

OTKA 69184 sz. pályázat
Permanens GPS állomások méréseinek szélső pontosságú analízise

Zárójelentés

A pályázat legfontosabb és legáltalánosabb tudományos célkitűzése a permanens GNSS állomások mozgásvizsgálati alkalmazhatóságának elemzése volt. Tudni és bizonyítani akartuk, hogy az a napjainkra jellemző paradigmaváltás, amelynek keretében az ismételt, kampány jellegű GPS méréseket egyre inkább általános geodéziai célú folyamatosan üzemelő állomásokkal váltják ki okoz-e pontosságvesztést, vagy ellenkezőleg, újabb információkhoz jutunk.

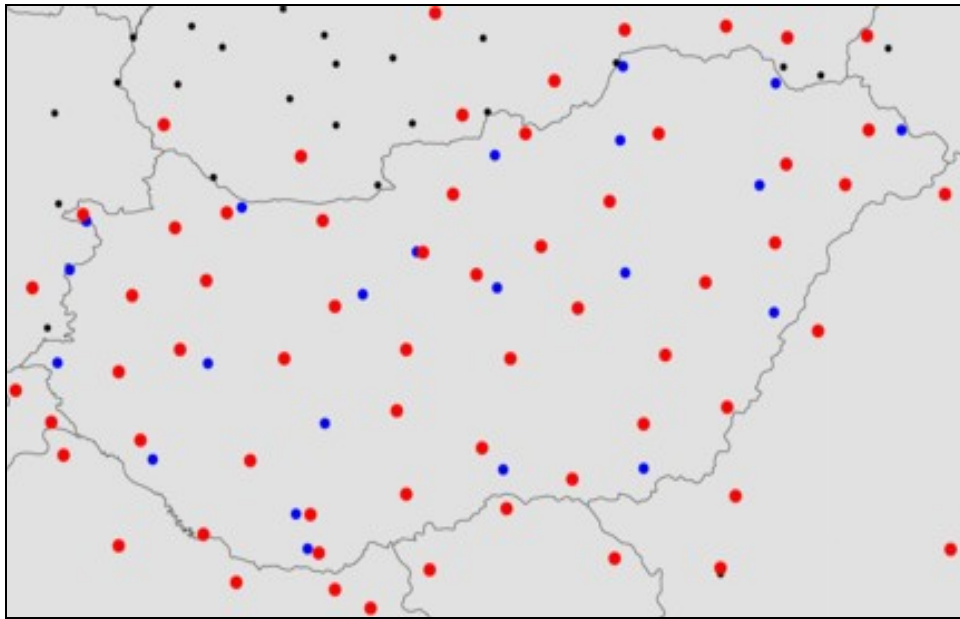
Az 1990-es években, amikor a GPS 'berobbant' a földtudományi kutatásokba, mint új és perspektivikus eszköz, a világ számos helyén hoztak létre jól állandósított alappontokat és hálózatokat, amelyekkel az adott régió tektonikai viselkedését akarták vizsgálni, recens mérésekkel alátámasztani az addig csak indirekt módon becsült mozgásokat. A KGO 1991-ben ilyen 22 pontból álló hálózatot, a ma már MGGA-nak (Magyar GPS Geodinamikai Alapponthálózat) nevezett mozgásvizsgálati hálózatot alakított ki, amelyet Európában szinte egyedülálló módon sikerült sértetlenül megőrizni és azonos évszakban, azonos műszerparkkal 2 évente újramérni. A homogenitás fontosságát maximálisan kell hangsúlyozni, hiszen a GPS közel két évtizede alatt szinte minden lényegi eleme megváltozott, kezdve a hardveres technológiáktól az analízisnél alkalmazott szoftveres megoldásokon, modelleken, referencia rendszereken keresztül akár a mérési pontok környezetéig. A fizikai és műszeres homogenitást tudtuk biztosítani az MGGA pontok mérésénél, amelyet e projekt keretében kellett kiegészíteni az analízisnél alkalmazandó modellek (antenna PCV, légkör, műhold-pálya) egységesítésével és a korábbi mérések újrafeldolgozásával.

Az MGGA és a környező CEGRN (Közép-Európai GPS Geodinamikai Alapponthálózat) mérések elemzése nagyban elősegítette a Pannon-medence recens tektonikai jellegének meghatározását, és alapot, referenciát szolgáltatott számos lokális mozgásvizsgálati programnak is.

Az utóbbi években a legtöbb országban létrejöttek a modern terepi geodéziai gyakorlatot kiszolgáló sűrű (50-70 km-es ponttávolságok) permanens GPS/GNSS állomáshálózatok. Magyarország területén 35, közvetlen szomszédságában további 19 állomás üzemel, amelyek méréseit egyrészt a hálózati RTK szolgáltatáshoz használjuk (GNSSnet.hu), másrészt szélső pontossággal monitoring céljából a BERNESE szoftverrel feldolgozzuk. Várakozásunk szerint az MGGA hálózati pontok kedvezőtlen és ritka geometriai eloszlását a GNSSnet.hu állomások kompenzálják (lásd 1.ábra), kérdéses viszont, hogy az e pontok kiválasztásánál (épületek) és állandósításánál alkalmazott, nem a szélső pontosságú geodinamikai mérések szabványa szerinti kevésbé szigorú megoldások milyen mértékben gátolják tényleges tudományos alkalmazhatóságukat.

Az OTKA támogatásával e projektben sikerült folytatnunk az MGGA mérési kampánysorozatát, amely keretében 2007 ill 2009 júniusában megmértük az MGGA 22 pontját. E két kampány lebonyolítása jelentette a projekt legnagyobb költségtételét.

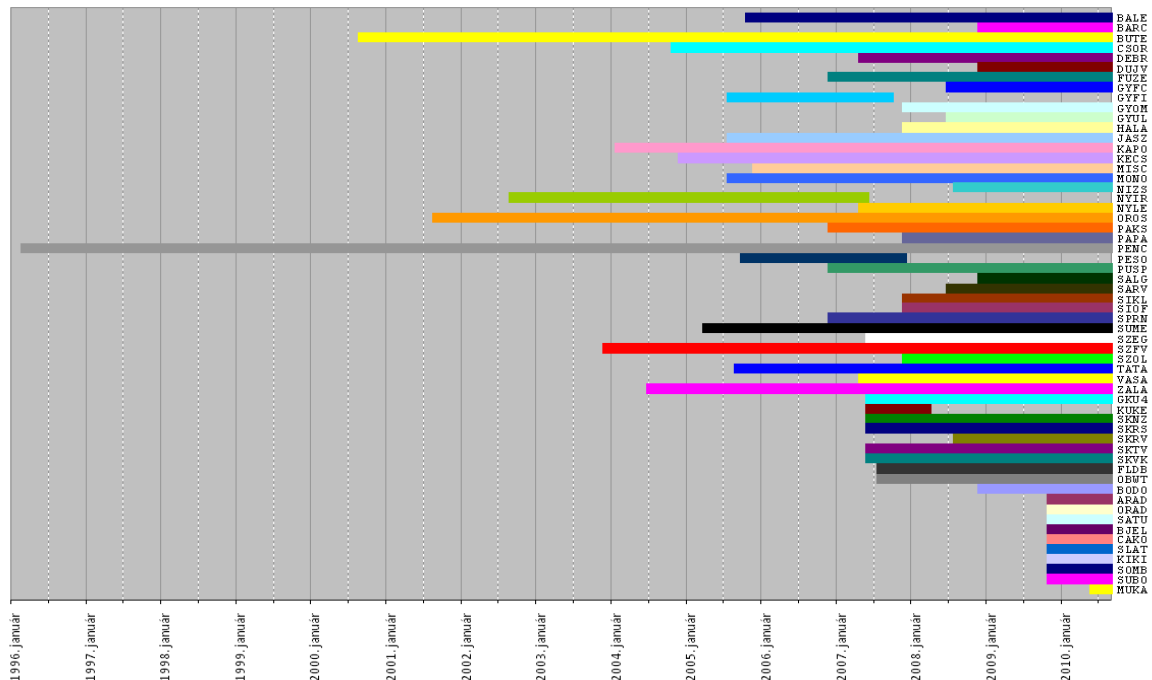
A kiterjesztett hálózati mérés azt jelenti, hogy a korábban 1991-től kezdődően 2 évente mért 13 pontos Mozgásvizsgálati hálózat mellett az OGPSH kerethálózatot is megmértük, így több pont 18 éves intervallumot lefedő adatok vonhatók be a mozgásvizsgálati értelmezésbe. A mérési kampányok átfedésben voltak az európai CEGRN hálózat kampányával. Mindkét kampány sikeres volt, elvégeztük a GPS mérési adatok feldolgozását és az összevont értelmezés a WEGENER projekt 2010 szeptemberi konferencián kerül publikálásra.



1. ábra. Az MGGA (kék), CEGRN (fekete) és GNSSnet.hu (piros) állomások

A hazai aktív GPS, majd GNSS hálózat, a GNSSnet.hu kialakítása időben eléggé széthúzódott. Az első állomás PENC 1996-os indítását több éves késéssel követte BUTE, OROS és NYIR, valamennyien EUREF állomások is lettek. Az állomások zöme 2007-ben ill. azt követően indulhatott. A 2. ábrán az állomások korát, azaz eddigi észleléseik időtartamát tüntettük fel. Látható, hogy a pontok zöme kevesebb mint 3 éves adatsorral rendelkezik, a határon túli állomások pedig alig „idősebbek” egy évnél. Az állomások méréseit monitoring jelleggel a Bernese 5.0 szoftverrel dolgozom fel, majd a napi ill. heti SINEX formátumú adatokat a CATREF szoftverrel egyenlítem ki a koordináták és sebességek minél megbízhatóbb meghatározása érdekében. Ezek a kombinált megoldások szolgálnak a további tudományos vizsgálatok alapjául.

A GNSSnet.hu hálózat referenciaállomásainak működési ideje



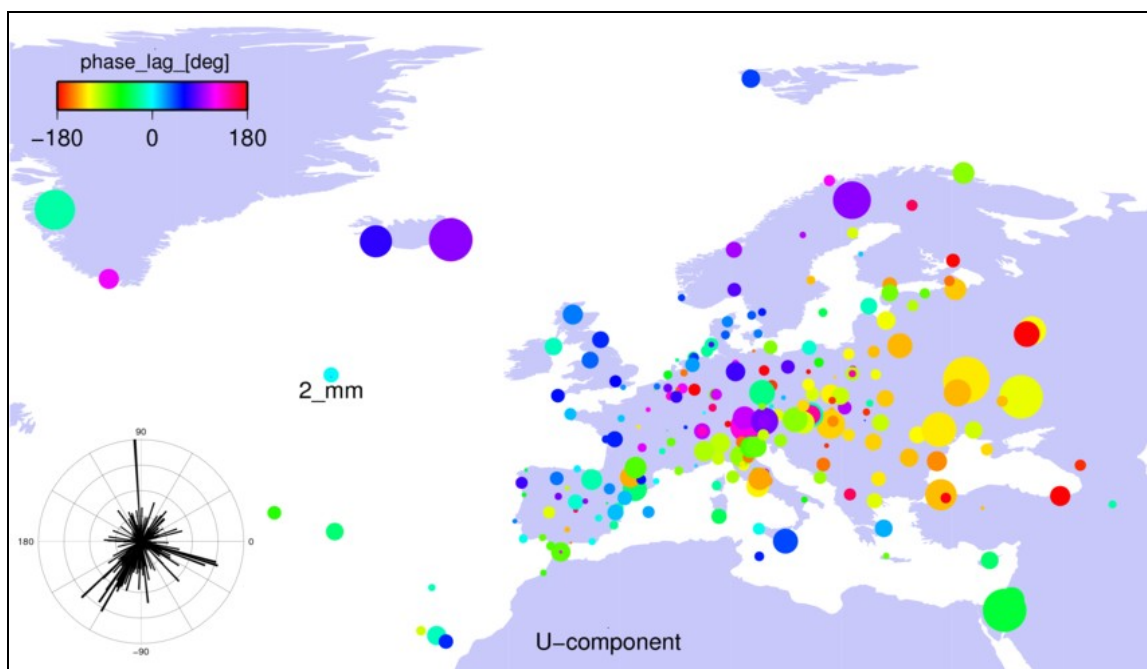
2. ábra. A GNSSnet.hu állomások kora, azaz eddigi észleléseik időtartama.

Ahhoz, hogy egy állomást mozgásvizsgálati értelmezéshez felhasználhassunk sebességét legalább 0.1 mm/év megbízhatósággal ismernünk kell. Permanens állomások esetében a sebesség optimális meghatározhatóságához legalább 3-4 év hosszúságú észlelési sorozatra lehet szükség, hogy a koordinátákban esetlegesen jelenlévő évszakos periódikus hatás minimalizálható legyen. Ráadásul egy zajjal terhelt idősor esetében a minimális adathossz-igény még ennél is több lehet.

Az évszakos koordináta ingadozás az 1-20 mm amplitúdó szintek között mindegyik állomásra jellemző, de elsősorban a magassági összetevőben tapasztalható, amit természetes körülmények mellett elsősorban a földkéreg hidrológiai terhelésének éves változása generál. Ugyanakkor modellezési és pontállandósítási hiányosságok ezt a képet jelentősen torzíthatják, különösen a vízszintes koordinátaösszetevőkben megjelenő éves ingadozás vezethető vissza a pont nem kellő stabilitására. Az eltérő nagyságú évszakos amplitúdók hatását vizsgálva ugyanakkor megállapítható, hogy az idősből becsülhető sebesség kis amplitúdó mellett sokkal gyorsabban konvergál a nominális értékhez.

Kutatásaim során részletesen elemeztem a GPS koordináta idősorokban kimutatható évszakos hatásokat, azok függését a hálózat méretétől, az alkalmazott analízis modellektől és összehasonlító elemzéseket végeztem a GPS megoldások és a hidrológiai kéregterhelési modellek, valamint a GRACE észlelésekből levezetett modellek között.

Az EPN hálózat vizsgálatával megállapítottam, hogy a GPS mérések újrafeldolgozása lényegesen javítja a koordináta idősorok konzisztenciáját. Az évszakos hatást jól leíró éves és féléves periódusú harmonikus függvények amplitúdója és fázisa (a harmonikus hullám januárhoz képesti eltolódása) homogénebb lett (lásd 3.ábra), jobb összhangot mutat a független megoldásokkal (GRACE, terhelési modellek), ugyanakkor még mindig komoly szisztematikus eltérés tapasztalható közöttük (Kenyeres és társai, 2008 és 2009).

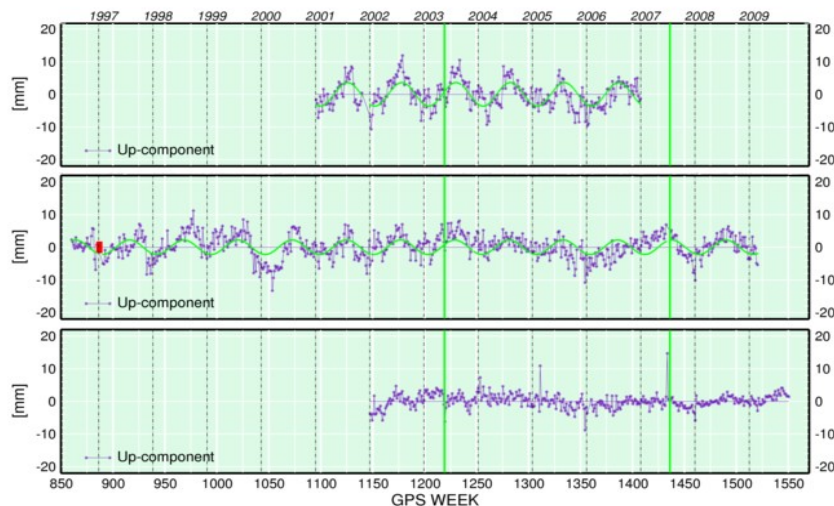


3.ábra. Az újrafeldolgozott EPN állomások idősoraiból levezethető évszakos hatás amplitúdója (arányos a korongok méretével) és fáziseltolódása (színkódolt).

A szisztematikus eltérések okát további vizsgálatok alapján lehetett kideríteni és magyarázni. A vonatkoztatási rendszerek témában ismert fogalom az ún. „hálózati hatás”, azaz amikor a globális vonatkoztatási rendszert (ITRS) próbáljuk „reprodukálni” egy akár regionális, akár kisebb, lokális hálózattal (pl. amikor az EPN vagy a GNSSnet.hu ITRS koordinátáit akarjuk meghatározni). A hálózati hatás torzíthatja a meghatározott koordinátákat (max. 1 cm-es nagyságban) ill. a sebességeket (<1 mm/év nagyságrendben). Egy ilyen nagyságrendű hatás a dátum meghatározásoknál mindaddig elfogadható volt.

A hálózati hatás azonban sokkal nagyobb mértékben jelentkezik az analízis során becsülhető évszakos változások paramétereiben. Vizsgálatainkkal beláttuk, hogy átlagosan 30%-al kisebb a regionális hálózatokkal „érzékelhető” amplitúdó a globális megoldáshoz képest (Kenyeres, 2010c). Belátható, hogy az évszakos hatások tekintetében **a nem globális megoldások alkalmatlanok** arra, hogy eredményeikből reális következtetést vonjunk le.

Azt is bemutattam, hogy minél kisebb a hálózat, annál inkább eltűnik az idősor harmonikus jeltartalma (lásd 4. ábra).



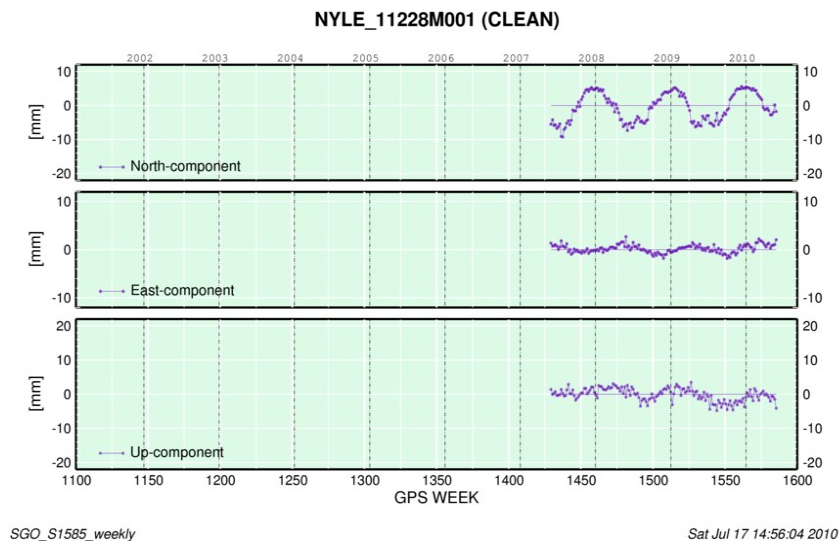
4.ábra. PENC állomás koordináta idősorának magassági összetevője az IGS, EPN ill. GNSSnet.hu megoldásokból.

Egy nagy kapacitásigényű munka első lépésében elvégeztem a globális IGS hálózat újrafeldolgozott, heti felbontásban rendelkezésre álló, 10 évet lefedő adatainak újrakiegyenlítését (gyakorlatilag reprodukáltam az ITRF2008 előállításához szükséges munka GPS részét). A 2. lépésben a megtisztított IGS heti SINEX megoldásokat kombináltam az EPN heti SINEX-ekkel és így számítottam egy ún. kumulatív, összegző kiegyenlítést, amiben bennfoglaltatott mind az IGS, mind az EPN 10 éves teljes mérési anyaga! A számításokat azzal a CATREF szoftverrel végeztem el, amellyel az ITRS megvalósulásait állítják elő.

Az eredmények igazolták a várakozásaimat, a kombinált megoldásban az EPN állomásokra becsülhető évszakos hatás nem csak az IGS eredményekkel került evidens módon nagyon jó összhangba, de a GRACE és felszínterhelési modellekkel is! Az analízis fontos következtetése tehát, hogy a regionális hálózatokat is célszerű globális szintre kiterjeszteni (Kenyeres, 2010c), ami nemcsak az adatfeldolgozás szintjén hanem utólagosan, a SINEX eredmények szintjén is megtehető. Lokális (nemzeti) hálózatok még kevésbé alkalmasak az évszakos hatások (ill. bármely, a hálózat határain túlmutató harmonikus jel) elemzésére, geofizikai értelmezésére. Azonban ezek a megoldások is elvben a fenti séma szerint integrálhatók a regionális, majd globális megoldásokkal. A háromszintű integrációra még nem végeztem elemzéseket. Eddigi, újdonságnak számító eredményeimet az IGS2010 workshopon (Newcastle, 2010 június 28) mutattam be, többek érdeklődését és egyetértését váltotta ki, egy referált JGR publikáció előkészítését kezdtem meg.

Visszatérve a GNSSnet.hu állomások mozgásvizsgálatai alkalmazhatóságára, kimutattam tehát, hogy az állomások a hálózat kis kiterjedése miatt nem alkalmasak az évszakos hatás elemzésére, mert a detektálható, fizikai tartalommal bíró amplitúdó töredéke a tényleges és várható amplitúdónak, a jelek fázisa pedig szintén torzított. E negatívumnak azonban van két igen fontos pozitív irányba mutató következménye:

- a tektonikai értelmezéshez alapvetően a lineáris sebességek jó meghatározottsága a fontos, ahol az „elnyomott” évszakos hatás gyorsítja a sebességmeghatározás konvergenciáját,
- jobban előtűnnek a lokális, a pontállandósítás problémáira utaló hatások, bármely vízszintes koordináta-összetevőben észlelhető évszakos hatás egyértelműen erre utal. Míg az EPN-ben kevés állomáson tapasztalhattunk ilyen hatást addig a GNSSnet.hu több állomása (SZEG, NYLE, CAKO) mutat az állandósítás gyengeségére (pontelhelyezés klasszikus tetőgerendás épületen) utaló képet. Az ilyen esetekben fokozott óvatossággal kell kezelni a kapott mozgásvizsgálati eredményeket!



4.ábra. NYLE állomás koordináta idősora.

Az idősorok részletes elemzése alapján kialakítottam egy eljárást, amely vizsgálja a becsült sebességek konvergenciáját és ennek alapján nyilvánít egy-egy 'újonnan' létesített GNSS permanens állomást geodéziai referencia állomássá, amely akár már tektonikai értelmezésbe is bevonható lehet. Az eljárás lényege, hogy 5 hetente készül egy összegző, ún. kumulatív megoldás, amely az összes korábbi feldolgozási eredményt (ún. SINEX formátumban) tartalmazza. Vizsgálva a becsült sebességek konvergenciáját meghatározható az az időpont, amelytől kezdve az adott állomás sebessége az előre definiált (pl. 0.5 mm/év) szinten stabilá válik és az állomás "felsőbb osztályba léphet", azaz a geodéziában referencia-állomásként szolgálhat ill. mozgásvizsgálatokba is feltételesen bevonható (A és B kategóriák).

EPN Idősor Analízis Koordinátorként ezt a minősítő/kategorizáló eljárást tettem hivatalossá az EPN állomások minősítésére, ahol a referencia-állomások listáját és koordinátáit 15 hetente felülvizsgáljuk (Kenyeres, 2010d)

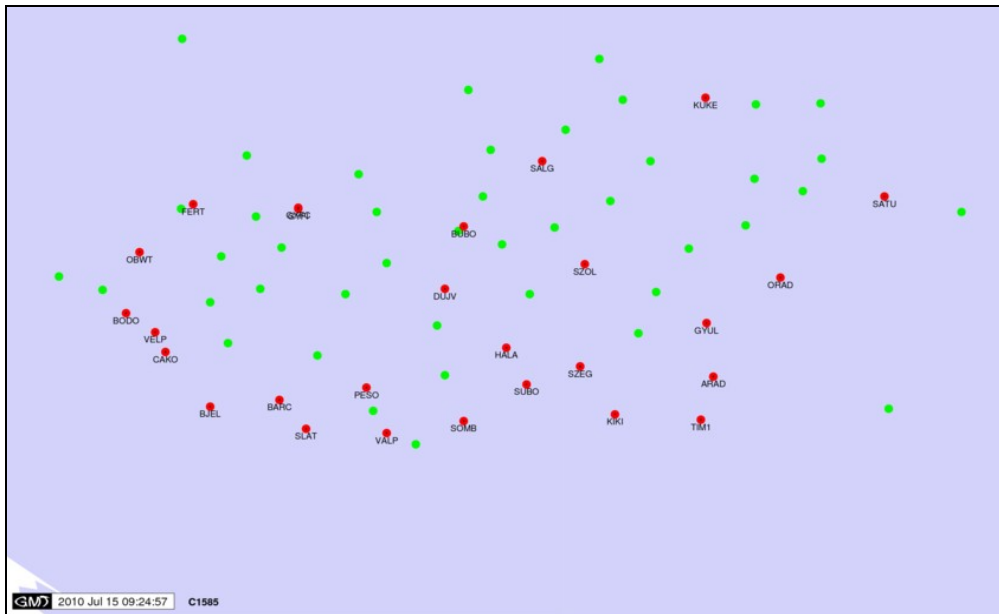
(<http://www.epncb.oma.be/trackingnetwork/coordinates/index.php>). Az aktuális kontroll értéket a 6 utolsó kumulatív megoldás sebesség összetevőnként számított szórásából vezetjük le. A kevésbé szigorú geodéziai követelmények miatt a kategóriahatárt a 0.5 mm/év sebességi stabilitásnál volt meghúzható.

Statisztikailag belátható, hogy az általános matematikai "ököl"szabály helyett az állomásra szabott vizsgálat lerövidítheti az újonnan létesített permanens állomások felminősítését. Tapasztalatom szerint, néhány kivételtől (rossz minőségű, zajos idősor) eltekintve az állomások zöme 2 év után geodéziai referencia-állomássá nyilvánítható és 3 éven belül az állomás-sebesség geodinamikai pontosságot ér el.

Az A kategóriás, teljes értékű állomások esetében egy közös epochára (az EPN esetében ez 2005.0) vonatkozó koordinátákat és sebességet publikálunk, míg a B kategóriás állomások esetében a koordináta az adott állomás észleléseinek közép-epochájára vonatkozik és sebességet nem is publikálunk, hogy az „óvatlan” megközelítésből eredő felhasználói hibákat, esetleg téves következtetéseket elkerülhessük.

A fenti eljárás tetszőlegesen permanens állomáshálózatra kiterjeszthető a globálistól az országos rendszerekig. Ez az analízis tehát teljes mértékben alkalmas arra, hogy megvizsgáljuk és eldönthessük a hazai GNSSnet.hu állomások tudományos szintű alkalmazhatóságát.

A GNSSnet.hu állomásai adatainak analízisét napi és heti szinten rutin jelleggel végzem. Az OTKA részleges támogatásával ez az analízis mára teljesen letisztult, egységes automatikus üzemmódban működik. Az így előállított heti kombinált SINEX adatokat használom az EPN analízissel analóg GNSSnet.hu minőségi vizsgálatokra és a sebesség-meghatározáshoz kapcsolódó kutatási feladatokhoz. A jelen beszámolóban a 1585-ös GPS hétig (2010 május végéig) terjedő, 5 hetente meghatározott kumulatív megoldások analízisének végeredményét mutatom be.



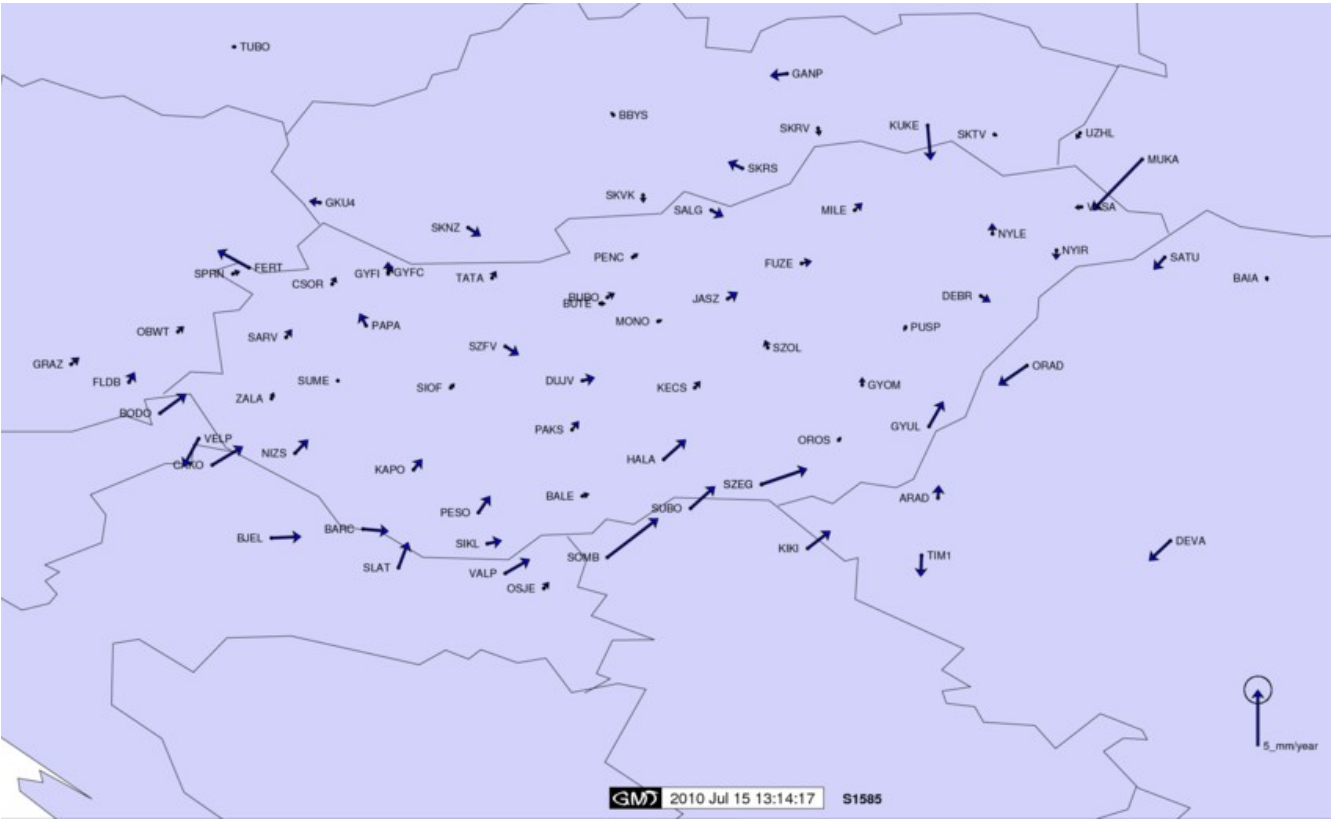
5.ábra. A GNSSnet.hu állomások **geodéziai** kategorizálása.

Jól látható, hogy a fiatal, határon túli állomások kivételével a legtöbb hazai állomás a geodéziai kategorizálás szempontjából már referencia-állomásnak tekinthető. Azonban a legtöbb állomás sebesség-becslésének konvergenciája még csak a 0.2 mm/év szint körüli, ezért mozgásvizsgálati szempontból várunk kell, hogy az elvárt 0.1 mm/év sebességi ismételhőséget elérjük. A becsült sebességek a hazai állomásokra ennek ellenére reálisak, itt is utalva arra, hogy a geodinamikai elvárásoknak kevéssé megfelelő pontállandósítások is alkalmasak lehetnek mozgásvizsgálati értelmezésre. A 6.-7. ábrákon a GNSSnet.hu állomásokra becsült, az EURA lemezre vonatkozó (relatív) becsült vízszintes és magassági összetevőkre vonatkozó sebességeket, és azok **formális** középhibáját mutatjuk be.

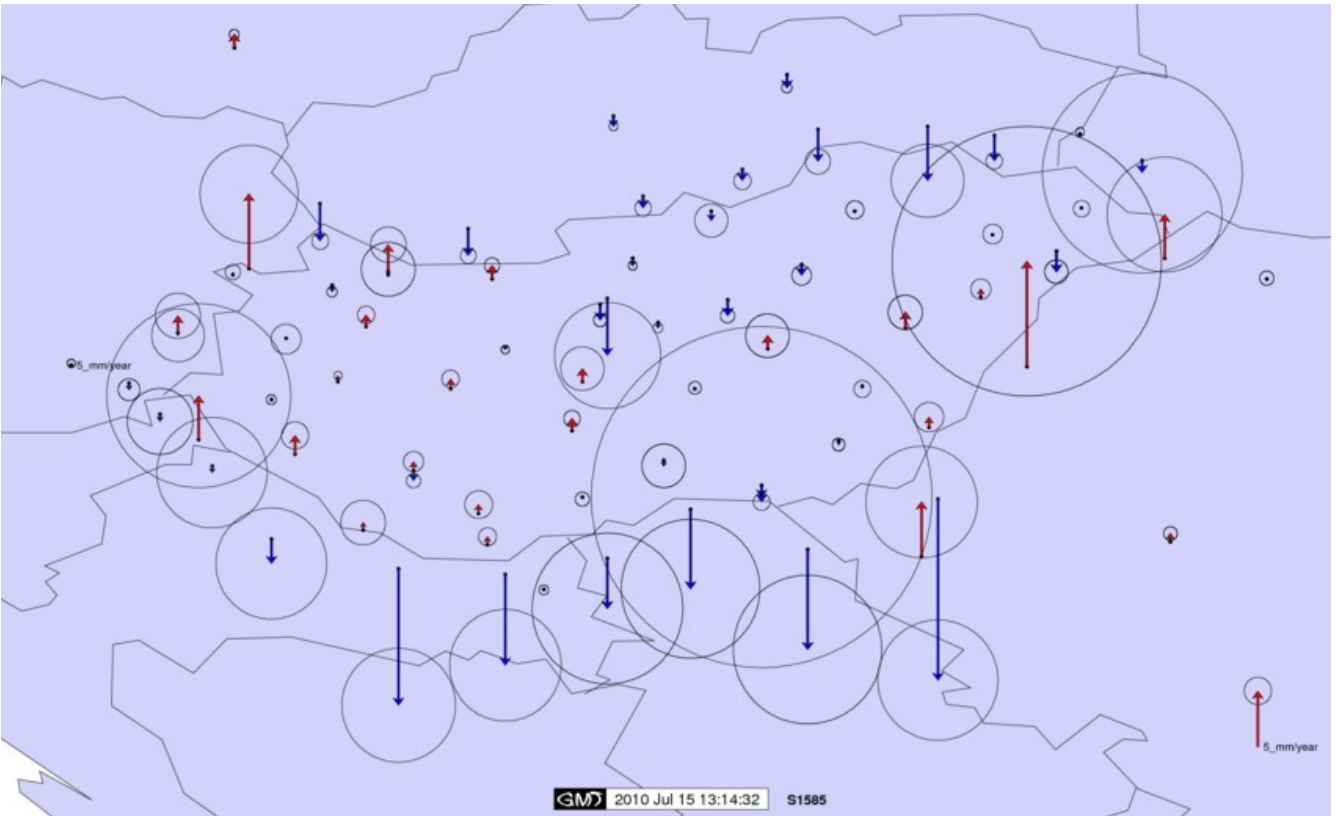
Mind a vízszintes, mind a magassági sebesség-térkép szerint a határon túli, fiatal állomások sebessége nagyobb – ezek alig több, mint egy éve üzemelnek, megbízhatóságuk tehát még csekély. Ugyanakkor ez érdekes módon csak a magasság-sebességek formális középhiba-becslésénél jelenik meg.

A becsült relatív sebességek megnyugtatóan kicsik, a várakozásoknak megfelelő 0-2 mm/év szinten mozognak és nincsenek ellentmondásban az MGGA-ra alapozott eddigi GPS mozgásvizsgálati eredményekkel. Néhány hazai állomás (SZEGed, FERTtő-tó) esetében az állandósítás az oka a nagyobb és irreális sebességnek. A magassági összetevő esetében felfedezhető, hogy a Dunántúlon többnyire, ha kismértékű is, de emelkedést mutatnak az észlelések, összhangban az eddigi geofizikai modellekkel.

Az MGGA-GNSSnet.hu közös értelmezés folyamatban van, a WEGENER projekt szeptemberi konferenciájára készül belőle előadás és publikáció.



6.ábra. A GNSSnet.hu állomásokra becsült vízszintes sebességek.



7.ábra. A GNSSnet.hu állomásokra becsült magassági sebességek.

A jelen OTKA projektünk fő célja elsősorban a permanens GNSS állomások mozgásvizsgálati alkalmasság vizsgálata volt, de emellett már egy előzetes kiértékelést is készítettünk. A mozgásvizsgálati alkalmasságot legközvetlenebbül a közel két évtizedes időbázissal, a földkéreggel közvetlen kapcsolatban lévő, stabil állandósítással és pontos sebességekkel rendelkező geodinamikai hálózatok MGGGA, CEGRN által már megismert deformációs kép és a permanens állomások adataiból számított sebességmező összehasonlításával tehetjük meg. Habár az utóbbi esetben az időbázis még csupán átlagosan 2.5 év körüli, a sebességek nagysága és iránya átlagosan, az állomás és adatminőségtől függően jelentkező szórástól eltekintve hasonló, sőt több nagyarányú tektonikai jellegzetesség is kirajzolódni látszik. Az adatokból sejteni lehet a Dinaridák mögötti medenceterületről érkező kelet, északkelet irányú kompressziót, amely, továbbá az észak, északkeleti területeken jellemző kisebb és átlagosan más irányú sebességek a Pannon-medence kontrakciójára engednek következtetni. Látszik, hogy a geodinamikai hálózattal való együttes értékelése akár a főbb vetőzónák például a közép-magyarországi nyírózóna dunántúli szegmensének talán szinisztrális transzpresszióját detektálhatja, kvantifikálhatja, s lényeges kiegészítést is tehet a vitatott hoportyói szeizmogén zóna kéregdeformációs eredetéről. A magassági jelet illetően a hibahatárokból szembe tűnik az időbázis rövidege, de a nyugat-magyarországon alig szignifikáns de sejthető átlagosan pozitív sebességértékek visszatükrözni látszanak a térség jelenkori kompressziójából adódó kiemelkedést. Mindezek az eredmények alátámasztják a permanens GNSS állomások mozgásvizsgálati alkalmasságát, így a tektonika jelek idővel jelentős értéket fognak képviselni. A folyamatos észlelések számos hibaforrást a feldolgozásnál detektálhatóvá, kiküszöbölhetővé tesznek, a hálózat teljes országos lefedettséget és egyenletes pontelosztást biztosít. Az adatminőséget, a jelenlegi átlagos észlelési időket és a kapott eredményeket tekintve négy-öt év múlva elérhetjük a tektonikai jelek azon szintjét a GPS állomások többsége esetében, ahol a meghatározott sebességek és a belőlük számított deformációk és kiértékelésül térbeli felbontásban igen jelentős kiegészítést jelent majd a geodinamikai hálózatnak. Az ezirányú munkát folytatni kell, hisz nagyértékű tudományos hozadéka ez a geodéziai célú permanens állomásokból álló hálózatnak, s mindemellett az állami földmérés az ország geometriai rendjét meghatározó hálózatok statikus szemléletéből eredő és felmerülő ellentmondásokra is megfelelő választ tud nyújtani.

Az eredeti projektjavaslatban nem szerepelt, de időközben a témához nagyon szorosan kapcsolódó két kutatási feladatot kezdtem el. Egyik az IAG 1.3 'Regionális Vonatkoztatási Rendszerek' albizottsága által létrehozott 'Regional Dense Velocity Fields' munkacsoporthoz kapcsolódik. A munkacsoporton belül az európai koordinátor feladatát kaptam, feladatomban az egyes országok, projektek által többéves munkával előállított és rendelkezésemre bocsátott kumulatív koordináta/sebesség megoldások európai szintű homogenizálása és kombinálása egy egységes, sűrített sebesség térkép előállításához. Korábban több (és többé-kevésbé sikertelen) próbálkozás volt erre, de csak napjainkra, a permanens állomáshálózatok felhasználásával valósítható meg, hogy ténylegesen egy sűrű (Európában 1000 pontot meghaladó) hálózaton alapuló sebesség modell álljon elő. A regionális megoldások globális szintű kombinációjának első változatát 2009-ben az IAG Tudományos Közgyűlésén, Buenos Aires-ben mutattuk be. A végleges megoldást az IUGG 2011-ben Melbourneben tartandó közgyűlésére kell elkészíteni.

Az európai megoldásnak a Mediterrán térségre fókuszáló részét a 8. ábrán mutatom be.



8. ábra. Az európai sűrű sebesség-térkép Mediterrán „kivágata”.

A 3 éves projekt meghosszabítására törekszünk, és a cél az egyes országok sűrű permanens állomáshálózatainak analizéséből előállított és heti felbontásban szolgáltatott SINEX formátumú eredmények regionális ill. globális szintű kombinációja.

Erre vonatkozóan megtettem az első lépéseket. A közép-kelet-európai országok országos aktív GNSS hálózatait és szolgáltatóit tömörítő EUPOS projekten belül kezdeményeztem egy EUPOS Kombinációs Központ létrehozását. Jelenleg 5 ország részvételével megkezdtem az országos és az EPN heti SINEX adatok kombinálását. Ez a típusú megközelítés garantálja, hogy valamennyi input heti szinten egységes elvek szerint kerül kombinálásra és hosszú távon a legmegbízhatóbb eredményeket szolgáltatja. Az EUPOS kezdeményezést követően az EUREF is támogatja ezt a megoldást, tehát a következő projekt ciklusban egy komplett, homogén európai szintű sebesség-térkép lesz előállítható.

Összefoglalás

A projekt célkitűzését, azaz a permanens GNSS állomások mozgásvizsgálati alkalmazhatóságának vizsgálatát több hazai és nemzetközi szalon párhuzamosan futtatva sikeresen végeztük el. Vizsgálatainkat nemcsak a hazai állomáshálózatra, hanem a globális IGS-re és a regionális EPN-re is kiterjesztettük, együttműködve szűkebb szakterületünk elismert szaktekteléyeivel. Bizonyítottuk, hogy a permanens GNSS állomások nemcsak a geodéziai vonatkoztatás rendszerek létrehozására ill. fenntartására alkalmasak, hanem akár országos szintű mozgásvizsgálati értelmezésekbe is bevonhatók. Ehhez természetesen adott feltételeknek kell megfelelniük (pl. több éves üzemidő, tudományos GNSS adatfeldolgozás), amelyeket azonban még a valósidejű RTK szolgáltatásokra létrehozott állomások jelentős része is teljesíteni képes. Komoly tudományos potenciállal rendelkeznek ezek a gyakorlati célokat szolgáló állomások, amelyet a közeljövőben az IAG, az EUPOS ill. EUREF keretében futó/induló projektekkel képesek leszünk kiaknázni.

Kapcsolódó publikációk

- Borza T.-Kenyeres A.- Virág G.: Műholdas geodéziai rendszerünk (ETRS89) felújítása. *Geodézia és Kartográfia*, 59(2007), 10-11(40-48).
- Kenyeres A., Legrand J., Bruyninx C., Figurski M., Habrich H.: Regional re-analysis: expectations and experiences within the EPN. Invited paper presented at the IGS Analysis Center Workshop, 2-6 June 2008, Miami, Florida, USA.
- Kenyeres A., Figurski M., Legrand J., Bruyninx C., Kaminski P., Habrich H.: Homogeneous Reprocessing of the EPN : First Experiences and Comparisons. Paper presented at the EUREF2008 Symposium, 18-20 June, 2008, Brussels, Belgium. *Bolletino di Geodesia e Scienze Affini*. Vol. LXVIII , N. 3, 2009, pp.207-218.
- Kenyeres A., Figurski M., Legrand J.,: What can we expect from the EPN re-processing. Presented at the 6th EPN LAC Workshop, 22-23 October 2008 Frankfurt, Germany.
- Kenyeres A. (2008): Analysis and validation of the ITRF2005 densification solution created by the EPN Time Series Analysis Project. Report presented at the EUREF TWG 2008 Fall meeting in Frankfurt, 6-7 November, 2008.
- Kenyeres A., M Figurski, Grenerczy Gy., Permanens állomáshálózatok a GPS kampányok eredményeinek újrafeldolgozása: nemzetközi és hazai eredmények. *Geomatika Szeminárium*, 6-7 November, 2008, Sopron. *Geomatikai Közlemények XII*(179-186).
- Kenyeres A. - Figurski, M. - van Dam, T. - Szafranek, K.: Seasonal signal in the re-processed GPS coordinate time series. *Eos Trans. AGU*, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract G33B-0692 (adsabs.harvard.edu/abs/2008AGUFM.G33B0692K)
- Kenyeres A (2009): Maintenance of the ETRS89 coordinates at the EPN stations. EUREF2009 Symposium, 26-29 May, 2009, Florence, Italy.
- Bruyninx C - Altamimi Z - Caporali A - Kenyeres A Lidberg M - Stangl G - Torres JA (2009): Guidelines for EUREF Densifications. EUREF2009 Symposium, 26-29 May, 2009, Florence, Italy.
- Kenyeres A - Figurski M - van Dam T - Williams SD - Szafranek K.: Probing of the Seasonal Signal and Noise Content of the re-processed EPN Coordinate Time Series. IAG Scientific Assembly, Session G1, 31 August- 04 September 2009, Buenos Aires, Argentina.
- Bruyninx C - Habrich H - Kenyeres A - Söhne W - Stangl G - Völksen C : Enhancement of the EUREF Permanent Network (EPN) Services and Products. Proceedings of the IAG Scientific Assembly, Session G1, 31 August-04 September 2009, Buenos Aires, Argentina (in press).
- Bruyninx C - Altamimi Z - Becker M - Craymer M - Combrinck L - Combrinck A - Fernandes R - Govind R - Kenyeres A - King B - Kreemer C - Lavallée D - Legrand J - Sánchez L - Sella G: A Dense Global Velocity Field based on GNSS Observations. Preliminary Results. Proceedings of the IAG Scientific Assembly, Session G1, 31 August-04 September 2009, Buenos Aires, Argentina (in press).
- Ihde J - Bruyninx C - Kenyeres A - Poutanen M - Söhne W - Hornik H - Altamimi Z - Brockmann E - Caporali A - Makinen J - Torres JA - Habrich H - Stangl G - Lidberg M - Dousa J - Gurtner W - Fernandes R - Sacher M - Völksen C: Bigger, Better, Faster, more - New challenges for EUREF in the coming decade. Paper presented at the IAG Scientific Assembly, Session G1, 31 August-04 September 2009, Buenos Aires, Argentina.
- Kenyeres A. - Williams SD - Figurski M - van Dam T - Szafranek K: Noise Characteristic and seasonal signal in the re-processed CGPS coordinate time series. *Eos Trans. AGU*, 90(52), Fall Meet. Suppl., Abstract G11B-0635 (adsabs.harvard.edu/abs/2009AGUFM.G11B0635K)
- Kenyeres A (2010a): EPN Time Series Analysis. Invited talk at the COST Action ES0701 WG meeting, 18 - 19 March 2010, Nottingham, UK.
- Kenyeres A (2010b): EUPOS Combination Centre. EUREF2010 Symposium, 2-5 June, Gavle, Sweden.
- Kenyeres A (2010c): Globalization of the Regional GNSS Networks. IGS2010 Workshop, 28- June - 2 July 2010, Newcastle, UK.

- Kenyeres A (2010d): Categorization of permanent GNSS reference stations. *Bolletino di Geodesia e Scienze Affini* (in press)
- Bruyninx C – Habrich H - Kenyeres A – Söhne W – Stangl G – Völksen C (2010): The EUREF Permanent Network and its GNSS Based Services and Products as a European Standard. Presented at the IGS2010 Workshop, 28- June – 2 July 2010, Newcastle, UK.
- Becker , M.; Caporali, A.; Drescher, R.; Gerhatova, L.; Grenerczy, G.; Haslinger, C.; Hefty, J.; Krauss, S.; Liwosz, T.; Stangl, G. Reprocessing CEGRN campaigns 1994-2006, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2007-A-03183, 2007.
- Caporali, A., M. Becker, I. Fejes, L. Gerhatova, D. Ghitau, G. Grenerczy, J. Hefty, D. Medac, G. Milev, M. Mojzes, M. Mulic, A. Nardo, P. Pesec, T. Rus, J. Simek, J. Sledzinski, M. Solaric, G. Stang, F. Vespe, G. Virag, F. Vodopivec, F. Zablotzkyi, Surface kinematics in the Alpine-Carpathian-Dinaric and Balkan region inferred from a new multi-network GPS combination solution, *Geophysical Research Abstracts*, EGU2009-3428, 2009.
- Grenerczy Gy., L. Toth and Z. Bus, Active tectonics and earthquake potential in two Eurasian continental intraplate environments, AVH2-A-00113 in Abstract Volume of the EGU 2nd Alexander von Humboldt International Conference on The Role of Geophysics in Natural Disaster Prevention, Lima, Peru, 2007.
- Grenerczy, Gy., és Fejes I., A magyarországi GPS mozgásvizsgálatok 16 éve, *Geodézia és Kartográfia*, 59/7, pp. 3-9, 2007.
- Grenerczy Gy., Bus, Z., Tóth, L., Mónus, P GPS Versus Seismological Observations in two Seismogenic Zones in the Adria-Alps-Pannon System; Block Motion vs. Diffuse Deformation, Increased Earthquake Potential vs. Aseismic Slip, G21A-0672, AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December, 2008.
- Grenerczy Gy. és Kenyeres A., GPS hálózatok integrált kéregmozgás-vizsgálatai analízise, *Geomatika Szeminárium*, Sopron, 2008.