

RTK-mérések pontossága és hatékonysága

TAKÁCS Bence¹

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék

E-mail: takacs.bence@emk.bme.hu

[DOI: 10.30921/GK.77.2025.1.3](https://doi.org/10.30921/GK.77.2025.1.3)

Absztrakt

Napjainkban a geodéziai mérések alapvető módszere a műholdas helymeghatározás, ezen belül is elsősorban a valós idejű kinematikus (RTK) mérés, amelyeket leggyakrabban valamilyen GNSS-szolgáltató mobil interneten vett korrekcióival végzünk. A gyakorlati tapasztalatok alapján a mérések kényelmesek, hatékonyak, számos gyakorlati feladathoz megfelelően pontosak. Ugyanakkor a mérések pontossága és hatékonysága függ a külső körülményektől és a szolgáltatás minőségétől. Ezért is alapvető követelmény a szolgáltatások minőségbiztosítása, és a minőségbiztosítási elemek automatikus, valós idejű meghatározása és online publikálása. A cikkben bemutatunk két módszert, melyekkel az RTK-mérések pontossága és az inicializációs idő monitoring jellegű vizsgálata elvégezhető. Az első módszer olcsó, kétfrekvenciás, jó minőségű RTK-vevőkkel felszerelt monitor állomások mérésein alapul. A második módszer pedig a szolgáltatótól független permanens állomásokon, geodéziai vevőkkel rögzített nyers méréseinek a nyílt forráskódú, RTKLIB programmal végzett, közel valós idejű, az RTK-módszerrel egyenértékű feldolgozásán alapul. A vizsgálatok az ionoszférikus aktivitás 11 éves periódusú változásának aktuális maximuma idején különösen időszerűek. A módszereket eddig Budapesten teszteltem, eredményeim összhangban vannak a gyakorlati tapasztalatokkal.

Abstract

Satellite positioning, especially the Real-Time Kinematic (RTK) method, is a fundamental technique in engineering geodesy and land surveying these days. More often than not, observations are taken using corrections from one of the GNSS infrastructures. On the one hand, RTK measurements proved to be convenient, efficient and accurate enough for many applications. On the other hand though, the accuracy and efficiency of the RTK measurements highly depend on external conditions as well as the quality of GNSS services. Therefore, quality control of the services, automated, real-time and online publication of its main elements are of utmost importance. This paper presents two methods to monitor the accuracy of RTK measurements and the initialisation time. The first method uses monitoring stations with low-cost, dual-frequency, good-quality RTK receivers. The second one applies the near real-time processing of raw observations recorded by geodetic receivers on independent permanent stations with the open-source software RTKLIB. These analyses are crucial under the current 11-year period ionospheric activity maximum. Methods have already been tested in Budapest; the results are in accordance with practical experience.

1. Bevezetés

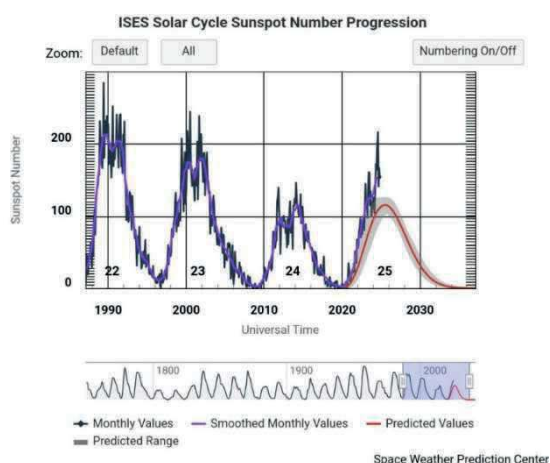
Az 1990-es évek elején jelentek meg az első GPS-vevők a geodéziában. Kezdetben egyfrekvenciás, néhány csatornás, csak az amerikai NAVSTAR GPS-műholdak jeleit venni képes vevőpárokkal, relatív statikus mérésrel és utófeldolgozással határoztak meg alappontokat. Az ezredforduló táján hatalmas fejlődésnek lehettünk tanúi. Megjelentek a valós idejű helymeghatározást lehetővé tevő RTK-vevőpárok, amelyek bázisvevőjét valamilyen alapponton helyezték el és a felhasználók üzemeltették. A valós idejű mérésekkel lehetőség nyílt részletmérési és kitűzési feladatokat is végezni. Aztán elkezdtek kiépülni a permanens állomások, ezeket hálózatba szervezték, kezdetben főként utófeldolgozáshoz, aztán egyre inkább valós idejű mérésekhez biztosították a bázisvevő méréseit, illetve többféle hálózati RTK-konceptió alkalmazásával csökkentették a szabályos hibák helyfüggő hatásait (Busics–Horváth 2006). Ezzel nagyjából egy időben az orosz GLONASS rendszer is (újra) elérte teljes kiépítettségét és a geodéziai gyakorlatban megjelentek az amerikai GPS- és az

orosz GLONASS-rendszerek jeleit egyaránt venni képes geodéziai vevők. Ezzel a helymeghatározásba bevont műholdak száma duplájára nőtt, lerövidítve a ciklustöbbletműségegek egész számként történő meghatározásához (az inicializáláshoz) szükséges időt. Aztán kiépültek az európai Galileo és a kínai BeiDou globális műholdas navigációs rendszerek, ezáltal ma már 30-40 műhold jeleiből határozzuk meg a pozícióinkat. Az újabb generációs műholdak ma már három frekvencián sugározzák a jeleiket. A GNSS-infrastruktúrák is folyamatosan bővülnek. Magyarországon az állami fenntartású gnssnet.hu mellett több magánkézben lévő rendszer is működik, legismertebb a corripo.hu hálózat. Magyarországon is nagy számban épül a közösségi adatgyűjtésen, illetve olcsó, jó minőségű vevőkre alapozott hálózat, a centipede.fr. Jelen pillanatban már több mint 100 állomásuk működik Magyarországon, regisztráció és adatszolgáltatási díj nélkül érhető el egybázisú RTK-korrekciók, központi feldolgozás és érdemi minőségbiztosítás nélkül.

A geodéták a terepi munkák igen jelentős részét műholdas helymeghatározással végzik, hiszen az ország területén szinte

bárhon, bármikor pár kattintásnyi idő alatt cm pontos koordinátákat tudnak meghatározni. Mára a cm pontos helymeghatározás felhasználói köre jelentősen bővült, a geodéziai célú méréseket végző felhasználók aránya szinte eltörpül a mezőgazdasági célú, autonóm járműnavigációs és sok más egyéb területre kiterjedő felhasználók között. Ebben a helyzetben az RTK-korrekciós szolgáltatásokat nyújtó infrastruktúrák minőségbiztosítása alapvető fontosságú (Bruyninx et al. 2019). A felhasználók jogosan várják el, hogy a szolgáltatók a mérések automatikus feldolgozásának és elemzésének eredményeként számos, a szolgáltatás minőségét valós időben leíró adatot (pl. az elérhető korrekciós adatfolyamok – streamek – számát, a működő referenciaállomások számát, az észlelt műholdak számát, az ionoszféra állapotát leíró mérőszámokat) tegyen közzé a honlapján. A minőségbiztosítás egyik eleme az RTK-korrekciókkal végzett helymeghatározás pontosságának folyamatos, monitoring jellegű vizsgálata és az eredmények publikálása a szolgáltató honlapján.

Az RTK-mérésekkel elérhető pontosság és az inicializálási idő vizsgálata napjainkban különösen időszerű, hiszen a napfolttevékenység XVIII. század óta megfigyelt és mért, 11 éves periódusú változásának következő maximuma 2025-ben várható (1. ábra). A nap mágneses tevékenysége erősen hat a Föld külső légkörére, ezáltal a GNSS-jelek terjedési sebességére is. Az erősödő napfolttevékenység hatását évek óta érezzük, számos gyakorlati tapasztalat erősíti meg, hogy napközben, különösen a fizikai referenciaállomásoktól távol, alacsony műholdszám mellett az inicializálás lassú, a téves inicializálás esélye nagyobb és a meghatározott koordináták és magasságok pontossága szerényebb. A kb. 11 évvel ezelőtti maximum idején is tapasztaltunk hasonló jelenségeket (Závodi 2013), de a mostani ionoszférikus aktivitás erősebb, mint az akkori. Két-három ciklussal korábban pedig azért nem éreztük a jelenséget, mert akkor saját bázissal, vagy meg inkább utófeldolgozással mindössze néhány km hosszú vektorokat mértünk.



1. ábra Napfoltok száma, forrás: Space Weather Prediction Center

Az RTK-korrekciókkal végzett helymeghatározás pontosságával számos tanulmány foglalkozik, lapunk hasábjain erről szóló vizsgálatait Forgó Zoltán mutatta be.

A vizsgálatok megerősítik a gyakorlati tapasztalatokat, azaz fedett, GNSS-mérésekre kevésbé ideális körülmények között is, néhány cm pontos valós idejű helymeghatározás lehetséges, az elvárt inicializálási időn belül (Forgó 2023). Szintén kedvező tapasztalatokról számolnak be a BME oktatói, akik egy speciális építésirányítási feladathoz fejlesztettek olcsó, kétfrekvenciás és négykonstellációs, beépített RTK-motorral rendelkező, a geodéziai vevőkhöz képest olcsó, u-blox vevőkre alapozott rendszert. A szerzők a pontosság vizsgálatára végzett teszt méréseik során mintegy 20 napig végeztek folyamatosan RTK-méréseket egy közeli (240 m-re található) bázisállomásról vett korrekciók alapján és megállapították, hogy az olcsó vevővel és patch antennával is elérhető valós időben a néhány cm-es pontosság (Égető et al. 2021).

2. Módszertan

A legegyszerűbb módszer a pontosság vizsgálatára, ha egy rover vevőt ismert koordinátájú ponton helyezünk el és RTK-korrekciókkal végzünk méréseket, majd a meghatározott és ismert koordináták különbségéből valódi koordináta hibákat vezetünk le. Ezt bármely felhasználó maga is elvégezheti, ugyanakkor a pontosság és az inicializálási idő reprezentatív jellemzése meglehetősen sok manuális munkával jár.

2.1. Monitor állomás RTK-vevővel

A számítógépről vezérelhető RTK-vevőkkel megoldható, hogy a vevő rendszeres időközönként ki-, majd bekapcsoljon, így az inicializálást rendszeres időközönként, automatikusan végrehajtsa. A vevő vezérlése többféle környezetben is megvalósítható, ehhez igen kényelmes a széles körben használt, nyílt forráskódú RTKLIB str2str programja (Takasu-Yasuda 2009). A program lehetővé teszi, hogy az RTK korrekciókat a számítógép vegye és továbbítsa a vevő felé, ezzel párhuzamosan a vevő által meghatározott koordinátákat pedig a vevő a számítógépre küldje. Az egyes mérési periódusokban kapott adatok tehát külön fájlokban rögzíthetők, az adatokból statisztikai jellemzőket (inicializálási idő, koordináta hibák, fix megoldással kapott pozíciók száma és aránya, esetleges fals fix megoldással kapott pozíciók száma, műholdak száma stb.) vezethetünk le. A statisztikai mérőszámok összevethetők a műholdas helymeghatározás pontosságát befolyásoló tényezőkkel, pl. a külső légkör, azaz az ionoszféra teljes elektron tartalmával vagy pl. a hálózati RTK-megoldásokból levezetett korrekciók pontossági mérőszámaival. A módszerrel tehát teljesen automata üzemmódban, rendszeresen újra inicializál a vevőnk és monitoring jelleggel végezhetjük a pontosság és az inicializálási idő meghatározását. Az eredmények adatbázisba szervezve online megjeleníthetők, akár az RTK-szolgáltatások minőségbiztosítással foglalkozó honlapján is. Ugyanakkor a módszer hátrányának tekinthető, hogy egy vevővel egyféle beállítással végezhető a vizsgálat.

2.2. Független permanens állomáson rögzített nyers mérések feldolgozása közel valós időben

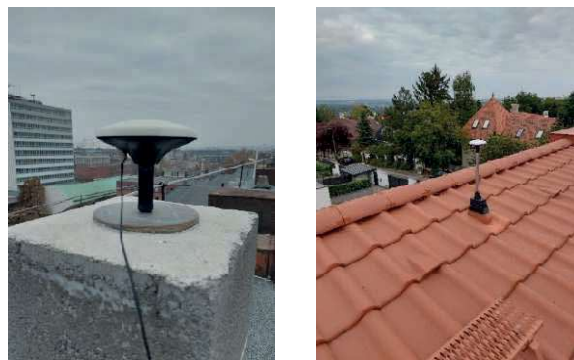
Gyakran felmerül a kérdés, hogy vajon az újabb műholdkonstellációk (elsősorban a Galileo és BeiDou) mennyit javítanak a pontosságon és milyen mértékben csökkentik az inicializálási időt. A szolgáltatók is többféle hálózati RTK-konceptióra alapozott korrekciót sugároznak, vajon ezek között melyiket célszerű használni. Szintén gyakran felmerülő kérdés, hogy vajon a különböző korrekciós szolgáltatások között van-e érdemi különbség? Mindezeknek a kérdéseknek a megválaszolása történhet úgy, hogy a monitor állomáson a nyers méréseket valós vagy közel valós időben, esetleg utólag dolgozzuk fel különböző beállításokkal, de mindegyikkel úgy, mintha a helymeghatározás valós időben történne (Baybura et al. 2019). Erre is alkalmas a már említett nyílt forráskódú RTKLIB szoftver (Takasu 2009, Horváth 2015). A feldolgozás nagyon sok paramétere állítható, ehhez biztosítva van egy kényelmes, grafikus felület is. A beállított paraméterek konfigurációs fájlba menthetők, amely a teljesen automatizált futtatás során parancssori argumentumként megadható. A feldolgozás eredménye szintén periódusonként és konfigurációként külön fájlba menthető, majd a pozíciók statisztikai jellemzői automatizáltan meghatározhatók. A nagy tömegű adat miatt a statisztikai jellemzőket adatbázisba célszerű tölteni, ahonnan a főbb jellemzők akár online is megjeleníthetők, illetve elemezhetők.

3. Adatok bemutatása

Az előzőekben bemutatott első módszer teszteléséhez két monitor állomást építettem ki, GNSS-mérések számára ideális helyen, egy-egy Budget Survey GNSS Multiband Compact antennával és u-blox f9p vevővel. A vevők kétfrekvenciás, négykonstellációs, beépített RTK-motorral rendelkeznek, típusuk azonos az Égető et al. (2021) által használt vevőkével. A vevőt egy Raspberry Pi számítógépről vezéreltem, a számítógép a vevőt 150 másodpercenként ki-, majd bekapcsolta, kikényszerítve az újrainicializálást. A méréseket mindkét állomáson 2025.01.17. és 2025.01.26. között végeztem, állomásonként összesen nagyjából 5000 periódust rögzítettem.

Az első állomás (2. ábra) a BME D épületén található, a K épületen elhelyezett BUTE permanens állomástól 240 méterre. Az RTK-korrekciókat a BUTE állomástól vettem. A második állomás (2. ábra) Budapest III. kerületében, Testvérhegyen található, ezen az RTK korrekciókat a gnsnet.hu szolgáltató virtuális referenciaállomásáról vettem. A virtuális referenciaállomásról, a legközelebbi fizikai állomás a gnsnet.hu hálózatában a BUTE állomás, mintegy 10,5 km távolságra (3. ábra).

Az előzőekben bemutatott második módszer teszteléséhez a magyar E-GNSS hálózat monitor állomásainak méréseit használtam fel.

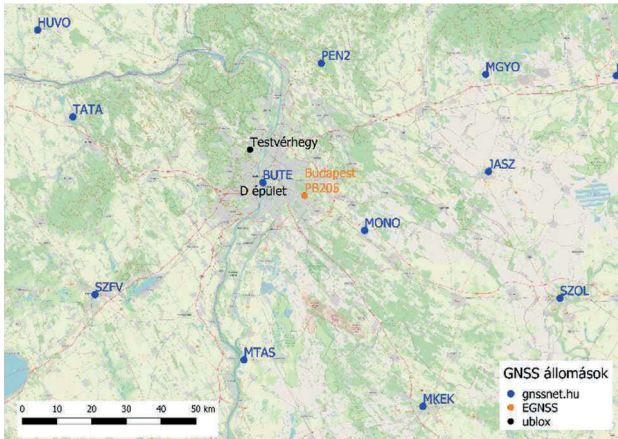


2. ábra U-blox vevővel felszerelt monitor állomások antennái, balra BME D épületén, jobbra a Testvérhegy állomáson

A hálózat állomásait 2018-ban konzorciumban telepítette a BME, a Hungarocontrol és a spanyol PildoLabs egy európai unió által finanszírozott projekt keretében, amelynek legfőbb eredménye a hazai polgári és katonai repülőtereken a műholdas helymeghatározáson alapuló, úgynevezett PBN (Performance Based Navigation) eljárások bevezetése volt (Somogyi 2021). A monitorállomások telepítésének és üzemeltetésének elsődleges célja az EGNOS korrekciókkal támogatott helymeghatározás pontosságának, megbízhatóságának (ez alatt most a durvahibamentességét értjük), rendelkezésre állásának és folytonosságának vizsgálata volt (Takács et al. 2020). A projekt sikeresen lezárult, ma már a megközelítési eljárások többsége publikus, illetve rendszeresen használt. Az állomásokon gyűjtött adatok alapján az EGNOS korrekciókkal támogatott helymeghatározás teljesíti az LPV-200 műveletek során támasztott követelményeket. Az állomások a mai napig működnek, a nyers méréseket a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszék tudományos kutatásaihoz használja, pl. a troposzférikus késés közel valós idejű meghatározásához, amely a meteorológiai előrejelzések fontos bemenő adata (Turák et al. 2024).

Az állomásokon háromfrekvenciás, GPS, Glonass és Galileo méréseket végzünk Septentrio AsteRx4 vevőkkel, 1 másodperces gyakorisággal. Az adatokat órás periódusú fájlokban rögzítjük, amelyeket jelen vizsgálati céljaihoz az RTKLIB demo5 változatával, automatikusan dolgoztam fel, az RTK-mérésekkel elviekben lényegében azonos paraméterekkel. Az RTK-korrekciókat RTCM formátumban, órás periódusú fájlokban rögzítem, szintén az RTKLIB már említett str2str programjával.

Cikkünkben a HungaroControl főépületének tetején elhelyezett, PB205 azonosító számú monitor állomáson rögzített mérések feldolgozásával kapott eredményeket mutatom be. Az állomás a Liszt Ferenc repülőtér közvetlen közelében helyezkedik el (3. ábra). Az RTK-korrekciókat a gnsnet.hu szolgáltató virtuális referenciaállomásáról vettem. Ahhoz, hogy az eredmények az előző pontban bemutatott, u-blox vevőn alapuló vizsgálatok eredményével összevethetők legyenek, ugyanúgy a 2025.01.17. és 2025.01.26. közötti méréseket dolgoztam fel. A vizsgált időszakban összesen 240, egy óra hosszú periódust rögzítettem.



3. ábra A u-blox vevővel felszerelt monitor állomások, a magyar EGNSS hálózat PB205 monitor állomása és a gnsnet.hu környező referencia állomásai

A monitor állomások hibátlanak tekinthető pozícióját 6 óráig tartó statikus méréssel és utófeldolgozással határoztam meg. A kapott vízszintes koordináták becslött pontossága 1 cm-re, a magasságoké néhány cm-re tehető. A magasságok bizonytalanságának fő oka, hogy a u-blox vevőkhöz csatlakoztatott antenna fáziscentrum modelljét a feldolgozó szoftver nem ismeri.

4. Eredmények ismertetése

Első lépésben a durva hibával terhelt periódusok szűrését végeztem el. Durva hibával terhelt periódusnak tekintetem azt, amikor az átlagos magassági hiba abszolút értékben meghaladja a 200 mm-t. A BME D épület állomáson nem volt, a másik két állomáson elhanyagolható a durva hibával terhelt periódusok aránya (1. táblázat).

Táblázat 1. Durva hibával terhelt periódusok száma és aránya

Monitor állomás	Periódusok száma	Durva hibával terhelt periódusok	
		száma	aránya [%]
BME D épület	4860	0	-
Testvérhegy	5234	13	0,25
PB205	240	1	0,42

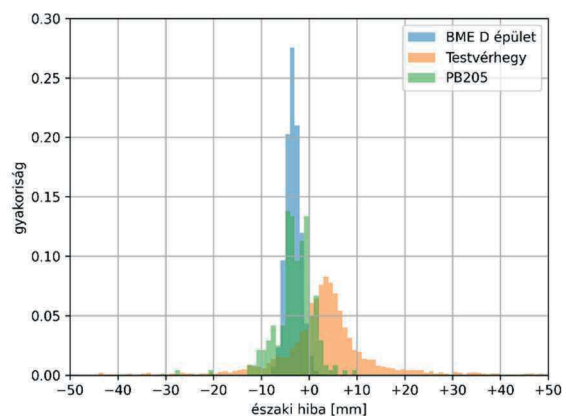
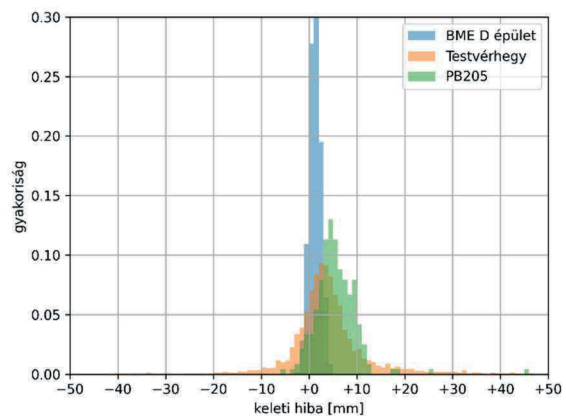
4.1. Pontosság

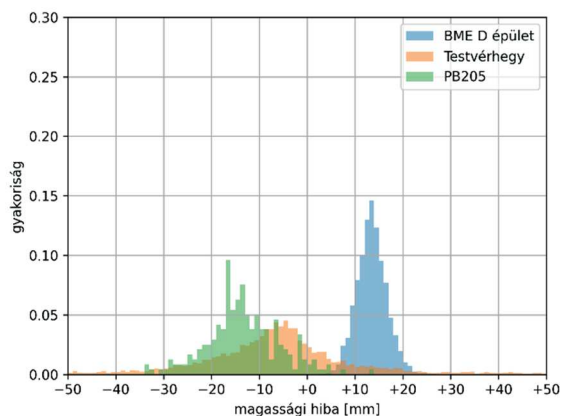
Az állomások hibátlanak tekinthető koordinátiához képest határoztam meg az egyes periódusokban, fix megoldással kapott koordináták és magasságok számtani középértékének valódi hibáit, valamint a periódusokban a koordináták, illetve magasságok szórását (2. táblázat).

Táblázat 2. Koordinátab hibák átlaga és szórása [mm]

Monitor állomás	Kelet		Észak		Magasság	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
BME D épület	+1	±1	-3	±2	+14	±3
Testvérhegy	+4	±10	+3	±12	-6	±24
PB205	+6	±5	-3	±8	-13	±12

Az átlagos eltérések tartalmazzák az állomások hibátlan koordinátáinak meghatározását terhelő bizonytalanságokat is, különösen a magasságok esetében. A BME D épület állomáson a szórások ±1-3 mm közöttiek, ez alapján a közeli, fizikai referenciaállomással, két perces periódusokban elérhető a mm-es pontosság. Testvérhegy állomáson a szórások vízszintes értelemben ±10-12 mm, magassági értelemben ±24 mm. A PB205 monitor állomáson a szórások nagyjából fele akkora, mint a Testvérhegy monitor állomáson. Ez feltehetően annak tudható be, hogy a PB205 állomáson óras periódusokat rögzítünk (4. ábra).

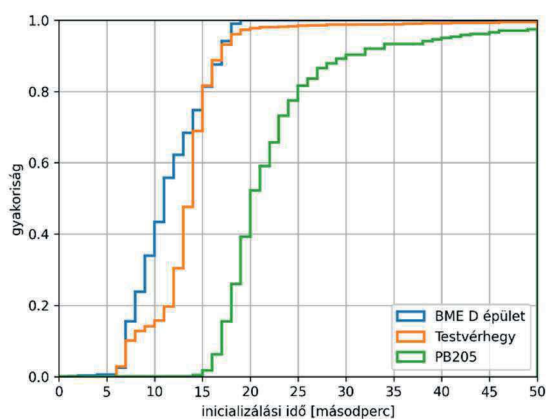




4. ábra Koordináta- és magassági hibák tapasztalati sűrűségfüggvénye

4.2. Inicializálási idő

Az inicializálás idő a BME D épület állomáson minden periódusban 20 másodperc alatti. A Testvérhegy monitor állomáson a periódusok 99,5%-ban az inicializálási idő rövidebb, mint 50 másodperc, a periódusok 97,8%-ban rövidebb, mint 20 másodperc. A PB205 állomáson az inicializálási idő a periódusok 97,5%-ban rövidebb, mint 50 másodperc. A u-blox vevővel végzett mérések esetén tehát a fix megoldással kapott pozíciók periódusa kb. két perc. A mindennapi geodéziai feladatokhoz létesített felmérési alappontokon, a jogszabályi előírásoknak megfelelően legalább két perces periódusban mérünk. Az 5. ábrán jól látszik, hogy a közeli, fizikai referenciaállomáson a legkedvezőbb az inicializálási idő, a u-blox vevővel felszerelt állomásokon jellemzően 5 és 20 másodperc közötti, ami megerősíti a gyakorlati tapasztalatokat. A PB205 állomáson az RTKLIB feldolgozásból kapott eredmények valamivel szerényebbek (5. ábra).

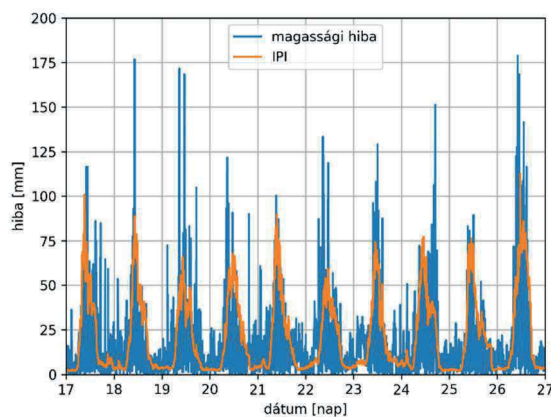


5. ábra Inicializálási idő tapasztalati eloszlásfüggvénye

4.3. Az ionoszféra aktivitásának hatása

Az ionoszféra aktivitásának hatását a Testvérhegy monitor állomáson kapott eredményeken keresztül mutatom be. A magassági hibák erősen függnek az ionoszférikus aktivitástól,

amelynek egyik mérőszáma a hálózati RTK-korrekciók számításához szükséges ionoszféra modell maradék ellentmondásait leíró IPI (Irregularity Parameter of Ionosphere) érték. Az IPI értéke tehát tartalmazza egyrészt az ionoszféra aktivitását, másrészt az ionoszféra modellek pontosságát is. A gnssnet.hu szolgáltatás külön IPI értéket határoz meg az ország nyugati és keleti részére, az értékek erősen korrelálnak. A 6. ábra a Testvérhegy ponton kapott magassági hibák abszolút értékét és a nyugati országrészre kapott IPI értékek kapcsolatát mutatja. A két mennyiség között a korrelációs együttható 0,46.



6. ábra Testvérhegy monitor állomáson a magassági hibák és az IPI értékek összefüggése

5. Összefoglalás

A cikkben két módszert mutattam be RTK GNSS-mérésekkel meghatározott pozíciók pontosságának és az inicializálási idejének monitoring jellegű vizsgálatára. Az első módszer olcsó, kétfrekvenciás, jó minőségű u-blox RTK-vevőn alapul, a második a GNSS szolgáltatótól független permanens állomásokon működő geodéziai vevők méréseinek közel valós idejű, automata feldolgozásán. A feldolgozást a nyílt forráskódú RTKLIB szoftverrel végeztem. Mindkét módszerrel kapott eredményeket megerősítik a gyakorlati tapasztalatok, azaz virtuális referenciaállomásokról vett korrekciókkal a vízszintes koordinátahibák és a magasságok 1 cm alatti hibával és 1-2 cm körüli szórással jellemezhetők. Saját bázis esetén, két perces periódusokban lényegében néhány mm-es pontosság érhető el. A u-blox vevőkkel, az RTK-vevőkhöz hasonlóan, jellemzően 20 másodperc alatt tudunk inicializálni.

A bemutatott módszerek alkalmasak az RTK-korrekciós szolgáltatások pontosságának és hatékonyságának monitoring jellegű vizsgálatára és az eredmények valós idejű publikálására, ezzel maguk a szolgáltatók újabb, a gyakorlati felhasználók számára igen lényeges elemmel bővíthetik a szolgáltatásuk minőségbiztosítását. A vizsgálatokat Budapest területén végeztem, a legközelebbi állomástól mintegy 10 km távolságra. Érdeemes lenne további vizsgálatokat végezni az ország több pontján is, az állomásoktól nagyobb távolságra is, hogy a kapott eredmények reprezentatívak legyenek a szolgáltatással lefedett terület egészére vonatkozóan.

Köszönetnyilvánítás

A szerző hálásan köszöni a vizsgálatokhoz felhasznált adatokat a HungaroControlnak, a PildoLabs-nek és a Kozmikus Geodéziai Observatóriumban működő gnssnet.hu GNSS Szolgáltató Központnak.

Irodalomjegyzék

- Baybura, Tamer – Tiryakioglu, Ibrahim – Uğur, Mehmet – Solak, Halil – Şafak Yaşar, Şeyma 2019: Examining the Accuracy of Network RTK and Long Base RTK Methods with Repetitive Measurements. *Journal of Sensors*. 2019. 1-12. <https://doi.org/10.1155/2019/3572605>
- Bruyninx, C. – Legrand, J. – Fabian, A. – Pottiaux, E. 2019: GNSS metadata and data validation in the EUREF Permanent Network. *GPS Solutions* 23(106). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0880-9>
- Busics, György – Horváth, Tamás 2006: Az aktív hálózatok adottságainak kihasználása. *Geodézia és Kartográfia*, 58(4), 9–16.
- Égető, Csaba – Siki, Zoltán – Turák, Bence – Rózsa, Szabolcs 2021: Low-cost GNSS sensor development for structural monitoring. *Buletin Stiintific Al Universitatii De Nord Baia Mare Seria D Exploatari Miniere, Prepararea Substantelor Minerale Utile, Metalurgie Neferoasa, Geologie Si Ingineria Mediului*
- Forgó, Zoltán 2023: GNSS-mérési módszerek megbízhatóságának vizsgálata *Geodézia és Kartográfia*, 75(1), 24–28. <https://doi.org/10.30921/GK.75.2023.1.3>

- Horváth Tamás 2015: RTKLIB alapú monitorozó alkalmazások. Előadás a FOSS4GÉZÚ Nyílt forráskódú térinformatikai munkaértekezleten. http://www.agt.bme.hu/gis/workshop4/eloadasok/Alberding_RT_KLIB.pdf
- Somogyi, Rita 2021: Műholdas navigációs eljárások bevezetése magyarországi vidéki repülőtereken. *Közlekedéstudományi Szemle*, 71(2), 16-23.
- Space Weather Prediction Center, Solar Cycle Progression. <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression>
- Takács, Bence – Somogyi, Rita – Mercedes, Reche 2020: Deployment of the Hungarian E-GNSS Network and the results of its first year of operation. In: Bacsaárdi, László; Kovács, Kálmán (szerk.) *Selected papers of the 6th International Conference on Research, Technology and Education of Space (H-SPACE 2020)*
- Takasu, Tomoji – Yasuda, Akio 2009: Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB. *International Symposium on GPS/GNSS*.
- Takasu, Tomoji 2009: RTKLIB: Open Source Program Package for RTK-GPS. FOSS4G 2009 Tokyo, Japan
- Turák, Bence – Khaldi, Abir – Rózsa, Szabolcs 2024. A légköri vízpára térbeli modellezése GNSS érzékelések alapján tomografikus eljárással. *Geodézia és Kartográfia*, 76(5-6), 4–16. <https://doi.org/10.30921/GK.76.2024.5-6.1>
- Závodi, Péter 2013: Leica SmartRTK, aktív ionoszféra és kezelésének lehetőségei. *Geodézia és Kartográfia*, 65(5-6), 5–8.



A Magyar Földmérők Arcképcsarnoka sorozat IV. és V. kötete megvásárolható az MFTTT titkárságán.
A kötetek ára tagjaink részére 5000 Ft.

MFTTT vezetősége