



# Az európai műholdas helymeghatározás és várható hatása a geodéziára



Dr. Borza Tibor–dr. Frey Sándor Földmérési és  
Távérzékelési Intézet, Koszmos Geodéziai  
Obszervatórium

Az Európai Unióban (EU) a 90-es évek közepére felerősödtek azok a hangok, amelyek szerint a stratégiai jelentőségű globális helymeghatározás területén Európának saját lábára kell állnia. Az amerikai GPS ugyan ráfejlesztésekkel alkalmassá tehető akár a polgári légiirányítás kiszolgálására is, mivel azonban az alapszisztem feletti ellenőrzés továbbra is az amerikai hadsereg kezében marad, a költséges, hagyományos légiirányítási berendezéseket továbbra is üzemben kell tartani. Az európai tervek szerint két lépésben valósul meg az önállósodás. Elsőként 2004-ig létrehozzák az EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) kiegészítő rendszert, amely Európa területén a GPS technikával, az alapszisztemekkel elérhető valós idejű pontosságot 10–15 méterről 1–3 méterre javítja. Ezzel együtt az alapsziszterek (GPS, GLONASS) integritását (önellenőrző és a felhasználókat értesítő képességét) is magasabb szintre emeli. Második lépésként 2008-ig megépítik az önálló európai műholdas navigációs alapszisztemet, a Galileo-t. Cikkünkben bemutatjuk az EGNOS-t, ismertetjük a Galileo rendszerrel kapcsolatos terveket, és külön kitérünk a változásoknak a műholdas helymeghatározás geodéziai alkalmazásaira gyakorolt várható hatására.

## EGNOS

Az abszolút meghatározás pontosságát relatív mérési eljárással lehet nagyságrendekkel megjavítani. Ennek feltétele, hogy egyidőben több GPS vevőt kell üzemeltetni, melyek közül legkevesebb egy vevő ismert bázisponton működik. A bázisvevő és egy vele szinkronban üzemelő másik vevő méréseinek a különbségéből a lehetséges hibák kiesnek, vagy drasztikusan lecsökkennek. Ennek köszönhető, hogy relatív mérésekkel a cm, sőt a mm pontosság is elérhető. A relatív mérés nagy hátránya, hogy gondoskodni kell bázis állomás(ok)ról, ami valós idejű mérésnél még bonyolódik a bázismérések rádiós úton történő átsugár-

zásával is. Nagyobb területen végzett navigálásnál a bázisállomások telepítésére nincs idő, ezért itt előre telepített, ún. aktív GPS hálózatokkal lehet a problémát megoldani. Igen nagy, kontinentális méreteknél a földi kommunikáció már nehézkes, ilyen esetekben geostacionárius műholdak segítségével lehet támaszkodni.

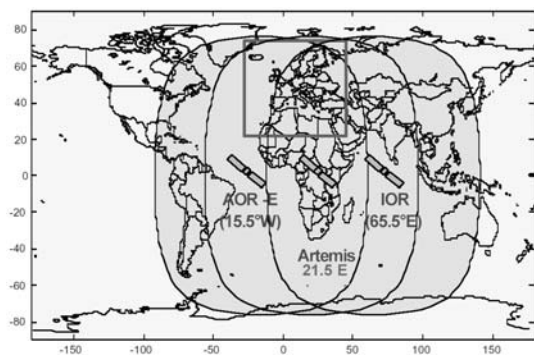
Az EGNOS is egy ilyen, a GPS mérésekhez korrekciós adatokat szolgáltató, Európában, illetve közvetlen földrajzi környezetében használható rendszer. Űrszegmensét három geostacionárius hold alkotja. Nyugaton az Atlanti-óceán keleti része fölött tartózkodó AOR, keleten az Indiai-óceáni régiót kiszolgáló IOR Inmarsat holdak, közepén pedig az Európai Űrügynökség (ESA) Artemis nevű kommunikációs holdja teljesít szolgálatot. A vezérlő szegmens elemei a következők. Az aktív GPS hálózatot 34 db távolság- és integritás-monitorozó állomás alkotja majd. Ezek mérései négy feldolgozó központba jutnak, ahol a differenciális korrekciókat számítják, valamint előállítják az integritási információkat. Az így kapott adatokat felsugárzó állomások juttatják fel a geostacionárius holdakra, amelyek folyamatosan visszasugározzák az európai régióba.

A felhasználónak nem kell plusz antennát és rádióvevőt beszereznie, mert az EGNOS jelek a GPS L1 frekvencián jönnek. A GPS vevő tehát ugyanúgy képes venni a jeleket, mint a GPS holdakéit. Az EGNOS jelek vételére alkalmas eszközök már forgalomban vannak, a kísérleti jeleket 2000-től sugározzák. Az EGNOS – immár „igazi” jelekkel – a tervek szerint 2004-től áll üzembe. Az észak-amerikai kontinensen az EGNOS megfelelője a WAAS (*Wide Area Augmentation System*), a hasonló célú japán rendszer neve MSAS (*MTSAT Satellite-based Augmentation System*).

## Galileo: miért, mennyiért, mit és mikor?

Az EU és az ESA közös vállalkozásában megépülő Galileo lesz a világ első, kifejezetten polgá-

ri célú globális helymeghatározó műholdrendszerre. Ez a cél volt az egyik legfőbb politikai érv, amely a Galileo kifejlesztéséhez vezetett. Ugyanis mindkét jelenleg elérhető rendszert, a GPS-t és a GLONASS-t katonai irányítással fejlesztették és működtetik. A Galileo elindításának másik, talán még fontosabb oka gazdasági jellegű. Az elmúlt évtizedben kiderült, hogy a műholdas helymegha-



1. ábra Az EGNOS lefedettségi területe

tározás piaca dinamikusan fejlődik. Az amerikai GPS rendszer egyeduralma miatt azonban az európai gazdaság erről a csúcstechnológiát alkalmazó piacról kiszorult. Az európai ipar versenyképességét e téren a tervek szerint csak egy európai fejlesztésű rendszer alapozhatja meg. A becslések szerint, a Galileo program hiánya – a létre nem jövő munkahelyek, a vevőberendezések, szolgáltatások eladásának elmaradása miatt stb. – nagyságrendekkel nagyobb veszteséget okozna, mint amibe a program kerül. A program támogatói nem mulasztják el megemlíteni, hogy a becsült 3,2–3,4 milliárd eurós költség (amely tartalmazza harminc mesterséges hold felbocsátását és a földi kiszolgáló hálózat kiépítésének árát is) viszonylag alacsony. Összehasonlításképpen: nagyjából ennyibe kerül 150 km modern autópálya megépítése. A jelenleg is meglévő és a jövőben várhatóan felmerülő navigációs igények ugyanakkor szükségessé teszik a globális navigációs műholdrendszerek (GNSS) bővítését is. Mindez elsősorban a minél jobb globális geometriai lefedettséget és a lehető legnagyobb megbízhatóságot, illetve ennek garantálását jelenti. E témában legtöbbször a polgári légiközlekedés támasztotta követelményekre szokás hivatkozni. Az igényeket a – jövőben modernizálendő – GPS mellett működő, azzal kompatibilis rendszer tudja a legjobban kielégíteni. A tervek szerint ilyen lesz a Galileo.

A Galileo rendszer legfontosabb eleme a 30, Föld körül keringő mesterséges holdból álló flotta. A tervek szerint a holdak pályája közepes földtávolságban húzódik. A három különböző pályasíknak az Egyenlítővel bezárt szöge  $56^\circ$ . A pályasíkokban egyenként 10–10 mesterséges hold lenne egyenletesen elosztva, ezek közül egy-egy tartalék arra az esetre, ha valamelyik hold meghibásodna. A földfelszín feletti keringési magasság 23 616 km, a keringési idő 14 óra (Greco és társai 2001). A mesterséges holdak élettartama húsz év. Lehetőség nyílna több mesterséges holdat is pályára állítani egy indítás során, hiszen a technológia fejlődése és a katonai biztonság igények hiánya eredményeképpen a Galileo holdak viszonylag kis tömegűek (625 kg) lesznek.

A Galileo földi irányító rendszerének (15 automatikus vevőállomás, irányító központ, négy telemetriai állomás) alapvető feladata a műhold-konstelláció irányítása és ellenőrzése, valamint a holdak által sugárzott navigációs üzenetek, illetve a rendszeridő előállításának ellenőrzése, meghibásodás esetén a gyors riasztásra szolgáló rendszer (az irányító rendszertől szervezetiileg független vevőállomás-hálózattal, központtal, három adóállomással) (2. ábra). A Galileo rendszert keresési és mentési feladatokra is alkalmassá teszik. A szabványos COSPAS-SARSAT adókkal rendelkező felhasználók periodikusan kibocsátott jelei a Galileo holdakon keresztül speciális földi vevőállomásokra jutnak. Az adatokból meghatározzák a jeladó aktuális helyzetét. A Galileo rendszer újítása lesz, hogy a megfelelő, L-sávú vevővel is felszerelt jeladók a navigációs üzenetbe illesztett információ révén visszaigazolást kaphatnak arról, hogy a jeleket vették, pozíciójukat meghatározták és az esetleges mentőakció megindult.

A Galileo tíz különböző jelet fog sugározni, amelyek – a mindenki által hozzáférhető nyilvános mellett – nagy biztonságú (pl. közlekedési célra), kereskedelmi (értéknövelt szolgáltatások) és kormányzati ellenőrzésű (rendőrség, hadsereg) szolgáltatások között oszlanak meg. A jelek vivőhullámai a GPS által is használt L sávba esnek majd. Fontos megemlíteni, hogy a nyilvános, ingyenes szolgáltatás esetén a pozíció-meghatározás pontossága nem lehet rosszabb, mint a majdan modernizálendő GPS esetében (Szentpéteri 2002).

A Galileo és a GPS, nagyfokú műszaki hasonlóságuk okán, kitűnően kiegészítik majd egymást. A két független, ugyanakkor egyazon vevőberen-

dezéssel elérhető navigációs műholdrendszer még tovább növeli a helymeghatározás pontosságát. Ami talán ennél is fontosabb, a szolgáltatás sokkal megbízhatóbb lesz, és fenntartható akkor is, ha netán a rendszerek egyike működésképtelenné válik. A két rendszer kombinációja, a nagy számú mesterséges hold révén, drámai javulást hoz majd a jelentős kitarakással jellemezhető városi környezetben történő navigációban vagy a pontos kinematikus mérésben.

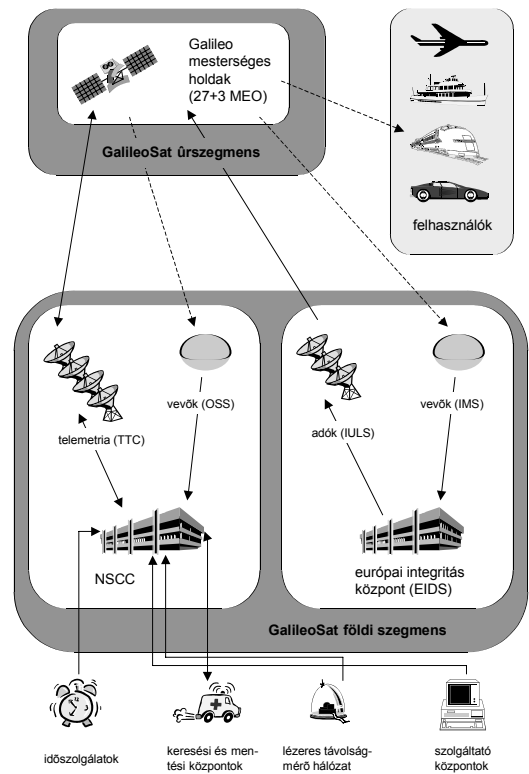
A Galileo fejlesztési és tesztfázisában (2005-ig) 2–4 mesterséges hold elkészítése, a minimális földi kiszolgáló infrastruktúra kiépítése, az első mesterséges holdak pályára állítása és a rendszer tesztelése várható. Két mesterséges hold megépítésére az ESA már megbízást adott. A tervek szerint, 2008-ra befejeződik a teljes földi szegmens és a műholdrendszer kiépítése. A remények szerint – a koncessziós díjakból és a jogdíjakból származó bevétel révén, 2015-re költségvetési pénzek felhasználása nélkül is működőképesé válhat a Galileo.

### Mivel több a Galileo, mint a GPS?

A Navstar GPS tervezésekor (az 1970-es években!) nem volt szempont egy sor, ma már alapvetően a műholdas helymeghatározó rendszerre támaszkodó felhasználói terület igényeinek a figyelembevétele. Ilyenek például a geodézia, a geofizika, a polgári közlekedés, az életmentés stb. Nem is gondoltak a rendszer tervezői arra, hogy a vivőhullámok is felhasználhatók, mégpedig nagyságrendekkel pontosabb mérésre, mint az eredetileg tervezett kódérés. Először 1980-ban javasolta két rádiócsillagász (*I. Shapiro és C. Counselman*), hogy a rádióhullámokat sugárzó égi objektumok (kvazárok) észlelésére kidolgozott VLBI technikához hasonlóan a GPS holdak jeleire is lehetne a módszert alkalmazni. A Galileo esetében, amely az egyetlen civil kézben lévő navigációs rendszer, mindez már figyelembe vehető.

A GPS műholdas helymeghatározó rendszer tulajdonképpen „túl jóra” sikerült. A tervezettnél nagyobb pontosság természetes velejárója, hogy a felhasználóknak minél rövidebb időn belül tudomást kell szerezniük a rendszerben keletkezett hibákról. Szaknyelven ez a rendszer integritásának a fokozását jelenti. A Navstar GPS integritása gyenge, mert akár egy óra is eltelhet, mire tudomást szerez a felhasználó a mérések esetleges hibáiról (a fejlettebb GPS vevőkben meg lehet nézni, hogy éppen melyik hold hibás). Nem neheztelhetünk a

tervezőkre, hiszen egy-egy hold kiesése vagy meghibásodása által okozott hiba nekik belefért a 30–50 méteres tűréssbe. A „beavatottak” részére pedig rendelkezésre áll a pontosabb, de katonai célra fenntartott kód. A később kifejlesztett differenciális technikával elérhető szubméteres, vagy a fázisméréssel végezhető cm pontos helymeghatározásban ugyanakkor egy hold meghibásodása



2. ábra A Galileo rendszerének egyszerűsített vázlatja. A szaggatott vonallal rajzolt nyilak a műholdakról sugárzott mérőjelek és navigációs üzenetek irányát mutatják. A földi szegmens az irányító (balra) és az integritás ellenőrző (jobbra) rendszerekből áll.

durva hibát okozhat. A Galileo rendszerbe mindezek megelőzésére betervezték egy integritást ellenőrző központot, ahol a monitorozó állomás adataira támaszkodva detektálják a rendellenességet, majd megjelölve a hibát, feljuttatják a Galileo holdakra, melyek továbbítják a fontos információt a felhasználókhöz (*Benedicto és társai 2000, Claes és Dinwiddy, 2001*). Minderre elegendő 6 másodperc. Az integritás drasztikus feljavításával lehetséges csak, pl. a polgári repülésben a teljesen automatikus leszállás GPS-re támaszkodó megol-

dása. (A GPS holdak esetében – mint független kiegészítő rendszer – az EGNOS biztosítja majd ugyanezt.)

A földmérők számára, akik nem feltétlenül valós időben dolgoznak, a legfontosabb kritérium a pontosság. A Galileo – részben, mert teljes mértékben civil irányítás alá tartozik – 2–3-szor pontosabb abszolút meghatározásra lesz képes, mint a jelenleg hozzáférhető GPS.

Az abszolút pontmeghatározás pontosságot javító, kiegészítő rendszer (amely valójában differenciális eljárás, de a központi megoldás miatt a felhasználó szemszögéből abszolútnak tűnik) a Galileo rendszer természetes, beépített velejárója. Ha még ennél is pontosabb valós idejű megoldásra van igény (geodéziai feladatok), akkor a GBAS (*Ground-Based Augmentation System*, földfelszíni kiegészítő rendszer) jelenti a megoldást. A GBAS hazai megvalósítása itthon is folyamatban van (Borza 2003). A tervezett két ütemből jelenleg az első kiépítése folyik, 2003 végén 50%-os a készenlét. Az első ütem 12 permanens állomást tartalmazó hálózata minden utólagos feldolgozású igényt ki tud elégíteni, egyben a szubméteres valós idejű GPS meghatározásokat is képes támogatni. A második ütem, EU támogatással, egy széles nemzetközi együttműködés keretében valósulhat meg, sikeres pályázás esetén. Az EUPOS-nak nevezett projekt kb. 40 permanens állomás működtetésével képes biztosítani az egész ország területén a valós idejű cm-es pontosságot (Fejes 2003b).

Az aktív GPS hálózat hazánkban is kiemelt figyelmet kapott, kiépítése és fenntartása az Információs Társadalom Koordinációs Tárcaközi Bizottságához az FVM által benyújtott hat kiemelt feladat egyike (Berczi 2003).

## A Galileo és a meglévő GPS rendszerek

A Galileo üzembe állásával – a megfelelő vevővel rendelkező felhasználók számára – azonnali nyereség az egyidőben vehető holdak számának drasztikus megemelkedése, hiszen a Galileo a GPS-szel kompatibilis rendszer lesz. A hagyományos relatív módszerek alkalmazásakor tapasztalhatjuk, hogy azonos pontosság eléréséhez mennyivel kevesebb mérési idő szükséges, ha több holdat észlelünk egyidőben. De jól jön a több hold a részben fedett területeken is. A több hold biztonságosabbá, pontosabbá és gyorsabbá teszi a geodéziai méréseket, mert a többértelműség problémáját könnyebb feloldani (a műhold és a vevő közötti távolságon ismeretlen az egész ciklusok száma).

Segít a többértelműség feloldásában az is, hogy egyszerre nem csak kettő, de négy, ill. még több frekvencián állnak rendelkezésre mérések.

Nyilvánvaló, hogy a Galileo holdak jeleinek a vételére a jelenlegi GPS vevők nem alkalmasak, mert fejlesztésük idején még nem volt Galileo. Az is nyilvánvaló, hogy kevés olyan felhasználóra lehet számítani, akik kizárólag az európai rendszert akarják használni. A felhasználók megszokták, megszerették a Navstar GPS-t. Elfogadják, ha vevőjükkel további holdakat (GLONASS, Galileo) képesek fogni, de lemondani nem fognak a megszokott és jól üzemelő Navstar használatáról. Ennek a felismerésnek tudható be, hogy a gyártó cégek kizárólag olyan Galileo vevőkártyák kifejlesztésén dolgoznak, amelyek egyben a másik két navigációs rendszer holdjait is képesek venni. Természetesen új feldolgozó szoftvereket is kell fejleszteni, amelyeket felkészítenek mindhárom rendszer észleléseinek a fogadására.

Összegzésképpen elmondhatjuk, hogy a műholdas helymeghatározás jövője biztató. Az elmúlt, alig több mint két évtized alatt fokozatosan mindennapi életünk részévé vált (Fejes 2003a). Ez alól a geodézia sem kivétel. Ma már egyre nehezebben indokolható az a fajta, korábban helyenként tetten érhető szkepticizmus, amely a katonai ellenőrzésre, a „kikapcsolhatóság” veszélyére vagy a technológia esetleges gyors megszűnésére hivatkozott. A hazai geodézia feladata továbbra is a műholdas technológiával való lépéstartás, a műszaki fejlesztések, a minél szélesebb körű alkalmazás elősegítése – annál is inkább, mert EU tagországgként a Galileo rendszer végső soron a sajátunk(!) is lesz.

*Köszönetnyilvánítás: Munkánkat a Magyar Űrkutatási Iroda támogatásával (MŰI TP-145-146) támogatta.*

## IRODALOM

1. *Benedicto J.–Dinwiddy S. E.–Gatti G.–Lucas R.–Lugert M.*: GalileoSat. Galileo's World, 2000. ősz, pp. 28–37.
2. *Berczi N.*: A Közép-Európai Földügyi Tudás-központ szerepe az FVM földügyi információs stratégiájában. Országos Térinformatikai Konferencia, CD kiadvány, Szolnok 2003
3. *Borza T.*: A GNSS infrastruktúra geodéziai vonatkozásai. GIS OPEN 2003, Székesfehérvár, CD kiadvány

4. *Claes P.–Dinwiddy S.E.*: Galileo Integrity – Implementation Options. Galileo's World, 2001. nyár, pp. 33–37.

5. *Fejes I.* (2003a): Merre tart a műholdas helymeghatározás? Űrtevékenység Magyarországon 2002, Magyar Űrkutatási Iroda, Budapest, 2003, pp. 41–46.

6. *Fejes I.* (2003b): GNSS földi infrastruktúra: az EUPOS kezdeményezés. Geodézia és Kartográfia, 2003. február, pp. 22–27.

7. *Greco S.–Marinelli M.–Sassorossi T.–Della-go R.*: GalileoSat System Architecture and Performance Results. Galileo's World, 2001. ősz, pp. 24–28.

8. *Szentpéteri L.*: A ma és a holnap műholdas navigációs rendszerei. Geomatikai Közlemények V., 2002, Sopron, pp. 25–33.

## **European satellite navigation systems and their future impact on geodesy**

*T. Borza– S. Frey*  
*Summary*

By the mid-nineties, it has been realised that the European Union (EU) must play a more dominant role in the strategically important field of global satellite navigation. As a first step, from 2004, the European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) will broadcast correction and integrity information that supplement the Navstar GPS and GLONASS data, allowing real-time navigation accuracy of 1–3 m in Europe and its surroundings. The ultimate goal is to build and independent navigation satellite system under European civilian control by 2008. The new system called Galileo will consist of 30 satellites and a ground-based control and monitoring network. In this article, we introduce the EGNOS and Galileo systems and describe their technical, economic and political background. We briefly mention their benefits, with emphasis on geodetic and surveying applications.

**Földmérési és Távérzékelési Intézet  
K-GEO Akkreditált Kalibráló Laboratórium**

vállalja

**GEODÉZIAI ELEKTROOPTIKAI TÁVMÉRŐK KALIBRÁLÁSÁT**

Gödöllön, az Országos Geodéziai Alapvonalon

és

**GPS VEVŐBERENDEZÉSEK KALIBRÁLÁSÁT**

Pencen, a GPS Kalibrációs Hálózatban.

2614 Penc, Koszmosz Geodéziai Obszervatórium

Tel: 06-27-374-980 Fax: 06-27-374-982

Email: borza,nemeth,virag@sgo.fomi.hu

Levelezési cím: 1373 Budapest, Pf. 546.