

Multisatelitní zpracování kampaně CZECH v Bernese SW 5.4 a jeho využití pro monitoring permanentních stanic GNSS

Ing. Vratislav Filler, Ph.D.

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.,
Geodetická Observatoř Pecný (GOP)



Konference DRUŽICOVÉ METODY V TEORII A PRAXI

4. 2. 2025

Obsah

- Monitoring permanentních stanic GNSS
- Kampaň CZECH v ITRF 2020
 - ITRF2020
 - Bernese GNSS SW 5.4
- Kombinace za rok 2023
 - Výpočet kombinace
 - Převod do národní realizace ETRS89
 - Dopady změny modelu fázových center
- Ověřené souřadnice z výpočtu v ITRF 2020
 - Dopad na národní realizaci ETRS89
- Nasazení výpočtu v ITRF 2020 na monitoring
- Závěr

Monitoring permanentních stanic GNSS

➤ Monitoring jako služba

- Výpočet souřadnic
- Denní kontrola polohy stanic
 - Ověřeno / neověřeno (odchylka v poloze > 15 mm, ve výšce > 40 mm)

- Časové řady (ETRS89-CZ)

➤ Třístupňové zpracování denních řešení

- Ultra rapid: druhý den, pro ověření přísnější kritéria (12 mm)
- Rapid: další den
- Final: 14 dnů, (v mezních případech přebírá ověření z Rapid)

➤ Ověřené souřadnice se určují v kampani CZECH

<http://oko.pecny.cz/monitor/>

The screenshot shows the website interface for monitoring GNSS stations. At the top, there's a navigation bar with 'Monitoring permanentních stanic GNSS' and a logo for VUGTK. Below that, there are links for 'Statuty stanic a souřadnice pro konkrétní den', 'Aktuální ověřené souřadnice', 'Webová služba', and 'Nápověda'. A 'Celkový přehled' section includes filters for 'Všechny sítě', 'CZEPOS', 'TRIMBLE', 'TopNet', 'GEOORBIT', and 'MOKR'. A 'Nahoru' link is also present.

The main content area is titled '1. Statuty stanic a souřadnice pro konkrétní den'. It shows the current date '27.1.2025 (pondělí) - poslední vypočtený den'. There are dropdown menus for 'Výber datum:' (last, yesterday, previous, -3 days, -4 days, -5 days, next, further) and 'Výber síť:' (CZEPOS, TRIMBLE, TopNet, GEOORBIT, MOKR). A 'Nastavit datum na' section is set to '27', '1', '2025'.

Below this, there's a section for 'Statuty stanic a ověřené souřadnice pro den 27.1.2025 (pondělí)'. It includes a table for 'Výsledky pro síťová řešení (z ultra rapid řešení)' and a table for 'Výsledky pro jednotlivé stanice z ultra rapid řešení'.

The 'Historie statutů' section has a 'Zobrazit dalších 30 dnů' button and filters for 'Standardní výstup', 'Textový výstup', 'CZEPOS', 'TRIMBLE', 'TopNet', 'GEOORBIT', 'MOKR', and 'Všechny'. It contains a large table with columns for station names (CBUD, COOM, SDOM, CFHM) and a grid of status indicators (OK, 1, 0) for each day from 27.1.2025 back to 10.1.2025.

At the bottom, there's a 'Statut' table with columns for station names and a grid of status indicators for each day from 27.1.2025 back to 10.1.2025. Below this is a 'Celkem' row and a 'Podíl ověření (%)' row.

Kampaň CZECH v Bernese 5.4

Řešení	CZECH BSW 5.2 (ITRF 2014)	CZECH BSW 5.4
Soubory observací GNSS	RINEX 2.X a RINEX 3.X, frekvence 30 sec, krátké názvy.	RINEX 3.X a 4.X, zpětně kompatibilní s RINEX 2.X, frekvence 30 sec,
Satelitní systémy	G (GPS)	GRE (GPS + Glonass + GALILEO)
IERS konvence	IERS2010XY	IERS2010XY
Nutační model	IAU2000R06	IAU2000R06
Planetární efemeridy	DE 405	DE 421
Ocean loading	FES_2004	FESX_2014 (bez Centre of mass correction)
Atmosphere loading	-	Ray and Ponte (včetně CMC)
Dráhy a EOP	IGS final (od r. 2022 v ITRF 2020)	CODE MGEX
Mezisystémové biasy	-	CODE (.BIA)
Mapy ionosféry	-	CODE (.ION)
Model fázových center	lgs14_2185.atx (+ epn_14_2274)	I20.atx (IGS)
PCV na určených stanicích	individuální IGS, EPN a od provozovatelů; kde nejsou, typová I14.	Typová IGS20
Apriorní souřadnice opěrných stanic	IGb2014; EPN_A_IGb14_C2235	Transformováno z EPN_IGb14_C2235.SSC
Střednědobé změny souřadnic	-	IGS20.PSD (pro stanice IGS)
Model troposféry	ZTD 1/hod, Dry Niell apriori, Wet Niell estimated, troposférické gradienty 1x/den	ZTD 1/hod, Dry GPT3 apriorní, Wet GMF3 estimated, troposférické gradienty Chen-Herring 1xden
Elevační maska	3°	3°
Sampling rate	30 s.	30 s pro cycle slips, 90 s pro ambiguity.
Řešení ambiguity	QIF	L1&L2 do 2 km, L5/L3 do 20 km, delší QIF

Kombinace za rok 2023

- Roční kombinace slouží k určení dlouhodobých ověřených souřadnic a jejich kontrole u stávajících stanic
- **Kombinace z denních normálních rovnic:**
 - Opěrné stanice EPN, minimum constraint pro souřadnice, silné váhování na apriorní rychlosti všech stanic,
 - Dělení časových řad u skoků,
 - eliminace problémových denních řešení, eliminace odlehlých řešení na stanicích (limit N,E a U: 6, 6 a 20 mm).
- **Pro rok 2023 zpracováno souběžně starým a novým postupem**
 - Srovnání vyloučených řešení a průměrné hodnoty výběrové střední chyby souřadnic (vnitřní přesnost)

Parametr	BSW 5.2 ITRF 2014	BSW 5.4 ITRF 2020
Podíl vyřazených denních řešení	1,6 %	0,9 %
Průměrná hodnota výběrové střední chyby souřadnic - N	1,32 mm	1,27 mm
... - E	1,27 mm	1,17 mm
... - U	3,69 mm	3,75 mm

- Multi-GNSS řešení celkově stabilnější ve VZ směru
- Na řadě stanic výrazné zlepšení stability řešení (méně vyloučených odlehlých denních řešení)

Převod řešení do národní realizace ETRS89

- Národní realizace ETRS89 – realizováno GNSS stanicemi EPN a CZEPOS
- Dvojstupňový postup: ITRF XX → ETRS2000 (XX) → ETRS89 národní
- **1. Transformace do ETRS2000 (1)**

	V epoše	tX [mm]	tY [mm]	tZ [mm]	změna měřítka	rX [mas]	rY	rZ
ITRF2014 → ETRS2000	2000.0	53,7	51,2	-55,1	1,02 e-9	-0,891	-5,390	8,712
Roční změna		+0,1	+0,1	-1,9	+0,11 e-9	-0,081	-0,490	0,792
ITRF2020->ITRF2014	2000.0	-1,4	+0,6	-1,6	-0,42 e-9	0	0	0
Roční změna		0,0	-0,1	0,2	0	0	0	0
ITRF2020 → ETRS2000	2000.0	52,3	51,8	-56,7	0,60 e-9	-0,891	-5,390	8,712
Roční změna		+0,1	0,0	-1,7	+0,11 e-9	-0,081	-0,490	0,792

➤ **2. Transformace na identické body v národní realizaci**

- Pouze translace na statické souřadnice z kampaně EUREF-Czech-2009 (2), stanice bez skokových změn.
- Vylučují se stanice s odchylkami 5 mm ve vodorovných složkách a 15 mm ve výšce (v cmb. 2023 nebyly)
- RMS transformace cca 0,7 mm.
- Postupný nárůst translací, převážně vlivem změn modelů fázových center
 - (ve výšce aktuálně 12-14 mm, v poloze do 5 mm)

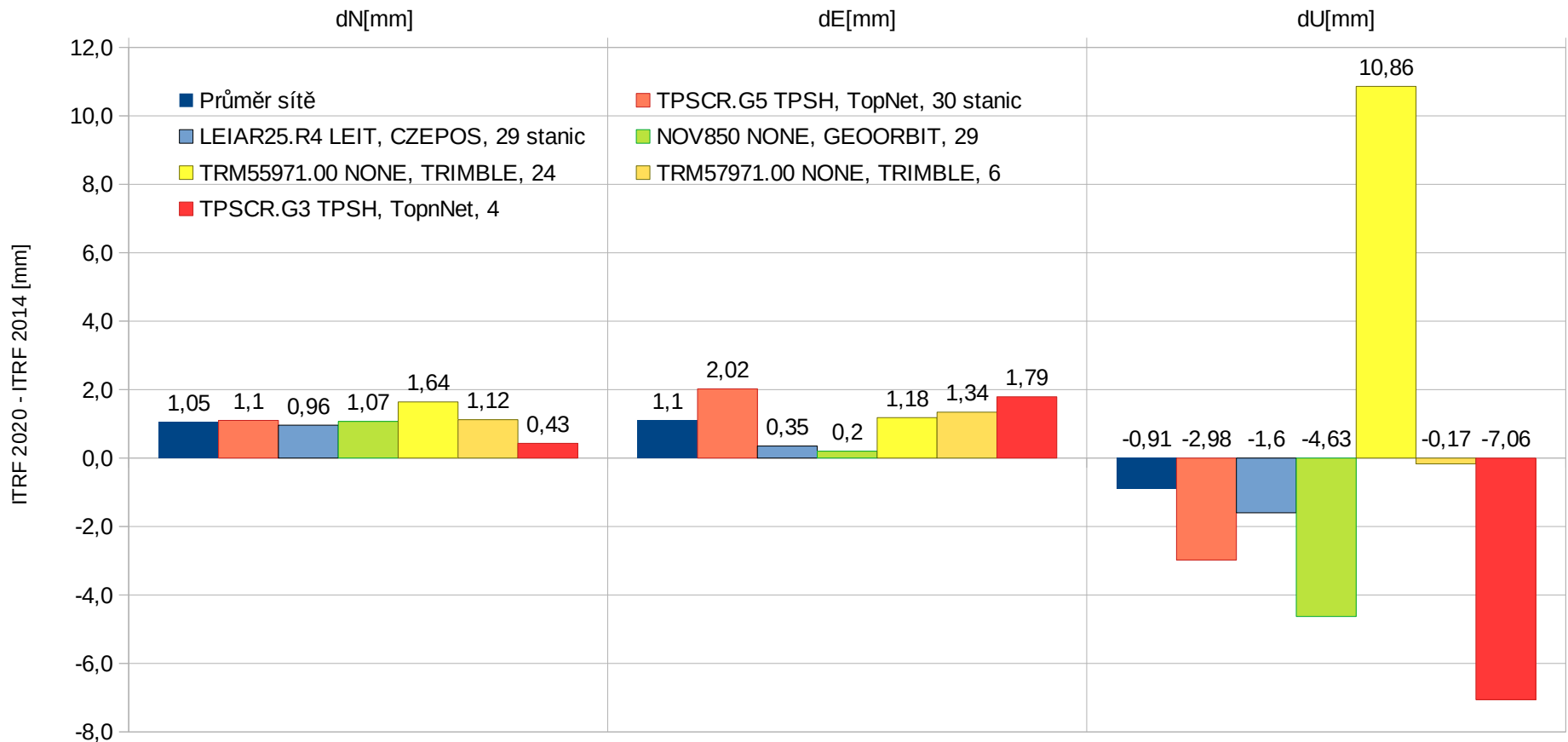
(1) Odvozeno z <https://itrf.ign.fr/en/solutions/ITRF2020> a <http://etrs89.ensg.ign.fr/pub/EUREF-TN-1.pdf>

(2) DOUŠA, J; FILLER, V.; KOSTELECKÝ, J.JT; KOSTELECKÝ, J.; ŠIMEK, J.: EUREF-Czech-2009 Campaign, Final Report, Technická zpráva VÚGTK č. 1158/2010.

Rozdíly v určených souřadnicích mezi řešeními

- Změna modelu fázových center v ITRF 2000: F.c. pro nové frekvence, opuštění individuálních kalibrací.
- Systematické rozdíly pro různé typy antén (RMS cca 0,5 mm v poloze, 1-2 mm ve výšce).
- V národní realizaci ETRS89 dodatečné rozdíly z referencování převážně přes stanice sítě CZEPOS.

Rozdíly v řešení v ITRF 2020 a ITRF 2014
(po převodu do ETRS 2000 pro jednotlivé skupiny antén)



Rozdíly v určených souřadnicích mezi řešeními (tab.)

Počet stanic			dN[mm]	dE[mm]	dU[mm]	dh[mm]
158	Všechny stanice		1,05	1,10	-0,91	1,52
	Střední chyba		0,12	0,13	0,46	
Počet stanic	Anténa	Sít'	dN[mm]	dE[mm]	dU[mm]	dh[mm]
30	TPSCR.G5 TPSH	TopNet	1,10	2,02	-2,98	2,30
	Střední chyba		0,24	0,38	0,60	
29	LEIAR25.R4 LEIT	CZEPOS	0,96	0,35	-1,60	1,02
	Střední chyba		0,31	0,22	0,47	
29	NOV850 NONE	Georbit	1,07	0,20	-4,63	1,09
	Střední chyba		0,25	0,10	0,97	
24	TRM55971.00 NONE	TRIMBLE	1,64	1,18	10,86	2,02
	Střední chyba		0,37	0,26	2,27	
6	TRM57971.00 NONE	TRIMBLE	1,12	1,34	-0,17	1,75
	Střední chyba		0,54	0,67	0,78	
4	TPSCR.G3 TPSH	TopNet	0,43	1,79	-7,06	1,84
	Střední chyba		0,45	1,04	4,12	
3	ACCG8ANT-CHOKES NONE	Georbit	1,13	1,03	-3,83	1,53
	Střední chyba		0,81	0,78	2,88	
3	LEIAR20 LEIM		0,90	2,16	-3,09	2,34
	Střední chyba		0,67	1,56	2,40	
3	TRM59900.00 SCIS		-0,36	1,81	-0,87	1,85
	Střední chyba		0,42	1,37	1,38	

Ověřené souřadnice určené z nového řešení

➤ Zásady pro vyhlásování dle metodiky (1)

- Souřadnice dlouhodobé (z roční kombinace) a sezónní (nové stanice, krátké období po skoku v kombinaci)
- Mezní odchylka pro nové ověřené souřadnice 5 mm v poloze a 15 mm ve výšce, s výjimkami:
 - sezónní pro stanice bez skokové změny se nevyhlašují,
 - dlouhodobé po předchozím určení sezónních se vyhlašují,
 - pro nevyhovující stanice se nevyhlašují.

➤ Nové ověřené souřadnice z kombinace 2024

- Pro 10 stanic překročena odchylka v obou variantách řešení (kontinuita)
- Pro dalších 10 stanic překročena odchylka pouze v řešení v ITRF 2020
 - 3 stanice s anténou TRM55971.00 NONE – přímý dopad nového modelu fázových center
 - 7 stanic, které se již překročení mezní odchylky blížily i v řešení v ITRF 2014
 - 5 stanic sítě CZEPOS / VESOG

Dopady na monitoring

➤ Na rozdíl od kampaně CZECH, monitoring stále běží v BSW 5.2 / ITRF 2014

- Pozorován nárůst počtu stavů mírné odlehlosti u stanic se změněnými ověřenými souřadnicemi,
- stanice nicméně zůstávají ověřené (limity pro neověření jsou 15 mm v poloze a 40 mm ve výšce).

➤ Modernizace výpočtu monitoringu

- Probíhá příprava, předpoklad zprovoznění polovina roku 2025.
- Očekávané výzvy: ultra- a rapid orbits, spolehlivost řešení.

Dopady na národní realizaci ETRS89

➤ Dopady na národní realizaci ETRS89

- Nové ověřené souřadnice po přechodu fázových center na ITRF 2020 pro 5 stanic sítě CZEPOS / VESOG
- U dvou stanic značný dopad opuštění individuálních kalibrací (velké individuální offsety, rozdíl přes 2 mm v poloze)
- Snížení počtu „spolehlivých“ stanic klíče pro transformaci do národní realizace z 19 na 15 (původně téměř 30).

➤ Otázka: je žádoucí přepočítání národní realizace ETRS89?

- Máme z roku 2009 (15 let časový odstup), o tři generace ITRF dříve, ze tří let měření, s relativními fázovými centry.
- Nyní máme standardy Repro 3, multiGNSS fázová centra a dlouhé časové řady.

Závěr

- Výpočet ověřených souřadnic pro monitoring probíhá od kombinace za rok 2023 modernizovaným postupem (Multi-GNSS, ITRF 2020, BSW 5.4)
 - Došlo ke zlepšení stability řešení a vnitřní přesnosti (v poloze)
 - Denní stavy monitoringu se zatím ověřují v BSW 5.2 / ITRF 2014.
- Systematické rozdíly dané typem antény (nová fázová centra v ITRF 2020)
 - Doplnění kalibrací pro nové systémy, opuštění individuálních kalibrací
 - Dopad na stanice národní realizace ETRS89 (CZEPOS a VESOG) v řádu 1-2 mm
 - U ostatních monitorovaných sítí systematické posunutí (zejména ve výšce) v míře dané převažující anténou (TRIMBLE 11 mm, TopNet 7 mm)
- V kombinaci za rok 2023 vyhlášeno vlivem modernizace postupu 10 dalších ověřených souřadnic
 - Bez dopadů na ověření těchto stanic v monitoringu (jen mírné odlehlosti)
 - Snížení počtu „spolehlivých“ stanic klíče pro přechod do národní realizace ETRS89 na 15
- Čas na přepočítání národní realizace?

Děkuji za pozornost

