

GEODÉZIA ÉS KARTOGRÁFIA

59. ÉVFOLYAM

2007

7. SZÁM



A magyarországi GPS mozgásvizsgálatok 16 éve

Dr. Grenerczy Gyula vezető tanácsos és
dr. Fejes István szakmai tanácsadó, egyetemi magántanár



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

A Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriuma 30 éve látja el az új űrgeodéziai technikák hazai bevezetésével, alkalmazásával kapcsolatos kutatási és fejlesztési feladatokat hazánkban. 15 évvel a KGO penci felavatását követően 1991-ben kezdődött el a szélső pontosságú űrgeodéziai mozgásvizsgálat a jelenkori kéregdeformáció monitorozására a Global Positioning System technika alkalmazásával, ami jelenleg is folyik. Írásunkban összefoglaljuk a több mint másfél évtizednyi hazai és regionális szinten folytatott GPS kéregmozgás vizsgálatokat és beszámolunk néhány közérdeklődésre számot tartó eredményéről.

Bevezetés

A tektonikus folyamatok csakúgy, mint sok százmillió éve, ma is alakítják környezetünket, amire csak a nagyobb földrengések és katasztrófák esetén figyelünk fel. Pedig alattunk is, és jelenleg is mozog, deformálódik a Föld. Elméletek s közvetett bizonyítékok alapján régóta tudjuk, hogy a kontinensek mozognak, ütköznek, de az űrgeodéziai módszerek megjelenéséig közvetlenül megmérni, feltérképezni a deformációs zónákat nem sikerült. A Global Positioning System (GPS) bizonyult a leghatékonyabb eszköznek a jelenkori tektonika vizsgálata terén, mert ilyen méretek-nél több nagyságrenddel is képes meghaladni a hagyományos geodéziai módszerek pontosságát. A GPS mozgásvizsgálat tudományos jelentősége mellett a természeti veszélyeztetettség megítélésében is nagy szerepet játszik. A felszínmozgások mérésekkel történő nyomon követése hasznos információt jelent a földrengések kutatásában, vulkánok, földcsuszamlások monitorozásában.

A tudományos vizsgálatok mellett közvetlenebb társadalmi jelentőségű, ipari alkalmazásokat is folytatunk. Ilyenek a nagyfontosságú létesítmények: atomerőmű, radioaktív hulladéktároló, gáttak környezetének stabilitás-vizsgálata, illetve az emberi tevékenység, bányászat, vízkivétel okozta felszínmozgások monitorozása. 1997-ben a mozgásvizsgálat mutatott rá a GPS antennák kalibrálásának szükségességére (Németh és Virág, 2001). Az alkalmazott szélső pontosságú mérés és feldolgozási technika más geodéziai hálózatoknál is hasznosul (Kenyeres, 1999).

Magyarországon viszonylag korán felismertük a GPS technika alkalmasságát a hazai mozgásvizsgálatokra és kellő előkészítés után az 1990-es évek elején hosszú távra megalapozott programot indítottunk. Ezzel a korábbi szintezési hálózatok mérésin alapuló magassági vizsgálatok (Joó, 1992; 1998) után lehetővé válik a három dimenziós felszínmozgás-vizsgálat. Cikkünkben áttekintést adunk a nemzetközi élvonalba tartozó hazai és közép-európai GPS mozgásvizsgálati programokról, s az ezekből nyert néhány kiemelkedő tudományos eredményünkről.

A GPS szélső pontosságának feltételei

A névlegesen 24 holdból álló GPS navigációs műholdrendszer önmagában kevés, a kívánt cél eléréséhez speciális módszerek és feltételek szükségesek. A lassú mozgásokat eltérő időpontokban végzett pozíció meghatározások összevetésével lehet csak kimutatni, és a lemeztektonikánál emberi léptékben hosszú időtartamra kell számítani. Ezen idő alatt, ha a mérésre kijelölt pontot valamilyen helyi hatás éri, az meghamisítja az eredményt. A pontállandósításnak ezért rendkívül stabilnak

kell lennie, képviselnie kell a tektonikai környezetet és biztosítani kell, hogy a megismételt mérések során a GPS antenna 0,1 mm pontossággal azonos helyre kerüljön. A mérést több napon keresztül a nap 24 órájában kell végezni, kétfrekvenciás geodéziai GPS antennákkal és vevő-berendezésekkel. Az égboltra való szabad kilátásnak 15 fok magasság felett biztosítottnak kell lennie, és nem szabad, hogy zavaró fémtárgyak vagy magasfeszültségű vezetékek legyenek a közelben.

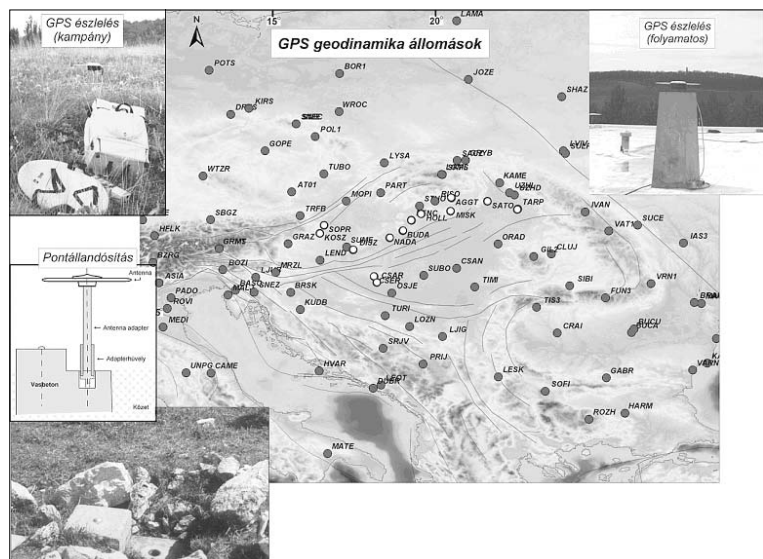
Az adatfeldolgozáshoz használt szoftverrel, illetve annak megfelelő alkalmazásával szemben még nagyobbak az igények. A feldolgozást speciális stratégiával, megfelelően választott fázis-többértelműség megoldási módszerrel, utólagosan számított „precíz” műholdpálya-adatokkal, az ionoszféra, a troposzféra, a gravitációs mező, a földforgás, relativisztikus hatások, az árapály stb. megfelelő figyelembevételével, illetve modellezésével kell elvégezni valamely szélső pontosságra alkalmas szoftvercsomaggal. Mi a számításainkhoz a Bernese programcsomagot használtuk (Beutler és társai, 2001). A szélső pontosságú mérés és a tudományos igényű adatfeldolgozás ma már lehetővé teszi, hogy akár 1000 km távolságban lévő két pont relatív pozícióját 1–3 milliméter pontossággal meghatározzuk. Ez a pontosság szekvenciális mérési periódusok független feldolgozási eredményeiből adódik, tehát megbízható, úgynevezett ismételhetőségi mérőszám. A GPS mérésekhez kidolgozott eljárásokra „vakteszteket” is végeztünk, melyek objektíven igazolták a technológia alkalmazhatóságát szélső pontosságú mozgásvizsgálatokra (Fejes és társai, 1997).

A Magyar GPS Mozgásvizsgáló Program

A program előzménye még 1989 őszére datálható, amikor az MTA Geodézia Tudományos Bizottságának Kozmikus Geodéziai Albizottsága és a Mesterséges Holdak Albizottsága együttes ülésén megfogalmazódott egy nemzeti GPS geodinamikai mérési program

szükségessége. Ezt követően a koncepció részleteit egy szakértői csoport dolgozta ki, melyben különböző földtudományi területek legjobb szakemberei – geodéták, geofizikusok, geológusok – vettek részt.

A magyarországi GPS mozgásvizsgáló program 1990-ben kezdődött a FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatóriuma szakembereinek koordinálásával. 1990 februárjában megtörtént a hálózat 13 pontjának kijelölése a geológiai, geofizikai és mérés technikai szempontok szigorú figyelembevételével. Újszerű volt, hogy a pontokat nem a hagyományos geodéziai hálózat pontjaira telepítettük, mint ahogy azt többen javasolták, hanem a mérés technikához illeszkedő feltételeknek megfelelő helyszínekre (1. ábra). Arra is törekedtünk, hogy lehetőleg minden magyarországi földtani szerkezeti elemre kerüljön pont, ezt azonban a szilárd sziklakibúvás feltétele és a Pannon-medence adottsága miatt nem lehetett teljesen megvalósítani. A pontok állandósítására egy speciális mechanikai konstrukció készült, ami hosszú távra biztosítja az ismételt antennafelállítások sub-milliméteres pontosságát. A hosszú táv fennmaradás érdekében maga a pontjel rejtve van. Ez az álcázás igen hatékonynak bizonyult. 17 év alatt egyetlen pontunk sem pusztult el, szemben más közép-európai ország-



1. ábra A GPS geodinamikai állomások. Az ábra a pontállandósítást, a közép-európai GPS geodinamikai hálózatot (CEGRN), sötét szimbólumok, a hazai GPS geodinamikai hálózat (HGRN) pontjait, világos szimbólumok, és a hálózatban végzett kampányszerű és permanens állomásokon a folyamatos észlelést szemlélteti

gal, ahol számos mozgásvizsgálati pont esett a vandalizmus áldozatává.

A pontok állandósítása további egy évet vett igénybe, így 1991-ben készült el a magyar GPS mozgásvizsgálati ponthálózat, amit angol nyelvű rövidítéséből HGRN-nek nevezünk. A nulladik epochájú GPS mérésekre 1991 novemberében került sor. A kezdeti történetet bővebben lásd *Gazsó és társai* (1992) cikkében a *Geodézia és Kartográfia*-ban.

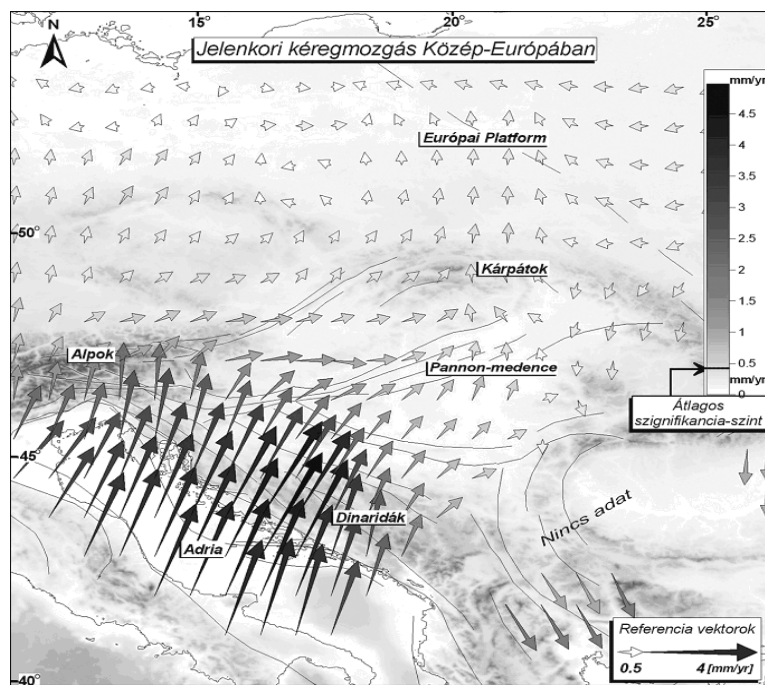
A méréseket két évenként ismételjük, 2007-ben már a kilencedik mérési kampányt bonyolítottuk le a HGRN pontjain. Az első két kampány kivételével minden alkalommal 3×24 órás folyamatos egyidejű észleléseket végeztünk a hálózat minden pontján. A penci obszervatóriumban elhelyezett pont 1996 óta permanens GPS állomásként üzemel, egy világszintű monitorozó rendszer részeként. Nincs Európában még egy olyan hálózat, amely időbázisban, a rendszeres monitorozásban, a pont állandósítások stabilitásában és az adatok homogenitásában együttesen felvehetné a versenyt a HGRN-nel (lásd egyéb

európai GPS geodinamikai hálózatokat: AGREF, CRODYN, GEODUC, GEODYN, PIVO, PTGA, SAGET, SLOVGERENET, VRANCEA stb.). Hazai viszonylatban is a legpontosabb, legstabilabb állandósítással, leghosszabb időszorral és sebességértékekkel rendelkező GPS hálózat.

A Közép-Európai GPS Mozgásvizsgálati Program

Felbátorodva a hazai sikeres indításon, 1991–92-ben több fórumon is kezdeményeztük a program földrajzi kiterjesztését Közép-Európára, ami szükségszerű lépés volt a komplexebb geodinamikai vizsgálatok szempontjából. Végül magyar és lengyel közös kezdeményezésre 1993-ban megkezdődhetett a Közép-Európai Regionális Geodinamikai Projekt (CERGOP, *Fejes* és társai, 1993). A CERGOP-ban kezdetben 10 ország 10 intézménye vett részt, mára a részvétel 14 ország 15 intézményére bővült. A közép-európai hálózat kiépítése a magyar mintát követte. A kiindulási alapul szolgáló kezdő – nulla epochájú – mérések már 1994 májusában megtörténtek. A CERGOP ponthálózata, a CEGRN (Central European GPS Geodynamic Reference Network) kezdetben 31 pontból állt, majd 1998-tól fokozatosan közel 100 pontra bővült. A vizsgált terület Közép-Európában mintegy egymillió négyzetkilométert fed le.

Az évente, két évente rendezett mérési kampányok során 5×24 órás folyamatos mérések történtek. Míg az eredeti CEGRN hálózaton kilenc alkalommal, a bővítetten öt időpontban elvégzett méréssorozat áll rendelkezésünkre. Közben egyre szaporodtak a permanens, azaz folyamatosan észlelő állomások, melyek száma mára meghaladja az 50 százalékot. A CERGOP együttműködést az Európai Unió a 4-es és 5-ös keretprogramjában is támogatta. A hálózatot, mint alapvető tudományos infrastruktúrát



2. ábra A földkéreg jelenkori mozgása Közép-Európában. A vektorok a GPS sebességadatok alapján interpolációval kapott sebességmező adott helyén a mozgás irányát és nagyságát szemléltetik. Ez utóbbit fehértől feketeig haladó skála is jelezi. A fenti kéregmozgás-sebességtérképet 14 ország közel másfél évtizednyi GPS adataiból készítettük (*Grenerczy és társai*, 2005). (Lásd címlapon is színesben)

a 2001-ben Magyarországon létrejött 14 ország intézményeit magába foglaló CEGRN Konzorcium működteti (Fejes, 2002).

A GPS mérési sorozatok kiértékelése, az idősorok analízise és tektonikai interpretációja eredményeképpen egyre megbízhatóbban lehetett a HGRN és CEGRN pontok sebességvektorait meghatározni egy „kontinensen belüli – intraplate” vonatkozási rendszerben. A sebességvektorok hibája átlagosan kisebb, mint 0,4 mm/év.

A közép-európai térség jelenkori kéregmozgásainak áttekintése a GPS mérések alapján

Geodinamikai szempontból a közép-európai régió kontinensünk tektonikailag egyik legösszetettebb és legérdekesebb területe. Délről az Afrikai-lemeztől indulva észak felé a kontinentális ütköző zónában találjuk az Appenninek, a Dinaridák, az Alpok hegyvonulatait, melyeket a Pannon-medence és az azt átölelő Kárpátok hegyvonulata követ, majd északról a korábbi Hercini és Kaledóniai hegységképződési időszakok elemei és a stabil, merev, nem deformálódó Eurázsiai-lemezbelső, az Európai Platform következik. Geológiai és geofizikai adatokból már korábban ismert (pl. Horváth és Channell, 1977), s ma már ürgodéziai mérések pontos irány- és sebességértékekkel mutatják az Afrikai-lemez közeledését és ütközését az Eurázsiai-lemezzel. A két kontinens ütközése alapvető jelentőségű, ám valójában a kontinentális ütközőzónában található mikrolemezek és az azok mozgását kísérő komplex tektonikai folyamatok határozzák meg az adott térség jelenkori kéregmozgásait, deformációját, szeizmicitását.

Az 1990-es évektől mindinkább nyilvánvalóvá vált, hogy az Adria-mikrolemez mozgása domináns szerepet játszik Közép-Európa jelenkori tektonikájában (pl. Anderson és Jackson 1987; Ward, 1994; Bada és társai, 1998). A térségben elhelyezkedő 10 ország deformációs viszonyainak és a földtani eredetű veszélyeztetettségének megismerésében elengedhetetlen a mikrolemez mozgásának és az azt kísérő folyamatoknak az ismerete. Erről a Pintér és társai (2006) által készített kötet és cikkei adnak átfogó információt. A fenti hálózatok közvetlen mérési eredményei alapján számított GPS sebességvektorokkal egyértelműen feltártuk és megmértük az Adria-mikrolemez mozgását (Grenerczy és társai, 2005). Ez a Nyugati-Alpokban elhelyezkedő pólus körü-

li, az óramutató járásával ellentétes forgást mutat, amely a vizsgált területünkön észak-északkeleti irányú, 2,5 mm/év és 5 mm/év közötti, északról dél felé növekvő sebességnek felel meg. A GPS-ből származtatott 2. ábra világosan szemlélteti az Adria-mikrolemez mozgását, illetve ütközését az Alpokkal és a Dinaridákkal. Ezen hegységek a jelenkorban is jelentős kompresszió alatt vannak, amelyet intenzív földrengés-tevékenység, feltolódásos, gyűrődéses deformációk és kiemelkedések kísérnek. Az is bebizonyosodott viszont, hogy a Kárpátok esetében más a helyzet, itt 1 mm/év-nél nagyobb jelenkori mozgás nincs. Ma már e hegyvonulat nem gyűrődik tovább, s az az Eurázsiai-lemezbelső részévé válik. Az adatok alapján azt is kimutattuk, hogy az Eurázsiai-lemezbelső 0,3 mm/év mozgássebesség alatti értékeivel merev és stabil.

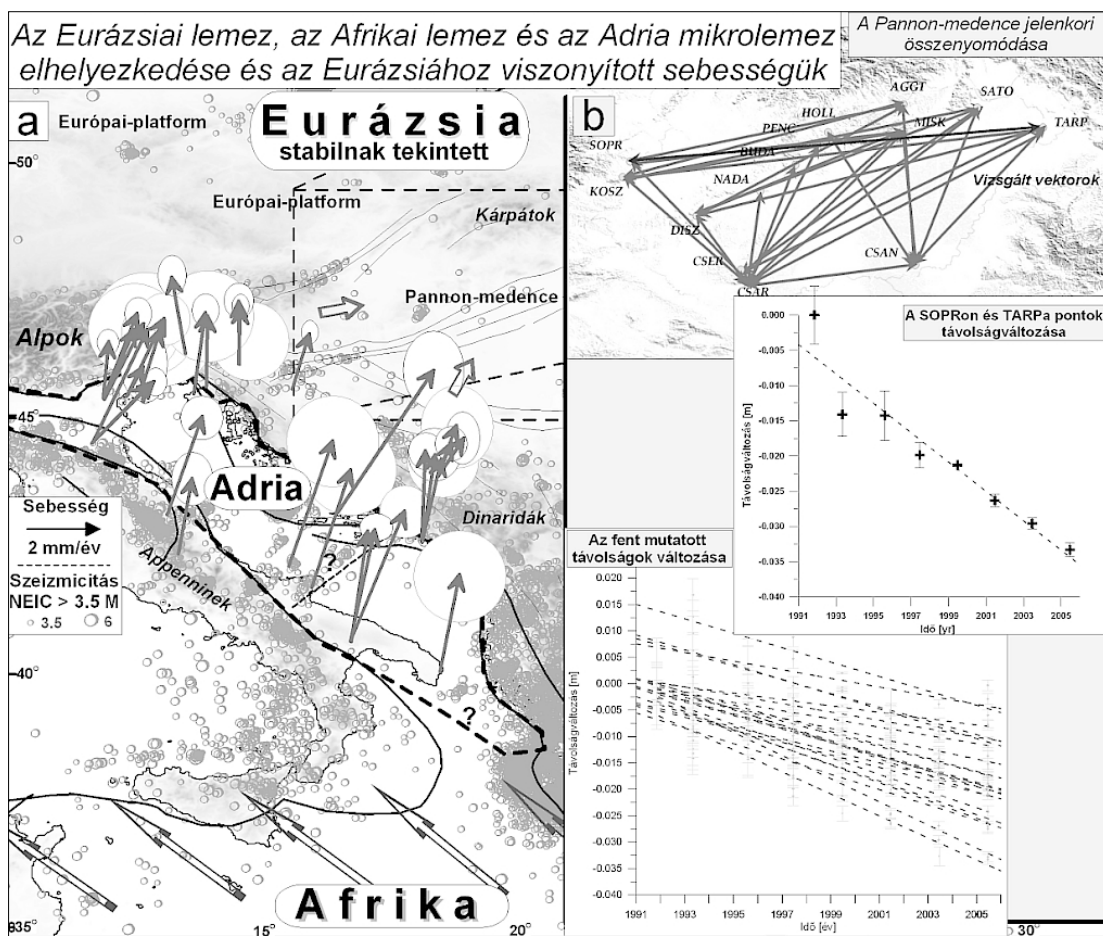
A Magyar GPS Mozcászvizsgálóti Program keretében lehetővé vált közvetlen környezetünk, a Pannon-medence jelenkori mozgásainak feltérképezése is, aminek eredményeképp szintén először sikerült Magyarország jelenkori deformációját, horizontális mozgásait megmérni. A regionális léptékű hálózat, a CERGOP GPS adatai alapján ismert, hogy hazánk az Adria-mikrolemez mozgásából adódóan a Dinaridák és a Kelet-Alpok közvetítésével ma is kap keleti, délkeleti irányból érkező nyomást (2. és 3.a. ábra). A Pannon-medencétől nyugatra, az Adria és a stabil Európai Platform ütközőzónájából a kéreg a Kelet-Alpok felől a vékony litoszférával rendelkező Pannon-medence felé préselődik ki és így nyugat felől az a Pannon-medencébe nyomul (Grenerczy és társai, 2000). Az is bizonyosnak látszik, hogy e keleti mozgás energiája a medence középső részein elnyelődik, amely magyarázatot nyújt a relatíve intenzívebb földrengés-tevékenységre az ország középső részén (Tóth és társai, 2006). Délre az Adria mozgását a Dinaridák nem képesek teljesen elnyelni, így marad még mozgás/nyomóerő délről a Pannon-medence felé is. A Pannon-medence jelenkori deformációjáról részletesebb információt a hazai GPS mozgászvizsgálóti program nyújt. A program keretében az idő múlásával a mérésekkel meghatározott koordináták változásából elmozdulásokat, sebességeket, jelenkori kéregmozgás-térképet, deformációs paramétereket és több más adatot, információt lehetett le származtatni a kiértékelés során.

Egyik érdekes, szemléletes vizsgálat pl. a GPS állomások távolságának változását követi nyomon az idő múlásával. A hazai mozgászvizsgálóti

program keretében végzett egyes mérési kampányok során az állomások közötti távolságokra kapott adatokból idősort lehet készíteni és grafikonon statisztikai módszerekkel vizsgálni azok változását. Az idősorok 14 évre visszamenőleg, 1991-től jelzik a távolságokat és a meghatározás hibáit az egyes mérési kampányok során (3.b. ábra). Amint az az adatokból jól látható, a vizsgált állomás-párok távolságai csökkennek, azaz mind összenyomódást, térrövidülést mutat. Ennek mértéke átlagosan 1,5 mm/év. A Pannon-medence tehát a méréseink szerint lényegében elnyeli a nyugatról és délről őt érő jelenkori kompresz-

ziós feszültséget, ennek következtében összenyomódik. A Pannon-medence összenyomódása Magyarország viszonylatában azt jelenti, figyelembe véve a közelítőleg 200–250 km-es É-D, és 400–450 km K-Ny irányú kiterjedését, hogy az ország területe hozzávetőlegesen évi ~800 m²-rel csökken. Habár holnap is és minden nap kétségtelenül elvesz ~2–2,5 m², ez a veszteség 1 millió év alatt sem éri el az 1%-ot.

A vízszintes kéregmozgás sebességtérképet elkészítettük. A sebességadatokat részletesen közöltük (Grenerczy és társai, 2005), az ebből interpolált sebességmező a 2. ábrán látható, ezt a



3.a. ábra Az alsó sor vektorai az Afrikai-lemez GPS mérésekből számított sebessége Euráziához képest, a vékonyak hibaellipszissel az Adria-mikrolemezen lévő GPS pontok sebességei szintén Euráziához képest. A vektorok azok kezdeténél érvényes irányú és nagyságú sebességet szemléltetik.

3.b. ábra A Pannon-medence GPS pontjai közötti távolságok változása. Példaként a SOPRON és TARPA melletti pontok közötti távolságváltozás idősora van feltüntetve, majd a fent mutatott távolságok változása, azaz a távolságadatokra illesztett egyenesek. Ezek mind hasonló mértékű csökkenést, a medence összenyomódását mutatják.

hazai olvasók számára az urvilag.hu-n és az *Élet és Tudomány* hasábjain is ismertettük. A GPS geodinamikai hálózat magassági adatai viszont csak pár éven belül válnak szignifikánsná, így jelenleg a szintezések összehasonlításából a *Joó* (1992; 1998) által készített az egyetlen közvetlen mérésre alapuló magassági mozgástérkép a Pannon-medencéről.

A GPS mozgásvizsgálati adatok és hasznosításuk

A fent bemutatott nagyarányú kép mellett a kéregmozgás részletes meghatározása egy sor további ismeretet nyújt a földrengés-tevékenység és eredetének megismerése, a veszélyeztetettség becslése, az aktív törésvonalak kimutatása, vetőkinematika, gyűrődések, tektonikai kiemelkedések és süllyedések vizsgálata terén. Mindemmel a kidolgozott szélső pontosságú technika az emberi tevékenység hatásvizsgálatában, ipari alkalmazásokban, fontos létesítmények és helyszínének stabilitás- és mozgásvizsgálatában hasznosul, sőt e hálózatok a hazai és nemzetközi geodézia számára a legpontosabb és legstabilabb vonatkoztatási alapot szolgáltatják.

A tárgyalt GPS geodinamikai hálózatokat az Országos Tudományos Kutatási Alap, a Magyar Űrkutatási Iroda és az Európai Unió támogatásával a Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriuma hozta létre és működteti. Mindkét program folytatódik. A sűrűbb ponthálózat, a további mérések jobb felbontású, pontosabb mozgástérkép elkészítését teszik majd lehetővé. Így a főbb aktív törésvonalak és a szerkezeti egységek relatív mozgásai is térképezhetővé válnak.

A hosszú időbázisú és kiváló minőségű GPS mérési adatsorok és ezek a geodinamika programok folytatása bőséges alapot szolgáltatnak további vizsgálatokra, elemzésekre térségünk jelenkori földtani folyamatait illetően. A CEGRN mérések adatbázisa a grazi Institut für Welt-raumforschung-ban, a CERGOP adatközpontban kerülnek archiválásra, és a CEGRN Konzorcium adatpolitikájának megfelelően rendelkezésre állnak a kutatók számára. E nagy értékű adattárolás további kihasználását tervezi az év elején megalakult MTA Fizikai Geodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport, melynek kutatási tervében, más területek mellett, megtaláljuk a felszínmozgás monitorozását is GPS és műholdradar (DInSAR) megfigyelésekből.

Köszönetnyilvánítás

A GPS geodinamika hálózat működtetése és az elvégzett vizsgálatok az OTKA F 68497 számú pályázat keretében történtek.

IRODALOM

- Anderson, H.–Jackson, J.*, Active tectonics of the Adriatic region, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 91, 937–983, 1987.
- Bada, G.–Cloetingh, S.–Gerner, P.–Horváth, F.* Sources of recent tectonic stress in the Pannonian region inferences from finite element modelling, *Geophys. J. Int.*, 134, 87–102, 1998.
- Beutler, G.–Bock, H.–Brockmann, E.–Dach, R.–Fridez, P.–Gurtner, W.–Hugentobler, U.–Ineichen, D.–Johnson, J.–Meindl, M.–Mervart L.* (2001): *GPS software version 4.2 documentation* Edited by U. Hugentobler, S. Schaer, P. Fridez, Astron. Inst., Univ. of Bern, Bern, Switzerland.
- Fejes, I.–Barlik, M.–Busics, I.–Packelski, W.–Rogowsky, J.–Sledzinsky J.–Zielinsky J. B.*: The Central Europe Regional Geodynamics Project, proceedings of the 2nd International Seminar on „GPS in Central Europe”, Hun. Acad. Sci., Penc, Hungary, Apr. 27–29, pp 106–111, 1993.
- Fejes, I.–Borza, T.–Kenyeres, A.–Simon, Á.*: Checking the accuracy of GPS deformation measurements: Blind tests. Presentation at 4th International Seminar „GPS in Central Europe”, 7–9 May 1997, Penc, Hungary. *Reports on Geodesy* No. 4(27), 319, 1997.
- Fejes, I.*: Consortium for Central European GPS Geodynamic Reference Network (CEGRN): concept, objectives and organization *Reports on Geodesy* (61), 15, 2002.
- Gazsó M.–Fejes I.–Borza T.–Busics I.*: A GPS Mozgásvizsgálati Program és Földtani Alapjai Magyarországon. *Geod. Kart.* 44. No. 2. pp. 73–85, 1992.
- 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.–Kenyeres, A.–Fejes, I.*: Present crustal movement and strain distribution in Central Europe inferred from GPS measurements, *Journal of Geophysical Research* Vol. 105, No. B9, pp. 21,835–21,846, 2000.

Horváth, F.–J.E.T. Channell: Further evidence relevant to the African/Adriatic promontory as a paleogeographic premise for Alpine orogeny. In: B. Bijou-Duval and L. Montadert (eds.), *Internat. Symp. on the Structural History of the Mediterranean basins*. Split, 25–29 Oct., 1976. Edit. Technip, Paris, pp. 133–142, 1977.

Joó, I.: Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin, *Tectonophysics*, 202, 129–134, 1992.

Joó I.: Magyarország függőleges irányú mozgásai, *Geod. Kartog.* 50(9), 3–8, 1998.

Kenyeres, A.: Technology development for GPS heighting in Hungary Reports on Geodesy 5(46), 89 (1999)

Németh Zs.–Virág G.–Borza T.: K-GEO akkreditált kalibráló laboratórium Geodézia és Kartográfia 2001/11, 10 2001.

Pinter, N., Gy. Grenczy, D. Medak, S. Stein, and J. C. Weber, (Editors) *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards*, Springer, Dordrecht, 1–413, 10.1007/1–4020-4235-3, 2006.

Tóth, L.–Bus, Z.–Győri, E.–Mónus, P. Seismicity of the Pannonian basin, *The Adria Microplate:*

GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards, Eds. Pinter, N., G. Grenczy, D. Medak, S. Stein, and J. C. Weber, Springer, Dordrecht, 1–413, 10.1007/1–4020-4235-3, 2006

Ward, S.: Constraints on the seismotectonics of the central Mediterranean from Very Long Baseline Interferometry, *Geophys. J. Int.*, 11, 441, 1994

16 years of the Hungarian GPS geo-kinematical studies

Grenczy, Gy. – Fejes, I.

Summary

Using the GPS technique a crustal deformation monitoring programme was started in 1991 in the FÖMI Satellite Geodetic Observatory, Pécs, Hungary and has been continued to the present day. The long term regular monitoring of the Hungarian (HGRN) and the Central European (CEGRN) network sites resulted new insights into the deformation processes of the region. The paper summarises the most interesting results with particular emphasis on the interaction of the Adria-Alpine-Pannonian region.

*Tájékoztatjuk kedves olvasóinkat, hogy
a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság programjairól
híreiről rendszeresen tájékozódhatnak honlapunkon is.*

Címünk:

www.mfttt.hu

MFTTT Vezetőség