

Budapest műholdas mozgástérképe: a PSInSAR/ASMI technika hazai bevezetése és ellenőrzése

Dr. Grenczy Gyula vezető tanácsos

Virág Gábor, dr. Frey Sándor, Oberle Zoltán

FÖMI-KGO és az MTA-BME/FÖMI-KGO Fizikai Geodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport



A Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriuma első számú feladata a geodéziai célú űrtechnikák megismerése, a kapcsolódó hazai kutatási, fejlesztési feladatok ellátása, és az eredmények bevezetése a hazai gyakorlatba. Ennek megfelelően 1998-ban felmerült a műholdradar-interferometria (Synthetic Aperture Radar Interferometry, InSAR) hazai bevezetésének és alkalmazásának gondolata a GPS geodinamikai vizsgálatok mellett, mint azt kiegészítő és helyettesítő technika. Az első projekttervezetet 2000-ben nyújtottuk be a Magyar Űrkutatási Irodához, melynek támogatásával 2002-ben indultak el hazánkban az első műholdradaros mozgásvizsgálati kutatások. 2005-től az Európai Űrügynökség majd az Európai Unió GMES TerraFirma programja, 2007-től pedig a Magyar Tudományos Akadémia kutatócsoportja keretein belül támogatja e számos paraméterében egyedülálló technika hazai bevezetését és alkalmazását. Cikkünk a technika hazai bevezetéséről, eredményekről és azok ellenőrzéséről számol be.

Bevezetés

A műholdradar-interferometria (Synthetic Aperture Radar Interferometry, InSAR) az egyik legújabb mozgásvizsgálati technika, amely a geodézia mellett a geofizika és geológia terén is rendkívül perspektivikus. A módszer két radarkép (differenciális, DInSAR), illetve sok radarfelvétel pontjai [(állandó szórópontú (ASMI)], PSInSAR (Ferretti és társai, 2000, 2001), IPTA (Werner és

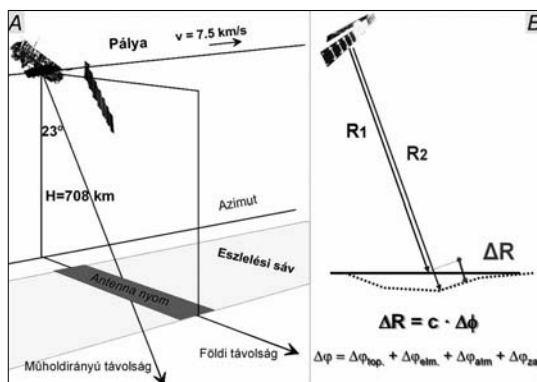
társai, 2003 Wegmüller és társai, 2003, CTM stb.) közötti fázisdifferenciát számítja. Ezzel példa nélküli felbontásban (akár 500–1000 pont/km²) és nagy pontossággal (0,1–0,2 mm/év) lehet magassági értelmű (műholdirányú) sebességet meghatározni, így megfigyeléseket végezni és leképezni a földfelszín változásait. Óriási előnye, hogy a technika egyedülállóan a múltba lát, hiszen minden más esetben a nulladik epochájú mérés elvégzése után meg kell várni, ameddig az elmozdulás mértéke kimutathatóvá válik, ez esetben pedig az észleléseket a műholdak már elvégezték, az adatok 1992-ig visszamenőleg rendelkezésre állnak. A technika igen hatékony, nincs szükség terepi munkára, nincs szükség ponttelepítésre, hálózatépítésre, karbantartásra, nincs szükség engedélykérésre, műszerre, helyszíni mérésekre, mint más módszerek esetében. Vertikális pontossága, felbontása, a vizsgálható pontok száma felülmúl bármi más technikát, ott alkalmazható jól (városok, beépített területek), ahol más módszerek csak korlátozottan.

Az InSAR technika hazai bevezetését és alkalmazásainak előkészítését a Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriuma (FÖMI-KGO) kezdeményezte 2000-ben, és végzi a mai napig. Hazánkban elsőként kiépítettük a teljes InSAR infrastruktúrát. Rendelkezünk a megfelelő tudásbázissal, emberi erőforrással, adatokkal, a további adatbeszerzéshez, válogatáshoz szükséges ismerettel és számítógépes programokkal, a teljes adatfeldolgozáshoz szükséges minden InSAR módszert kezelni képes szoftverrel és

hardverrel, valamint megterveztük és legyártottuk a műholdas radarreflektor prototípusát.

A műholdradar-interferometria és annak állandó szórópontú módszere

A módszer alapelvét röviden az 1. ábra szemlélteti. Az ASAR (újabb generációs apertúra szintézis radar) szenzorral felszerelt műhold, az ENVISAT 8,5 fokos azimutú pályán 700–800 km magasságban kerüli a Földet, mialatt 5,331 GHz frekvenciájú radarjeleket bocsát ki 23 fokos szögben a vertikálistól jobb oldalra. Így a műhold északról dél felé (descending) vagy fordítva (ascending) halad át, mindkét irányból leképezi a tájat, azaz a visszaszórt jelet, amplitúdóját, fázisát az antennájával detektálja és tárolja. Egy következő időpontban ugyanazon pálya mentén – ez az ENVISAT esetében 35 naponként lehetséges – a következő észlelést is eltárolja. A kettő fáziskülönbségből a felszín időközben bekövetkezett elmozdulása számítható. A fáziskülönbségnek több összetevője van, melyet pontos pályaadatokkal, korrekciókkal, digitális terepmodellel, atmoszférikus hatások modellezésével és becslésével le lehet szorítani magára az elmozdulásból eredő fázisváltozásra. Ennek az észlelt radarképekből való számítása jelenti a műholdradar interferometria mozgásvizsgálatra való alkalmazásának alapját. Az InSAR technikáról magyar nyelven a Petrik (2007a,b) tanulmányaiban olvasható részletesebb információ. Az állandó szórópontú InSAR módszer (PSInSAR/ASMI) nem két felvétel, hanem számos, több mint húsz időben elosztott felvételsorozat mindegyikén felismerhető szórópontok jeleinek fázisváltozását



1. ábra Az InSAR technika egyszerűsített geometriája (A) és a felszínmozgás detektálásának alapelve (B) „felszálló” konfiguráció, amikor a műhold észak felé halad

vizsgálja, s ezzel a differenciális módszerrel elmentésben a időbeli dekorreláció csökkenthető, az atmoszférikus hatások iterációval eltávolíthatók (Ferretti és társai, 2000).

Általános jellemzők

A vizsgálható terület közel a teljes Föld, időlefedettség az első ilyen műhold az ERS-1 pályára állásától, 1992-től napjainkig, a tipikus pontsűrűség 100–200 pont/km² beépített területen, 10–30 pont/km² beépítetlen területeken. Adatforrások számunkra eddig elsősorban az ESA ERS-1, ERS-2 és ENVISAT műholdjai, de lehetőség van a kanadai, olasz, német és japán műholdak SAR szenzorai adatainak beszerzésére is.

A technika mérési iránya a műholdirány, ami 23 fokkal tér el a vertikálistól az ERS és ENVISAT holdak 2. sugárnyalábjában esetében a felvétel közepén (1. ábra). Az elérhető mérési pontosság a szubmilliméter/évtől a milliméter/évig terjed attól függően, hogy hány felvétel áll rendelkezésre, milyen időintervallumban, milyenek a légköri viszonyok, helyi topográfia, és a távolság a referencia ponttól. A relatív térbeli felbontás ± 5 m kelet-nyugati, illetve ± 3,5 m észak-déli irányban, az abszolút térbeli felbontás pedig > 15 m. Ami a legfontosabb, hogy a sebesség-meghatározás relatív pontossága a közeli koherens pontokra eléri akár a 0,1 mm/évet.

A technika előnyei:

- a nagy vertikális pontosság, nagy és egységes területi lefedettség;
- kicsiny, elhanyagolható felhasználói/megrendelői munka és közreműködés szükséges;
- beépített területeken ideális;
- a technika a múltba is lát, visszamenőleg is rendelkezésre áll az adat, és a havi gyakoriságú újraéskelés elvben biztosított. 16 év időbázis eleve van már, így az eredmények feldolgozás után azonnal megvannak, nagy időbeli felbontás, 35 (ERS, ENVISAT) naponta új észlelési adat állhat rendelkezésre, térbeli felbontása óriási, akár 1000 pont/km², valamint közvetlenül az adott építményeket, szerkezeteket vizsgálja;
- pontállandósítás nem szükséges, és az észlelések jelene és jövője is biztosított.

A technika hátrányai:

- a sima felületek nem verik vissza a jeleket;
- a szóró objektumok helyzete előre nem ismert;

- 10 cm/év nagyságrendet meghaladó mozgásokra nem alkalmas a ciklusgrás miatt;
- erdős, növényzettel borított területeken, termőföldeken nem használható a temporális dekorreláció miatt;
- a műholdak átvonulásának periódusánál gyakoribb mérés nem lehetséges.

Alkalmazási területek:

- az emberi tevékenység hatásvizsgálata: külszíni és felszín alatti bányászat, ivóvíz és ipari vízkivét, szénhidrogén kitermelés, földalatti munkák: mélyépítés, alagutak, instabil feltöltött, rekultivált területek, épületek, építmények stabilitás és mozgásvizsgálata;
- a természetes mozgások monitorozása tekintetében vizsgálható a kéregmozgás, földrengések, vulkáni tevékenység, gleccserek mozgása, földcsuszamlás, üledék instabilitások, kompakció stb.

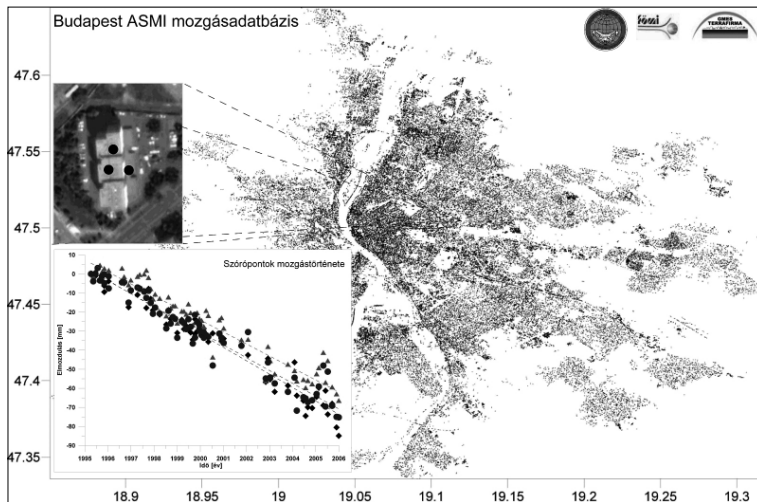
Budapest műholdas mozgástérképe

Összesen már mintegy 30 hazai település PSInSAR/ASMI mozgástérképét készítettük el eddig a vásárolt műholdradar felvételekből. Budapest esetében az ASMI alapú vertikális felszínmozgástérképet az EU/ESA GMES TerraFirma projekt keretében az Altamira Information adatai alapján készítettük. 73 radarképet használtunk fel, az elsőt 1995. május 6-án, az utolsót 2005. december 30-án regisztrálták az ERS, illetve az

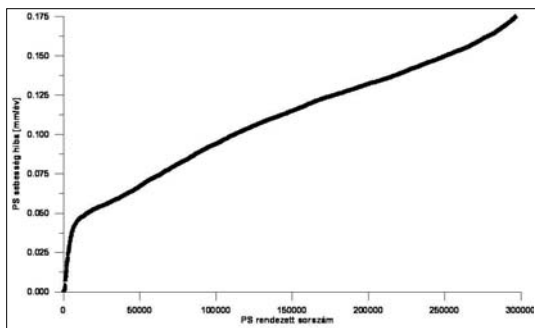
ENVISAT műholdak. Budapest környezetében 750 km² területet jelöltünk ki a számításokhoz, amelyben eredményként közel 340 000 radarszóró pontban ismerjük az elmúlt évtized vertikális felszínmozgásának történetét. A minden egyes radarszóró objektumhoz tartozó idősor az egyes meghatározások során az első adathoz képest jelentkező magasságkülönbséget mutatja a műholdfelvétel idejének függvényében.

Az ASMI relatív technikával végzett adatfeldolgozás során a referenciapont kiválasztásakor mindenképp kontrollált mozgású, más technikával is monitorozott területet választottunk. Budapest esetében a BUDA nevű GPS mozgásvizsgálati pont és környezete az egyértelmű választás, hiszen ennek mozgását szélső pontosságú GPS technikával az 1991. év óta monitorozzuk, és ismerjük (Grenerczy és Fejes, 2007) minden fontos geodéziai referenciarendszerben, és geofizikailag jelentős vonatkozásban (pl. középhegységi rendszer, Európai Platform, Eurázsiai lemezelső stb.). A terület műholdradar szempontból viszont nem kedvező a növényzet és beépítettség, azaz az állandó szórópontok hiánya, illetve ritka elhelyezkedése miatt. Így a budai hegyek aljában elhelyezkedő János-kórház épületegyüttesének közelében definiáltuk a referencia pontot, ami egyébként nem mutat mozgást a BUDA pont környezetében lévő szórópontokhoz képest. Így mind a sebességek, mind az elmozdulások idősorai ehhez a stabilnak tekintett referenciahelyszínhez képest értendők.

A 337 198 darab 0,4 koherencia szint feletti műholdradar-szórópont lehetővé tette a soha nem látott időbeli és térbeli felbontású mozgástérképek elkészítését. Sebességre szinkódolt szóróponttérképet, kontúrtérképet, és a mozgások időbeli lefolyását mutató animációs térképet is készítettünk (www.sgo.fomi.hu/InSAR/ASMI_Budapest.gif). Az adatok lehetővé teszik egyes lakóépületek, közintézmények, repülőterek, utak, dunai hidak, a rakpartok, szigetecskék, ipartelepek, nagy vízkivételű üzemek, felhagyott bányák, betemetett hulladék-tárolók és környezetük egy évtizedre visszanyúló mozgástörténetének vizsgálatát.



2. ábra Budapest ASMI műholdas mozgástérképe adatbázisa. Minden egyes kis fekete ponthoz 10 éves, 73 adatból álló idősor tartozik, mely szemlélteti annak mozgástörténetét. A példa egy süllyedő terület épületén lévő szórópontok idősorát mutatja



3. ábra Az összes 0,4 koherenciaszint feletti szórópont idősorából súlyozatlan lineáris regresszióval illesztett egyenes meredekségének szórása, azaz az átlagsebesség hibabeckslése

Az adatok potenciális felhasználói lehetnek az ingatlanfejlesztők, a biztosítótársaságok, közműépítők, útépítők, mélyépítők, az önkormányzatok és bárki, akinek a talaj és az épületek stabilitásának, mozgásának ismerete fontos.

Az adatrendszer pontossági becslésére súlyozatlan lineáris regresszió szórásadatait felhasználva a budapesti adatrendszer 10,6 év időbázissal 73 felvétel alapján az átlagsebesség szórását a 3. ábra mutatja be.

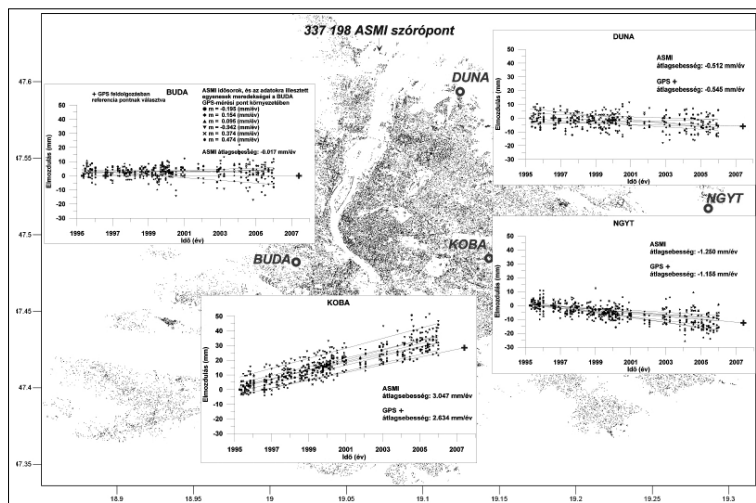
Hagyományos és űrgeodéziai ellenőrzés

A GPS felhasználásával egyedülálló lehetőség adódik számunkra a független űrgeodéziai ellenőrzésre. Az Országos GPS Hálózat (OGPSH; Borza, 1998) a vizsgált területre eső néhány pontját 1996. évben határozták meg, így annak újramérésével hasonló időintervallumra számíthatunk elmozdulást, sebességet. Megszerveztük és lebonyolítottuk a GPS kampányt az OGPSH és Magyar GPS Geodinamikai Alaphálózat területre eső pontjainak újramérésével. Ezután összehasonlítottuk az eredményeket a korábbi 1996. évi mérésekkel és kiszámítottuk az elmozdulásokat. A GPS méréseink egyértelműen bizonyítják, hogy a detektált mozgások valóságok, hiszen a két független tech-

nika és mérés évi tizedmilliméter nagyságrendű sebességkülönbséggel ugyanazt az eredmény adta. Nem ugyanazonokon a pontokon mértünk, így saját mozgás is lehetséges mind az ASMI objektumok, mind a GPS esetében, a GPS pont és a környezetének műholdradar-szórópontjai mégis egyező sebesség értéket mutatnak (4. ábra).

Az OGPSH szempontjából is rendkívüli jelentőségű ez az űrgeodéziai ASMI/GPS összehasonlító vizsgálat. Ez az egyetlen módja, hogy a nem geodinamikai GPS-hálózatok magassági értelmű újramérésének hitelességét, valós mozgásokra való vonatkozását meg tudjuk állapítani. Enélkül nem tudnánk bizonyítani az újramért OGPSH-koordinátakülönbségek eredetét, hisz abban a korábbi rövid mérés, a nem tudományos igényű adatfeldolgozás, a jóval kisebb jelenkori mérési és feldolgozási hibák, az állandósítás instabilitása, a pontraállítás hibái és az antenna-magasságok mérésének hibái is jelentkezhetnek. Bizonyítottuk, hogy az OGPSH-val az egész országra kiterjedően lehetőség van egy évtizedet meghaladó időintervallummal magassági értelmű mozgásvizsgálatra. Eredményeink alapján azóta már több helyen is sikeresen alkalmaztuk az OGPSH-t mozgásvizsgálatra.

Szintezési vizsgálataink rávilágítottak a legnagyobb budapesti mozgásanomália, a Kőbánya térségében detektálható kiemelkedés történetére is. Két vonalon végeztünk összehasonlító mérést. Az egyik az 1955. évi budapesti szintezés pontjait felhasználva a stabil területről az anomália



4. ábra A közel 340 000 ASMI idősorából álló mozgástérkép GPS-es ellenőrzése. A területen lévő 4 GPS pont újramérésével kapott sebességek és a környezetikben lévő ASMI pontok idősorának összehasonlítása

közepébe mutat, a másik pedig az EOMA 1982. évi méréseit is felhasználva harántolja a mozgó területet. Az eredményeket az 5. ábra szemlélteti. Ebből egyértelmű, hogy 1955-től 1982-ig süllyedés volt detektálható, majd 1982-től 1995. éven át a 2008. évig mindvégig kiemelkedés jellemzi a területet. A szintezés több mint 25 éves időbázisú sebességei igen hasonlóak az ASMI utóbbi egy évtizedet lefedő adataihoz, az évi minimális néhány tizedmilliméter sebességkülönbségek sem a két technika hibájában keresendők, hiszen azok nem ugyanazokat a pontokat mérik. Az első útvonalnál látszik, hogy az 1995. év utáni kiemelkedést (ASMI adat) az 1955–1995. évek közötti mozgás kompenzálja, hiszen az 1955. és 2007. év közötti szintezés nem mutat elmozdulást. Az anomália középpontját keresztező szelvény eredményei pedig arról tanúskodnak, hogy az utóbbi két és fél évtized (1982–2008) kiemelkedése nagyobb is mint az azelőtti harminc év (1955–1982) süllyedése, illetve hogy az ASMI utolsó egy évtizednyi és a szintezés utolsó két és fél évtizednyi

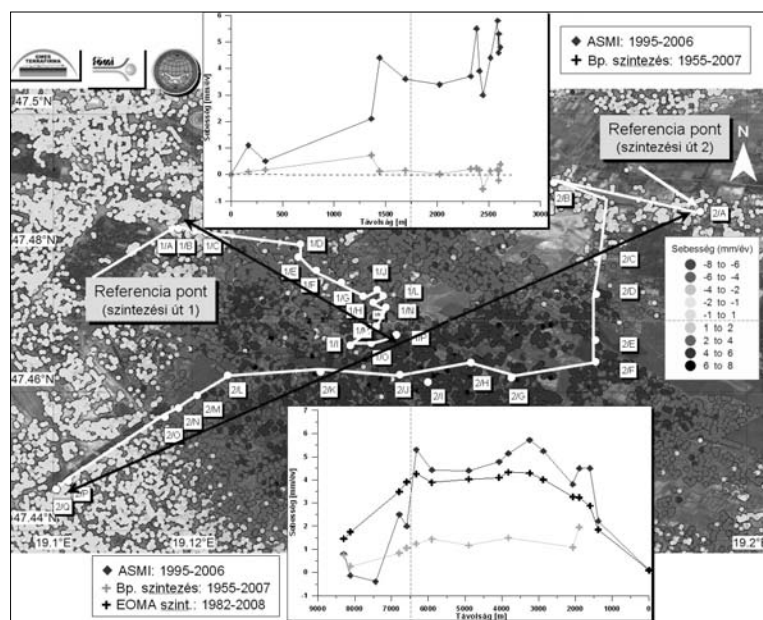
időintervallumú adata a kiemelkedésre hasonló sebességet mutat.

Az ASMI, GPS és három szabatos szintezés Magyarországon egyedülálló és európai szinten is kiemelkedő szintű többtechnikás mozgásvizsgálatot jelent. Földi és műholdas, tehát egymástól független, de egyező időintervallumot lefedő módszerek kombinációja nyújt részletes és megbízható képet a kőbányai mozgásanomália kinematikájáról.

Budapest-Kőbánya felszíni mozgásának eredete

A tektonikai eredet kizárható (Grenerczy és társai 2005, 2007), a mozgásnak sem kiterjedése, sem nagysága és iránya nem magyarázható semmilyen jelenkori kéregmozgással, illetve az általa előidézett vagy azt kísérő jelenséggel. A tektonikai eredet kizárása miatt az okot valószínűleg az emberi tevékenységben és annak megváltozásában kell keresni.

A területen – amint annak neve is jelzi – több külszíni agyagbánya és mészkőbánya is működött a múltban. Számos vízkivételre szolgáló kút helyezkedik el az anomália területén, annak elsősorban északi és déli részén. A mozgásvizsgálati adataink alapján a 1980-as és az 1950-es évek közötti időszakban süllyedés volt tapasztalható, valószínűleg a vízkitermelés miatt. Ezt követően napjainkig a helyi vízkivétel visszaesése következtében – feltehetően – a talajvíz elmúlt évtizedekben jelentős megemelkedése okozza a felszín kiemelkedését. Ezt a talajvízszint-adatokkal a jövőben igazolni kell. A mozgás nagysága és kiterjedése és időbeni lefolyása kétségtelenül valós, általunk többszörösen független űrgeodéziai és földi technikákkal ellenőrzött adat és a GPS kéregmozgás-vizsgálatainkból az is kétségtelen, hogy az nem kéregmozgás, hanem technogén eredetű.



5. ábra A Budapest Kőbánya felszínmozgás történetének vizsgálata, az ASMI technika földi ellenőrzése. Az 1. szelvény 52 év különbségű két mérés alapján mutatja a sebességet, műholdradarból származó 73 adat 10 év időtartamot fog át. A 2. útvonalon ugyanennyi műholdas adat áll rendelkezésre, és a budapesti szintezésből itt is 52 év különbségű adataink vannak, emellett az EOMA-szintezés 26 éves adatai is rendelkezésre áll. A háttérábra mutatja a konfigurációt és a szelvényeket az ASMI mozgássebesség-térképen. Mind a GPS (4. ábra), szintezés és az ASMI eredmények egyöntetűen bizonyítják a kőbányai kiemelkedést.

Épületszintű mozgásvizsgálat

A regionális értelmű mozgásokon túl lehetőség nyílik egyes épületek, épületegyüttesek vizsgálatára is. A Budapesti Műszaki Egyetem Központi épületének mozgásvizsgálata esetében a radaradatokon jól látható, hogy a déli rész süllyed az épület középső és északi stabil részeihez képest. Az ebből adódó károk miatt munkálatokba kezdtek a süllyedést megállítására. A műholdradar adatok bizonyítják, hogy a munkálatok sikeresek voltak, hisz azután már nincs differenciális mozgás.

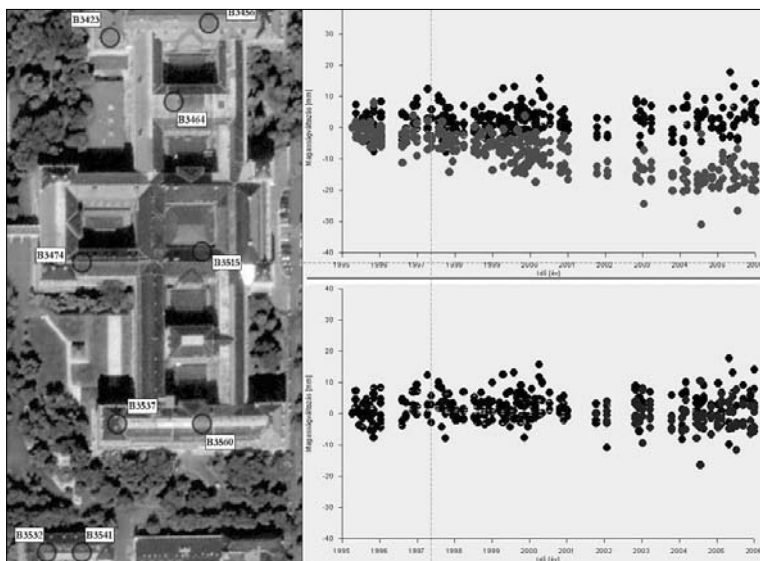
A mesterséges műholdradar-reflektor

Az eddigiekben olyan objektumokról kapott jeleket vizsgáltunk, melyek geometriája és dielektromos állandója olyan, hogy a jeleket visszaverik a műhold irányába. Ha nincs ilyen, vagy ha nem lenne elég a természetesen jelenlévő visszaverés, illetve ha szükség van a konkrét ismert fáziscentrumú pontra, ismert vagy amennyiben többtechnikás pontjelet akarunk radarral is észlelni mesterségesen előállított reflektorra van szükség. Az obszervatóriumban megterveztünk és elkészítettük egy többtechnikás, több radarműhold jeleinek visszaverésére alkalmas, levehető, cserélhető kényszerközpontos, időtálló mesterséges műhold-



7. ábra A mesterséges műholdradar-reflektor prototípusa az obszervatórium kertjében, az ESA ENVISAT műholdjának ASAR szenzorához beállítva

radar-reflektort. A reflektor tervezése, megépítése és telepítése része azon törekvésünknek, hogy kifejlesztünk egy többtechnikás (műholdas és földi) mérésekre alkalmas geodéziai pontjelet, illetve integráljuk az InSAR technikát a geodéziai magassági alaphálózatba. A telepített prototípust úgy terveztük meg, hogy alkalmas legyen magassági mozgásvizsgálati tesztek elvégzésére is.



6. ábra Feketével a BME K épület központi és északi részén elhelyezkedő szórópontok időszora látható. Szürkék a déli rész és a közvetlen szomszédos épületek szórópontjainak idősorai. Az alsó ábrán szürkével ugyanezeknek munkálatok utáni adatait mutatja

Köszönetnyilvánítás

Az analízis az Európai Űrügynökség ERS SAR adatai és az ESA ENVISAT műholdjának ASAR adatai alapján készült a Magyar Űrkutatói Iroda K-36-07-00023K és K-36-08-00036K, Európai Űrügynökség, GMES Terra-firma H1 és H2 fázisának támogatásával. Az ellenőrzés háttérét nyújtó GPS geodina-mika vizsgálatok az OTKA F 68497 számú pályázat keretében történnek.

IRODALOM

Borza T.: Elkészült az országos GPS-hálózat Geodézia és Kartográfia 1998/1, 8, 1998.

Ferretti, A.–Prati, C.–Rocca, F. (2001): Permanent Scatterers in SAR Interferometry. – IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39/1, 8–20.

Ferretti, A.–Prati, C.–Rocca, F., (2000): Non-linear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, no. 5, 2202–2212.

Grenerczy, Gy.–Sella, G.–Stein, S.–Kenyeres, A.: Tectonic implications of the GPS velocity field in the northern Adriatic region, *Geophysical Research Letters*, 32, L16311, doi:10.1029/2005GL022947, 2005.

Grenerczy Gy.–Fejes I.: A magyarországi GPS mozgásvizsgálatok 16 éve, *Geodézia és Kartográfia*, 59/7, pp. 3–9, 2007

Petrik O.: Műholdas radar-interferometria hazai alkalmazása: felszínsüllyedés-vizsgálat Debrecen környékén. *Geodézia és Kartográfia*, 59/3, 2007a.

Petrik O.: A műholdas radar-interferometria alkalmazásának korlátai a felszín deformációjának vizsgálatában. *Geodézia és Kartográfia*, 59/5, 2007b.

Wegmüller, U.– Werner, C.– Strozzi, T. –Wiesmann, A.: Multi-temporal interferometric point target analysis, in *Analysis of Multi-temporal remote sensing images*, Smits and Bruzzone (ed.), Series in Remote Sensing, Vol. 3, World Scientific (ISBN 981-238-915-61), pp. 136–144, 2003.

Werner, C.–Wegmüller, U.–Strozzi, T.–Wiesmann, A.: Interferometric point target analysis for deformation mapping, Proc. IGARSS 2003, Toulouse, France, 21–25 July, 2003.

www.sgo.fomi.hu/InSAR

Velocity map of Budapest: introduction and validation of PSInSAR/ASMI technique

Grenerczy, Gy.–Virág, G.–Frey, S.–Oberle, Z.

Summary

FÖMI Satellite Geodetic Observatory has been working on the introduction of the InSAR technique in Hungary as a complementary tool for surface motion detection since 2000. Within the GMES TerraFirma program SAR data of Budapest became available. We calculated several velocity and displacement maps and graphs and analysed and interpreted the anomalies and their time evolution, especially the largest one, in Budapest Kőbánya district. We performed validation and comparison of the ASMI results with GPS measurements and high precision leveling, that enabled us to reveal the history of the motion and also the capability of these techniques. To fulfil requirements that natural scatterers cannot, we also designed and build artificial satellite radar reflectors.

www.gnssnet.hu
GNSS Szolgáltató Központ

Valós idejű helymeghatározás:

- Egybázisos
 - DGPS korrekciók (országosan)
 - RTK korrekciók (36 állomásról)
- Hálózati RTK korrekciók (az ország 95%-án)

Utólagos adatfeldolgozás:

- Tetszőleges rögzítési gyakoriságú RINEX adatok
- Tetszőleges rögzítési gyakoriságú virtuális RINEX adatok

FÖMI KOZMIKUS GEODÉZIAI OBSZERVATÓRIUM
Tel.: 27/374-980
Fax: 27/374-982