

PRÍNOS DRUŽICOVÝCH SYSTÉMOV GALILEO A BEIDOU PRE MERANIE V REÁLNO M ČASE

THE BENEFITS OF GALILEO AND BEIDOU SATELLITE SYSTEMS FOR REAL-TIME MEASUREMENT

**Karol Smolík¹, Branislav Droščák², Martin Ferianc³,
Miroslav Steinhubel⁴, Miroslav Roháček⁵**

Abstract

The recent times in Geodetic and Cartographic Institute in Bratislava was influenced by modernization of Slovak real-time positioning service (SKPOS). Modernization and development of SKPOS was focused on the exchange of the oldest reference station receivers and antennas, and mainly on the upgrade of SKPOS control software. The aim of software upgrade was to extend network corrections for real-time measurements by Galileo and BeiDou satellite systems. Usage of the other satellite navigation systems should be reflected in improvement of the real-time measurement. More available satellites should help to reduce initialization time and increase the reliability of measurements in deteriorated conditions (e. g. measurements in urban canyons or in the forest). The article below deals about benefits of Galileo and BeiDou satellite systems for real-time measurement and the experience of the yearly operation of Galileo and BeiDou systems in SKPOS services.

1 Úvod

Slovenská priestorová observačná služba (ďalej SKPOS) je multifunkčný nástroj na navigáciu a presné určovanie polohy objektov a javov pomocou globálnych navigačných družicových systémov. Infraštruktúru SKPOS tvorí sieť rovnomerne rozložených referenčných staníc, národné servisné centrum a virtuálna privátna sieť. SKPOS sa za posledné roky stala najpoužívanejším nástrojom pre slovenských geodetov, ktorí potrebujú určovať súradnice v reálnom čase, alebo následne v záväzných geodetických referenčných systémoch ETRS89 a S-JTSK. Najviac využívanou subslužbou je služba SKPOS_CM, ktorá je určená pre používateľov vyžadujúcich centimetrovú presnosť v reálnom čase. Od spustenia služby SKPOS v roku 2006 boli poskytované údaje pre družicové systémy GPS a GLONASS. Po výmene hardvéru na niektorých referenčných staniaciach a po uprade riadiaceho softvéru sa v októbri 2018 služba v reálnom čase rozšírila o družicové systémy Galileo a BeiDou.

¹ Karol Smolík, Ing., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, e mail: karol.smolik@skgeodesy.sk

² Branislav Droščák, Ing., PhD., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, e mail: branislav.droscak@skgeodesy.sk

³ Martin Ferianc, Ing., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, e mail: martin.ferianc@skgeodesy.sk

⁴ Miroslav Steinhubel, Bc., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, e mail: miroslav.steinhubel@skgeodesy.sk

⁵ Miroslav Roháček, Ing., Geodetický a kartografický ústav Bratislava, Chlumeckého 4, 827 45 Bratislava, e mail: miroslav.rohacek@skgeodesy.sk

2 Družicové systémy Galileo a BeiDou

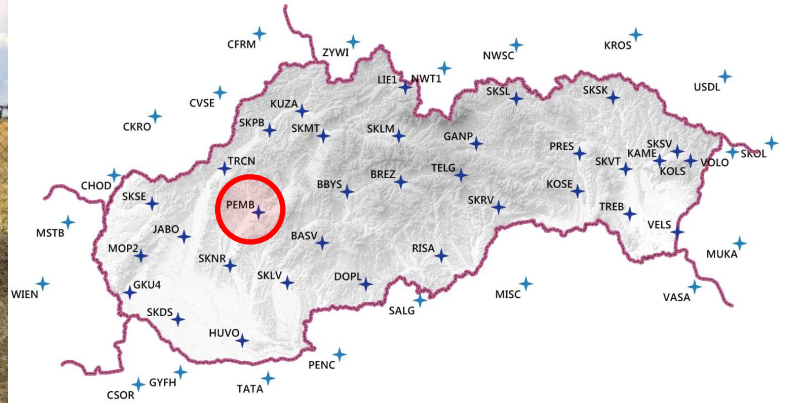
Galileo je globálny navigačný družicový systém Európskej únie, ktorý poskytuje signály z družíc na účely určovania polohy, navigácie a presného určovania času. Konštelácia momentálne pozostáva z 24 družíc, z ktorých 2 družice sú v testovacej fáze. Plná konštelácia bude obsahovať 30 družíc z ktorých 24 bude operačných a 6 družíc bude záložných. Z väčšiny lokalít na Zemi bude v ľubovoľnom čase dostupných 6 až 8 družíc [1]. Navigačný systém BeiDou je nezávisle budovaný a prevádzkovaný Čínou s ohľadom na potreby národnej bezpečnosti krajiny a hospodárskeho a sociálneho rozvoja. Konštelácia pozostáva z 34 aktívnych družíc. Okrem družíc na stredne vysokej obežnej dráhe systém pozostáva aj z niekoľkých geostacionárnych družíc [2]. Systémy Galileo a BeiDou sú plne kompatibilné s družicovými systémami GPS a GLONASS.

3 Rozšírenie SKPOS o Galileo a BeiDou

Obdobie rokov 2018-2019 sa na Geodetickom a kartografickom ústave Bratislava (ďalej GKÚ) nieslo z pohľadu Slovenskej priestorovej observačnej služby v znamení jej modernizácie. Modernizácia a rozvoj SKPOS bola zameraná na výmenu najstarších prijímačov a antén referenčných staníc a najmä na upgrade riadiaceho softvéru služby, ktorého cieľom bolo rozšírenie poskytovania sieťových korekcií pre meranie v reálnom čase o družicové systémy Galileo a BeiDou. V roku 2018 sa vymenilo 5 starších GNSS antén Trimble Zephyr Geodetic model 2 za nové antény Trimble Zephyr Geodetic model 3. V roku 2019 sa vymenili 4 prijímače Trimble NetR8 za prijímače Trimble Alloy. Po tejto výmene boli všetky referenčné stanice z územia Slovenska plne kompatibilné so systémami Galileo a BeiDou. Z referenčných staníc z územia okolitých štátov, ktoré sú pripojené do sieťového riešenia SKPOS (GKÚ nemá na ich modernizáciu priamy dosah) je z Galileo a BeiDou kompatibilných 11 z celkového počtu 20 referenčných staníc. V priebehu roka 2018 bol obstaraný do riadiaceho softvéru služby SKPOS modul RTXNet procesor, ktorý umožňuje generovať sieťové riešenie pre všetky družicové systémy. V októbri 2018 bola rozšírená služba v reálnom čase o systémy Galileo a BeiDou. Korekcie pre všetky družicové systémy GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou sú dostupné na mountpointe SKPOS_CM_32 a korekcie sú poskytované v štandarde RTCM 3.2 MSM5.

4 RTK meranie s využitím Galileo a BeiDou

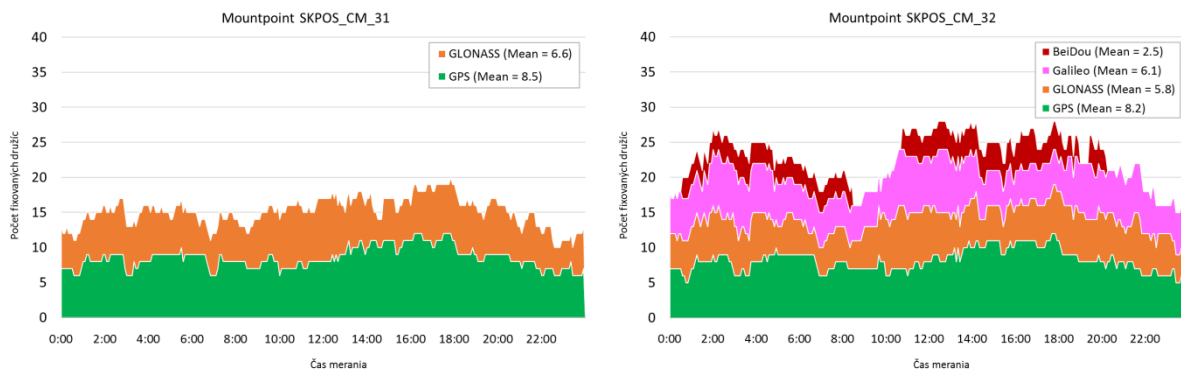
Pred a po spustení poskytovania korekcií zo systémov Galileo a BeiDou bolo vykonaných niekoľko testov na porovnanie výsledkov „RTK merania“. V rámci testovania boli porovnávané výsledky merania s využitím systémov GPS, GLONASS s výsledkami merania s využitím systémov GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. Cieľom testovania bolo určiť ako vplýva využitie systémov Galileo a BeiDou na meranie v reálnom čase. Test prebiehal nepretržite 24 hodín metódou kontinuálneho RTK merania s intervalom záznamu 1 sekunda. Anténa a prijímač boli osadené na testovacím bode, ktorým bol kútový odražač pre technológiu InSAR v lokalite hviezdárne v Partizánskom (obr. 1). Tento prijímač a anténa simulovali meranie roverom a počas 24 hodín bola nezávisle počítaná „RTK poloha“ s pripojením sa na dva mountpointy. Prvý použitý mountpoint SKPOS_CM_31 obsahoval sieťové korekcie pre systémy GPS a GLONASS a druhý SKPOS_CM_32 sieťové korekcie pre systémy GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. Simultánne v rovnakých časoch boli zaznamenávané štatistické údaje a boli počítaná polohy roveru s použitím oboch uvedených mountpointov.



obr. 1 Anténa osadená na kútovom odrážači pre InSAR (vľavo), umiestnená v lokalite hviezdárne v Partizánskom pri SKPOS stanici PEMB (vpravo)

4.1 Porovnanie počtu družíc

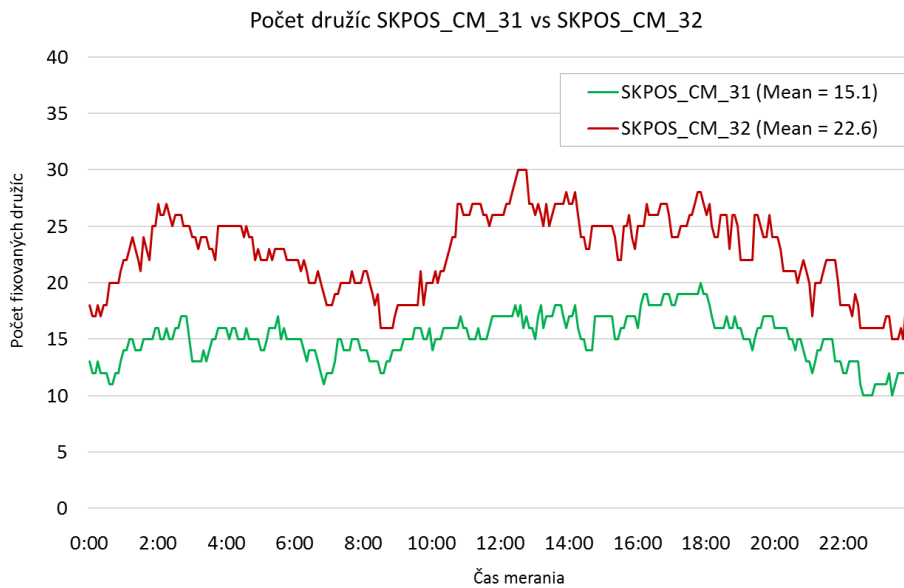
Jedným z hlavných parametrov, ktorý bol sledovaný predstavoval počet „fixovaných družíc“, t.j. počet družív vstupujúcich do fixného riešenia. Na obr. 2 vľavo sa nachádza graf znázorňujúci počet fixovaných družíc na mountpointe SKPOS_CM_31 a napravo sa nachádza graf znázorňujúci počet fixovaných družíc na mountpointe SKPOS_CM_32 počas vykonania testu.



obr. 2 Počet fixovaných družíc na mountpointe SKPOS_CM_31 (vľavo) a mountpointe SKPOS_CM_32 (vpravo) počas vykonania testu

Na obr. 3 je znázornené porovnanie počtu družíc na jednotlivých mountpointoch. Pri použití mountpointu SKPOS_CM_32, teda mountpointu, na ktorom sú vysielané sieťové korekcie zo všetkých družicových systémov bolo dosiahnuté počas 24 hodinového merania v priemere o 7,5 družice viac ako pri použití mountpointu, na ktorom sú vysielané sieťové korekcie len zo systémov GPS a GLONASS. V niektorých okamihoch si môžeme na obr. 2 všimnúť pokles počtu GPS a GLONASS družíc na mountpointe SKPOS_CM_32. Je to z dôvodu rozdielneho algoritmu, ktorým sa generuje sieťové riešenie v riadiacom softvéri pre jednotlivé mountpointy. Výrobca softvéru potvrdzuje, že s použitím nového spôsobu generovania korekcií s využitím všetkých družicových systémov môže nastať degradácia

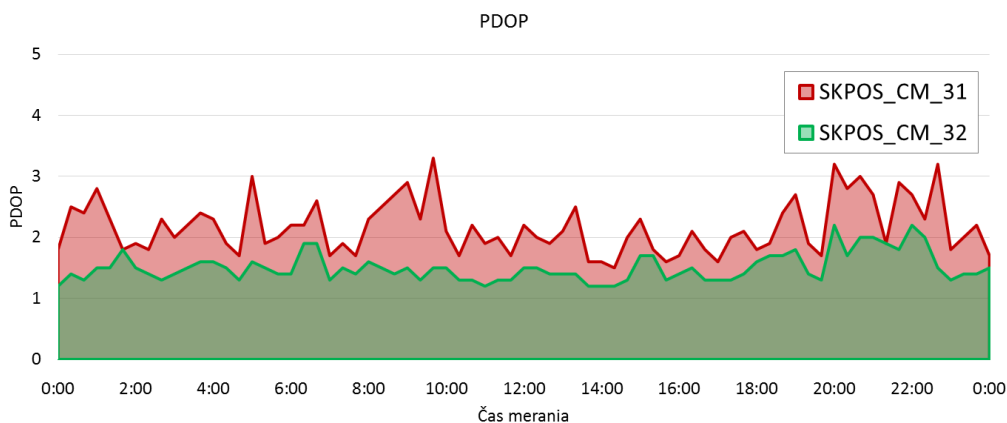
počtu GPS a GLONASS družíc maximálne do 5%. V našom prípade dosiahla „degradácia“ priemernú hodnotu -1,1 družice pre systémy GPS a GLONASS.



obr. 3 Počet družíc - porovnanie mountpointov

4.2 Porovnanie faktora zníženia priestorovej polohy

Faktor zníženia priestorovej polohy (PDOP) predstavuje numerickú charakteristiku kvality konfigurácie družíc v okamihu merania. Platí, že čím je menšia hodnota faktora PDOP, tým je lepšie rozmiestnenie družíc. Na obr. 4 je vidieť, že hodnoty PDOP sú v priemere o 0,5 nižšie pri využití mountpointu so všetkými družicovými systémami ako pri využití mountpointu iba so systémami GPS a GLONASS. Z obr. 4 je možné ďalej vidieť, že priebeh PDOP na mountpointe zo všetkými systémami má počas dňa hladší a plynulejší priebeh a je bez výrazných skokov.

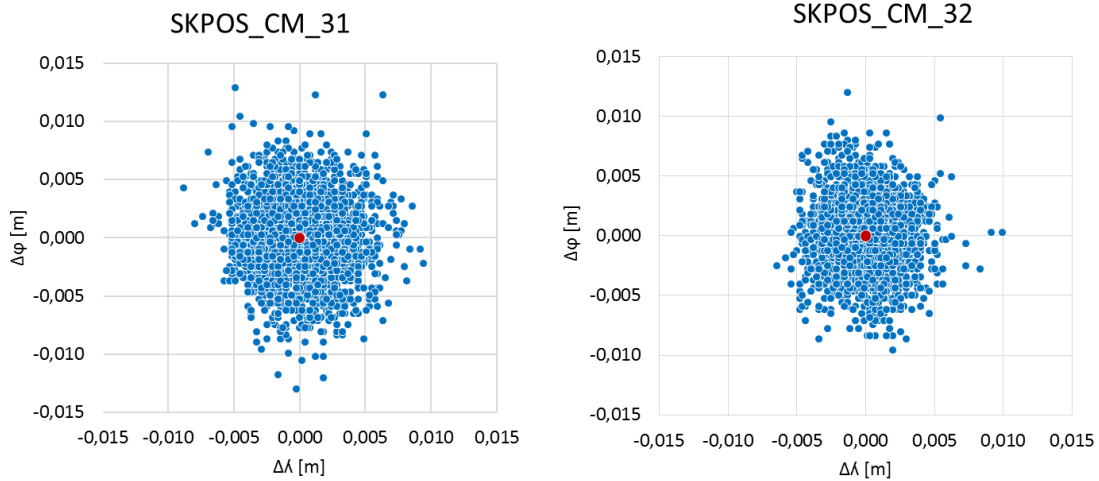


obr. 4 Porovnanie aktora zníženia priestorovej polohy (PDOP)

4.3 Porovnanie horizontálnej polohy a výšky

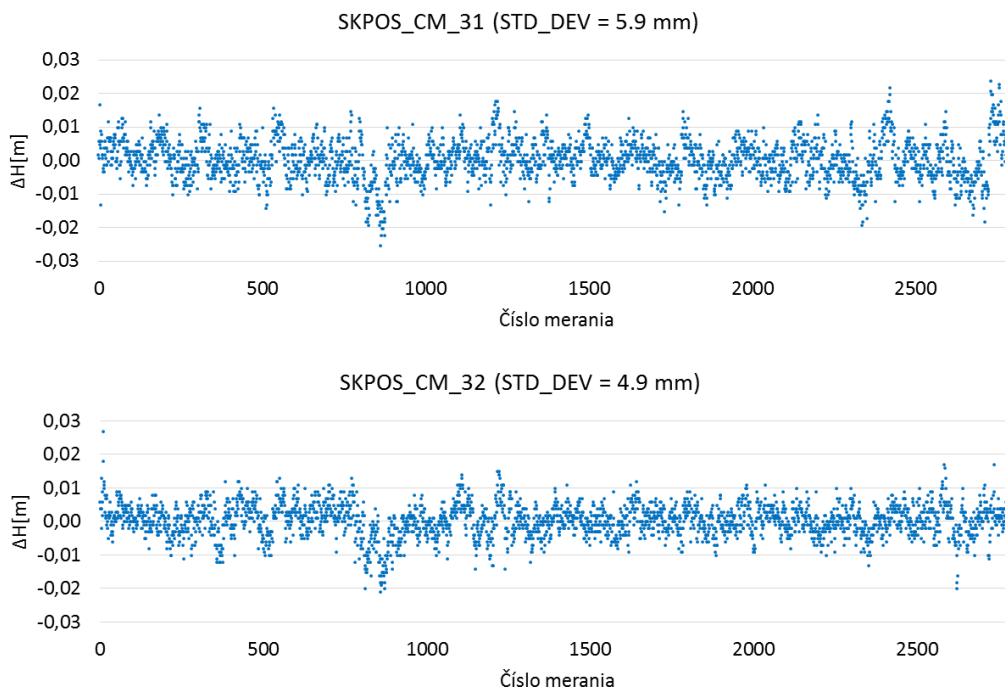
Okrem počtu a rozmiestnenia družíc je dôležitým faktorom pri porovnávaní meraní samotné určenie polohy a rozptyl hodnôt okolo strednej hodnoty. Na obr. 5 vľavo sú znázornené

zaznamenané polohy počas 24 hodinového testovacieho merania so intervalom záznamu 1 s pre mountpoint SKPOS_CM_31, teda merania s využitím družicových systémov GPS, GLONASS a vpravo sa nachádza graf s polohami s pripojením na mountpoint SKPOS_CM_32, t.j. mountpoint využívajúci systémy GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou. Štandardná odchýlka pri použití mountpointu SKPOS_CM_31 dosiahla 2,0 mm a pri použití mountpointu SKPOS_CM_32 1,7 mm.



obr. 5 Porovnanie horizontálnej polohy

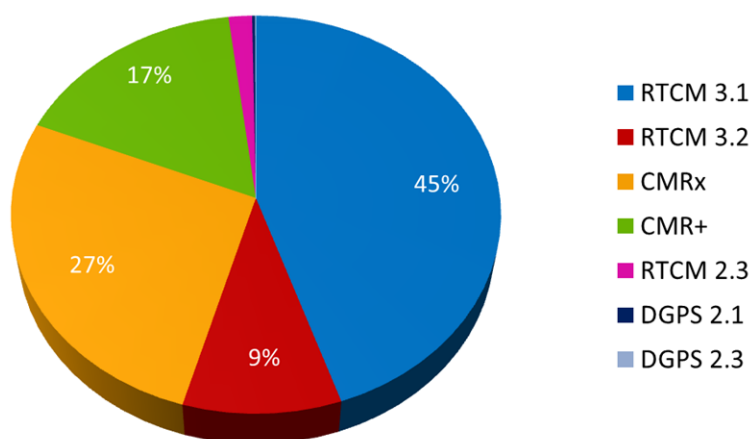
Na obr. 6 sa nachádza obdobné porovnanie pre výškovú zložku. Pri použití mountpointu SKPOS_CM_32 došlo k poklesu štandardnej odchýlky o 1 mm.



obr. 6 Porovnanie výšky

5 Využívanie rozšírenia SKPOS o systémy Galileo a BeiDou používateľmi

V kapitole 3 bolo uvedené, že služba SKPOS plne poskytuje rozšírenie o údaje zo systémov Galileo a BeiDou od októbra 2018. Na základe štatistických údajov za obdobie posledného roka sme zistili, že iba 9% registrovaných používateľov SKPOS využilo v tomto období aspoň raz meranie v reálnom čase s pripojením sa na mountpoint SKPOS_CM_32 (obr. 7), čo nie je veľké číslo. Dôvodom tohto nízkeho počtu je zrejme fakt, že používatelia služby sú vo väčšine prípadov limitovaný starším prístrojovým vybavením alebo potrebou upgradu softvéru v prijímači, bez ktorej rozšírenie nevedia využiť



obr. 7 Využívanie mountpointov používateľmi SKPOS za obdobie posledného roka

6 Záver

Všetky výmeny a upgrady softvéru a hardvéru vykonané najmä v roku 2018 smerovali k rozšíreniu služieb SKPOS o systémy Galileo a BeiDou, čo sa úspešne podarilo dovrieť v októbri 2018. Na overenie a porovnanie nových služieb bolo vykonaných niekoľko testov, ktoré preukázali pozitívny vplyv použitia družíc Galileo a BeiDou. Testovaním bol preukázaný nárast priemerného počtu fixovaných družíc o viac ako +7, bolo preukázané zníženie hodnoty faktora PDOP a zníženie štandardnej odchýlky pre horizontálnu polohu a výšku v prípade využitia rozšíreného mountpointu. Taktiež bolo preukázané dosiahnutie väčšieho počtu fixovaných riešení pri použití rozšíreného mountpointu. Hlavné prínosy rozšírenia služby SKPOS o systémy Galileo a BeiDou môžeme preto zhrnúť do formulácie, že väčší počet družíc napomáha k lepšej dostupnosti vykonania merania v zlých podmienkach napr. v lese alebo v zastavanom území.

Literatura

- [1] *Webová stránka Európskej GNSS agentury [online]. [cit. 5. December 2019]. Dostupné na: <https://www.gsa.europa.eu/european-gnss/galileo/faq>*
- [2] *Webová stránka navigačného systému BeiDou [online]. [cit. 5. December 2019]. Dostupné na: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/System/>*