os *z*) východného bloku (hanging wall) v roku 2018 tiež stagnoval na úrovni cca 0,2 mm. Kým trend rotačného pohybu v rovine *XY* je zrejмый, v rovine *XZ* pohyb od roku 2007 stagnuje (obr. 36). V oboch prípadoch ide o zanedbateľné hodnoty (do 0,31 gr). Rotácia východného bloku prebieha proti smeru pohybu hodinových ručičiek, t. j. na JJZ.

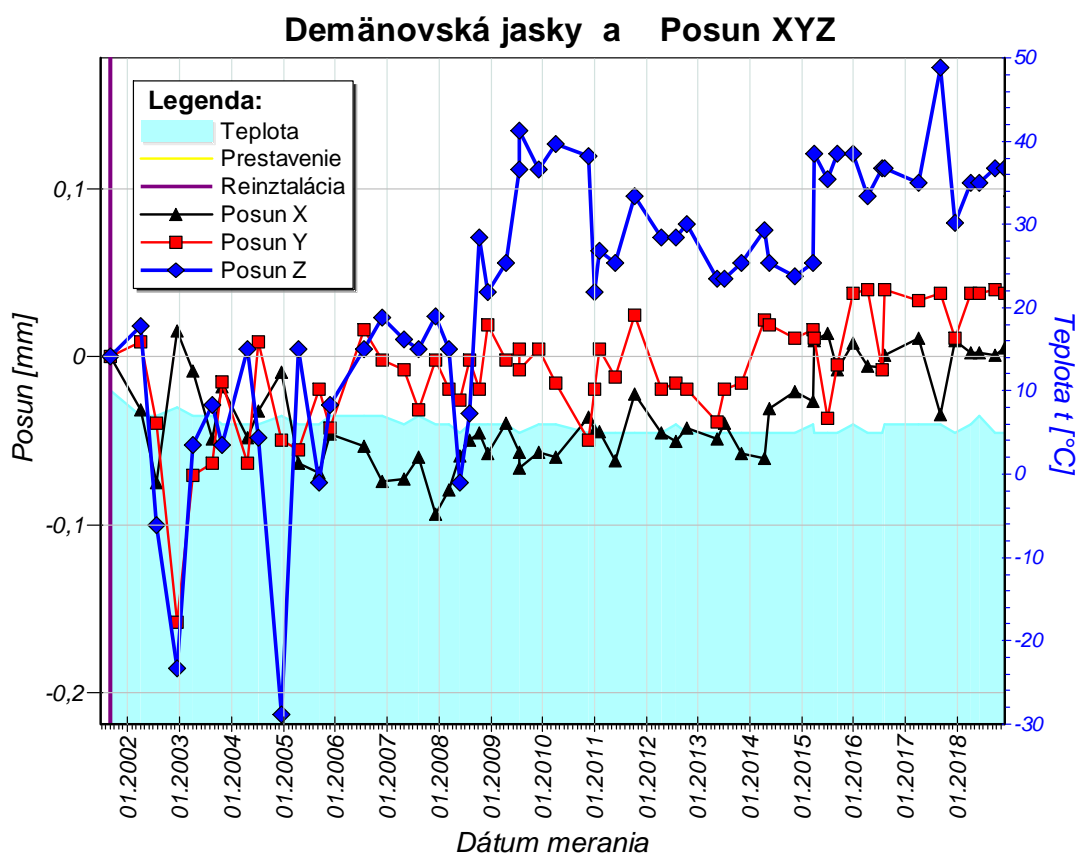


Obr. 36 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (*XY*) a zvislej rovine (*XZ*) zaznamenané dilatometrom TM-71 na indliarskom zlome za obdobie rokov 2000 ó 2018.

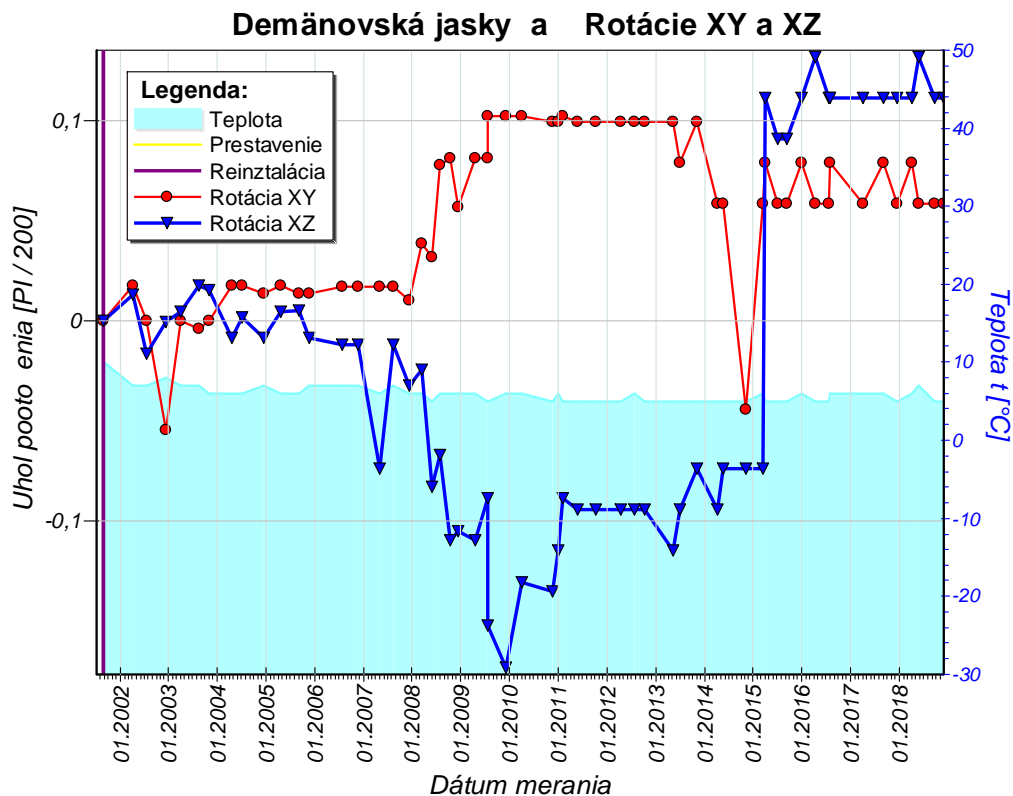
Vzhľadom na významnosť lokality je potrebné ďalšie sledovanie pohybu na zlome. Národná diaľničná spoločnosť (NDS), ako prevádzkovateľ tunela, je každoročne oboznamovaná formou krátkej správy o vývoji pohybov na zlome. V prípade výrazného zvýšenia pohybovej aktivity bude NDS okamžite poskytnutá príslušná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

## Demänovská jasky a Slobody

Od inštalácie dilatometra (august 2001) na zlome SZ-JV smeru je zrejماً mierna pohybová aktivita pozdĺž všetkých troch osí  $x$ ,  $y$  a  $z$  (obr. 37). Slabý, ale najvýznamnejší pohyb, bol zistený v smere osi  $z$  (vertikálny pohyb pozdĺž zlomovej poruchy), ktorý je interpretovaný ako pokles východného bloku (hanging wall). V roku 2015 sa opäť zmenil trend pohybu oproti obdobiu 2010 a 2014. Pokles od roku 2016 stagnuje na úrovni cca 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska ide o typické oscilácie v pohybovej aktivite (roky 2008, 2011). Otváranie trhliny (posun v smere osi  $x$ ) aj mykový pohyb pozdĺž zlomovej poruchy (os  $y$ ) od roku 2016 tiež stagnujú pri celkových pohyboch nepresiahli 0,1 mm. Z dlhodobého hľadiska je však trend nárastu pohybu pozdĺž oboch osí napriek malým hodnotám zrejماً. Mykový pohyb sa interpretuje ako pravostranný. Rotácie blokov v horizontálnej ( $XY$ ) i vertikálnej ( $XZ$ ) rovine sú zatiaľ zanedbateľné (obr. 38). V priestore indikujú rotácie pravotočivý pohyb východného bloku.



Obr. 37 Posun tektonických blokov pozdĺž jaloveckého zlomu (osi  $x$ ,  $y$  a  $z$ ) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Demänovská jasky a Slobody za obdobie rokov 2001 a 2018.



Obr. 38 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na jaloveckom zlome za obdobie rokov 2001 ó 2018.

### Ipe

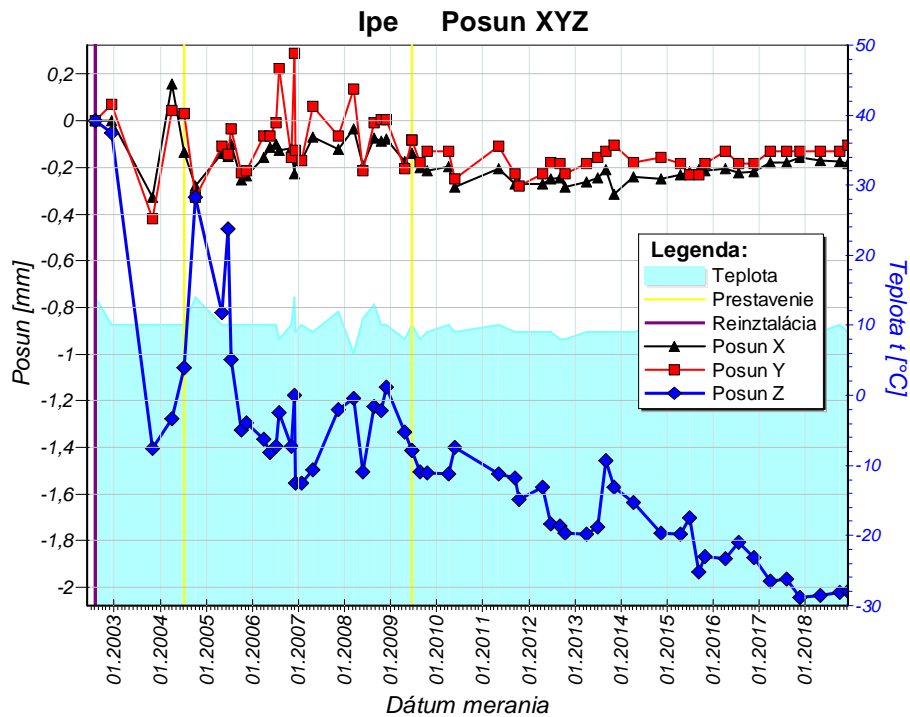
Trend dlhodobého pomalého poklesávania JV bloku je zreteľný, hoci v roku 2018 stagnoval na úrovni cca 2 mm (obr. 39). V tomto roku stagnoval aj –mykový pohyb pozdĺž zlomu (os y) a otváranie trhliny (os x), pričom celkové doterajšie pohyby dosiahli 0,13 a 0,11 mm. Rotácie blokov v rovinách XY a XZ sú zanedbateľné (obr. 40).

### Banská Hodruša a Hámre

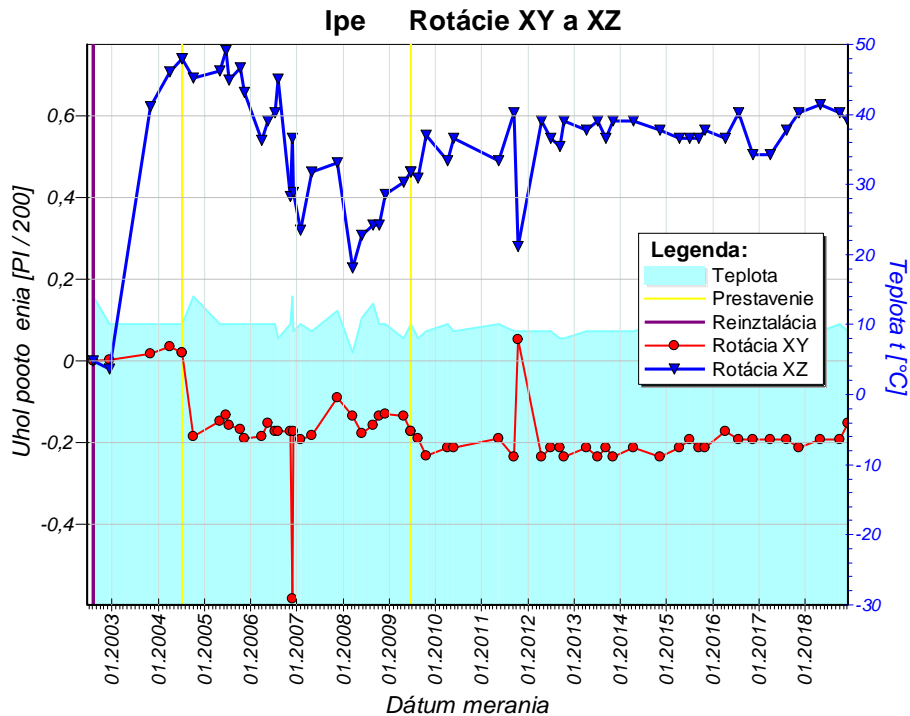
Merania mikroposunov na danej lokalite nepreukázali ani v roku 2018 žiadny významnejší pohyb blokov (obr. 41). Dlhodobá stagnácia v smere vŕtkých troch osí pretrváva od roku 2011. Rotácie blokov v horizontálnej (XY) i vertikálnej (XZ) rovine sú zanedbateľné (obr. 42).

### Vyhne

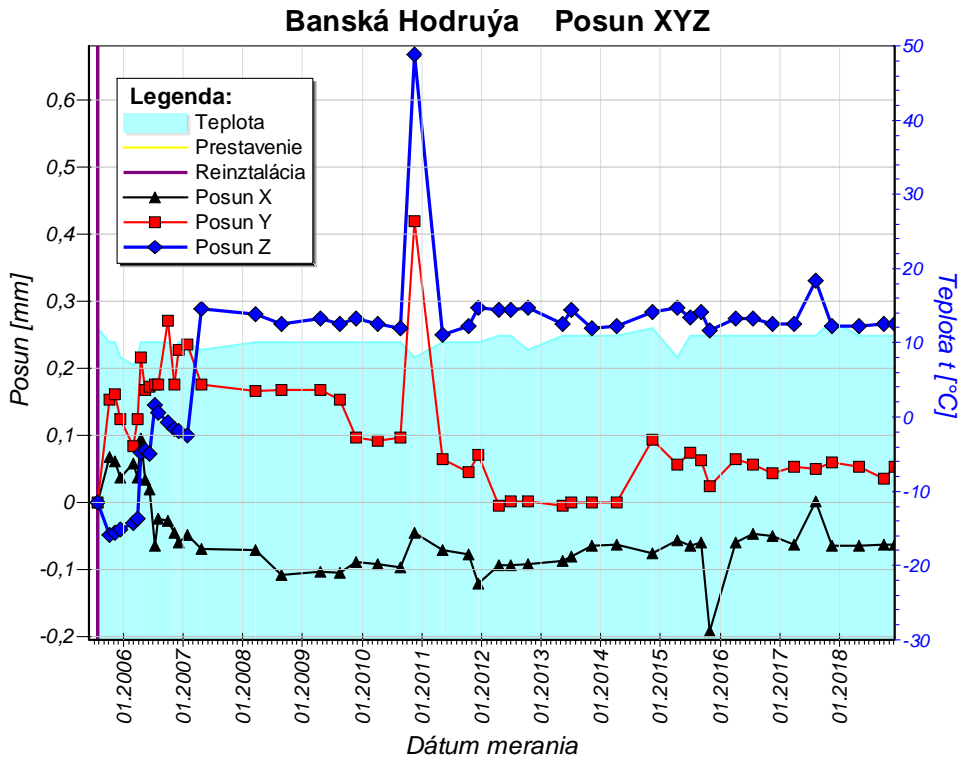
Stagnácia pohybov v smere osi y (–mykový posun) a z vertikálny posun), ktorá začala vo februári 2017 pokračovala aj v roku 2018. Mykový posun dosiahol na konci roka 2018 hodnotu 1,116 mm, pokles 0,080 mm. Za 13,3 rokov meraní je celkový trend pohybu pozdĺž zlomovej poruchy jasný a je interpretovaný ako dvostranný. Priemerná rýchlosť posunu za rok je



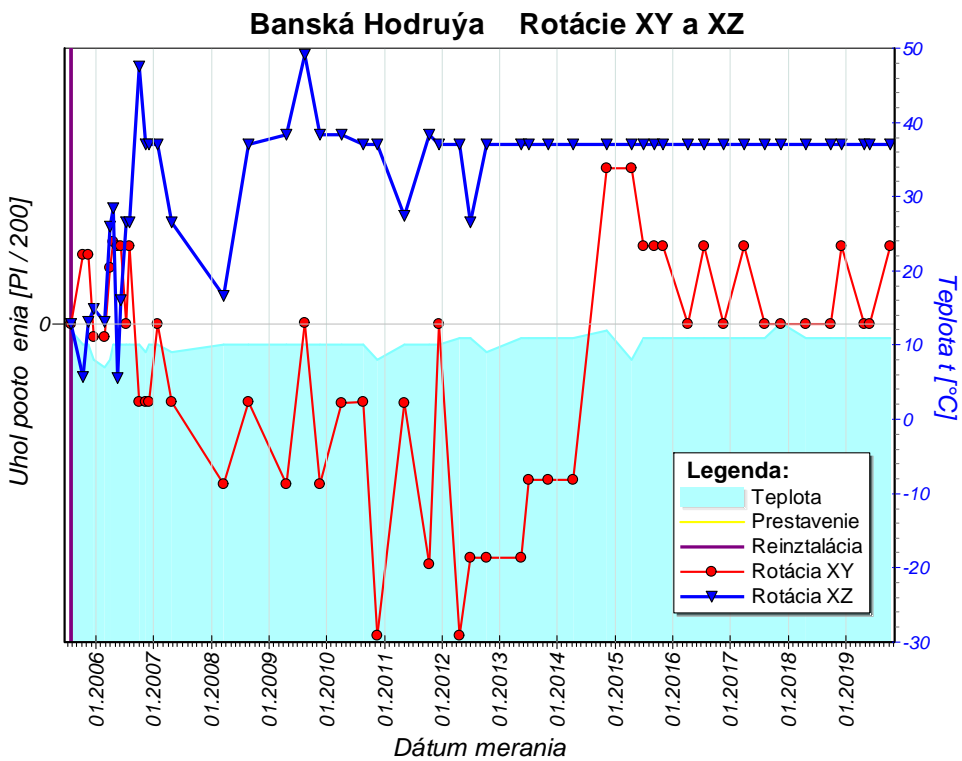
Obr. 39 Posun tektonických blokov pozdĺž jedného z muránskych zlomov (osi x, y, z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v ťôlni Izabela na lokalite Ipe za obdobie rokov 2002 ó 2018.



Obr. 40 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v ťôlni Izabela na lokalite Ipe za obdobie rokov 2002 ó 2018.



Obr. 41 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi  $x$ ,  $y$  a  $z$ ) zistený dilatometrom TM-71 v ťôlni V-echsvätých (stará) lokalite Banská Hodruša ó Hámre za obdobie rokov 2005 ó 2018.

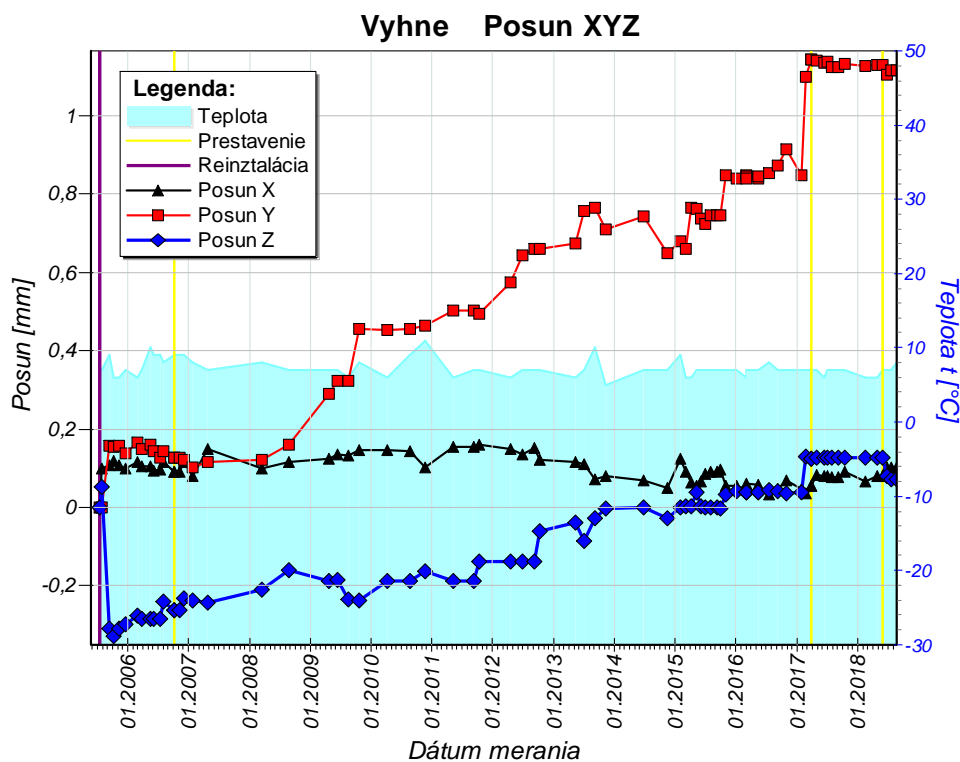


Obr. 42 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zistené dilatometrom TM-71 v ťôlni V-echsvätých (stará) na lokalite Banská Hodruša-Hámre za obdobie rokov 2005 ó 2018.

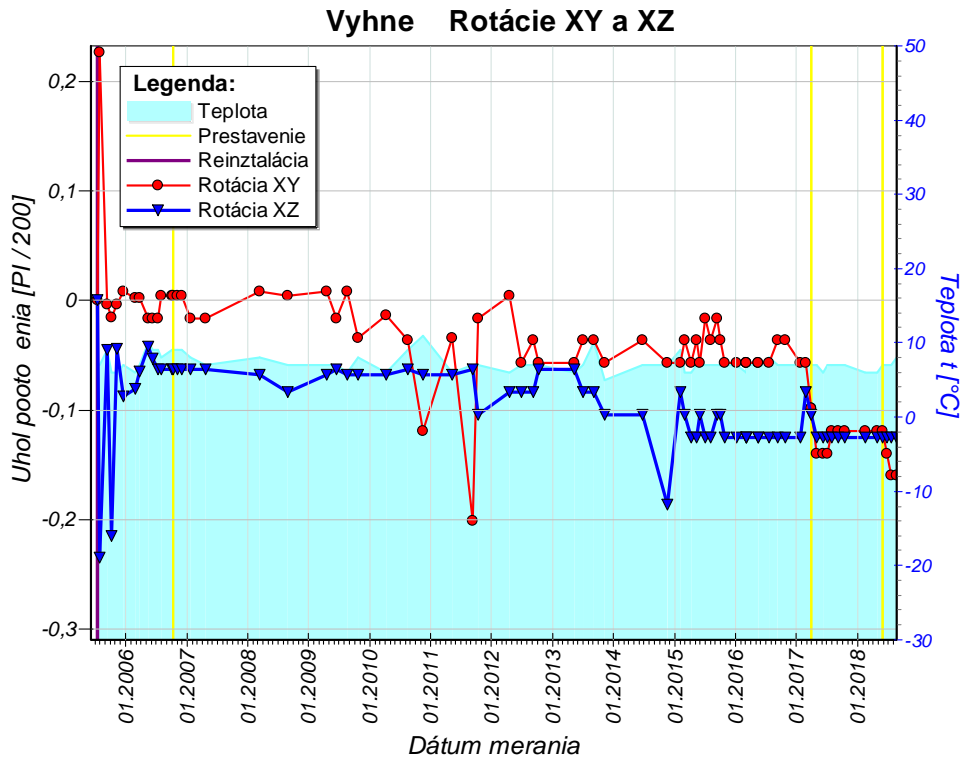
0,084 mm (obr. 43). Z dlhodobého pohľadu je zrejмый aj trend narastania poklesu jedného z jedného z tektonických blokov. Otváranie trhliny (pohyb v smere osi  $x$ ) sa za celú dobu monitorovania prakticky neprejavuje. Celková hodnota pohybu v tomto smere neprekročí 0,11 mm. Doposiaľ namerané rotácie blokov v oboch rovinách ( $XY$  a  $XZ$ ) sú bezvýznamné (obr. 44).

### Dobrá Voda

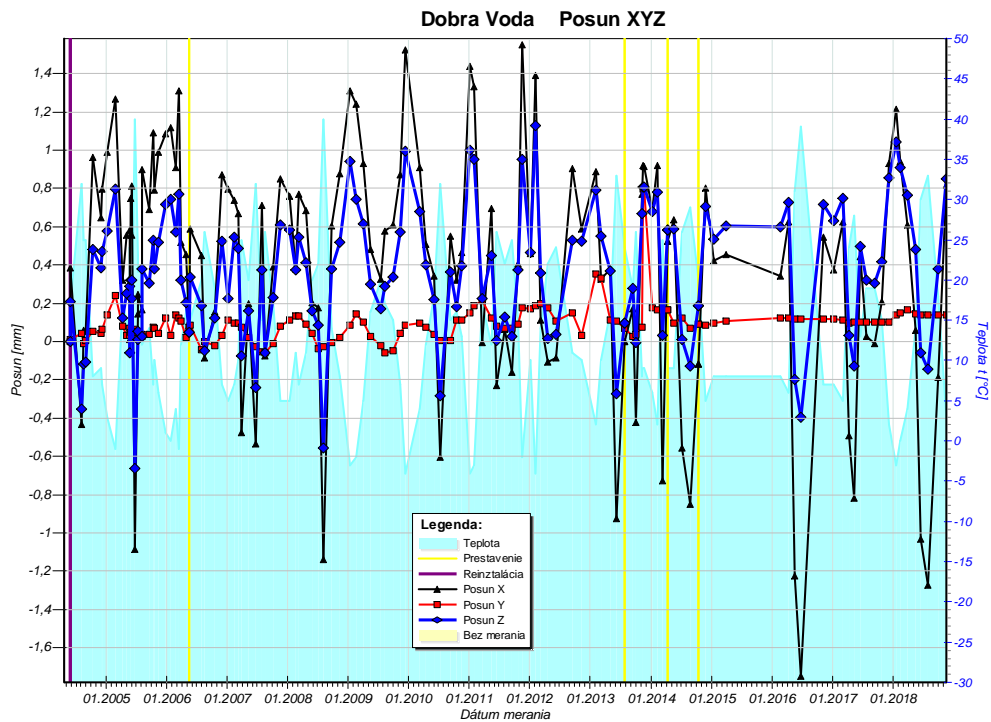
Aj v roku 2018 pokračovala na tejto lokalite spolupráca s Ústavom trucky a mechaniky hornin Akademie Věd ČR v Prahe. Českí kolegovia uskutočnili 8 odštartí hodnôt nameraných dilatometrom TM-71. Z interpretácie poskytnutých údajov je zrejмый, že po stagnácii v roku 2015 pokračoval slabý dlhodobý trend poklesu (os  $z$ ) jedného z monitorovaných blokov. Vzhľadom na veľké teplotné výkyvy je ťažké stanoviť presnú hodnotu celkového poklesu. Otváranie trhliny (os  $x$ ) v roku 2016 nabralo opačný trend v dôsledku oscilácií vyvolaných sezónnymi výkyvmi teplôt. Takýto vývoj pokračoval aj v rokoch 2017 a 2018. Dlhodobý trend veľmi pomalého narastania mykového posunu pozdĺž zlomu (os  $y$ ) sa od konca roku 2014 neprejavuje, keďže namerané hodnoty stagnujú približne na celkovej hodnote 0,14 mm (obr. 45).



Obr. 43 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) zaznamenaný dilatometrom TM-71 v ťôlni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 ó 2018.

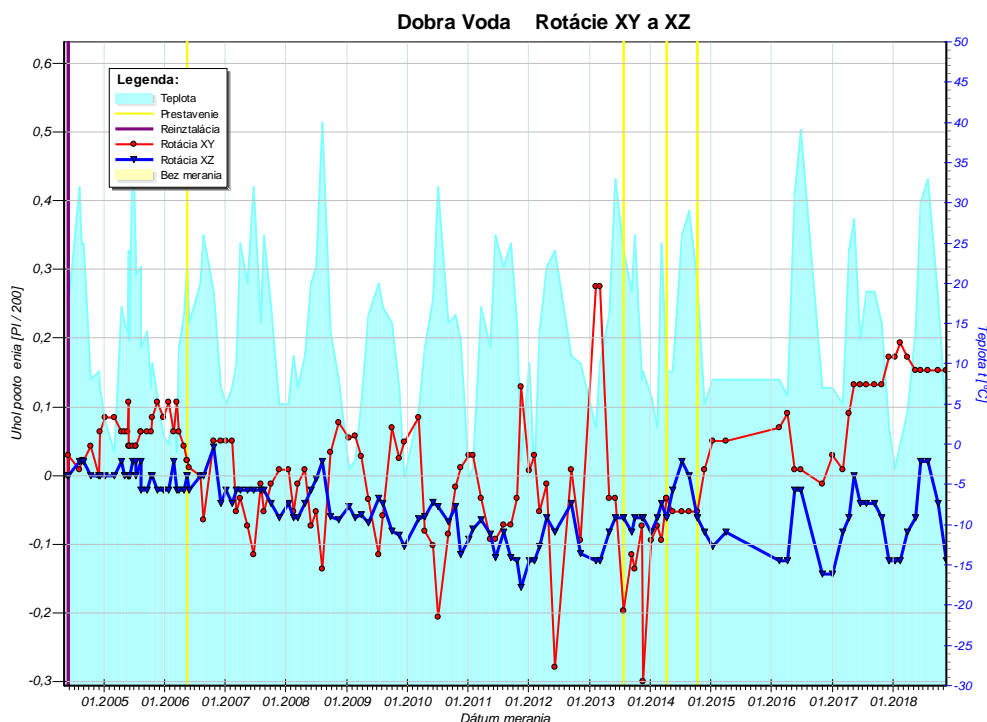


Obr. 44 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 v ťolni sv. Anton Paduánsky na lokalite Vyhne za obdobie rokov 2005 ó 2018.



Obr. 45 Posun tektonických blokov na monitorovanom zlome (osi x, y, z) zaznamenaný dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 ó 2018.

Z grafu rotácií (obr. 46) je evidentný pokračujúci trend otáčania v oboch navzájom kolmých rovinách (XY a XZ), ktorý však dosahuje iba minimálne hodnoty. Zaujímavý je fakt, že v oboch rovinách došlo k zmene trendu otáčania. V rovine XY to bolo v roku 2013, v rovine XZ v roku 2016. Výkyv v rotácii v rovine XY na konci roka 2012 veľmi dobre koreponduje so slabým zemetrasením ( $M = 1,6$ ) zaznamenaným 18. 11. 2012 pri Čhtelnici. Jeho epicentrum bolo iba pár kilometrov na SZ od obce, teda v smere k Dobrej Vode. Výsledky meraní posunov a súvislosť so seizmickou aktivitou územia do roku 2010 v celej oblasti Malých Karpát boli sumarizované v publikáciách Briestenský et al. 2007 a 2010.



Obr. 46 Rotácie tektonických blokov vo vodorovnej (XY) a zvislej rovine (XZ) zaznamenané dilatometrom TM-71 na lokalite Dobrá Voda za obdobie rokov 2004 ó 2018.

### 3.4 Diskusia

Výsledky dlhodobého monitorovania posunov na vybratých neotektonických poruchách na území SR, resp. v roku 2018 dilatometrami typu TM-71 možno zhrnúť do nasledovných bodov:

1. Na väčšine lokalít sa v roku 2018 neprejavili výraznejšie recentné tektonické pohyby, presnejšie pohyby stagnovali. Najvýraznejší pohyb bol zaznamenaný na lokalite Branisko, kde pokračoval mykový (pravostranný) posun pozdĺž indliarskeho zlomu.
2. Výsledky monitoringu majú veľký praktický význam z hľadiska stability najmä na lokalitách Ipe (plánovaná výstavba pre čerpávej vodnej elektrárne s výkonom cca 700 MW), Branisko

(dia ni ný tunel v prevádzke) a Demänovská jaskyňa a Slobody (národná prírodná pamiatka a jeden z najnavštevovanejších turistických objektov v SR).

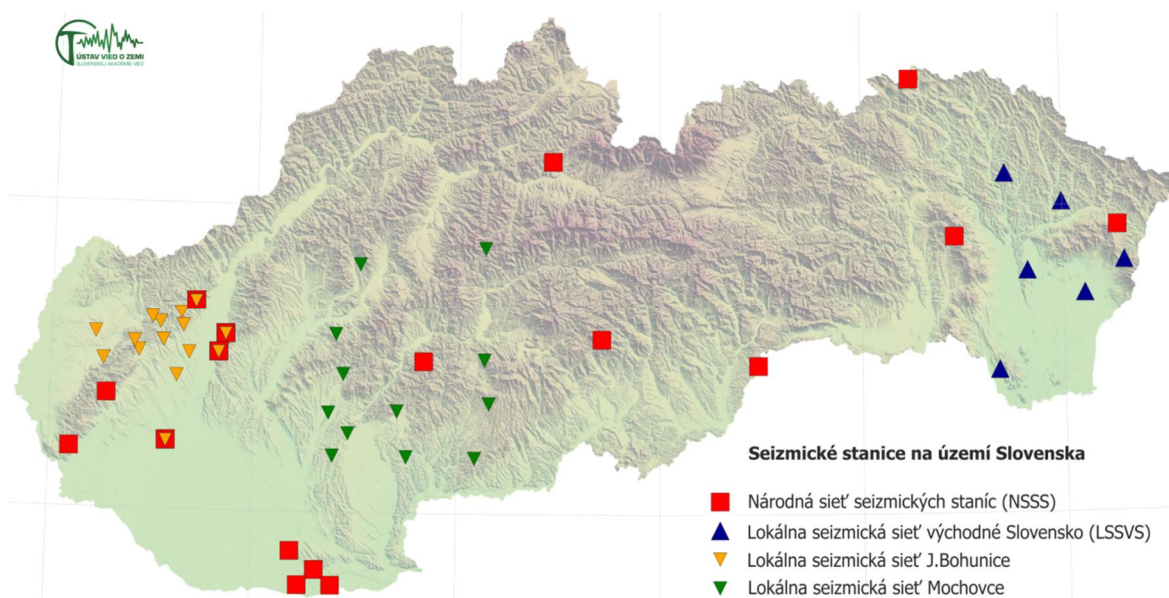
Vzhľadom na uvedenú dôležitosť lokalít navrhujeme s pokračovaním monitorovacích prác aj v roku 2019 a s frekvenciou meraní minimálne 4x za rok.

#### 4. Monitorovanie seizmických javov

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

Tab. 2 Národná sieť seizmických staníc na území SR (stav v roku 2018)

Bratislava (ZST)	Kolonické sedlo (KOLS)
Červenica (CRVS)	Liptovská Anna (LANS)
Vyhne (VYHS)	Izabela (IZAB)
Modra (MODS)	Moča (SRO2)
Hurbanovo (HRB)	Stebnícka Huta (STHS)
Iľľa (SRO1)	Trnávka (SRO)
Kečovo (KECS)	



Obr. 47 Seizmické stanice na území Slovenska (stav v roku 2018).

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

Vekej Británii. Na staniciach ZST, CRVS, VYHS, KOLS a MODS sú nainštalované širokopásmové seizmometre, ostatné seizmické stanice sú vybavené krátkoperiodickými seizmometrami, seizmická stanica HRB strednoperiodickým seizmometrom.

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

Zemepisné súradnice jednotlivých seizmických staníc NSSS, spolu s nadmorskou výškou a technickými parametrami a pokrytie územia Slovenskej republiky seizmickými stanicami, sú znázornené v tab. 3. V septembri 2018 bola, z dôvodu zmeny majetko-právnych vzťahov v dobytvačom priestore opáľových baní, prevádzka seizmickej stanice CRVS ukončená. Po nájdení náhradnej vhodnej lokality bude seizmická stanica premiestnená a opätovne uvedená do prevádzky.

Tab. 3 Charakteristiky seizmických staníc Národnej siete seizmických staníc SR (stav v roku 2018)

Stanica	ISC kód	Zem. šírka [°N]	Zem. dĺžka [°E]	Nadm. výška [m]	Seizmometer	DAS	Vzorkovacia frekvencia [údaj/sek.]	Registrácia, prenos údajov	Dátový formát
Bratislava Žel. Studnička	ZST	48.196	17.102	250	3x SKD	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Červenica	CRVS	48.902	21.461	476	STS-2	Wave24	100		mSEED
Vyhne	VYHS	48.493	18.836	450	STS-2	Wave24	100		mSEED
Modra-Piesok	MODS	48.373	17.277	520	STS-2	Wave32	100		mSEED
Hurbanovo	HRB	47.873	18.192	115	2x Mainka	Analog	-	začadený papier, off-line	-
Izabela	IZAB	48.569	19.713	450	3x SM3	Wave24	100	kontinuálna, v reálnom čase	mSEED
Iža	SRO1	47.762 2	18.2328	111	LE3D	PCM	20		mSEED
Kečovo	KECS	48.483	20.486	345	LE3D	Wave24	100		mSEED
Kolonické sedlo	KOLS	48.933	22.273	460	Guralp-6T-30s	Wave32	100		mSEED
Liptovská Anna	LANS	49.151	19.468	710	LE3D	SEMS	100		mSEED
Moča	SRO2	47.763	18.394	109	Guralp-40T-1s	Wave24	100		mSEED
Stebnícka Huta	STHS	49.417	21.244	534	LE3D	Wave24	100		mSEED
Šrobárová	SRO	47.813	18.313	150	3x SKM-3	Wave24	100		kontinuálna, v reálnom čase

#### 4.1 Dátové a spracovateľské centrum

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

Dátové a spracovateľské centrum vykonáva automatické lokalizácie, ktoré sú k dispozícii do 10 minút po zaznamenaní seizmického javu. V ďalšom kroku je vykonávaná manuálna analýza, v rámci ktorej sú pre každý seizmický jav určené fázy príchodov jednotlivých druhov seizmických vln (fáz) a pre vybrané zemetrasenia sú určené amplitúdy a periódy vybraných fáz, vypočítaná magnitúda a vykonaná lokalizácia. *V roku 2018 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 11704 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo viac ako 45800 seizmických fáz.*

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

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

#### 4.2 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR

V roku 2018 bolo na základe záznamov seizmických staníc NSSS seizmometricky lokalizovaných 86 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, fázy príchodov a epicentrálna vzdialenosť pre danú seizmickú stanicu) sú archivované v databáze ÚVZ SAV.

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

### 4.3 Makroseizmicky pozorované zemetrasenia na území Slovenskej republiky

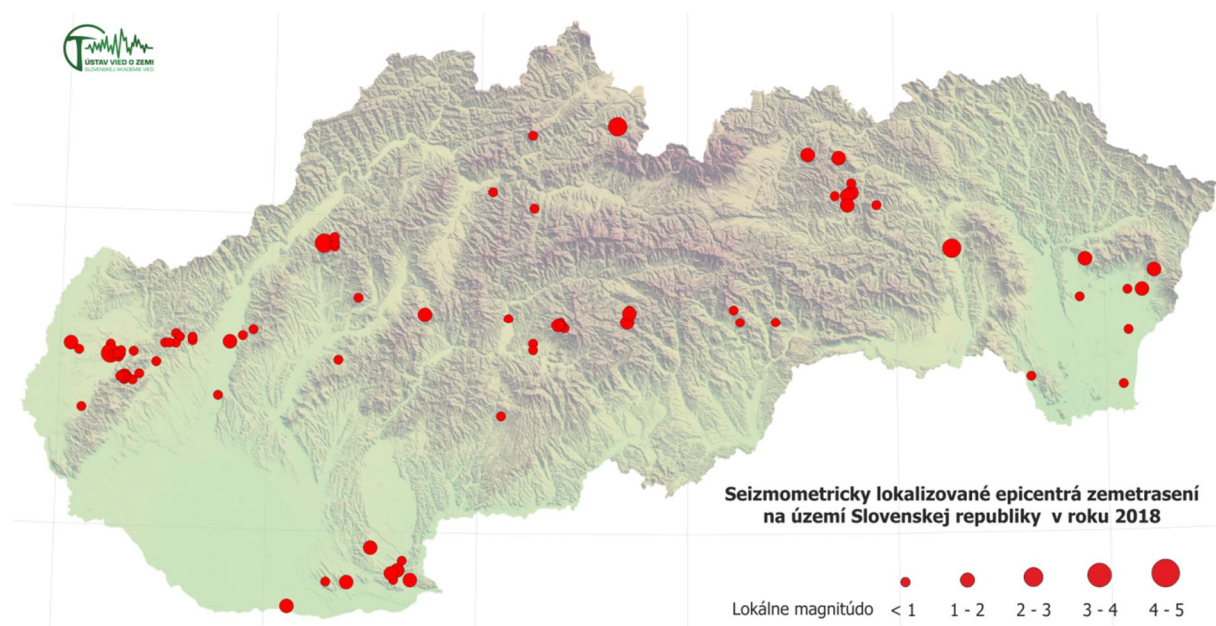
V roku 2018 bolo na území Slovenska makroseizmicky pozorovaných a seizmometricky lokalizovaných 5 zemetrasení.

Tab. 4 Seizmometricky lokalizované zemetrasenia s epicentrom na území SR v roku 2018

Deň	Čas (UTC) hh:mn:sec	Geograf. dĺžka	súradnice šírka	Hĺbka (km)	M <sub>L</sub>	I <sub>0</sub> (EMS)	Lokalita / Oblasť
<b>Január</b>							
1	04:33:48.46	48,67 N	19,71 E	0	1,6	pocítené	Veporské vrchy
2	06:00:19.98	48,71 N	19,72 E	0	0,5		Veporské vrchy
2	06:09:55.23	48,70 N	19,72 E	0	0,1		Veporské vrchy
2	07:28:58.28	48,70 N	19,72 E	0	1,1		Veporské vrchy
4	16:37:15.40	48,76 N	22,11 E	5,6	0,6		Vihorlatské vrchy
7	05:14:37.79	48,54 N	18,33 E	9,8	0,1		Tribeč
7	07:26:25.43	48,74 N	18,42 E	0	-		Strážovské vrchy
12	15:24:13.62	49,19 N	20,73 E	0	1,4		Levočské vrchy
17	05:49:52.23	47,84 N	18,39 E	0	2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
31	11:16:09.62	49,08 N	20,79 E	0	1,8		Levočské vrchy
<b>Február</b>							
2	02:11:44.21	47,84 N	18,29 E	3,8	0,9		Šamorín-Komárno-Štúrovo
20	14:16:48.11	49,04 N	20,91 E	7,9	-		Levočské vrchy
21	11:50:42.93	48,58 N	17,50 E	0	0,5		Malé Karpaty
25	13:16:32.77	48,37 N	17,11 E	6,5	1		Malé Karpaty
28	18:46:07.31	48,63 N	17,92 E	1,2	0,6		Považský Inovec
<b>Marec</b>							
2	17:24:25.97	49,03 N	19,26 E	0	0,4		Liptov
5	20:21:44.84	48,61 N	17,87 E	3,4	-		Považský Inovec
13	11:47:07.14	48,49 N	21,64 E	0	-		Zemplínske vrchy
13	20:05:11.06	48,69 N	18,74 E	0	1,8		Vtáčnik
14	08:48:28.14	47,95 N	18,50 E	0	1,1		Podunajská pahorkatina
14	13:54:42.37	49,08 N	19,06 E	0	-		Veľká Fatra
21	00:47:23.24	48,46 N	17,31 E	1,1	-		Malé Karpaty
<b>Apríl</b>							
5	02:51:39.39	47,76 N	18,11 E	2,9	1,7	pocítené	Šamorín-Komárno-Štúrovo
10	23:30:20.01	49,20 N	20,58 E	0	1,1		Levočské vrchy
15	01:21:02.53	49,26 N	19,25 E	0	0,6		Orava
22	17:10:18.02	48,82 N	22,24 E	4,4	1,4		Vihorlatské vrchy
26	13:04:46.31	48,59 N	17,81 E	0	1,2		Považský Inovec
<b>Máj</b>							
7	21:23:58.66	48,47 N	17,31 E	0,6	1,3		Malé Karpaty
15	19:02:48.45	48,67 N	20,25 E	0,9	0,5		Revúcka vrchovina

16	08:13:00.88	48,86 N	21,91 E	3	1,2		Vihorlatské vrchy
28	08:52:39.19	48,59 N	17,63 E	0	-		Malé Karpaty
31	21:08:24.39	48,74 N	21,88 E	0	0,5		Vihorlatské vrchy
<b>Jún</b>							
6	15:08:15.15	48,42 N	17,76 E	0	-		Považský Inovec
11	09:11:40.00	49,07 N	20,77 E	0	1,4		Levočské vrchy
17	20:40:56.26	48,61 N	17,55 E	0	0,7		Malé Karpaty
25	02:00:03.41	48,46 N	17,35 E	0	-		Malé Karpaty
27	16:52:57.94	48,52 N	17,46 E	1,9	-		Malé Karpaty
<b>Júl</b>							
7	16:50:49.77	48,47 N	17,32 E	3,3	-		Malé Karpaty
17	00:54:54.25	48,63 N	22,11 E	14,6	0,8		Východoslovenská rovina
19	19:56:36.71	48,55 N	17,35 E	0,2	0,1		Malé Karpaty
20	13:44:18.40	49,04 N	20,77 E	0	1,2		Levočské vrchy
26	21:28:02.54	48,60 N	19,26 E	7,1	0,6		Zvolenská kotlina
29	01:35:11.01	48,58 N	19,26 E	0	0,3		Zvolenská kotlina
<b>August</b>							
1	08:30:24.20	48,67 N	20,42 E	0	0,7		Slovenský kras
4	12:42:41.64	48,47 N	17,31 E	1,8	0,3		Malé Karpaty
17	01:25:12.86	48,91 N	18,25 E	0,3	2,9	4	Strážovské vrchy
17	01:39:10.94	48,91 N	18,30 E	0	-		Strážovské vrchy
17	01:46:38.53	48,90 N	18,30 E	0	-		Strážovské vrchy
17	02:10:44.96	48,91 N	18,30 E	0	-		Strážovské vrchy
17	03:07:35.01	48,93 N	18,30 E	0	-		Strážovské vrchy
24	14:10:43.75	48,90 N	21,27 E	0	2,1		Slanské vrchy
<b>September</b>							
11	17:32:02.68	48,46 N	22,08 E	0	1		Východoslovenská rovina
14	11:01:24.41	48,71 N	20,22 E	0	-		Revúcka vrchovina
<b>Október</b>							
2	21:56:53.28	47,88 N	18,63 E	2,2	1,7		Šamorín-Komárno-Štúrovo
2	23:22:08.63	47,85 N	18,69 E	0	1,2		Ipeľská pahorkatina
14	15:37:33.84	48,67 N	19,39 E	0	1		Poľana
14	18:33:53.15	48,65 N	19,41 E	0	0,5		Poľana
17	04:32:13.12	48,66 N	19,38 E	0	1,3		Poľana
22	22:56:07.04	48,47 N	17,29 E	3,7	0,2		Malé Karpaty
24	07:43:24.04	48,57 N	17,24 E	0	0,6		Záhorie
25	00:49:21.67	48,53 N	17,28 E	2	0,3		Záhorie
29	11:20:22.63	49,11 N	20,79v	0	-		Levočské vrchy
29	12:07:19.28	49,07 N	20,71 E	0	-		Levočské vrchy
<b>November</b>							

6	14:05:14.03	48,57 N	17,05 E	0	1,1		Záhorie
12	09:07:04.00	48,76 N	22,18 E	5,1	1,1		Vihorlatské vrchy
14	23:16:12.71	49,29 N	19,66 E	0,8	2,1		Vysoké Tatry
19	08:47:42.26	48,48 N	17,38 E	0	-		Malé Karpaty
19	22:09:51.82	47,85 N	18,61 E	0	1		Šamorín-Komárno-Štúrovo
22	23:49:43.29	48,60 N	17,57 E	2,8	-		Malé Karpaty
23	01:50:31.07	47,91 N	18,65 E	0	0,4		Šamorín-Komárno-Štúrovo
27	22:29:37.37	47,87 N	18,60 E	0	1,2		Šamorín-Komárno-Štúrovo
29	04:21:48.47	48,55 N	17,09 E	0,7	0,8		Záhorie
<b>December</b>							
4	16:01:37.96	48,58 N	17,55 E	2,2	0,2		Malé Karpaty
6	04:46:30.93	48,68 N	19,14 E	10	-		oblasť Banskej Bystrice
9	03:03:07.98	48,37 N	19,11 E	12,4	-		Štiavnické vrchy
16	15:05:37.30	48,54 N	17,24 E	5,4	2,3	3	Záhorie
16	22:40:52.96	48,55 N	17,29 E	4,2	0,2		Záhorie
17	04:57:35.95	48,54 N	17,25 E	3,6	1		Záhorie
19	02:35:06.52	48,54 N	17,29 E	2,8	0,2		Záhorie
21	05:58:38.31	48,66 N	19,39 E	0	0,8		Poľana
21	13:07:38.46	48,54 N	17,29 E	2,8	-		Záhorie
21	22:40:51.37	48,66 N	19,39 E	0	0,5		Poľana
22	21:58:25.56	48,55 N	17,29 E	2,7	0,1		Záhorie
23	11:09:54.03	48,54 N	17,27 E	3,1	0,2		Záhorie
27	02:49:02.82	48,58 N	17,52 E	2,5	-		Malé Karpaty
31	04:51:18.14	48,60 N	17,63 E	2,9	1		Malé Karpaty



Obr. 48 Seizmometricky lokalizované epicentrá zemetrasení na území SR v roku 2018.

Zemetrasenie dňa 1. 1. 2018 o 04:33 UTC bolo zaznamenané –tymi seizmickými stanicami NSSS s CRVS, KOLS, SRO a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia  $M_L=1,6$ . Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo vo Veporských vrchoch, pri meste Brezno. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	1. 1. 2018
čas vzniku [UTC]	04:33:48.46
epicentrum: zemepisná šírka	48,68° N
zemepisná dĺžka	19,71° E
hĺbka ohniska	0 km
lokálne magnitúdo	1,6

Zemetrasenie bolo pocítené v 1 lokalite na území Slovenska, pre ktorú má ÚVZ SAV k dispozícii 1 makroseizmické pozorovanie (tab. 5). Pre nedostatok makroseizmických údajov nebolo možné určiť epicentrálnu intenzitu zemetrasenia  $I_0$ .

Tab. 5 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 1. 1. 2018 o 04:33 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Biely Balog	48,744	19,645	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 5. 4. 2018 o 02:51 UTC bolo zaznamenané –tymi seizmickými stanicami NSSS s SRO, MODS, ZST a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vypočítané lokálne magnitúdo zemetrasenia  $M_L=1,7$ . Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Komárna. Súradnice sú uvedené v tab. 6. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	5. 4. 2018
čas vzniku [UTC]	02:51:39.40
epicentrum: zemepisná šírka	47,76° N
zemepisná dĺžka	18,12° E
hĺbka ohniska	3 km
lokálne magnitúdo	1,7

Zemetrasenie bolo pocítené v 2 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 2 makroseizmické pozorovania. Pre nedostatok makroseizmických údajov nebolo možné určiť epicentrálnu intenzitu zemetrasenia  $I_0$ .

Tab. 6 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 5. 4. 2018 o 02:51 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Komárno	47,766	18,118	1	pozorované

Nová Stráň	47,764	18,044	1	pozorované
------------	--------	--------	---	------------

Zemetrasenie dňa 15. 7. 2018 o 21:19 UTC bolo zaznamenané siedmimi seizmickými stanicami NSSS a CRVS, KOLS, LANS, VYHS, MODS, ZST a SRO. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vyhodnotená lokálna magnitúda zemetrasenia  $M_L=2,6$ . Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti pohoria Krynice. Súradnice sú uvedené v tab. 7. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	15. 7. 2018
čas vzniku [UTC]	21:19:50.31
epicentrum: zemepisná šírka	49,34° N
zemepisná dĺžka	20,93° E
hĺbka ohniska	7 km
lokálna magnitúda	2,6

Zemetrasenie bolo pocítené v 16 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 47 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseismickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Najvyššia makroseizmická intenzita dosiahnutá na území Slovenska je 3-4° EMS-98.

Tab. 7 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 15. 7. 2018 o 21:19 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Malcov	49,305	21,065	8	3-4
Andrejovka	49,288	20,901	1	3-4
Hniezdne	49,304	20,632	1	3-4
Bardejov	49,297	21,272	7	3
Krušov	49,311	21,136	4	3
Šir	49,282	20,924	1	3
Sverflov	49,337	21,165	1	3
Hrabské	49,320	21,070	6	pozorované
Kurov	49,342	21,136	5	pozorované
Lenartov	49,310	21,017	4	pozorované
Gerlachov	49,098	20,210	3	pozorované
Snakov	49,326	21,046	2	pozorované
Fričovce	49,186	21,245	1	pozorované
Gabolto	49,367	21,145	1	pozorované
Lipany	49,156	20,964	1	pozorované
Lukov	49,293	21,083	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 17. 8. 2018 o 01:25 UTC bolo zaznamenané niektorými seizmickými stanicami NSSS a LANS, VYHS, ZST, SRO, CRVS a KOLS. Na základe záznamov zo seizmických staníc bolo vyhodnotená lokálna magnitúda zemetrasenia  $M_L=2,9$ . Lokalizácia epicentra

zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Stráňovských vrchov, pri Trenčianskych Tepliciach. Súradnice sú uvedené v tab. 8. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	17. 8. 2018
čas vzniku [UTC]	01:25:12.86
epicentrum: zemepisná šírka	48,91° N
zemepisná dĺžka	18,25° E
hĺbka ohniska	1 km
lokálne magnitúdo	2,9

Zemetrasenie bolo pocítené v 26 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 178 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. 8 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 17. 8. 2018 o 01:25 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Horná Súča	48,980	17,950	1	4
Motešice	48,824	18,183	1	4
Dubnica nad Váhom	48,958	18,183	63	3
Trenčianske Teplice	48,908	18,180	26	3
Omšenie	48,902	18,226	6	3
Trenčianska Teplá	48,937	18,121	6	3
Trenčín	48,890	18,043	5	3
Nemčová	48,970	18,115	3	3
Košecké Podhradie	48,969	18,311	2	3
Báb	48,307	17,872	1	3
Bojnice	48,779	18,583	1	3
Bolešov	49,000	18,170	1	3
Dobrá	48,923	18,106	1	3
Kopec	48,949	18,342	1	3
Nové Mesto nad Váhom	48,758	17,829	1	3
Poriadie	48,773	17,607	1	3
Pruské	49,031	18,201	1	3
Púchov	49,124	18,326	1	3
Nová Dubnica	48,938	18,161	38	pozorované
Horná Poruba	48,952	18,293	6	pozorované
Ilava	48,982	18,243	6	pozorované
Dolná Poruba	48,905	18,285	2	pozorované
Opatová	48,914	18,096	1	pozorované
Prejta	48,974	18,217	1	pozorované
Vyčkovce nad Ipľom	48,072	18,864	1	pozorované
fiilina	49,219	18,751	1	pozorované

Zemetrasenie dňa 16. 12. 2018 o 15:05 UTC bolo zaznamenané piatimi seizmickými stanicami NSSS ó MODS, SRO, VYHS, LANS a VYHS. Na základe záznamov zo seizmických

staníc bolo vypoítané lokálne magnitúdo zemetrasenia  $M_L=2,3$ . Lokalizácia epicentra zemetrasenia bola vykonaná programovým balíkom SeismicHandler. Epicentrum zemetrasenia sa nachádzalo v oblasti Záhoria. Súradnice sú uvedené v tab. 9. Seizmometrické parametre zemetrasenia sú:

dátum	í .. 16.12.2018
as vzniku [UTC]	í .. 15:05:37.30
epicentrum: zemepisná šírka	í .. 48.54° N
zemepisná dĺžka	í .. 17.24° E
hĺbka ohniska	í .. 5 km
lokálne magnitúdo	í .. 2.3

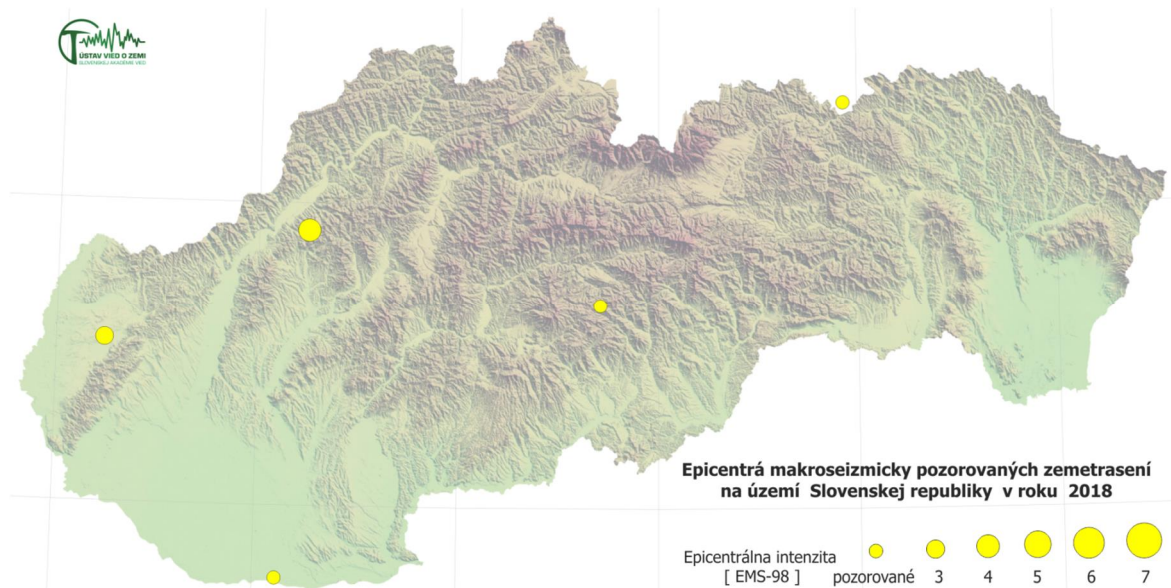
Zemetrasenie bolo pocítené v 4 lokalitách na území Slovenska, pre ktoré má ÚVZ SAV k dispozícii 5 makroseizmických pozorovaní. Makroseizmické intenzity v stupňoch makroseizmickej stupnice EMS-98 určené pre jednotlivé lokality sú uvedené v nasledujúcej tabuľke. Určená epicentrálna intenzita zemetrasenia  $I_0$  je 3° EMS-98.

Tab. 9 Makroseizmické pozorovania pre zemetrasenie dňa 16. 12. 2018 o 15:05 UTC.

	Zemepisná šírka [°N]	Zemepisná dĺžka [°E]	Počet pozorovaní	I [° EMS-98]
Prievaly	48.558	17.35	2	3
Bílkove Humence	48.586	17.238	1	3
Buková	48.544	17.411	1	3
Lakšárska Nová Ves	48.569	17.159	1	3

Do katalógu makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území Slovenskej republiky (obr. 49) vstupujú pre rok 2018 nasledujúce parametre:

DÁTUM			AS [UTC]			HYPOCENTRUM			$M_L$	$I_0$	LOKALITA
rok	mes	de	hod	min	sek	[°N]	[°E]	h [km]			
2018	1	1	04	33	48.5	48.68	19.71	0	1.6	-	Veporské vrchy
2018	4	5	02	51	39.4	47.76	18.12	3	1.7	-	Komárno
2018	7	15	21	19	50.3	49.34	20.93	7	2.6	-	Krynica
2018	8	17	01	25	12.9	48.91	18.25	1	2.9	4	Stráňflovské vrchy
2018	12	16	15	05	37.3	48.54	17.24	5	2.3	3	Záhorie



Obr. 49 Epicentrá makroseizmicky pozorovaných zemetrasení na území SR v roku 2018.

## 5. Literatúra

- Avramova-Tacheva, E., Vrablyansky, B. & Kostak, B., 1984: An attempt to detect recent movements along seismogenic faults. *Review of the Bulgarian Geological Society XLV (3)*, 276ó288 (in Bulgarian).
- Bella, P., 2016: Jaskyne na Slovensku ó genetické typy a morfológia. *Speleologia Slovaca*, 6, s. 15. Vyd. VERBUM ó Katolícka univerzita Ruflomberok.
- Bezák, V., (Ed.), Dublan, L., Hra-ko, ., Kone ný, V., Ková ik, M., Madarás, J., Pla-ienka, D. & Prista-, J., 1999: Geologická mapa Slovenského rudohoria ó západná as M 1:50 000. *Ministerstvo flivotného prostredia SR; TÝtny geologický ústav Dionýza TÝira, Bratislava.*
- Biely, A. (Ed.), Be u-ka, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivani ka, J., Kohút, M., Klinec, A., Luká ik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Puti-, M. & Vozár, J., 1992: Geologická mapa Nízkyh Tatier M 1:50 000. *Ministerstvo flivotného prostredia SR; TÝtny geologický ústav Dionýza TÝira, Bratislava.*
- Borre, K., Caco , 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, 3ó18.
- Briestenský, M., Stemberk, J. & Petro, ., 2007: Displacements registered around the 13 March 2006 Vrbové earthquake M=3.2 (Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 58, 487ó493.
- Briestenský, M. & Stemberk, J., 2008: Micromovements monitoring in caves of western Slovakia. *Slovenský kras*, 46/25, 77ó83 (in Slovak).
- Briestenský, M., Ko-ák, B., Stemberk, J., Petro, ., 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 ó 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, 114ó123.

- Briestenský, M., Thinová, L., Praksová, R., Stemberk, J., Rowberry, M.D. & Knejřlová, Z., 2014: Radon, carbon dioxide, and fault displacements in central Europe related to the T hoku Earthquake, *Radiat. Prot. Dosim.*, 160(1-3), 78ó82.
- Briestenský, M., Hochmuth, Z., Littva, J., Hók, J., Dobrovi , R., Stemberk, J., Petro, . & Bella, P., 2018: Present-day stress orientation and tectonic pulses registered in the caves of the Slovenský kras Mts. (south-eastern Slovakia). *Acta Geodyn. Geomater.*, 15, 2(190), 93ó 103.
- Drakatos, G., Petro, ., Ganas, A., Melis, N., Ko– ák, B., Kontny, B., Caco , 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), 37ó43.
- Droppa, A., 1957: Demänovské jaskyne. Krasové zjavy Demänovskej doliny. Vyd. SAV, Bratislava, 1ó289 (in Slovak with German Summary).
- Droppa, A., 1972: Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9ó46 (in Slovak with German Summary).
- Dvo ák, P., Pospí–il, L., Hotovcová, J., Mojze–, M. & Pap o, J., 2005: Geo-analýza horizontálných pohybových tendencií na východním Slovensku. *Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment*, 12, 9ó22 (in Czech with English Abstract).
- Gosar, A., Tšbela, S., Ko– ák, B. & Stemberk, J., 2009: Surface versus underground measurements of active tectonic displacements detected with TM 71 extensometers in Western Slovenia. *Acta Carsologica* 38, 213ó226.
- Hók, J., Bielik, Ková , P., & Tšjan, M., 2000: Neotektonický charakter územia Slovenska. *Mineralia Slovaca, Bratislava*, 32, 459ó470.
- Kone ný, V., (Ed), Lexa, J., Halouzka, R., Dublan, L., Tšmon, L., Stolár, M., Nagy, A., Polák, M., Vozár, J., Havrila, M., Prista–, J., 1998: Geologická mapa Tšvavnických vrchov a Pohronského Inovca (Tšvavnický stratovulkán). *Ministerstvo ťivotného prostredia SR; Tšútny geologický ústav Dionýza Tšúra, Bratislava*.
- Kontny, B., Caco , S., Ko– ák, 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), 57ó67.
- Kostak, B., 1969: A new device for in-situ movement detection and measurement. *Experimental Mechanics. SESA (American Society for Experimental Stress Analysis) Journal* 9, 374ó 379.
- Ko– ák, B., 1998: Evidence of active tectonic movements in the Kru–né Hory Mts. (NW Bohemia). *Journal of the Czech Geological Society*, 43, 287ó297.
- Ko– ák, B. & Rybá , J., 1978: Measurements of the activity of very slow slope movements. *Grundlagen u. Anwedung d. Felsmechanik. Trans Tech. Publ., Clausthal*, 191ó205.
- Kostak, B. & Cruden, D.M., 1990: The Moire´ crack gauges on the crown of the Frank Slide. *Canadian Geotechnical Journal*, 27, 835ó840.
- 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), 61ó74.
- Maglay, J. (Ed.), Halouzka, R., Ba acký, V., Prista–, J., Jano ko, J., 1999: Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. Vyd. MťP SR a Geologická služba SR, Bratislava.
- Mojze–, M. et al., 2015: Národné centrum diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska. *Zborník príspevkov na medzinárodnom sympóziu Geodetické základy a geodynamika 2015*, Ko ovce, ISBN 978-80-227-4466-9.
- Nem ok, M., Kone ný, P. & Lexa, O., 2000: Calculations of tectonic, magmatic and residual stress in the Tšvavnica stratovolcano, Western Carpathians: implications for mineral precipitation paths. *Geologica Carpathica*, 51, 19ó36.
- Ondrá–ik, R., Hovorka, D. & Matej ek, A., 1987: Prejavy muránsko-divínskej poruchovej zóny vo veporickom kry–talíniku v –tôlni PVE Ipe . *Mineralia Slovaca* 19, 29ó44.

- Petro, ě., KoĀk, B., PolaĀnovĀ, E., & SpiĀk, Z., 1999: Monitoring blokovĀch pohybov v SlanskĀch vrchoch. *Mineralia Slovaca*, 31, 549Ā554 (in Slovak with English summary).
- Petro, ě., Vlko, J., OndrĀk, R. & PolaĀnovĀ, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engineering Geology*, 74, 103Ā112.
- PolĀk, M., Jacko, S. (Eds.), VozĀr, J., VozĀrovĀ, A., Gross, P., HarĀr, J., SasvĀri, T., Zacharov, M., BalĀfl, B., KaliĀk, M., KarolĀ, S., Nagy, A., BuĀek, S., Maglay, J., SpiĀk, Z., fiec, B., Filo, I., JanoĀko, J., 1996. GeologickĀ mapa Braniska a Āiernej hory 1:50 000. Vyd. *GeologickĀ sluĀba SR, Bratislava*.
- PospĀil, L., NemĀok, J., Graniczny, M. & DoktĀr, S., 1986: PĀsnp vek metod dĀlkovĀho pr zkumu k identifikaci zlom s horizontĀlnĀm posunem v oblasti ZĀpadnĀch Karpat. *Mineralia Slovaca*, 18, 385Ā402.
- PospĀil, L., BezĀk, V., NemĀok, J., Feranec, J., Vass, D. & Obernauer, D., 1989: MurĀnsky tektonickĀ systĀm Ā vĀznamnĀ prĀklad horizontĀlnych posunov v ZĀpadnĀch Karpatoch. *Mineralia Slovaca*, 21, 305Ā322.
- Stemberk, J., KoĀk, 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), 53Ā65.
- Stemberk, J., BriestenskĀ, M., CacoĀ, 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.
- StepanĀkovĀ, P., Stemberk, J., VilĀmek, V., KoĀk, B., 2008: Neotectonic development of drainage network in the East Sudeten and monitoring of recent displacements on tectonic structures (Czech Republic). *Geomorphology*, 102, 68Ā80.
- ĀĀbela, S., Gosar, A., KoĀk, B. & Stemberk, J., 2005: Active tectonic structures in the W part of Slovenia Ā setting of micro-deformation monitoring. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 2 (137), 45Ā57.
- Stercz, M., 2019: MSDilat V2.1 Ā aplikĀcia na vyhodnocovanie 3D meranĀ dilatometrom TM-71 programovanĀ v jazyku Delphi pre platformu MS Windows.
- Vlko, J., 2002: Monitoring Ā 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*, 267Ā278.
- Vlko, J., 2004: Extremely slow slope movements influencing the stability of Spis Castle, UNESCO site. *Landslides*, 1-1, 67Ā71.
- Vlko, J., Petro, ě., 2002: Monitoring of subgrade movements beneath historic structures. In: J.L. van Roy & C.A. Jermy (Eds.) ŹProc. of 9<sup>th</sup> Int. Congress IAEGĀ, Durban, South Africa, (CD-ROM), 1432-1437.
- Vlko, J., Greif, V., GrĀf, V., JeznĀ, M., Petro, ě., BrĀek, M., 2009: Rock displacement and thermal expansion at historic heritage sites in Slovakia. *Environmental Geology*, 58, 1727Ā1740.

InternetovĀ zdroje:

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

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

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

EPN Ā [http://www.epncb.oma.be/productsservices/coordinates/pdf/ETRF\\_Monitoring\\_Firenze\\_Brockmann.pdf](http://www.epncb.oma.be/productsservices/coordinates/pdf/ETRF_Monitoring_Firenze_Brockmann.pdf)