

# GPS-zavarok vagy zavarok a GPS-jelvételben

Takács Bence

A Magyar Mérnöki Kamara Geodéziai és Geoinformatikai Tagozatának 2016. évi taggyűlésén elhangzott előadás írásos változata

## Bevezetés

Geodéziai vállalkozás GNSS-technika nélkül manapság elképzelhetetlen. Sok szó esik arról, hogy mennyire ki vagyunk szolgáltatva a GNSS-technikának. A minap pl. egy szakmai előadásban valaki arról beszélt, hogy az osztatlan közös tulajdon megszüntetése elnevezésű projektben néhány pontot „nem lehetett kitűzni”, mert a pontok fák alá kerültek, és a fák lombozata miatt nem lehetett tiszta GNSS-jeleket venni. Mintha GPS nélkül a feladat nem is lenne elvégezhető. A másik nagyon gyakori hozzáállás a szakmánkban, hogy a mérőállomással végzett felmérési, kitűzési feladatok alapponthálózatát is kizárólag GNSS-technikára alapozva határozzák meg nagyon sokan. Nyilvánvaló, hogy a hatékonyságot tekintve a GNSS-technika a legkedvezőbb, de vajon mennyire nyilvánvalók a GNSS-technika korlátai, pl. a pontosságot tekintve? Időnként eljártunk a gondolattal, hogy mi történne, ha valaki egyszer csak lekapcsolná a GNSS-műholdakat. Bizonyára azonnal megállna az élet a fejlett világban. Ilyenfajta esélylatolgatás helyett inkább a hétköznapokban is egyre gyakrabban előforduló veszélyre és a GNSS-technika sebezhetőségére kívánjuk a figyelmet ráirányítani.

## GPS-interferencia, a GPS-jelek blokkolása

Közismert, hogy a Földtől nagy távolságban keringő műholdakról gyenge jelek érkeznek a vevőnkbe. A GNSS-jelek gyakorlatilag elbújnak a légkör háttérsugárzásában. A vevőink mégis megtalálják és értelmezik a jeleket, ami a jelek egyedi kódolásának köszönhető. Ezt a jelenséget kihasználva nagyon könnyű a GNSS-jeleket elnyomni. Ehhez a GNSS-jelekkel azonos, vagy közeli frekvenciasávban erős jeleket kell sugározni, ezek az erős jelek egyes esetekben elnyomják az igazi GNSS-jeleket, más esetben

az igazi GNSS-jeleket zavarják, azokkal interferálnak. A felhasználó pedig azt tapasztalja, hogy a tiszta égbolt ellenére a vevője nem, vagy alig lát műholdakat, vagy a műholdak vétele szakadozott.

Korábban, még a 90-es években, illetve az ezredforduló táján Magyarországon is többször találkoztunk a GPS-interferencia jelenségével. Akkortájt a probléma forrása legtöbbször egy olyan rádióadó volt, amely a nemzetközi egyezmények ellenére a rádió navigáció számára fenntartott tartományban sugározta adását. Nem rosszindulatból, nem a GPS-jelek zavarása céljából, hanem azért, mert kellektek a nemzetközi egyezmények magyarországi bevezetésével, illetve egyszerűen meghibásodtak bizonyos eszközök, vagy tévesen konfigurálták azokat (Borza és Fejes 1999). Ebből a tapasztalatból kiindulva ekkortájt kezdték el gyűjteni a penci Kozmikus Geodéziai Observatórium munkatársai a GNSS-interferenciával kapcsolatos tapasztalatokat, amelyet a mai napig folytatnak. Bejelentést számukra a honlapjukról letölthető bejelentő lap segítségével lehet tenni. Rádiófrekvenciás zavarokat a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatósághoz is be lehet jelenteni, akik adott esetben helyszíni mérések alapján segítenek a forrás azonosításában, illetve a jelenség megszüntetésében.

A kifejezetten a GPS-jelek blokkolására szánt első eszközök már a 90-es évek derekán megjelentek. Ezek óriási teljesítménnyel sugárzó blokkolók voltak, jelentős méretű területet besugározva (pl. 150 km sugarú körön belül) tették lehetetlenné a GPS-alapú navigációt (Ványa 2015; Szentpéteri 2015). A korabeli híradások szerint ezeket a Közel-Keleten, háborús övezetekben vetették be, az amerikai hadsereg katonai manővereit akadályozandó.

Nagyon kicsi az esélye annak, hogy manapság a fejlett világban egy ilyen eszközt valaki bevesse. A nagy teljesítményének köszönhetően nagyon hamar lehetne bemérni az eszköz

pontos helyét, és bizonyára nagyon rövid időn belül hatástalanítanák. Napjainkban inkább a kis teljesítményű GPS-blokkolók (1. ábra) terjednek rohamosan. Teljesen egyértelmű, hogy a rádió navigáció frekvenciatartományában szigorúan tilos önkényesen bármilyen jelet is sugározni; egyes országokban (pl. Hollandiában) az erre alkalmas eszközök birtoklása is bűncselekmény, ugyanakkor a feketekezelésben nagyon könnyen és olcsón lehet ilyen eszközt beszerezni. Az olcsó GPS-blokkolókat taxisoknak, fuvarozóknak, autótolvajoknak kínálják. A szivargyújtóban elhelyezett kicsiny eszköz a hirdetések szerint, a néhány méteren belül található GPS-vevők méréseit blokkolja, ezáltal lehetetlenné téve a diszpécserközpontban a kérdéses jármű követését.



1. ábra. Olcsó GPS-blokkoló

## Az olcsó GPS-blokkolók hatótávolsága

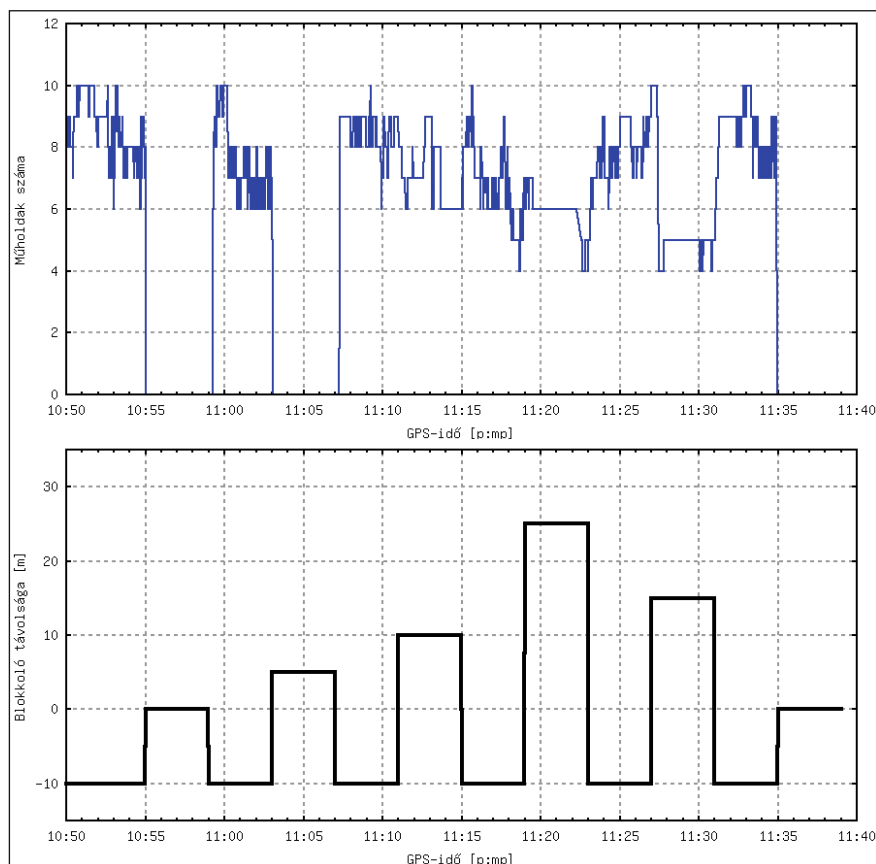
A téma iránt érdeklődő tudományos kutatót, illetve GNSS-felhasználót először az a kérdés kezdi el foglalkoztatni, hogy ez a néhány méter pontosan mennyi is? A második kérdés az, hogy a GNSS-jelek erősségére és minőségére érzékeny professzionális (pl. geodéziai) vevők esetén hogyan alakul a blokkolók hatása? E kérdések megválaszolása érdekében a cikk szerzője – szigorúan tudományos igényű kutatások céljára – beszerzett egy olcsó GPS-blokkolót. Elsőként egy kommersz mobiltelefonba épített GNSS-vevőre gyakorolt hatását vizsgáltuk. A mobiltelefontól különböző



2. ábra. Olcsó GPS-blokkoló mobiltelefonba épített GNSS-vevőre gyakorolt hatásának vizsgálata. A blokkoló és a GPS-vevő távolságát mérőszalaggal mérjük.

távolságra elhelyezett blokkolót ki-be kapcsoltuk (2. ábra), és vizsgáltuk a telefontal észlelt műholdak számát, valamint a pozicionáló képességet. Tapasztalataink alapján az olcsó GPS-blokkolók nagyjából 10 méteres távolságon belül teszik lehetetlenné a kommersz GNSS-vevők pozicionálási képességét (3. ábra). Ez a tapasztalat összhangban van várakozásainkkal és mások tapasztalataival is (Pullen és Xingxin 2012).

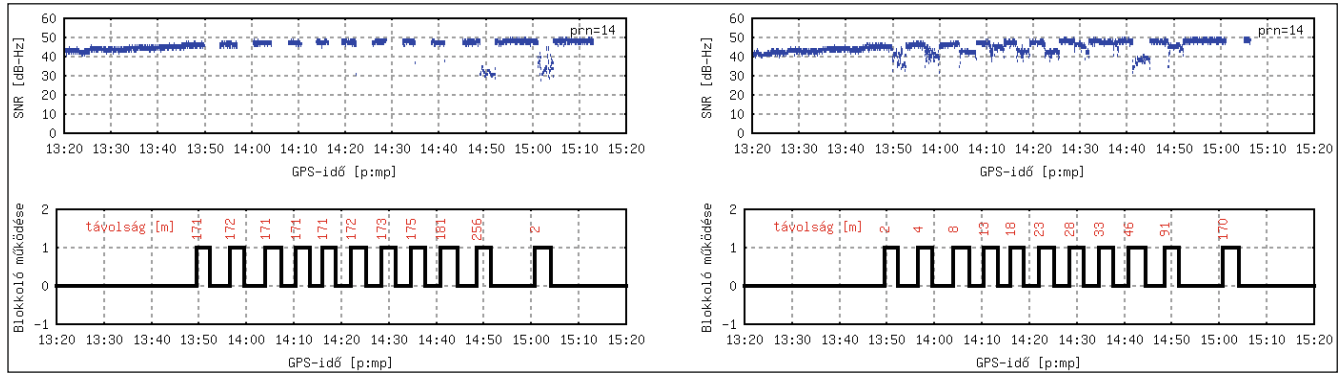
A vizsgálatokat ezután geodéziai vevőkkel is megismételtük. Nemcsak a blokkoló mellett, hanem attól kellő távolságban, mintegy 170 méterre is elhelyeztünk egy geodéziai vevőt. Előzetesen azt gondoltuk, hogy ennek méréseire semmilyen hatással nem lesz a blokkoló. Úgy terveztük, hogy a 170 méter távolságban lévő vevőn észlelt jel-zaj viszonyt referenciaértéknek tekinthetjük a blokkolóhoz közeli vevőn észlelt jel-zaj viszony elemzése során. Látni fogjuk, hogy a blokkoló hatótávolságát előzetesen alábecsültük. A blokkolóhoz közeli vevőt és a blokkoló távolságát többször megváltoztattuk, majd egy-egy elrendezésben a blokkolót bekapcsoltuk, majd néhány perc elteltével kikapcsoltuk. A blokkolóhoz közeli vevőn hálózati



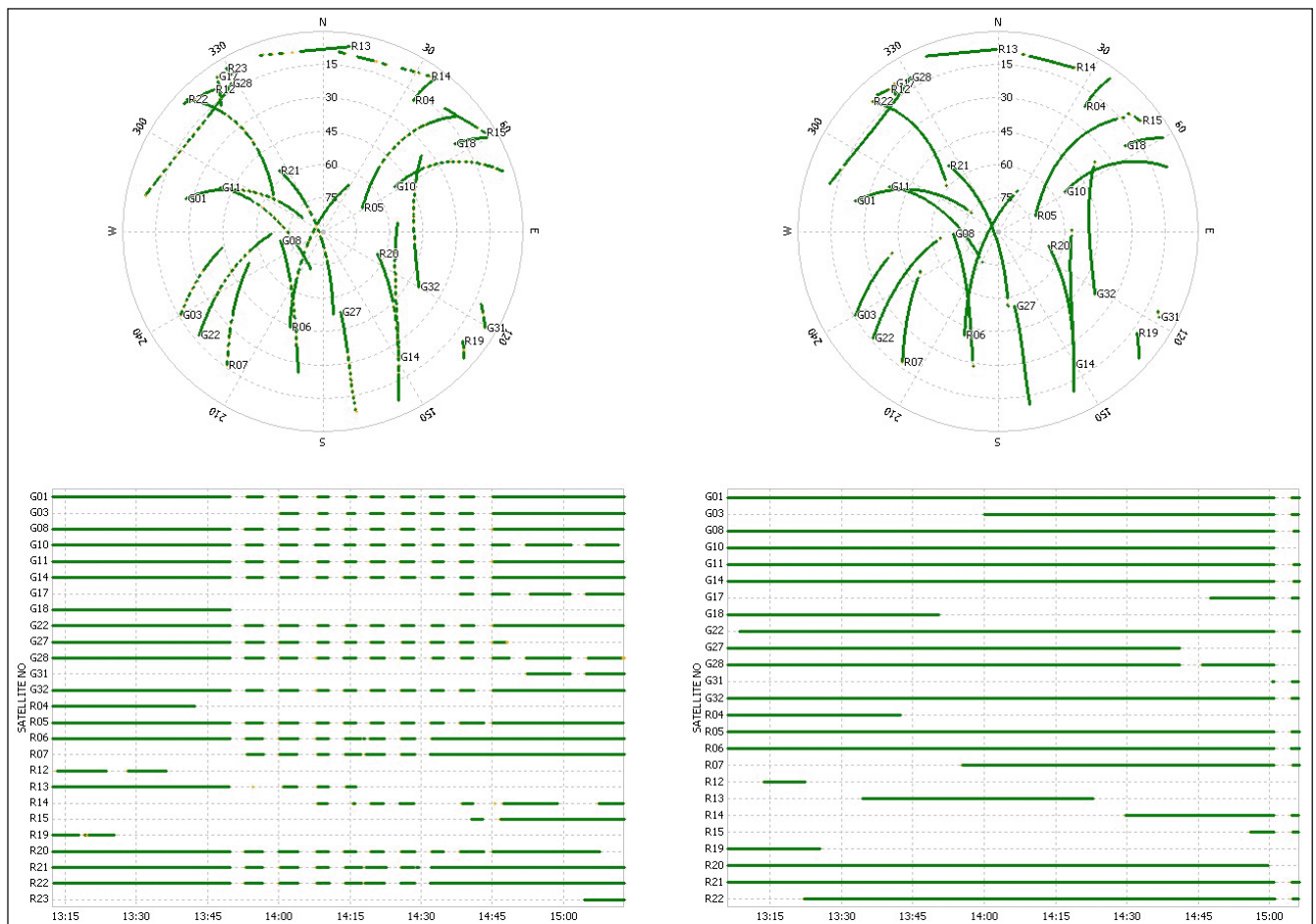
3. ábra. Olcsó GPS-blokkoló hatása mobiltelefonba épített GNSS-vevőre

RTK-korrektciókra támaszkodva végeztünk méréseket, vizsgáltuk, hogy a vevő és a blokkoló távolságának

függvényében a blokkoló bekapcsolásakor megszakad-e a cm-pontos koordináták meghatározása? Ha igen, akkor



4. ábra. Jel-zaj viszony a blokkolótól való távolság függvényében, a közeli és a távoli geodéziai vevőnél



5. ábra. GPS- és Glonass-műholdak vétele a blokkoló működésének függvényében a blokkolóhoz közeli és távoli vevőnél

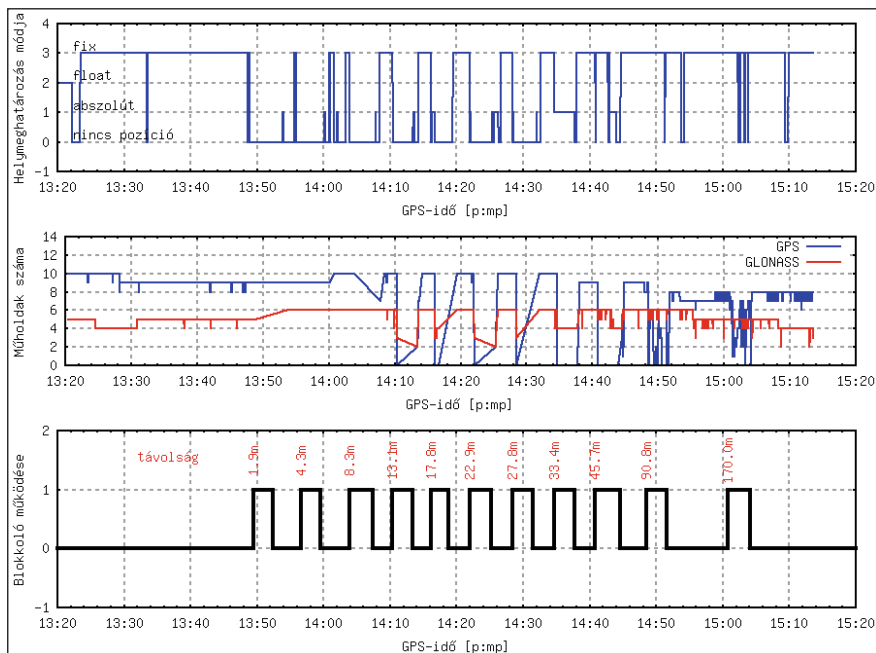
mikor következett ez be, valamint mindkét vevőnél vizsgáltuk az észlelt műholdak számát és az egyes műholdak jel-zaj viszonyát.

Először a blokkolóhoz közeli vevőnél észlelt egyik műhold (14-es jelű GPS-műhold) jel-zaj arányát mutatjuk be a blokkolótól való távolság és a blokkoló működésének függvényében.

90 méternek találtuk azt a legkisebb távolságot, amelynél a műhold észlelése nem szakad meg azonnal, hanem csupán a jel-zaj viszony jelentős

csökkenése figyelhető meg. Figyelemre méltó, hogy 170 méter távolságban is határozottan csökken a jel-zaj viszony. Sajnos, a vizsgálatok helyszínéül kiválasztott területen, a hely adottságai miatt, 170 méternél nagyobb távolságra nem tudtuk a blokkolót a vevőtől elvinni. Ugyanerre a műholdra, de a másik (referencia) vevőnél észlelt jel-zaj viszonyt is mutatja a 4. ábra. Mindkét vevőnél az összes észlelhető műhold vételét mutatja be az idő függvényében az 5. ábra.

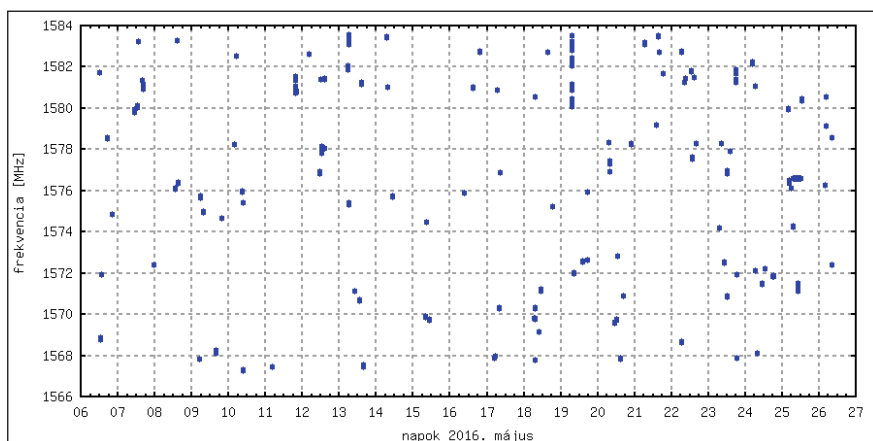
A legérdekesebb összefüggés a 6. ábrán látható. Az ábrán eltérő színnel tüntettük fel az észlelt GPS- és GLONASS-műholdak darabszámát. Megfigyelhető, hogy a blokkoló egy bizonyos távolságig a GLONASS-műholdak jeleit is blokkolja, de kb. 50 méternél nagyobb távolságnál már inkább csak zavarja. Az ábráról leolvasható, hogy mely időpontokban sikerült a ciklus-többértelműség egész számként történő feloldása, ezzel szoros összefüggésben mikor sikerült a



6. ábra. Helymeghatározás módja, észlelt műholdak száma a blokkoló működésének függvényében



7. ábra. Antennamegosztó, DINTEL-spektrumanalizátor, és GPS-vevő



8. ábra. Interferenciajelenségek a BME EGNOS monitorállomásán

vevőnek cm-pontos helymeghatározást végeznie. A legfontosabb tapasztalat, hogy a blokkolótól 90 méteres távolságban a blokkoló zavaró hatása ugyan egyértelműen tapasztalható, de a cm-pontos helymeghatározás nem szakad meg, ami a GLONASS-méréseknek tulajdonítható. Közismert, hogy a GLONASS-műholdak más frekvencián sugározzák a jeleket, mint az amerikai GPS-műholdak; a blokkolónk minden bizonnyal a GPS-műholdak L1 frekvenciájára van hangolva.

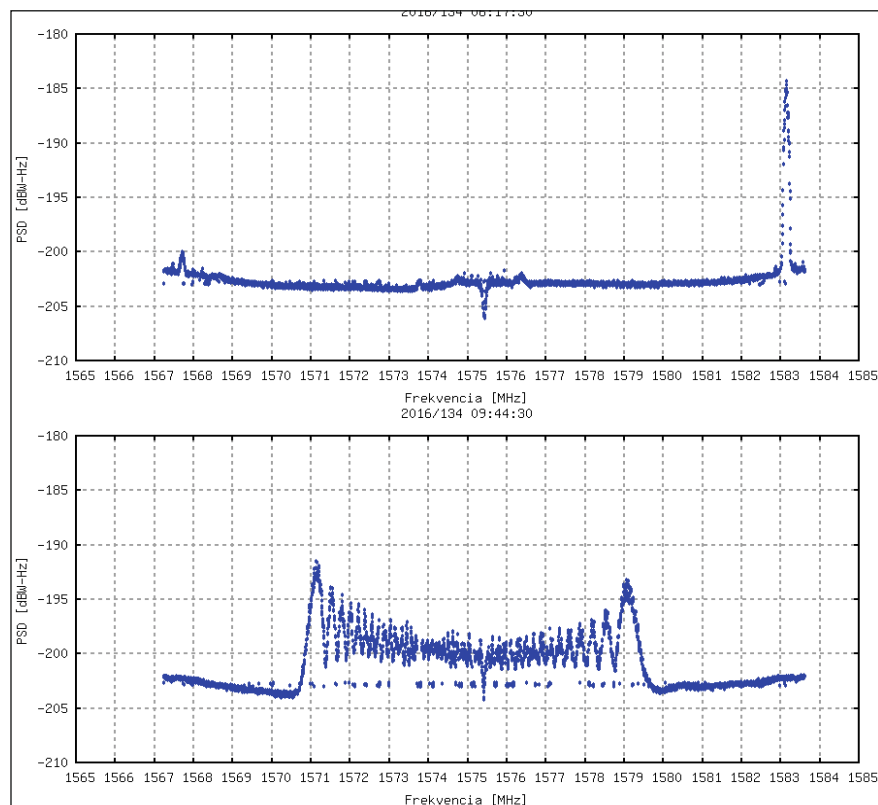
### Permanens állomáson észlelt interferenciajelenség

Ezután egy másik, szintén érdekes tapasztalatról szeretnénk beszámolni. A BME BUTE nevű referenciaállomásán és a közvetlenül mellette lévő EGNOS monitorállomásán (Ádám et al. 2002, 2004, Kratochvilla és Takács 2005) rendszeresen előforduló jelenség, hogy az észlelt műholdak száma váratlanul jelentősen csökken, majd rövid időn belül visszaáll. A jelenség vizsgálata érdekében az EGNOS monitorállomásunk antennájának jeleit megosztottuk; a jelek egy részét spektrumanalizátoron vizsgáltuk és rögzítettük, a megosztott jelek „másik” részét pedig a GPS-vevőkkel a szokásos módon vettük.

A méréseket 2016 májusában, mintegy 21 napig végeztük. A mérésekhez a GMV cég saját fejlesztésű, DINTEL fantázianevű spektrumanalizátorát használtuk<sup>1</sup>. Meglepő módon a vizsgált időszakban naponta több interferenciajelenséget is tapasztaltunk (8. ábra).

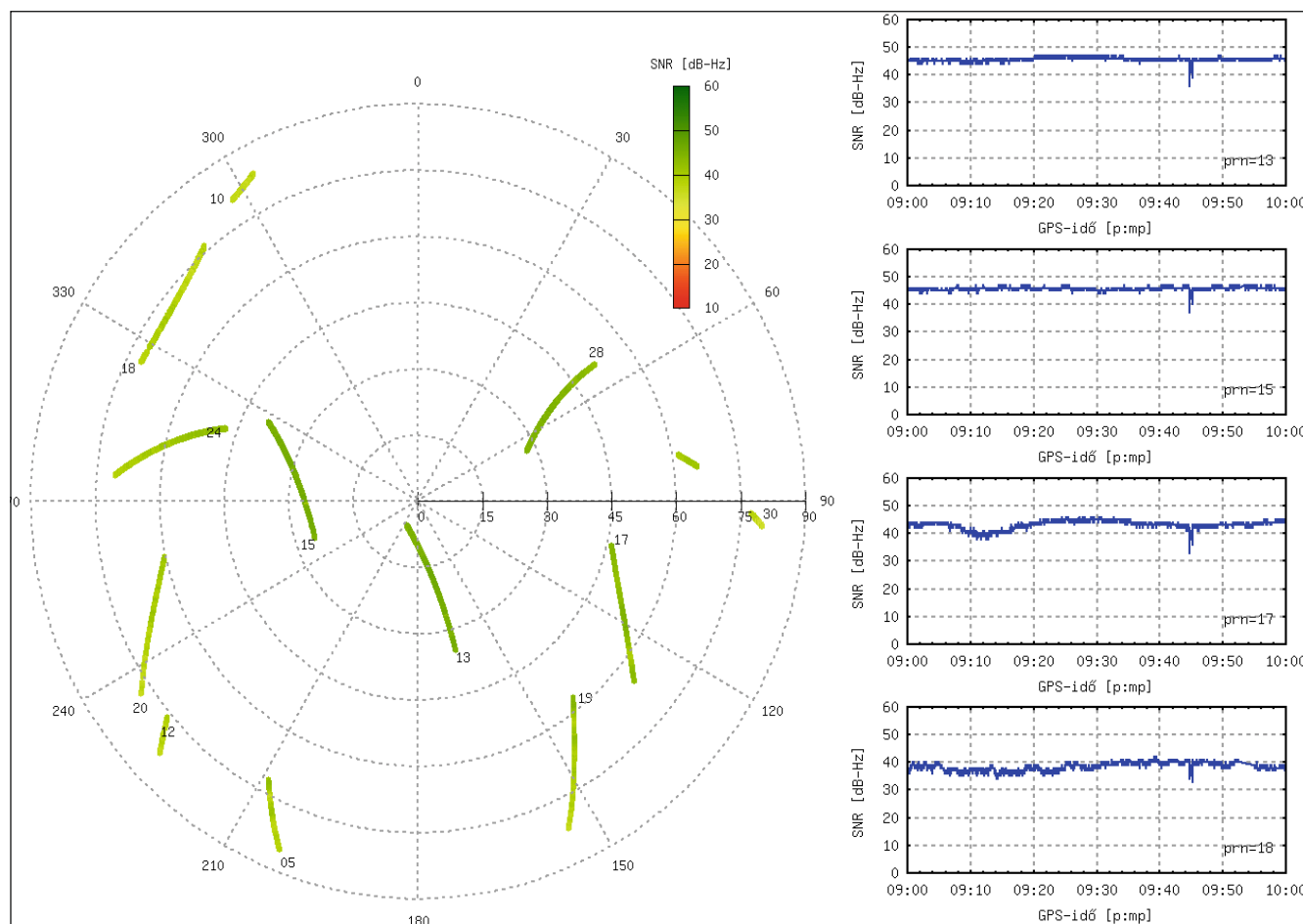
A spektrumanalizátoron észlelt interferenciajelenségek közül két jellemző példát mutatunk be (9. ábra). Az interferenciajelenség idején tipikusan csaknem az összes észlelt műhold jel-zaj viszonya jelentősen csökken, de akár a műholdakra történő észlelés is megszakadhat egy rövid időre (10. ábra). Ha ez a jelenség csaknem az összes észlelt műholdat érinti, akkor a pozicionálás is megszakad. Geodéziai felhasználók esetén ez két okból is különösen kedvezőtlen:

<sup>1</sup> <http://www.gmv.com/en/Products/srx-10i/DataSheet/>



9. ábra. Jellemző interferenciajelenségek frekvenciája és az észlelt jelek „erőssége” közötti összefüggés

egyrészt a cm-pontos helymeghatározáshoz fázismérési adatokat használunk, a fázismérés könnyebben és a blokkolótól akár nagyobb távolságban is megszakadhat. Másrészt, a megfelelő minőségű és erősségű jelek „visszatérését” követően, jellemzően az inicializáláshoz értékes percek szükségesek. Tapasztalataink szerint az alkalmazott spektrumanalizátor meglehetősen érzékeny. Olyan erős interferenciajelenség, amikor a BME Központi épületének tetején elhelyezett vevők méréseiben az észlelt műholdak száma jelentősen csökken, azaz amely a geodéziai mérések szempontjából már problémát jelenthetne, ritkábban fordul elő, mint ahogy azt a 8. ábra alapján gondolnánk. Hosszabb ideje tartó vizsgálatunk alapján hetente egy-két ilyen jelenség figyelhető meg. Nincs bizonyítva, hogy mi okozza az interferenciajelenséget, de erős a gyanúnk, hogy azok (a cikk első részében bemutatott) olcsó blokkolók lehetnek az okozói, melyeket a közelben elhaladó járművekben használnak.



10. ábra. Interferencia idején a jel-zaj viszony esése az észlelt műholdak többségén

Célszerű lenne az országban működő további permanens állomásokon is hasonló vizsgálatokat végezni. Első körben egy másodperc sűrűséggel rögzített, nyers GNSS-mérési adatokat feldolgozva kellene vizsgálni az észlelt műholdak számát, illetve az egyes műholdakra vonatkozó jelzaj viszonyt. Olyan rövid, jellemzően 1-2 percnél nem hosszabb periódusokat kellene keresni, amelyek alatt a műholdak számában, valamint a jelzaj viszonyban váratlan, hirtelen csökkenés tapasztalható. Viszonylag könnyen elvégezhető ez a vizsgálat. Amennyiben ilyen jelenségek tapasztalhatók valamely permanens állomáson, a következő vizsgálat során célszerű lenne spektrumanalizátorral is elemezni az antennából érkező jeleket.

## Összefoglalás

A terepen, RTK GNSS-technikával dolgozó kollégák időnként tapasztalják, hogy a megfelelő térerő és a hálózati RTK-korrekciók jelenléte ellenére sincs cm-pontos pozíció. Ha azt is tapasztaljuk, hogy az észlelhető műholdak száma jelentősen kisebb, mint az elvileg látható műholdak száma, és ezt nem a környező tereptárgyak okozzák, akkor könnyen lehet, hogy a cikkben bemutatott GPS-interferencia néven ismert jelenséggel van dolgunk, amelyet manapság leggyakrabban egy, a közelben működő olcsó GPS-blokkoló okozhat. A feketepiacon értékesített illegális blokkolók számáról nincs információnk, de minden bizonnyal jelentős számú eszköz akadályozza a professzionális GNSS-felhasználókat, így a geodétákat is. A GPS-blokkolót üzemeltetők valószínűleg ennek nincsenek tudatában, ők csak a saját járművükbe szerelt navigációs rendszert szeretnék elnyomni. Az eszközök mérete, mobilitása miatt gyakorlatilag lehetetlen a GPS-blokkolót használó járművek azonosítása, a tettenérés pedig még inkább lehetetlen feladatnak tűnik. Szigorú jogi szabályozással, esetleg „felvilágosítással” talán csökkenthető lenne a blokkolókat használók száma, de nem várható, hogy ettől a jelenség teljesen meg fog szűnni.

Ebben az esetben a geodéziai felhasználók nemigen tehetnek mást, mint olyan eszközöket és módszereket alkalmaznak, amelyek kevésbé érzékenyek a GPS-blokkolók okozta problémákra. Ehhez minél több navigációs rendszer, tehát az amerikai GPS mellett az orosz GLONASS, az európai Galileo és további rendszerek jeleinek vételére képes vevőket ajánlott használni. A minél több frekvencián (pl. a GPS esetében az L1 és L2 mellett az L5 frekvencián) történő mérés is csökkentheti a problémát. Ugyanakkor könnyen lehetséges, hogy a blokkolók is hamarosan több műholdrendszer, több frekvenciatartományban sugárzott jeleit is blokkolni fogják.

## Köszönetnyilvánítás

A cikkben bemutatott vizsgálatok elvégzésében köszönet jár a közreműködő hallgatóknak, elsősorban Potó Viviennek, valamint kollégáimnak Siki Zoltánnak. Köszönettel tartozom továbbá a BEYOND projektben közreműködő valamennyi munkatársamnak, különösen a projekt vezetőjének, Peter Lubraninak (ESSP), a magyar partnerek munkáját koordináló Markovits-Somogyi Ritának (Hungarocontrol), valamint a projekt keretében szervezett továbbképzések előadójának, leginkább Alberto de la Fluente-nak (GMV).

## Irodalomjegyzék

- Ádám, J. – Szűcs, L. – Tokos, T. – Rózsa, Sz. (2002): Establishment of a Permanent GPS Station at the Department of Geodesy and Surveying of the Budapest University of Technology and Economics. *Periodica Polytechnica-Civil Engineering* 46:(2) pp. 179–184.
- Ádám, J. – Kratochvilla, K. – Ober, B. P. – Rózsa, Sz. – Takács, B. – Zaletnyik, P. – Soley, S. – Farnworth, R. (2004): EGNOS/ESTB Data Collection and Evaluation at the Budapest University of Technology and Economics. In *Second Galileo Conference for an Enlarged Europe*. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2004. 04. 27–28. Paper 15.
- Borza, T. – Fejes, I. (1999): GPS Interference in Hungary. *Reports on Geodesy*, No 5., Polytechnika Warszawska
- Kratochvilla, K. – Takács, B. (2005): EGNOS monitor állomás a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. *GPS Magazin* 3:(6) pp. 1–5.

- Szentpéteri, L. (2015): Veszélyben van-e szeretett infrastruktúránk? A GPS25 konferencián elhangzott előadás, Budapest, 2015. október 27. <http://gpsmet.agt.bme.hu/gps25/program.html>
- Pullen, S. – Xingxin Gao, G. (2012): GNSS Jamming in the Name of Privacy, *Inside GNSS*, March/April 2012. pp. 34–43.
- Ványa, L. (2015): Navigációs berendezések zavarása és megtévesztése, *Repüléstudományi Közlemények*, XXVII. évfolyam, 2015. 2. szám

## Summary

### GNSS Interference and Signal Degradation Events

Practical measurements in surveying and geodesy without the GNSS-technique are almost unimaginable nowadays. Application of the GNSS-technique is convenient, efficient and in most of the cases, but not always, accurate enough. However, there are some situations, when applying the GNSS-technique is not possible due to special circumstances. This paper draws the attention to one of these issues: the vulnerability of the GNSS-technique. The low cost, easy to buy black market GPS-jammers have become widespread recently. The main purpose of applying such jammers is to block satellite based navigation of vehicles, but within a certain range, it can block or disturb high precision geodetic receivers as well. This paper presents our investigations of the effective range, both in the case of commercial and professional geodetic GNSS receivers. In addition, the recent interference events experienced on the BME permanent and EGNOS monitoring stations are summarized. These events might be caused by low cost GPS jammers installed in vehicles passing nearby.



**Dr. Takács Bence**  
egyetemi docens

BME Általános- és Felsőgeodézia  
Tanszék  
e-mail: takacs.bence@epito.bme.hu