

VPLYV RUŠENIA GNSS SIGNÁLU NA GEODETICKÉ MERANIE

IMPACT OF GNSS SIGNAL INTERFERENCE ON GEODETIC MEASUREMENT

Karol Smolík¹

Abstract

Global Navigation Satellite Systems are based on receiving GNSS signals from Medium Earth Orbit (MEO) satellites around 20 000 km above the Earth. It represents a high susceptibility to interference of these signals. Recently, our users have been contacting us as SKPOS service administrators with problems when measuring near the road infrastructure. Since 2010, vehicles over 3.5 tons have paid electronic tolls in Slovakia according to mileage, which are tracked using GPS. This has caused an increased usage of simple GNSS signal jammers. The author of the article conducted an experiment with the aim to determine the influence of the GNSS signal jammer on geodetic measurements.

1 Úvod

Globálne navigačné satelitné systémy (ďalej GNSS) sú založené na prijímaní signálov z družíc pohybujúcich sa vo výške okolo 20 000 km nad zemským povrchom. To predstavuje veľkú náchylnosť na rušenie týchto signálov. V poslednom čase sa na nás ako správcov služby SKPOS, naši používatelia obracajú s problémami pri meraní v blízkosti cestnej infraštruktúry. Od roku 2010 platia na Slovensku vozidlá nad 3,5 tony elektronické mýto podľa prejdenej kilometrov, ktoré sa zaznamenávajú pomocou GPS. Práve to vedie k zvýšenému používaniu jednoduchých rušičiek GNSS signálu vodičmi nákladných vozidiel, a tým aj k ovplyvňovaniu iných, napr. geodetických meraní využívajúcich GNSS v ich blízkosti.

2 GNSS signál

GNSS družice nepretržite vysielajú signály v L pásme na dvoch alebo viacerých frekvenciách, ktoré sú definované v Národnej tabuľke frekvenčného spektra (ďalej NTFS). NTFS je spracovaná na základe Rádiokomunikačného poriadku Medzinárodnej telekomunikačnej únie, rozhodnutí a odporúčaní Európskeho výboru pre rádiokomunikácie s prihliadnutím na závery Svetovej rádiokomunikačnej konferencie. [1]

GNSS signály sú definované v NTFS ako vyhradené frekvencie, tzn. že by nemali byť ničím rušené. GNSS signál má v okamihu vyslania z družice výkon cca. 30W. V okamihu prijatia signálu na Zemi, signál zoslabne na cca. 50×10^{-18} W, čo je veľmi malý výkon a preto sú GNSS prijímače veľmi náchylné na rušenie [2]. Historicky sa rušenie GNSS signálov považovalo hlavne za vojenský problém. S nárastom využívania GNSS v civilnom sektore a dostupnosťou lacných rušičiek preniká tento problém do všetkých oblastí vrátane geodetického merania.

3 Rušička GNSS signálu

Rušička GNSS signálu vysiela šum na rovnakých frekvenciách ako GNSS signál, pričom výkon rušičky je väčší ako výkon skutočného GNSS signálu. Prijímač tak začne prijímať signál z rušičky namiesto skutočného signálu. Rušička vysiela šum, čo môže viesť k strate

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

príjmu signálu z družíc. Používanie rušičiek je na Slovensku zakázané Nariadením vlády o sprístupňovaní rádiových zariadení na trh č. 193/2016 Z. z. Aj napriek tejto skutočnosti sú rušičky na našom trhu dostupné. Rušičky sa od seba líšia hlavne dosahom. Pre účely tohto článku sme sa zamerali na rušičky používané vo vozidlách. Od roku 2010 platia na Slovensku vozidlá nad 3,5 tony mýto na základe prejdených kilometrov. Prejdené kilometre sa zaznamenávajú v palubnej jednotke pomocou GPS navigácie. Práve to vedie k zvýšenému používaniu rušičiek GNSS signálu. Pre overenie vplyvu takejto rušičky na geodetické meranie sme zakúpili jednoduchú rušičku (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**). Výrobcom uvádzané parametre rušičky sa nachádzajú v (Tab. 1).



Obr. 1 Rušička GNSS signálu

Tab. 1 Parametre rušičky

Hmotnosť:	50 g
Napájanie:	DC 12 V
Výkon:	5 W
Rozsah rušenia:	3-6 metrov
Frekvencia:	1575,42 MHz
Blokovanie:	GPS signálu

4 Test vplyvu rušičky

Test rušičky bol vykonaný v lokalite mimo zastavaného územia obce a mimo frekventovaných ciest. Na meranie bol použitý rover Trimble R8, ktorý prijímal signály z družicových systémov GPS, GLONASS a Galileo. Medzi rušičkou a prijímačom bola neustála viditeľnosť a meranie prebiehalo v ideálnych podmienkach bez zákrytov. Meranie prebiehalo metódou RTN (sieťové RTK) s využitím korekcie Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS).

4.1 Test dosahu rušičky

Testovaná rušička je primárne určená na rušenie GNSS signálu vo vozidle. Dosah rušičky by mal byť dostatočný na rušenie palubnej jednotky a zároveň nie príliš veľký, aby rušička nebola ľahko odhaliteľná. Výrobca rušičky uvádza dosah 3-6 metrov.

Test prebiehal postupným vzdáľovaním rovera od rušičky až do momentu, kedy rušička prestala mať vplyv na meranie (Obr. 2).



Obr. 2 Test dosahu rušičky

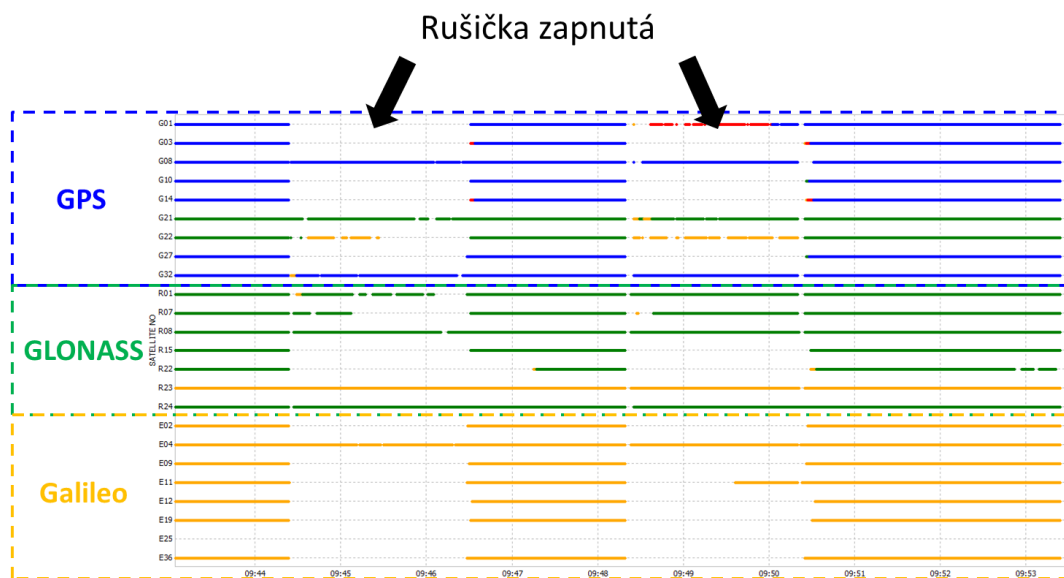
Vo vzdialenosti 0 až 12 metrov bolo pri zapnutej rušičke dosiahnutých o 12 družíc menej ako pri vypnutej rušičke, pričom bola dosiahnutá iba float RTK kvalita s presnosťou 1 až 5 metrov. Vo vzdialenosti do 12 metrov rušička znemožňuje vykonávať meranie s geodetickou presnosťou. Vo vzdialenosti od 13 do 80 metrov bola vždy dosiahnutá fix RTK kvalita s presnosťou lepšou ako 2 cm, pričom bolo prijímaných o 9 družíc menej. Rušička prestala mať vplyv na meranie vo vzdialenosti 100 metrov a viac (Tab. 2).

Tab. 2 Dosah rušičky

Vzdialenosť rovera od rušičky	0 m – 12 m	13 m – 80 m	100 m a viac
RTK kvalita	FLOAT	FIX	FIX
Počet družíc pri zapnutej rušičke	12 družíc menej	8 družíc menej	rovnaký
Presnosť merania	1 m – 5 m	< 2 cm	< 2 cm

4.2 Vplyv rušenia na družicové systémy

Rover prijímal signály z družicových systémov GPS, GLONASS a Galileo. Napriek tomu, že výrobca rušičky uvádzal rušenie iba systému GPS, na (Obr. 3) je vidieť, že rušené boli družice všetkých GNSS. Pri zapnutej rušičke vypadol signál z väčšiny družíc, vždy ale z každého systému ostali niektoré družice nerušené.



Obr. 3 Vplyv rušenia na družicové systémy

4.3 Vplyv rušenia na statické meranie

Okrem RTN metódy bol otestovaný vplyv rušičky aj na statické meranie. Za týmto účelom boli vykonané 3 statické merania s 10 minútovou dĺžkou observácie v 5 metrovej vzdialenosti

od rušičky. V prvom meraní bola rušička vypnutá a toto meranie slúžilo ako etalón na porovnanie ostatných meraní. Počas druhého merania bola rušička zapnutá celý čas t.j. išlo o 10 minútové statické meranie s 10 minútovým rušením. Počas tretieho merania bolo 50% času merania rušené t.j. bolo vykonané 5 minútové meranie so zapnutou a 5 minútové s vypnutou rušičkou. Pri rušení počas celej doby merania dosiahla polohová odchýlka, vyjadrujúca rozdiel v polohe medzi nerušeným a rušeným meraním, hodnotu 2 cm a výšková odchýlka, rozdiel vo výške medzi nerušeným a rušeným meraním, hodnotu 6 cm. Počas polovičného (50%) rušenia dosiahla polohová odchýlka hodnotu 0,6 cm a výšková 2 cm (Tab. 3 **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**).

Tab. 3 Vplyv rušenia na statické meranie

Dĺžka observácie	Dĺžka rušenia	Δp	Δh
10 min	10 min (100%)	2 cm	6 cm
10 min	5 min (50%)	0,6 cm	2 cm

5 Kontrola používania rušičiek

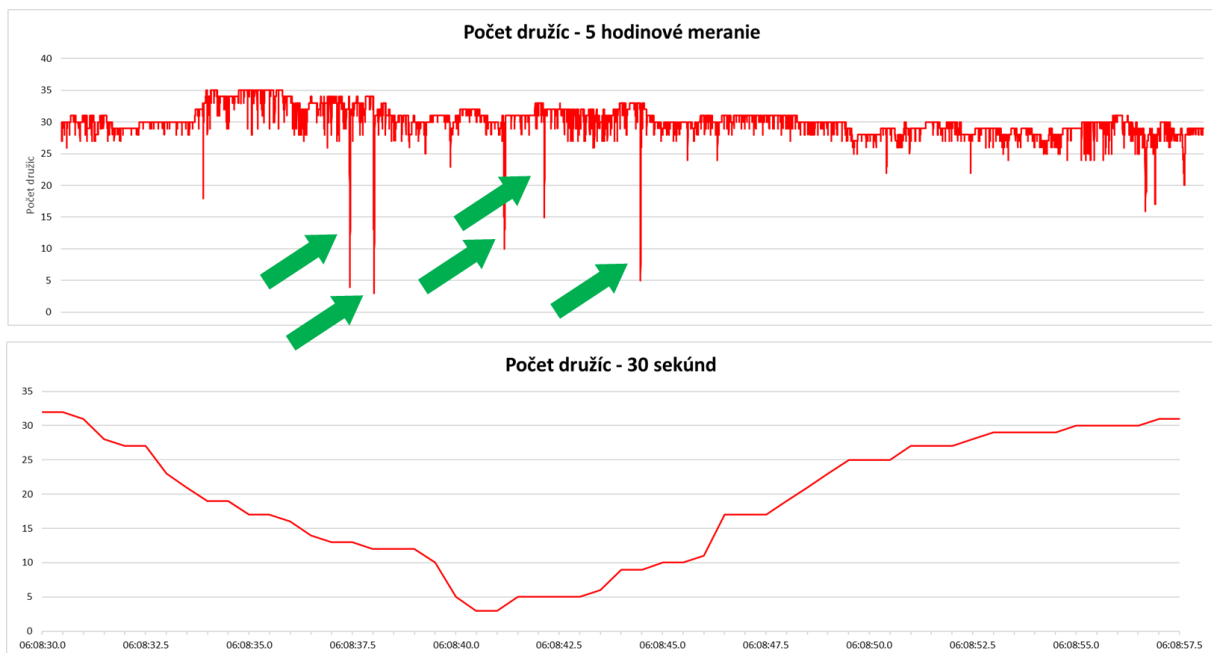
Kontrolu používania rušičiek vykonáva na Slovensku Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb. Za 5 rokov (2016 - 2020) bolo na Slovensku odhalené použitie len dvoch rušičiek GNSS signálu [3]. Aj na základe tejto skutočnosti sme sa rozhodli overiť používanie rušičiek vykonaním merania v blízkosti frekventovanej spoplatnenej cesty. GNSS rover bol postavený v blízkosti cesty, na odpočívadle Zeleneč na diaľnici D1. Vykonali sme 5 hodinové statické meranie za účelom odhalenia použitia rušičiek (Obr. 4).



Obr. 4 Umiestnenie rovera pri diaľnici počas kontroly používania rušičiek

Na (Obr. 5 hore) je graf zobrazujúci počet družíc počas vykonaného 5 hodinového statického merania. Na grafe je identifikovaných a zelenými šípkami zobrazených minimálne 5 výrazných poklesov v počte družíc, ktoré podľa našich skúseností popísaných v kapitole 4.1 evokujú vplyv použitia rušičky práve prechádzajúcim vozidlom. Na (Obr. 5 dole) je zobrazený jeden z identifikovaných poklesov, kde za 30 sekúnd počet družíc klesol z 32

družíc na 3 družice. Tento fakt signalizuje, že vozidlo s rušičkou sa najprv približovalo k roveru a následne sa od neho vzdalo.



Obr. 5 Počet družíc počas 5 hodinového merania (hore), vybraný časový úsek 30 sekúnd (dole)

6 Záver

Vykonané testy rušičky GNSS signálu preukázali rušenie geodetického GNSS merania na všetkých frekvenciách a pre všetky družicové systémy. Rušené boli družice až do vzdialenosti rušičky 100 metrov od prijímača. Do vzdialenosti 12 metrov od rušičky nebolo možné dosiahnuť fixované RTK riešenie, a teda nie je možné použiť takéto meranie na geodetické účely. Vykonaním testov bol potvrdený aj negatívny vplyv rušičky na výpočet súradníc statickou metódou, kde pri rušení vo vzdialenosti 5 m bola polohová odchýlka zhoršená o 2 cm a výšková odchýlka o 6 cm. Kontrola používania rušičiek v blízkosti frekventovanej cesty preukázala, že za 5 hodín došlo v piatich prípadoch k výrazným poklesom počtu prijímaných družíc, čo s najväčšou pravdepodobnosťou signalizuje použitie rušičiek práve prechádzajúcich vozidlách.

Literatúra

- [1] *Národná tabuľka frekvenčného spektra Slovenskej republiky*. [online]. [cit. 2022-01-04]. Dostupné na: <<https://www.vus.sk/ntfs/>>
- [2] Jones, Michael. 2011. Protecting GNSS Receivers from Interference and Jamming. In: *Inside GNSS* [online] 2011, Volume March/April. [cit. 2022-01-04]. Dostupné na: <<https://insidegnss.com/auto/marapr11-Jones.pdf>>
- [3] Infožiadosť adresovaná Úradu pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb. [2021-05-24].