

GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI MÓDSZEREK EGYÜTTES ALKALMAZÁSA A NEHÉZSÉGI ERŐTÉR IDŐBELI VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATÁRA

Csapó Géza¹, Völgyesi Lajos^{2,3}



Application of geodetic and geophysical methods for examination of time variation of gravity - Nowadays the high accuracy of gravity measurements motivates to examine the non tidal variations of gravity. Complex investigations of the local variations of gravity field are discussed in this study at the region Debrecen in Hungary based on geodetic and geophysical methods, and taking into account the geological, hydrological data, besides the use of maps of vertical surface movements' data.

Keywords: time variation of gravity, vertical surface movements, rock compaction, relative and absolute gravity measurements, precise leveling, GPS measurements

Napjainkban a nehézségi erőtér mérésére szolgáló műszerek elérték azt a pontosságot, amely mellett foglalkozni kell a nehézségi erőtér nem árapály jellegű időbeli változásaival. A tanulmányban a nehézségi erőtér lokális változásának komplex vizsgálatával foglalkozunk a Debrecen környéki területen végzett geodéziai, geofizikai mérések alapján, valamint hidrológiai, geológiai adatok, illetve mozgásvizsgálati térképek adatainak felhasználásával.

Kulcsszavak: nehézségi erőtér időbeli változása, függőleges felszínmozgások, köztettömörödés, relatív és abszolút graviméteres mérések, felsőrendű szintezés, GPS mérések

Bevezetés

A geoid alakjának pontosításához alapvető követelmény a nehézségi erőtér szerkezetének nagyobb felbontású ismerete, ez pedig megköveteli a nehézségi erő nem árapály jellegű időbeli változásainak tanulmányozását. Az időbeli változások globálisak, regionálisak és lokálisak lehetnek. A globális és a regionális változások minden esetben geodinamikai folyamatokra vezethetők vissza, míg a viszonylag kis területre korlátozódó lokális változások rendszerint az emberi tevékenység következményei (pl. bányaművelés, vízkitermelés stb.). A nehézségi erő változása gyakran jár együtt a felszín alakjának megváltozásával, illetve függőleges felszínmozgással. A függőleges mozgások vagy felszín közeli rétegek mozgása-, vagy valódi kéregmozgások lehetnek; de gyakran a kettő együtt is előfordulhat. A kétféle mozgás szétválasztása – ha egyáltalán lehetséges – meglehetősen bonyolult. A függőleges felszínmozgások során a földfelszínen található pontok a Föld nehézségi erőterében más potenciálértékű helyre kerülnek, emiatt az elmozdult pontokban megváltozik a nehézségi erő értéke. A mai mérési pontosság mellett ez a változás már nem hagyható figyelmen kívül és a gravimetria mérési módszereivel ki is mutatható. Az alábbiakban a nehézségi erőtér lokális változásának komplex vizsgálatával foglalkozunk egy hazai területen végzett geodéziai, geofizikai mérések alapján, valamint hidrológiai, geológiai adatok (Csapó, 2004), illetve mozgásvizsgálati térképek adatainak felhasználásával.

A vizsgált terület

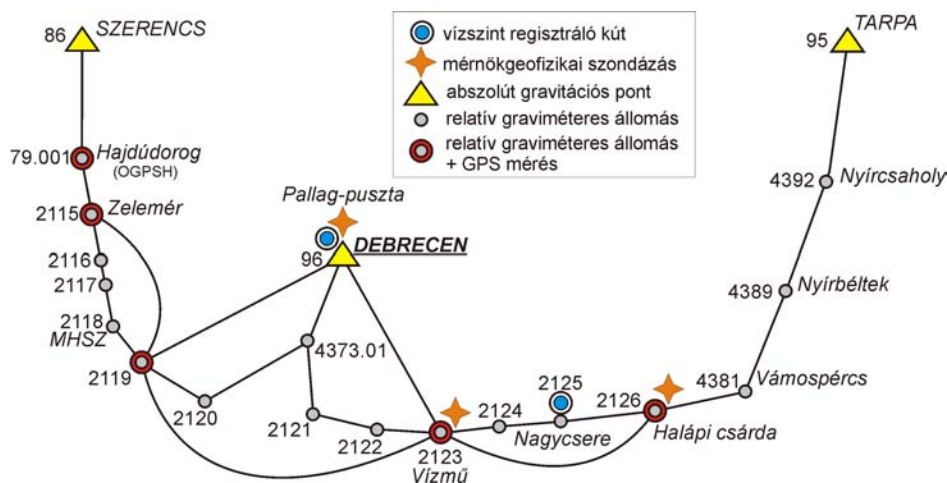
Magyarország területén a függőleges felszínmozgások átlagos értéke 1mm/év, helyenként azonban ennek többszöröse is lehet (Joó 1985, 1998). Vizsgálatainkhoz olyan területet kerestünk, ahol belátható időn belül kimutathatók a változások és meghatározható ezek tendenciája. Ennek megfelelően választásunk Debrecen környékére esett, mert a Kárpát-balkán mozgássebesség térkép (Joó, 1985, 1998)

¹ Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz utca 17-23. csapo@elgi.hu

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános és Felsőgeodézia Tanszék

³ Magyar Tudományos Akadémia Felsőgeodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport
H-1521 Budapest, volgyesi@eik.bme.hu

ezen a területen 7-8 mm/év mozgásokat jelzett. Mivel Debrecen-Vámospércs között halad az országos kéregmozgási szintezési hálózat 19. számú szintezési vonala, ezért 1989-ben ennek közelében állandósítottuk az 1. ábrán látható vizsgálati pontjaink egy részét, amelyeket a relatív graviméteres mérések optimális pontelhelyezésének figyelembevételével választottunk ki.



1. ábra. A debreceni mozgásvizsgálati poligon vázlata

Az alkalmazott mérési módszerek

Relatív graviméteres mérések

A mai korszerű LCR, Scintrex CG-5, Burris relatív graviméterek mérési pontossága az alkalmazott feed-back vagy CPI módszertől függően 0.003-0.015 mGal ($1 \text{ mGal} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$). Mivel a vertikális gradiens (VG) normálértéke -0.3086 mGal/m , emiatt az említett graviméterekkel elvileg már 0.01-0.02 m magasságváltozás is kimutatható. Figyelembe kell venni azonban egyrészt azt, hogy a VG értéke erősen helyfüggő (a normálértéktől akár 20-25 %-kal is eltérhet), másrészt azt, hogy nem minden esetben lehet optimális körülményeket biztosítani a terepi graviméteres mérésekhez, továbbá az általunk alkalmazott graviméterekre vonatkozóan eddig nem volt módunk a leolvasó rendszer különböző periodikus hibáinak meghatározására. Többek között a felsorolt okok miatt graviméteres mérési módszerrel csak hosszabb idő alatt, több ciklusban végzett mérésekkel lehetséges a változások tendenciáját és mértékét kimutatni. Az egymást követő mérési ciklusokban észlelt változások a vizsgált pontok egymáshoz, vagy valamely külső ponthoz viszonyított relatív változásai. Ha a külső viszonyítási pont függőleges mozgásának mértékét a vizsgált pontok mozgásához képest elhanyagolhatjuk, akkor képet nyerhetünk a terület lokális mozgásviszonyairól.

Abszolút módszerrel végzett nehézségi gyorsulás mérések

A jelenleg használatos AXIS, JILAG abszolút graviméterek 2-4 μGal megbízhatóságúak. Magyarországon 16 abszolút állomás található, melyek többségét az országos GPS hálózat mozgásvizsgálati pontjai (keretpontok) közelébe telepítettük. Ezek között szerepel az MTA debreceni Napfizikai Intézete területén található állomás is, amelyet kifejezetten a most tárgyalt vizsgálatok céljából létesítettünk. Az abszolút mérési módszer alkalmazása azért célszerű, mert az állomásokon rendszeresen (átlagosan 5-10 évente) elvégzett ismételt meghatározások, az ismételt GPS mérésekkel együtt hasznos információt adnak az ország területének mozgásviszonyairól, meghatározhatók azok a területek, amelyek Debrecen területéhez képest „mozgásmentesnek” tetelezhetők fel, illetve segítséget adhatnak a lokális és regionális mozgások szétválasztásához.

Felsőrendű szintezés

Korábban a függőleges felszínmozgások kimutatása kizárólag szintezésekkel volt lehetséges. A debreceni mozgások vizsgálatával a területen végzett szintezési munkák elemzése útján Miskolczi László (*Miskolczi, 1973*), illetve az ÉKME Felsőgeodéziai Tanszéke (*ÉKME Felsőgeodéziai Tanszék, 1965*) foglalkozott. Az 1876-1965 közötti időszak magasságméréseinek elemzése alapján arra a következtetésre jutottak, hogy Debrecen a város tágabb környezetéhez képest süllyed, de a különböző szintezéseknél használt közös alappontok csekély száma miatt a süllyedés mértékére csak közelítő számértékek meghatározása volt lehetséges. Vizsgálatainkhoz 2001-ben mintegy 12 km hosszón végeztünk felsőrendű szintezést a poligon Debrecen és Vámospércs közötti szakaszán (*Paulik, 2001*).

GPS mérések

A szintén geometriai alapú GPS helymeghatározási eljárás megbízhatósága – a függőleges vektor esetében – a mérés körülményeitől függően 4-10 mm. Ezt a mérési módszert egyrészt azért alkalmaztuk, mert a graviméteres mérésekkel együtt értelmezve „kiegészítik” egymást, másrészt pedig azért, mert hosszabb távon az esetleges horizontális mozgásokra is információkat nyerhetünk. Eddig három mérési kampányra került sor 2000, 2002 és 2004-ben (*Borza, Grenerczy, 2002*).

A mérési eredmények

A graviméteres mérések jelenlegi pontossága mellett a mérési eredmények kiértékelése során több olyan tényezőt is figyelembe kell venni, amelyekkel korábban nem foglalkoztunk. Ilyen például a talajvízszint ingadozása, vagy a vertikális gradiens normálértékének használata, mely már nem nyújt elegendő pontosságot az alkalmazott műszermagassági javítás számításához.

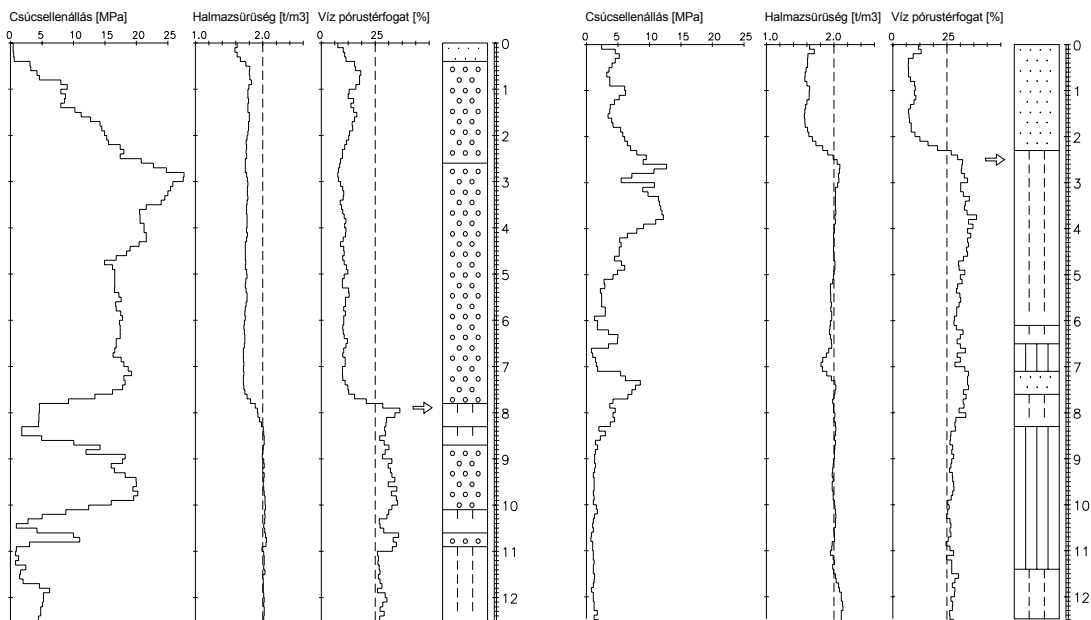
Annak eldöntésére, hogy mekkora hibát okozhat a mérések kiértékelése során, ha a műszermagassági javításnál a helyi vertikális gradiens (VG) értéket a normálértékkel helyettesítjük, számos magyarországi ponton méréssel határoztuk meg a VG értékét (*Csapó, Völgyesi, 2003*). Megállapítható, hogy a VG mért értékeivel számított eredmények két pont közötti Δg mérésekor akár 10 μGal értékkel is eltérhetnek a normálértékkel végzett számítás eredményétől. Ezt a modellszámítások is alátámasztják (*Csapó, Papp, 2000*). A VG értékének a normálértékénél pontosabb ismerete az abszolút méréseknél is elengedhetetlen akkor, amikor az abszolút graviméter referenciamagasságára vonatkozó g/H viszony általában nem lineáris, másodfokú függvénnyel jobban közelíthető (*Csapó, Völgyesi, 2003*).

Egy adott időpontban végzett abszolút, vagy relatív graviméteres mérés eredményét a talajvízszint pillanatnyi állása is befolyásolja. Debreceni vizsgálatainknál ennek azért van különösen nagy jelentősége, mert feltételezhető, hogy a felszínmozgások jelentős részét a városi vízművek által kitermelt víz talajtömörítő hatása okozza. Eddig ugyanis nem találtunk más földtani magyarázatot az itt tapasztalható viszonylag nagymértékű függőleges felszínmozgásra. Ezért megvizsgáltuk, hogy a különböző formában jelenlévő víztömegek változása milyen hatással van a graviméteres mérések eredményeire.

Elsőként zárt térben mozgó, változó víztömeg hatását számítottuk a Gellérthegyi víztározó felett végzett méréseink alapján. Mérésekkel és ettől független számításokkal megállapítottuk, hogy 1 m vízszintingadozás (ami ott 10000 m³ víztömeg mozgásának felel meg) a víztömeg közvetlen szomszédságában lévő pontban 32 μGal változást okoz, ami jelentősen meghaladja a relatív graviméteres mérések megbízhatóságát. Másik esetben a folyók vízszintingadozásából származó gravitációs hatást ellenőriztük a 2002-es dunai árvíz idején különböző vízszinteknél végzett mérésekkel. A mérések során az egyik mérési pontot a vízparttól kb. 20 méterre, a másik pontot ettől mintegy 500 m távolságra helyeztük el. A mérésekből és ettől független számításokból arra az eredményre jutottunk, hogy a parthoz közeli pontban 1m vízszintváltozásnak 27 μGal változás felel meg. Ezekről a kutatásokról már korábban részletesen beszámoltunk (*Csapó, Szabó, Völgyesi, 2003; Völgyesi, Tóth, 2004*).

A debreceni poligonon végzett vizsgálatok során a rendelkezésünkre bocsátott hidrológiai térképek alapján az látható, hogy az egyes vonalszakaszokon még ezen a viszonylag kis területen is

jelentősen változik az átlagos talajvízszint magassága. A területen található megfigyelő kutak adatait is felhasználva megállapítottuk, hogy a talajvízszint ingadozásának hatása a térségben – a mérendő Δg nagyságától függetlenül 10-15 μGal , ami felhívja a figyelmet az ismételt mérési ciklusokban végzett relatív graviméteres mérések eredményeinek értelmezési korlátaira.



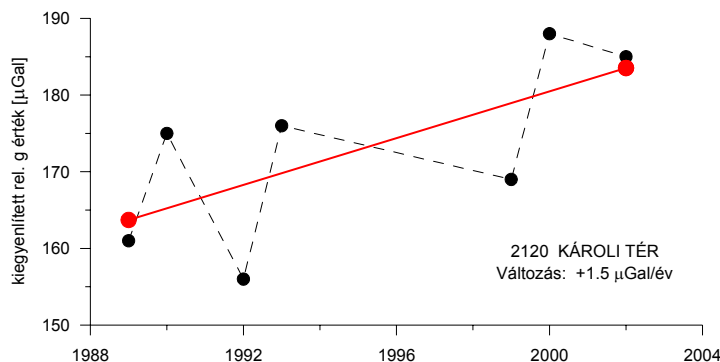
2. ábra. Az ELGOSCAR Kft. mérnökgeofizikai szondázásának eredménygörbéi a 96 és a 2123 jelű ponton

A szakirodalomból ismert, hogy a nehézségi erőtér szekuláris változásainak tanulmányozása céljából telepített számos poligonon a talajvízszint állását a mérési pontok mellett telepített megfigyelő kutak adatainak felhasználásával határozzák meg. Elsősorban gazdasági okokból nekünk nem állt rendelkezésünkre ez a lehetőség, helyette mérnökgeofizikai szondázásokat végeztünk. A módszer lényege a szakirodalomból ismert (Fejes, 1996), ezért itt csak az ELGOSCAR Kft. által végzett mérések eredményeit ismertetjük. A módszer amellyel, hogy a talajvíz pillanatnyi állását néhány cm pontossággal megadja, alkalmas a felszín közeli 10-20 m mélységű talajrétegek pillanatnyi sűrűségének meghatározására is, ami a másik fontos adat a talajvízszint ingadozás gravitációs hatásának kiszámításához. A 2. ábrán példaként a mozgásvizsgálati vonal két pontján végzett szondázások görbéit mutatjuk be. A talajvízszint pillanatnyi magasságát a sűrűség ugrásszerű megváltozásának helye mutatja. A szondázás eredménye alapján a debreceni 96 számú abszolút állomás esetében a szondázás szerint a pont alatti talajrétegben a talajvíz megjelenése $\Delta\rho = 283 \text{ kg/m}^3$ sűrűségnövekedést eredményez. A közelben lévő, 1. ábrán látható pallagpusztai megfigyelőkútban tapasztalt maximális 1.47 m vízszintingadozás és a kapott sűrűségváltozás ismeretében egyszerű Bouguer lemez feltételezésével kiszámítható a vízszintingadozás által okozott δg változás. A $\rho = 283 \text{ kg/m}^3$ és $H = 1.47 \text{ m}$ értékeknek az ismert $\delta g_B = 2\pi k\rho H$ összefüggésbe behelyettesítésével 17.4 μGal (11.9 $\mu\text{Gal/m}$) érték adódik (a képletben k a gravitációs állandó, ρ a Bouguer lemez sűrűsége, H pedig a vastagsága).

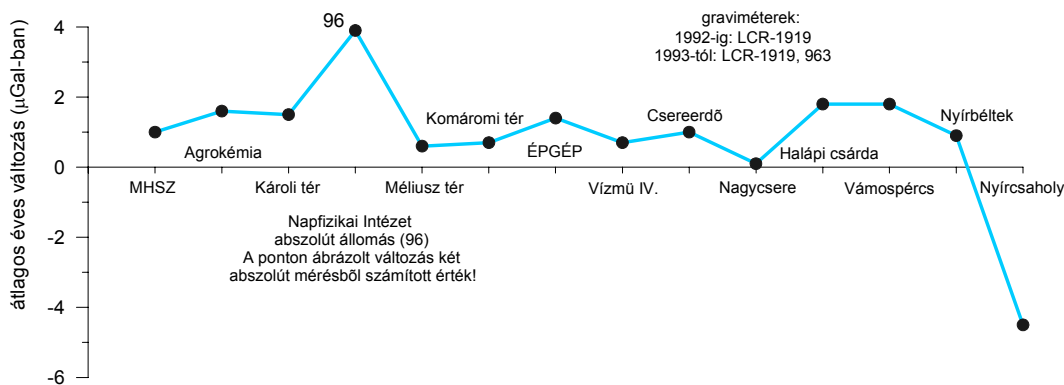
A számításból az következik, hogy a debreceni abszolút állomás g értéke a talajvízszint állásától függően szélső esetben 15-20 μGal értékkel változhat (ez a hatás majdnem egy nagyságrenddel nagyobb a g abszolút módszerrel történő meghatározásának megbízhatóságánál). Az állomáson hat év eltéréssel végzett két abszolút meghatározás eredményének eltérése 44 μGal , ami azt jelenti, hogy az eltérés 30-40%-át a talajvízszint ingadozás hatása okozhatja!

A relatív graviméteres mérések eredményei

A méréseket 1989-2003 közötti időszakban, összesen 8 ciklusban, LaCoste-Romberg graviméterekkel végeztük a szakirodalomban részletesen tárgyalt módon (Csapó, 2004). 1991-től a FÖMI KGO végez két évente méréseket a GPS hálózat keretpontjain, így Hajdúdorogon és a tarpai abszolút állomáshoz közeli Nagyhegyen. Ezen mérések eredményéből az derül ki, hogy Szerencs és Tarpa abszolút pontjaink függőleges mozgása közel azonos és a debreceni mozgásokhoz képest elhanyagolható. Ezért a Debrecen-Vámospércs közötti vizsgálati vonalat az 1. ábrán látható módon néhány kötőpont közbeiktatásával Debrecentől Szerencsig, illetve Vámospércstől Tarpáig kibővítettük, és a graviméteres mérési eredmények kiegyenlítésénél Szerencs abszolút pont értékét kényszernek választottuk. Szerencsen egyébként 1980-ban és 1993-ban végeztek abszolút g mérést. Az ezen mérések eredményeiből meghatározott $-1.7 \mu\text{Gal}/\text{év}$ változást a kényszerpont értékénél figyelembe vettük.



3. ábra. A 2120 számú mozgásvizsgálati pont g változásai a mérések alapján, a szerencsi referencia pont rögzítésével



4. ábra A debreceni mozgásvizsgálati terület pontjain az évi átlagos relatív nehézségi gyorsulás értékek változása

A kiegyenlítésből származó legvalószínűbb g értékekkel minden pontra grafikont szerkesztettünk, ahol a vízszintes tengelyen a mérések éve, a függőlegesen pedig az adott évre vonatkozó g értékek szerepelnek. Megszerkesztettük a pontokra legjobban illeszkedő egyenest és ez alapján meghatároztuk az egyes pontok éves g változását. A 3. ábrán példaként a 2120 jelű mozgásvizsgálati pontra vonatkozó eredményt mutatjuk be. Látható, hogy bár az egyes ciklusokban végzett mérések eredményei között meglehetősen nagyok az eltérések, a változás tendenciája már kirajzolódik. Az első három ciklusban az eredmények jelentős eltéréseinek több oka van. Egyrészt az 1989-92 közötti időszakban csak egyetlen graviméterrel végeztük a méréseket, másrészt nem tudtuk figyelembe venni a talajvízszint változásait sem. Ráadásul nem alakult még ki véglegesen a legcélszerűbb mérési elrendezés sem, így a mérésbe bevont pontok sem voltak minden esetben azonosak. A 4. ábrán a mozgásvizsgálati vonal központi részének pontjaiban ábrázoltuk az évi átlagos relatív nehézségi gyorsulás értékek változását az 1989-2002 közötti időtartamra Szerencs abszolút ponthoz viszonyít-

va. A 96 jelű abszolút állomás a II. számú városi vízmű közelében található, a pontra vonatkozó g változást abszolút mérések eredményeiből számítottuk. Az ábráról jól látható, hogy a terület – bár különböző mértékben – de napjainkban is süllyed, ugyanis a felszín süllyedésének a g növekedése felel meg. Ugyanakkor *Szeidovitz, Gribovszki, Hajósy, (2002)* feltételezése szerint Nyírcsaholy területének környéke messze Debrecen területétől ÉK-re a környezetéhez viszonyítva, – így a debreceni területhez képest is – emelkedik. Eddigi méréseink ezt a feltevést igazolni látszanak.

Az abszolút graviméteres mérések eredményei

A relatív módszer ismertetésénél említettük, hogy az abszolút állomásokon ismételt végzett nehézségi gyorsulás mérések eredményei hasznos többlet információkat szolgáltathatnak a mozgás-vizsgálatok értelmezéséhez. Vizsgálatainkba azokat az abszolút állomásokat vontuk be, amelyek viszonylag közel vannak a debreceni térséghez és ahol már legalább két mérési eredmény áll rendelkezésre. Az I. táblázatban ezen pontokra vonatkozó adatokat foglaltuk össze.

Az I. táblázatban az éves változások számított értékeit egyelőre csak tájékoztató jelleggel szabad figyelembe venni, miután két-két mérés eredményéből a mozgásokra vonatkozóan megalapozott véleményt nem szabad kialakítani. Az minden esetre látszik, hogy a debreceni pontra számított éves változás lényegesen nagyobb a másik két pontra számított értéknél, amely pontok már nem a szűkebb régióban vannak. Igen fontos lenne a jövőben 5 éves időközönként még legalább két-két mérést elvégezni ezeken a pontokon.

I. táblázat. Abszolút módszerrel végzett ismételt g mérések eredményei

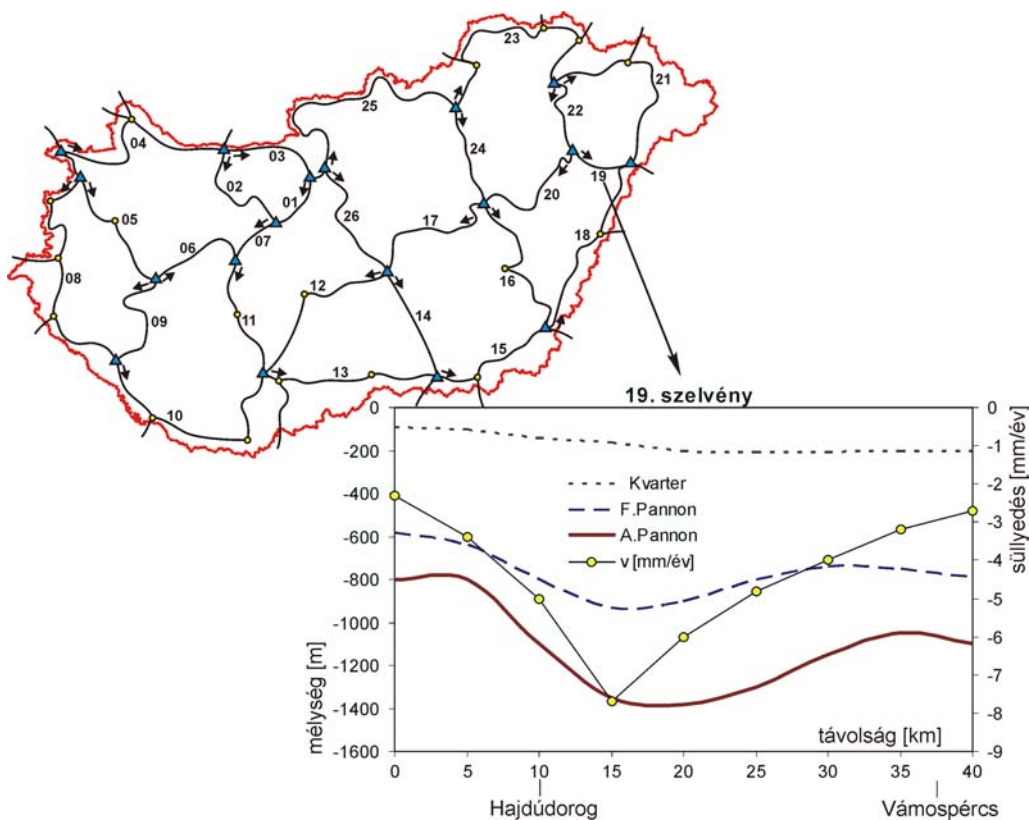
mérési pont	mérés éve	abszolút graviméter	VG [$\mu\text{Gal}/\text{m}$]	g érték [μGal]	éves változás [$\mu\text{Gal}/\text{év}$]
95 (Tarpa)	1996	JILAG-6	-271.0	980880431	+ 2.6
	2001	JILAG-6		980880444	
86 (Szerencs)	1980	GABL	-296.8	980872812	- 1.7
	1993	JILAG-6	-294.9	980872789	
96 (Debrecen)	1996	IMGC	-307.5	980825781	+ 4.2
	2001	JILAG-6		980825802	

A szintezések eredményei

Különböző pontok egymáshoz viszonyított magasságváltozásának kimutatására a szabatos szintezés jelenleg is a legalkalmasabb geodéziai mérési eljárás, hátránya az igen magas költségigénye. Az 5. ábra felső részén a magyarországi felsőrendű szintezési hálózat I. rendű vonalait, az ábra alsó részén pedig a 19. számú vonalra vonatkozó földtani szelvényt ábrázoltuk. Ezen a vonalon 1955–ben, 1977–ben és 1982–ben végeztek felsőrendű szintezési méréseket. 2001–ben OTKA pályázat keretében megismételtük a 19. szelvény 2121–2126.1 számú relatív graviméteres mérési pontok közötti szakaszán a felsőrendű szintezési méréseket. A mérésekbe bevontuk az EOMA e vonalszakaszra eső 15 db pontját is. A mérési eredményeket hőmérsékleti, asztronómiai és normáljavítással láttuk el. Ez utóbbihoz a szükséges Faye-anomália értékeket az EOMA pontokra interpolálással határoztuk meg. A mérések során először a mozgásvizsgálati pontokat szinteztük össze, majd a legközelebbi EOMA pontokhoz kötöttük be azokat. A szintezések kilométeres középhibájának a posteriori értéke ± 0.2 mm volt.

A számítások során először a szintezési hálózat pontjainak magasságváltozásait és mozgássebességeit határoztuk meg a korábbi szintezések eredményeinek felhasználásával. Ezt követően az EOMA kötőpontjainak az 1982. évi szintezési eredmények alapján nyilvántartott magasságait kényszernek elfogadva igyekeztünk a 2001. évi szintezési eredményeket beilleszteni. Ezt csak jelentős ellentmondásokkal sikerül megtenni, ami arra utal, hogy *a mozgások az elmúlt húsz évben is folytatódtak, és a mozgássebességekre is hasonló értékek adódnak, mint a korábbiakban (Paulik, 2001)*. Az eredmények igazolják az 5. ábrán bemutatott földtani viszonyokat, mivel a felszínmozgások összhangban vannak a földtani adatokból számítható kőzetkompakcióval (*Völgyesi, Szabó, Csapó, 2004*). Az ábrán a baloldali függőleges tengelyen az egyes földtani rétegek talpmélységét [m] egységben, a jobboldali függőleges tengelyen a földfelszín függőleges mozgássebességét [mm/év] egységben, a

vízszintes tengelyen pedig a szelvénypontok távolságát tüntettük fel [km] egységben a 19. szelvény hajdúbozsörményi kezdőpontjától kiindulva.



5. ábra. Kőzetkompakció, üledékvastagság és a felszínmozgás közötti kapcsolat

II. táblázat. A GPS mérések eredményei

pont neve és száma	maradék eltérések [mm]		
	X	Y	Z
2004 – 2002			
Hajdúdorog (79.0001)	-0.2	-1.6	-8.4
Zelemér (2115)	-2.5	+2.5	+1.7
Növényvédő áll. (2119)	+0.1	+1.5	+9.0
IV. sz. vízmű (2123)	+2.8	-2.2	+5.1
Halápi csárda (2126.1)	0.0	-0.2	-7.5
RMS	±1.9	±2.0	±7.7
2002 – 2000			
Hajdúdorog (79.0001)	+1.5	-0.3	-2.0
Zelemér (2115)	-0.1	-0.5	-8.5
Növényvédő áll. (2119)	-2.7	+0.9	+4.7
IV. sz. vízmű (2123)	-0.4	+1.0	-1.3
Halápi csárda (2126.1)	+1.8	-1.1	+7.1
RMS	±1.8	±0.9	±6.1
2004 – 2000			
Hajdúdorog (79.0001)	+1.3	-1.9	-10.4
Zelemér (2115)	-2.6	+1.9	-6.8
Növényvédő áll. (2119)	-2.7	+2.4	+13.7
IV. sz. vízmű (2123)	+2.3	-1.2	+3.8
Halápi csárda (2126.1)	-2.6	+1.9	-6.8
RMS	±2.5	±2.0	±9.4

A GPS mérések eredményei

A 2000. évi első GPS mérési sorozat előtt az *I. ábrán* látható GPS vizsgálatba is bevont pontok állandósított pontjeleibe antenna adaptert betonoztunk, így biztosítva, hogy a későbbi ismételt mérések során a GPS antenna azonos helyre kerüljön. A mérésekbe a penci permanens állomás adatait is bevontuk. Az egyes mérési ciklusokban szimultán méréseket végeztünk a hat pontos hálózaton 24 órás észlelési idővel. A mérések feldolgozásánál – a koordinátszámítások után – egyszerű három paraméteres Helmert-transzformációt alkalmaztunk, amelynek eredményeit a *II. táblázatban* foglaltuk össze.

A *II. táblázat* adataiból kiolvasható, hogy a négy éves időtartamot átölelő 3 mérési ciklus alapján nem mutatható ki olyan trend, ami megbízhatóan mutatná a koordinátaváltozások jellegét. A vektorok maradékai alapján éppen a magassági vektorok meghatározása a legbizonytalanabb és ezek változásai a legnagyobbak. A 2119-2126.1 pontok a Debrecen-Vámospércs közötti NY-K irányú vonalszakaszon található, a hivatkozott mozgássebességi térképen (Joó 1985) a mozgássebességek Debrecen belvárosától Vámospércs felé csökkennek. Ez a trend a GPS mérések alapján nem látszik. A váltakozó előjelek arra utalnak, hogy a mozgássebességek nem egyenletesek és nem egyformák az egyes pontokon. A koordináták átlagos meghatározási hibái nagyobbak mind a mért, mind a feltételezett koordináta változásoknál. Mindezek alapján úgy látjuk, hogy a GPS méréseket még több, kétévente ismételt ciklussal kellene folytatni ahhoz, hogy a változások trendje kimutatható legyen, illetve az egyes pontok mozgássebességét meghatározhassuk.

Összefoglalás

Eddigi vizsgálataink csak részben igazolták azt a feltevést, hogy a vizsgált terület süllyedése 7-8 mm/év (Joó, 1998). A szintezés és a graviméteres mérések kimutatták a süllyedés tényét, a GPS mérések eredményei azonban ellentmondásosak. Megállapítható, hogy olyan esetekben, amikor a felszíni elmozdulások mindössze néhány mm/év nagyságúak, még komplex vizsgálatokkal is csak hosszabb időn keresztül végzett ismételt mérésekkel lehetséges a nehézségi erőter lokális időbeli változásainak kimutatása. Fontosnak tartjuk, hogy lehetőség szerint minden mérési kampányban ugyanazokat a mérőműszereket alkalmazzuk. Minden mérési ciklusban el kell végezni a mérnökgeofizikai szondázásokat a talajvízszint pontos meghatározása céljából és törekedni kell arra, hogy az ismételt GPS mérések és az abszolút módszerrel végzett nehézségi gyorsulás meghatározások közel azonos időben történjenek.

Köszönetnyilvánítás

Kutatásaink a T-037929 sz. OTKA támogatásával folynak.

Hivatkozások

- Borza T, Grenerczy Gy (2002): A Debreceni GPS Mozcászvizsgálat ... *Kutatási jelentés, ELGI és KGO adattár.*
- Csapó G, Papp G (2000): Measurement and modeling of the vertical gradient ... *Geomatikai Közlemények* III, 109-123.
- Csapó G, Völgyesi L (2003): Determination and reliability estimation of vertical gradients based on test measurements (In: *Gravity and geoid 2002*, Ed by I.N.Tziavos). *ZITI editions*, Thessaloniki, 84-89.
- Csapó G, Szabó Z, Völgyesi L (2003) Changes of gravity influenced by water-level fluctuations based on measurements and model computation. *Reports on Geodesy, Warsaw University of Technology*, 64; 1, 143-153.
- Csapó G (2004): Felszínmozgások komplex vizsgálata Debrecen térségében. *A T031875 sz. OTKA zárójelentése.*
- ÉKME Felsőgeodéziai Tanszék (1965): Mozcászvizsgálatok Debrecen területén. *Kutatási jelentés.*
- Fejes I (1996): Talajmechanikai paraméterek meghatározása ... *Közúti Közl. és Mélyépítéstud. Szemle*, XLVI-11, 140-149.
- Joó I (1985): The new Map of Recent Vertical Movements in the Carpatho-Balkan Region ... *Cartographia*, Budapest.
- Joó I (1998): Magyarország függőleges irányú mozgásai. *Geodézia és Kartográfia*, 50, 3.
- Miskolczi L (1973): Kéregmozgások vizsgálata szabatos szintezésekkel. *Akadémiai Kiadó.*
- Paulik S (2001): A 2121-2126.1 sz. gravimetriai pontok I.rendű szintezése. OTKA kutatási jelentés melléklete, *ELGI adattár.*
- Szeidovitz Gy, Gribovszki K, Hajósy A (2002): Várható földrengések *Magyar Geofizika*, 43; 4, 161-179.
- Völgyesi L, Szabó Z, Csapó G (2004): Relation between time variation of gravity field and vertical surface movements in the Pannonian basin. *IG Intern. Symp. Gravity, Geoid and Space Missions.CD kiadvány*, Porto, Portugal.
- Völgyesi L, Tóth Gy (2004): Modelling gravity gradient variation due to water mass fluctuations. *IG Intern. Symp. Gravity, Geoid and Space Missions.CD kiadvány*, Porto, Portugal.

* * *

Csapó G, Völgyesi L (2005): Geodéziai és geofizikai módszerek együttes alkalmazása a nehézségi erőtér időbeli változásainak vizsgálatára. Geomatikai Közlemények VIII, pp. 193-200.

Dr. Lajos VÖLGYESI, Department of Geodesy and Surveying, Budapest University of Technology and Economics, H-1521 Budapest, Hungary, Műegyetem rkp. 3.
Web: <http://sci.fgt.bme.hu/volgyesi> E-mail: volgyesi@eik.bme.hu