

# POSOUZENÍ GALILEO HIGH ACCURACY SERVICE

Jakub Nosek, Jan Douša, Pavel Václavovic, Michael Kala

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.  
Geodetická observatoř Pecný

Vysoké učení technické v Brně  
Ústav geodézie, Fakulta stavební



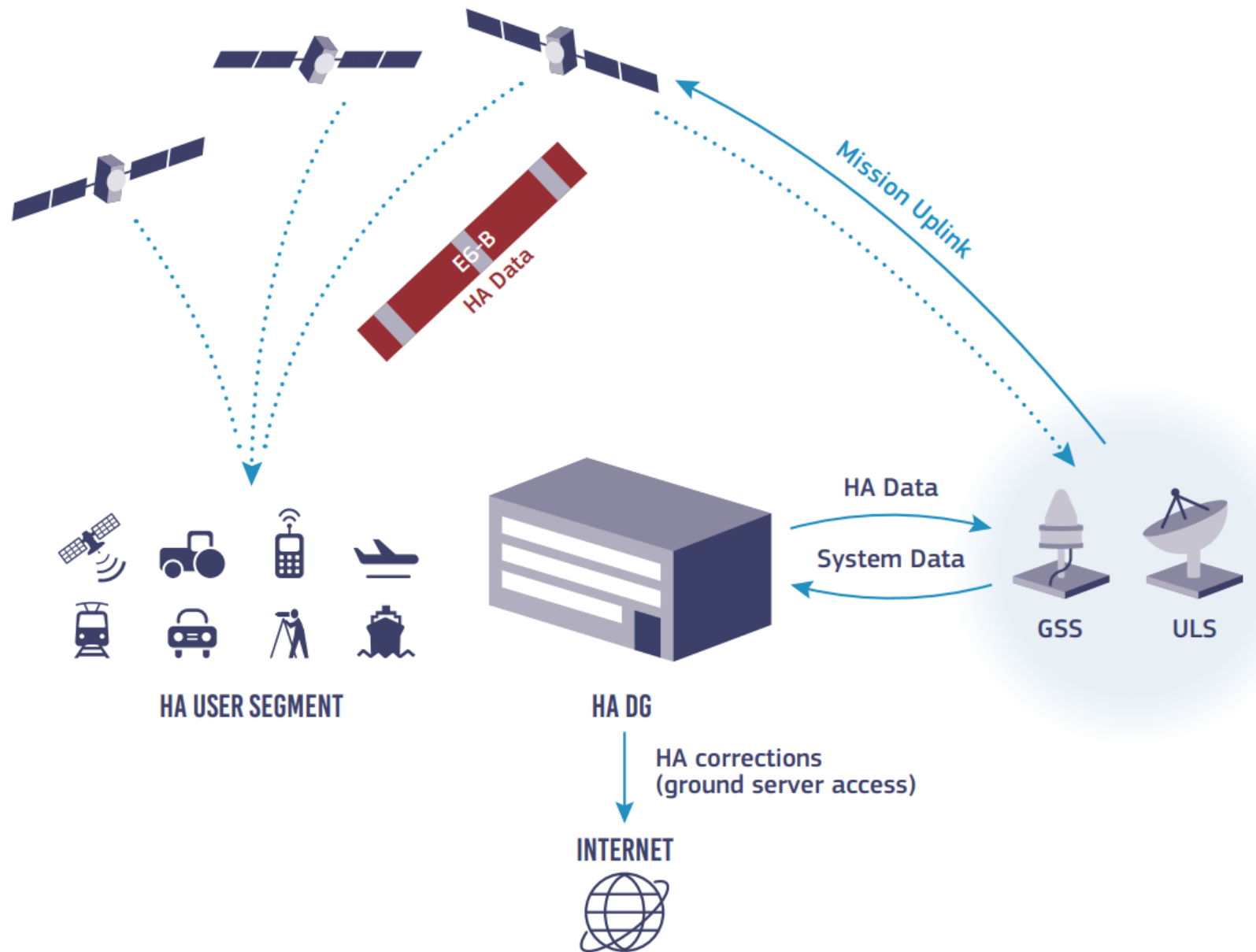
# Úvod

- **19. ledna 2023 byla spuštěna počáteční fáze provozu služby Galileo High Accuracy Service (HAS) → HAS Initial Service.**
- **HAS cílí zejména na aplikace v přesném zemědělství, autonomním provozu automobilů, využití v bezpilotních leteckých prostředcích a robotice.**
- **HAS je založena na autonomní GNSS metodě Precise Point Positioning (PPP).**

# Galileo High Accuracy Service

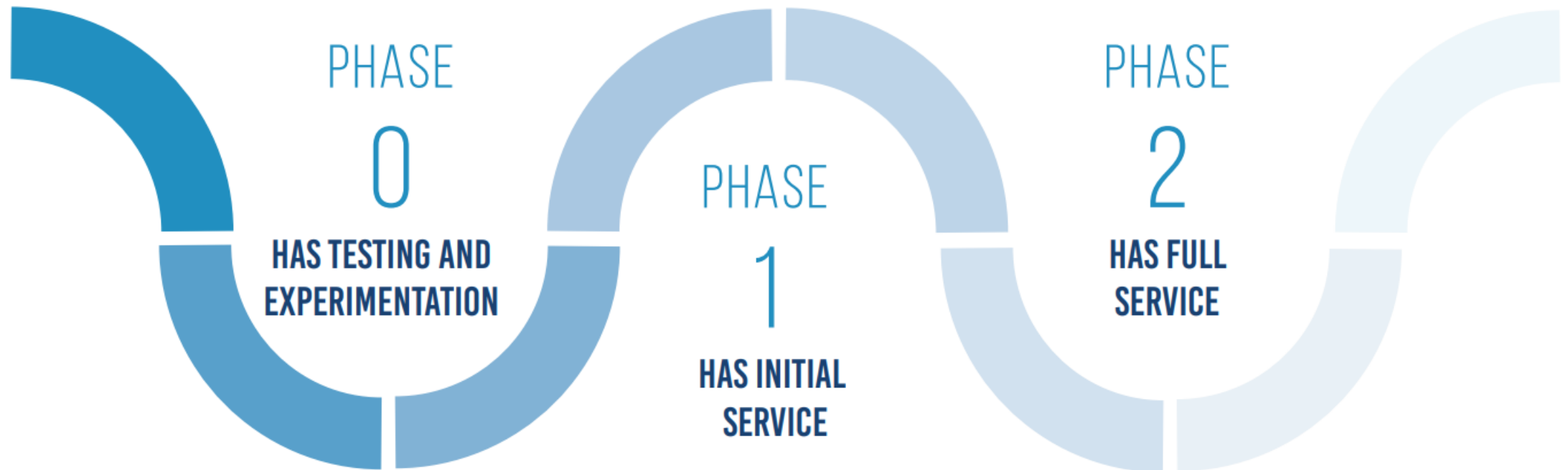
- **Bezplatná služba založená na přesných korekcích pro systémy Galileo a GPS.**
- **HAS poskytuje určování uživatelské polohy s decimetrovou přesností.**
- **Korekce jsou uživatelům poskytovány dvěma způsoby:**
  - **Prostřednictvím signálu E6-B vysílaného družicemi (Signal in Space – SiS),**
  - **Prostřednictvím internetu protokolem NTRIP RTCM (Internet Data Distribution**

# Princip fungování HAS



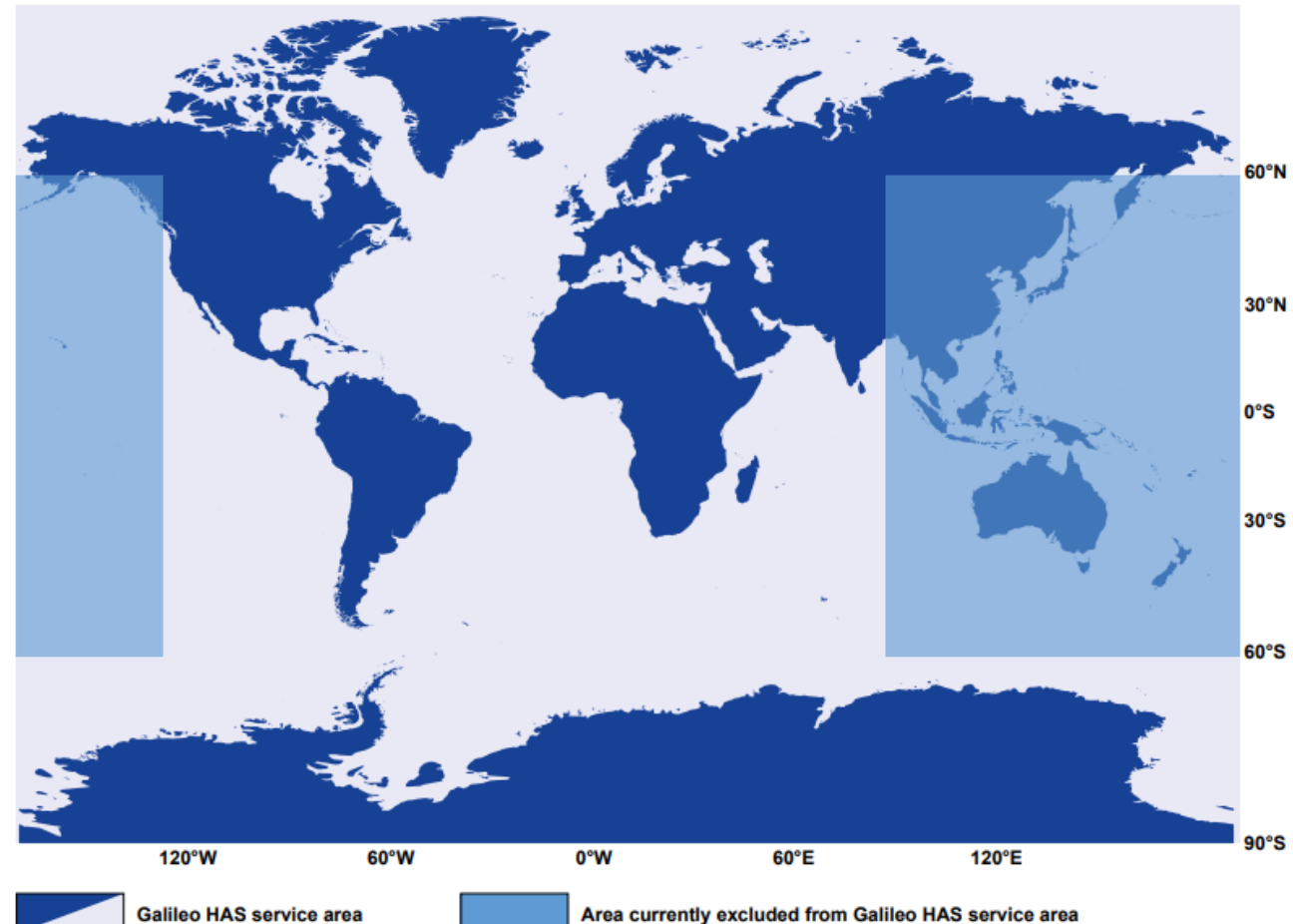
# Fáze provozu HAS

- Fáze 0 byla již úspěšně ukončena a od 19. ledna 2023 probíhá fáze 1 – HAS Initial Service.
- HAS data jsou s současné době založena na datech ze 14 monitorovacích stanic Galileo.



# Omezení HAS Initial Service

- Z důvodu malého počtu monitorovacích stanic je použití HAS v současné době omezeno (monitorovací stanice se nacházejí v Evropě).
- HAS negarantuje přesnost v území:
  - $[60^\circ \text{ S} - 60^\circ \text{ N}] + [90^\circ \text{ E} - 180^\circ \text{ E}]$
  - $[60^\circ \text{ S} - 60^\circ \text{ N}] + [125^\circ \text{ W} - 180^\circ \text{ W}]$



# Přesnost korekcí HAS

- Produkt HAS se skládá z korekcí drah družic, korekcí hodin družic a korekcí kódových a fázových zpoždění družic.
- Přesnost korekcí HAS je hodnocena pomocí tzv. Minimum Performance Level

Typ korekce	Přesnost Galileo	Přesnost GPS
korekce drah družic	< 20 cm	< 33 cm
korekce hodin družic	< 12 cm	< 15 cm
korekce kódových zpoždění	< 50 cm	< 50 cm

## Očekávaná přesnost HAS Full Service

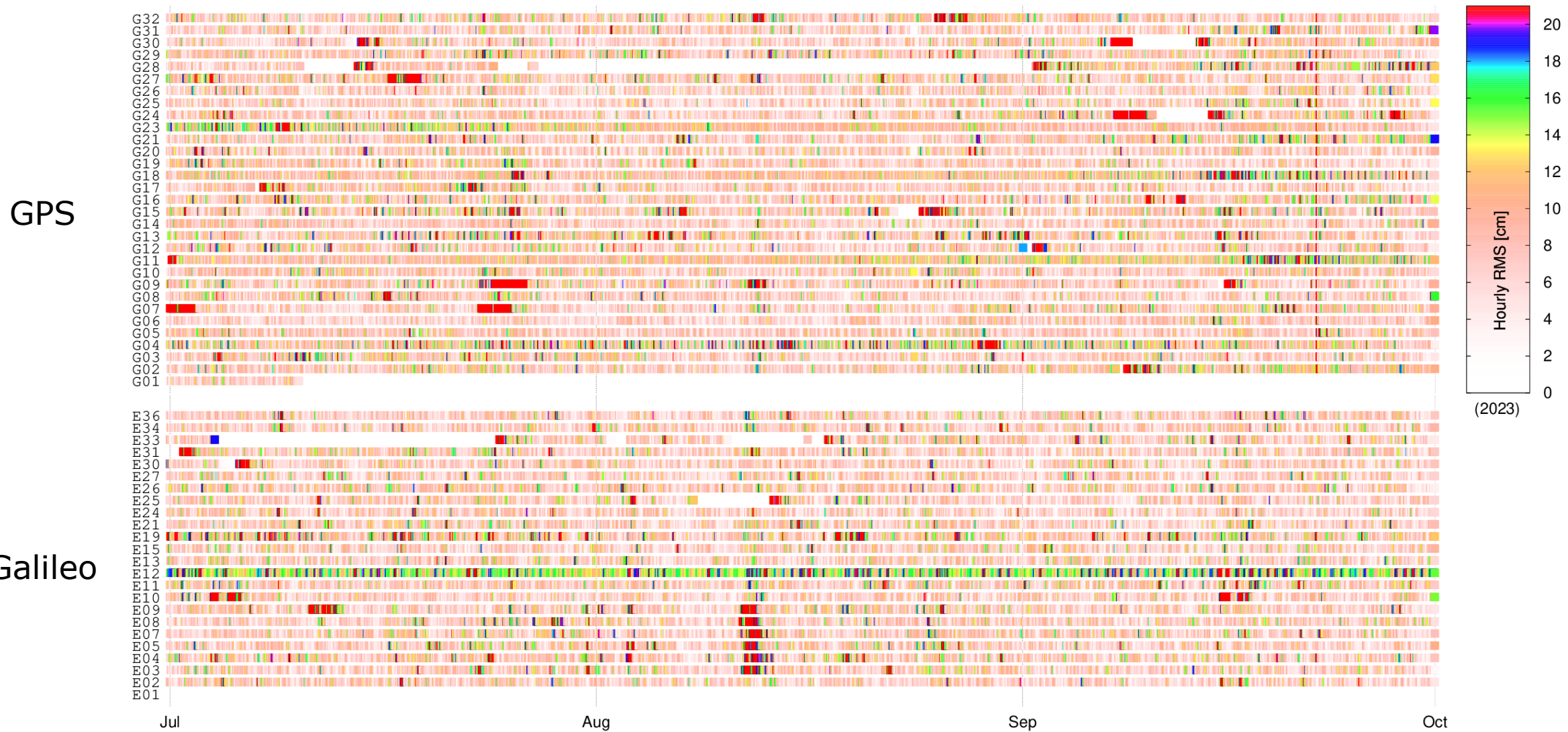
- **HAS Full Service musí umožňovat určení souřadnic s přesností lepší než 20 cm v horizontální složce souřadnic a 40 cm ve vertikální složce.**
- **Doba konvergence má být maximálně 300 s pro Service Level 1 a 100 s pro Service Level 2.**
- **Typická přesnost má být lepší než 15 cm v horizontální složce souřadnic a 20 cm ve vertikální složce (kombinace Galileo + GPS).**



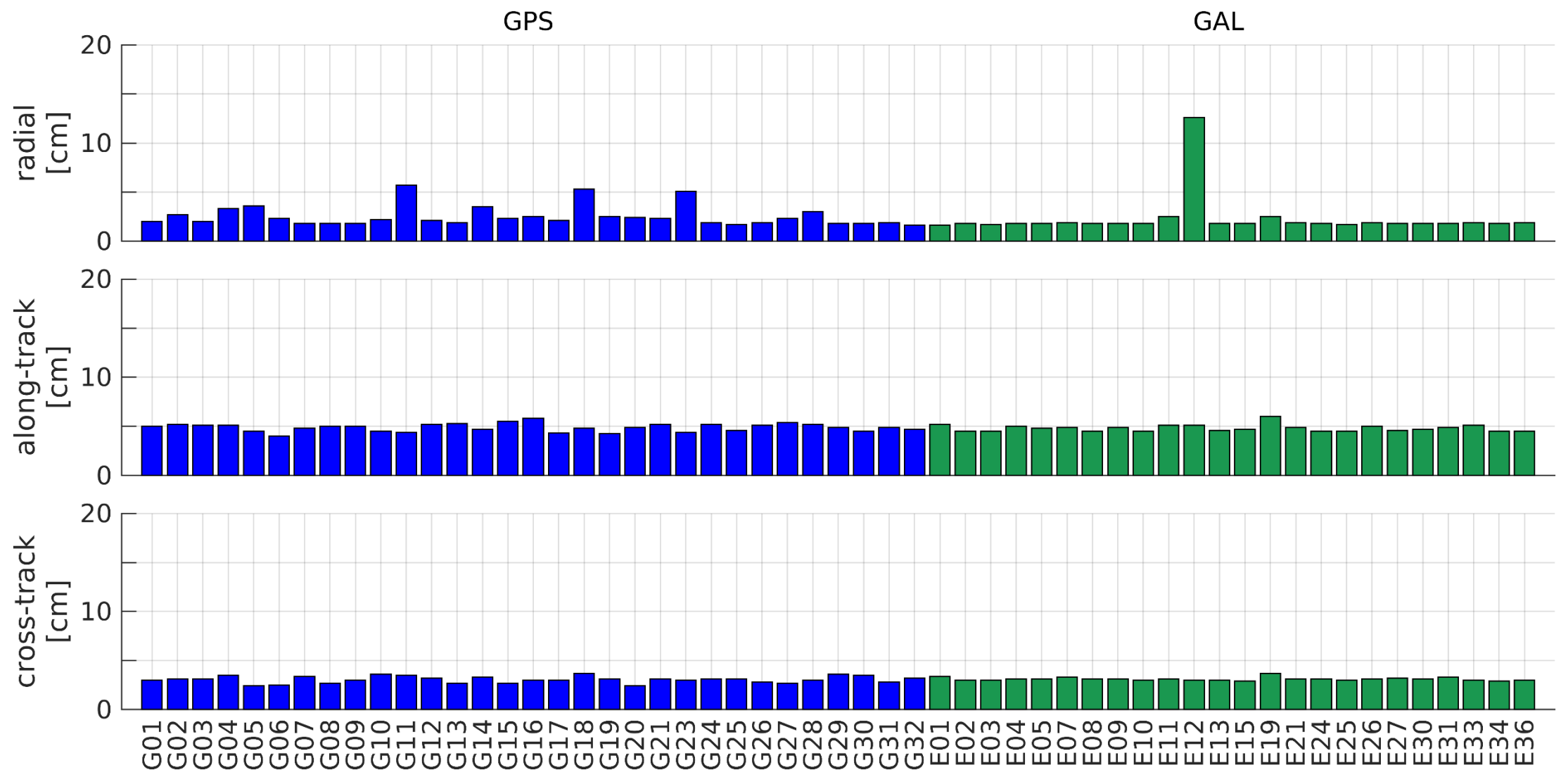
# Vyhodnocení přesnosti HAS

- **Zhodnocení přesnosti korekcí HAS bylo provedeno na datech z 2.–3. kvartálu 2023 (183 dní).**
- **IDD korekce HAS byly dekodovány přímo z RTCM programem BKG Ntrip Client.**
- **Pro porovnání byl použit finální produkt CODE MGEX.**
- **Porovnání přesnosti korekcí HAS bylo provedeno pomocí programu G-Nut/Aset**

# 3D přesnost korekcí drah družic HAS

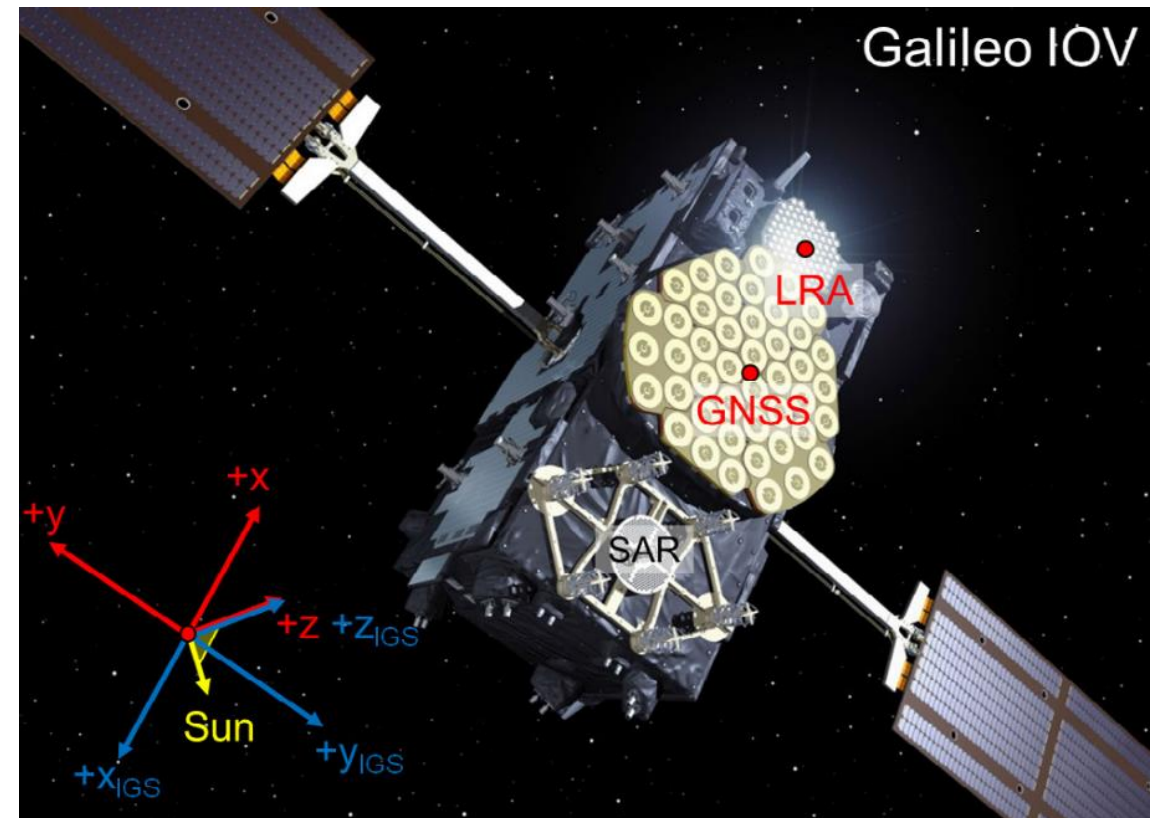


# Přesnost jednotlivých komponent drah družic HAS

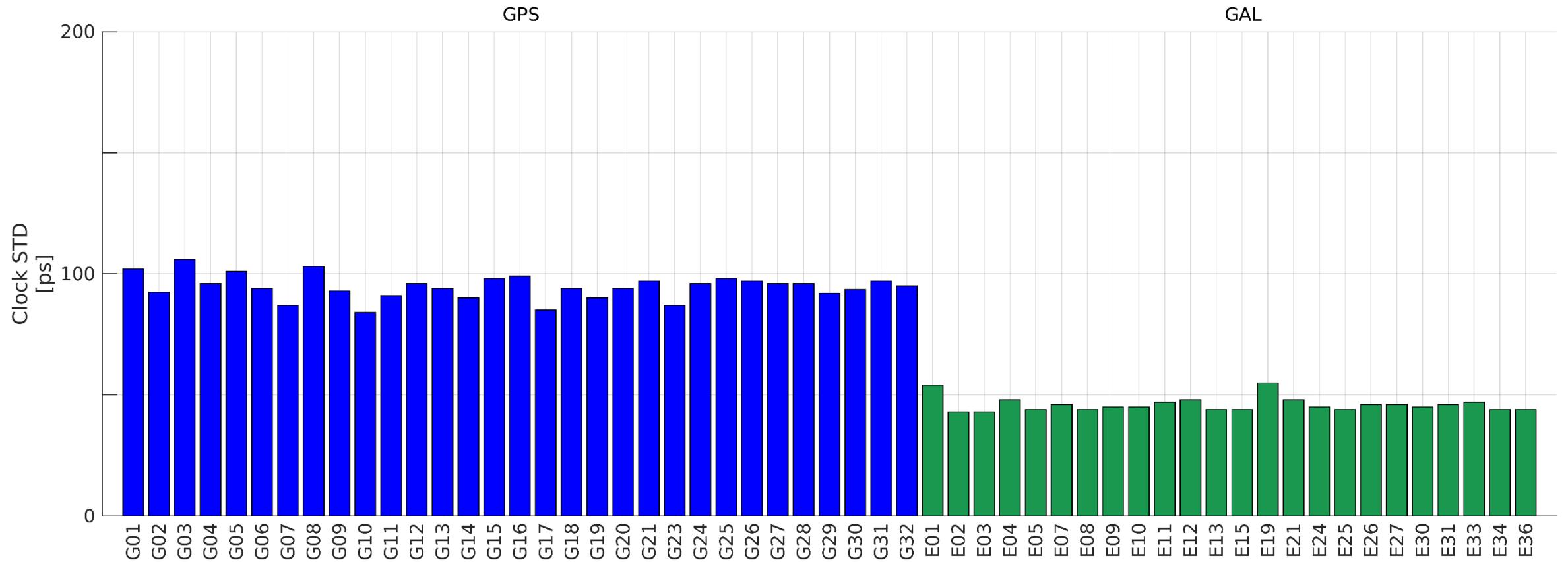


# Družice E12

- Družice E12 je spolu s družicemi E11 a E19 poslední z aktivních družic generace In Orbit Validation (IOV).
- Rozdíl v radiální složce (cca 10 cm pro použitou kombinaci E1-E5b) je u družice E12 (E102) způsoben s největší pravděpodobností nekonzistencí Z-komponenty fázového centra antény.

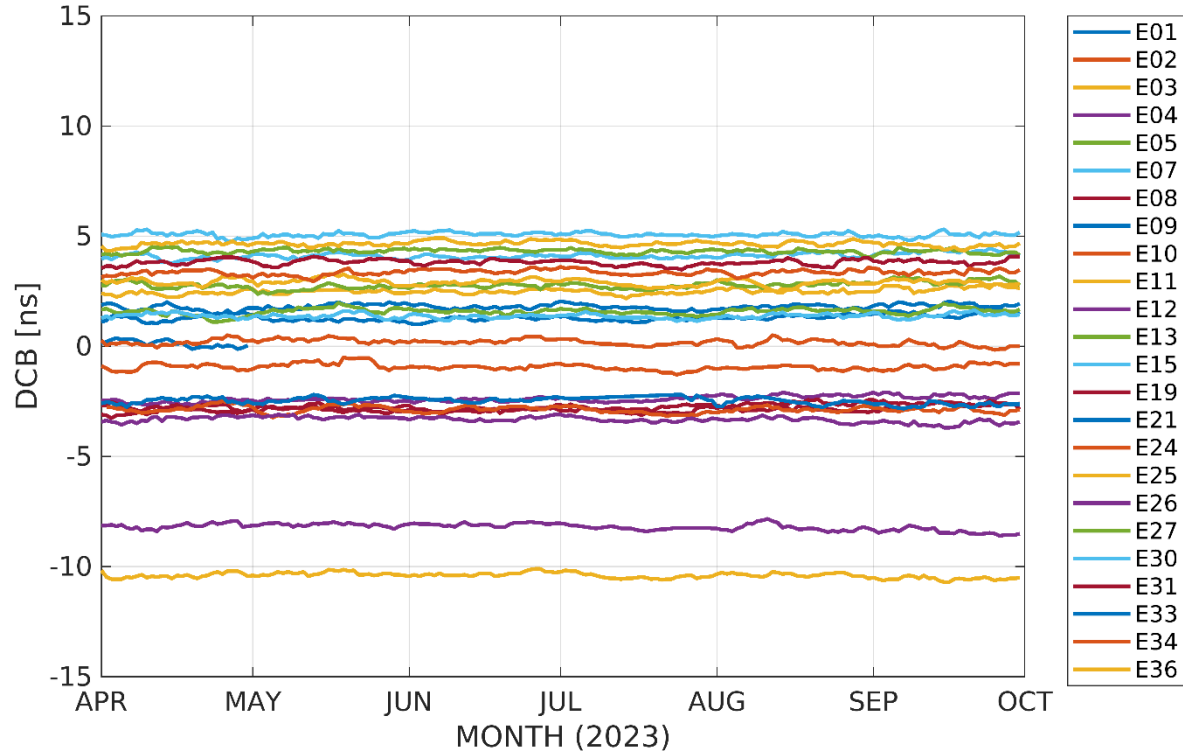


# Přesnost korekcí hodin družic HAS

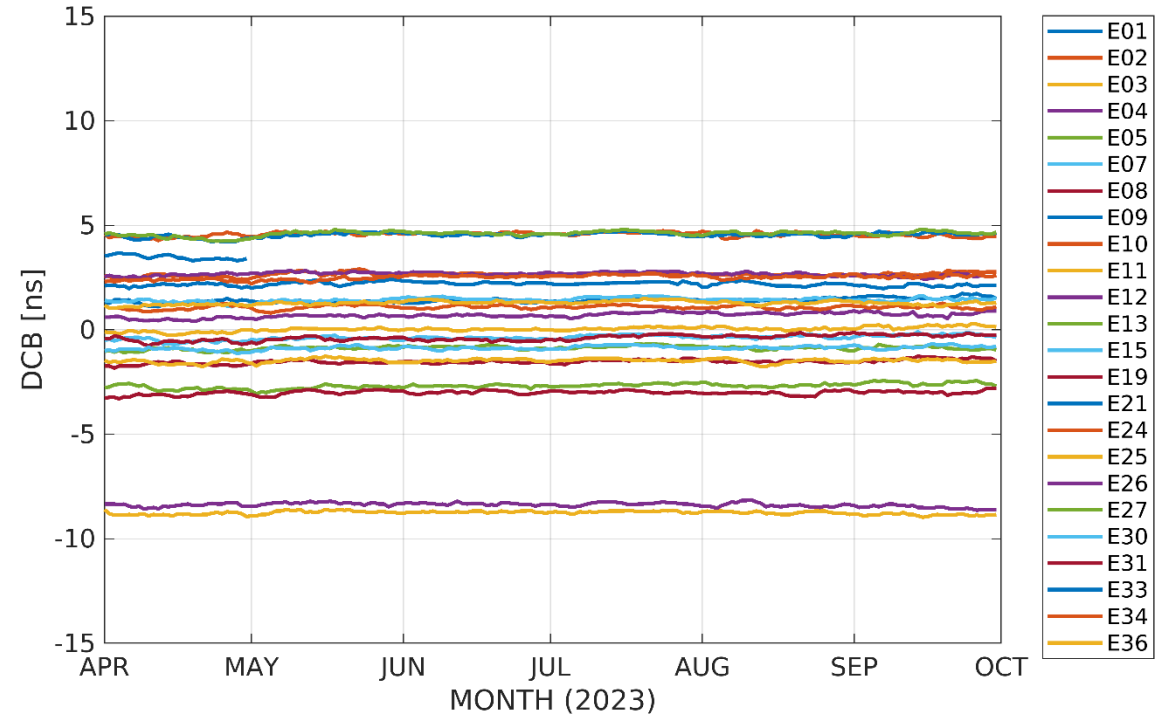


# Přesnost kódových zpoždění družic HAS

## Galileo E1-E5b

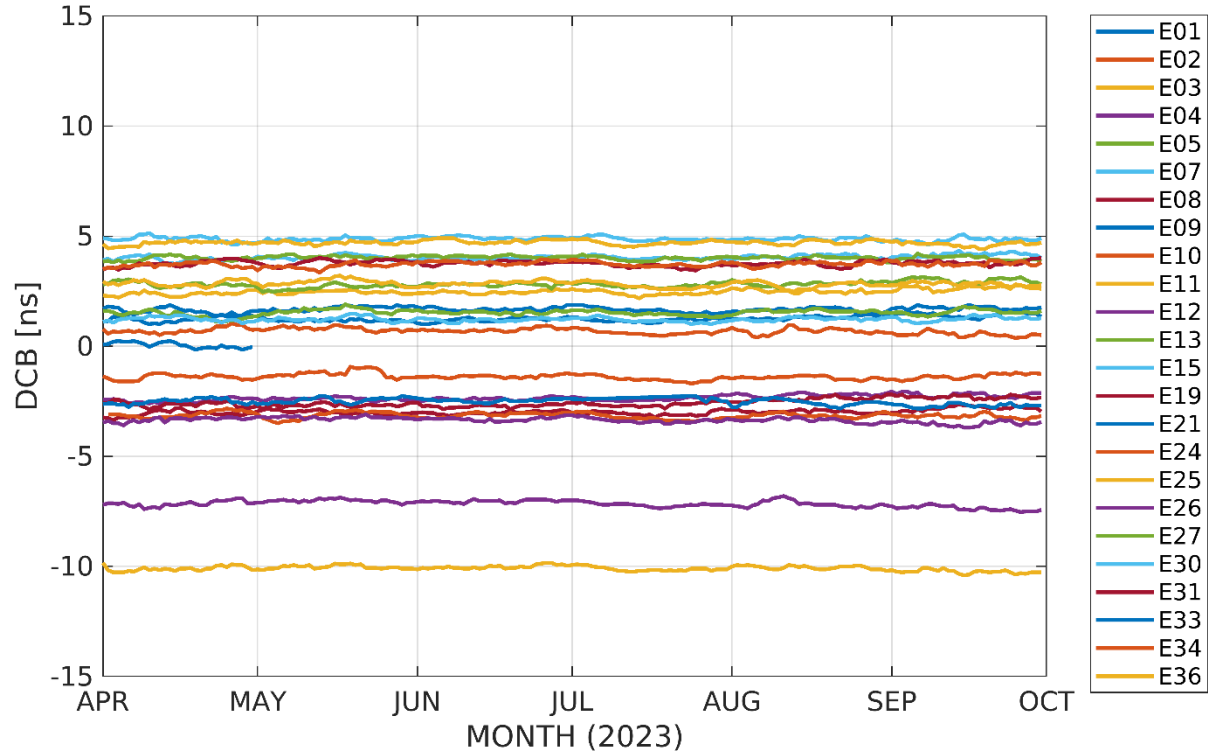


## Galileo E1-E6

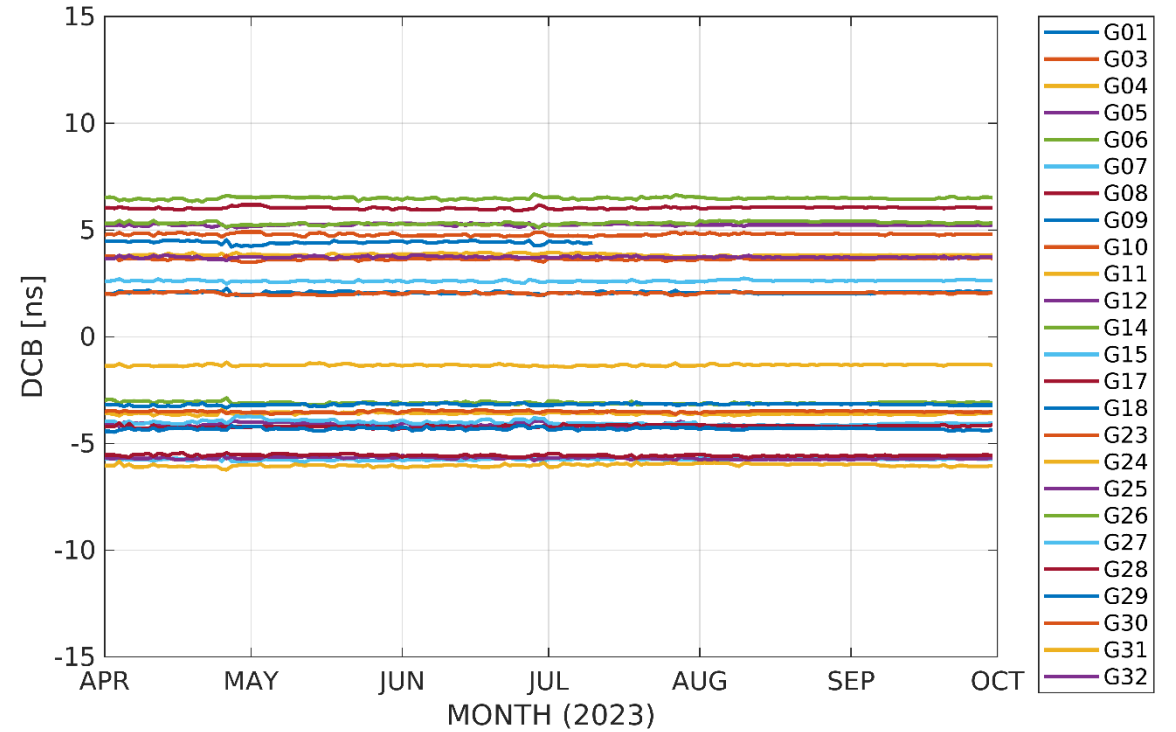


# Přesnost kódových zpoždění družic HAS

## Galileo E1-E5b



## GPS L1-L2



# Přesnost určení polohy pomocí HAS

- Přesnost určování polohy byla ověřena na 3 vybraných stanicích EPN.
- Nekombinované a nediferencované PPP zpracování v programu G-Nut/Geb.
- Kinematické x statické řešení.

Parametr	Hodnota
Použitý software	G-Nut/Geb RT
Typy observací	kódové + fázové
Kombinace observací	nekombinované řešení (Galileo E1, E5b; GPS L1, L2C)
Použité GNSS	Galileo + GPS
Vzorkovací frekvence	30 sekund
Elevační maska	7°
Váhování observací	elevačně závislé $1/\sin(\text{elevace})^2$
Korekce drah, hodin a hardwarových zpoždění družice	vyšlání efemeridy + HAS
Ionosférické a troposférické zpoždění	určovány jako neznámé
Efekt wind-up	korigován
Fázová centra antén	korigována pomocí igs20.atx
Slapové vlivy	IERS Conventions 2010



# Výsledky PPP řešení

## Kinematické

## Statické

Měsíc	GPS+Galileo			Galileo		
	North [cm]	East [cm]	Up [cm]	North [cm]	East [cm]	Up [cm]
Duben	6,0	7,7	12,0	6,2	8,1	12,0
Květen	6,3	8,4	12,5	6,4	8,8	12,4
Červen	6,2	7,5	12,9	6,7	8,4	12,8
Červenec	6,3	8,0	12,7	6,7	8,4	13,4
Srpen	6,2	8,1	12,4	6,5	8,2	12,7
Září	6,2	8,8	13,2	6,7	8,7	12,8

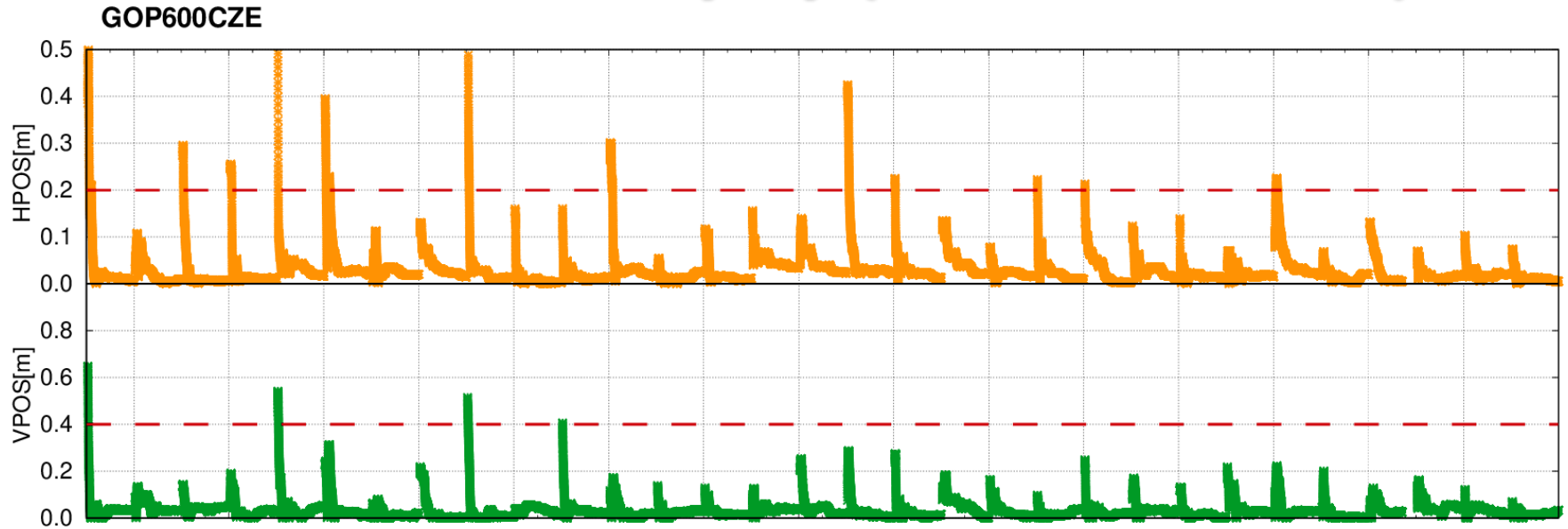
Měsíc	GPS+Galileo			Galileo		
	North [cm]	East [cm]	Up [cm]	North [cm]	East [cm]	Up [cm]
Duben	2,3	2,7	6,2	2,3	2,7	6,2
Květen	1,9	2,9	5,2	1,9	2,9	5,1
Červen	1,9	3,3	5,3	1,9	3,2	5,2
Červenec	2,5	2,4	4,9	1,7	2,6	5,0
Srpen	1,9	2,5	4,8	1,8	2,6	4,7
Září	1,8	3,2	4,8	1,7	3,2	4,9

# Průměrná přesnost z 2. a 3. kvartálu

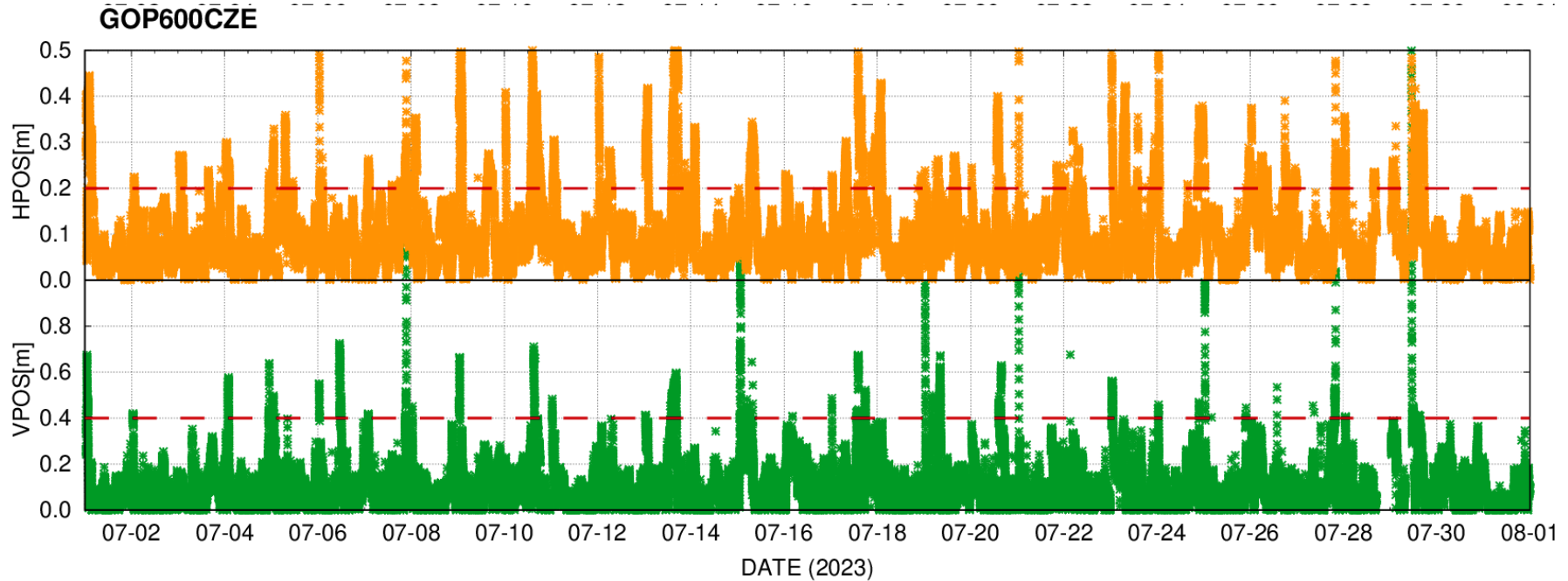
Řešení	GPS+Galileo		Galileo	
	Horizontální [cm]	Vertikální [cm]	Horizontální [cm]	Vertikální [cm]
Kinematické	20,6	27,0	21,8	27,5
Statické	9,1	10,7	9,1	10,9

# Polohové odchylky (červenec 2023)

Statické



Kinematické



# Závěr

- **Deklarovaná přesnost korekcí HAS je v současné době již splněna s využitím 14 monitorovacích stanic Galileo.**
- **Výraznější odchylky v radiální komponentě vykazuje pouze družice E12 (IOV E102).**
- **Přesnost určení polohy deklarovaná pro HAS je v současné době dosažitelná, ale za cenu výrazně delší doby konvergence: u kinematického řešení 21 minut, u statického 8 minut, požadovaná doba konvergence 5 minut.**

**DĚKUJI ZA POZORNOST**

Tento článek je podporován projektem specifického výzkumu VUT FAST-J-23-8386.