A nehézségi erő vertikális gradiense helyi értékének meghatározása és szerepe a nehézségi mérések pontosságában[1]

CSAPÓ GÉZA[2]

Az elmúlt években nagy jelentőségű fejlődés következett be a gravimetria terén annak következtében, hogy világszerte elterjedtek az abszolút graviméterek (jelenleg mintegy 25 berendezést alkalmaznak különböző feladatokhoz), amelyek meghatározási pontossága ma már 3–4 μGal és az eredmények fizikai mértékegységben (ms^{-2}) adódnak. Velük nagy területekre vonatkozóan is gazdaságosan valósíthatók meg egységes gravimetriai alaphálózatok. A 90-es évek politikai változásai Kelet-Európában lehetővé tették egy kontinentális méretű egységes gravimetriai hálózat (UEGN) létrehozását, amelynek referenciaszintjét az abszolút graviméterekkel mért állomások biztosítják. Ezen főpontok között a hálózat sűrítését LCR gyártmányú relatív graviméter csoportokkal végzik. A megnövekedett mérési pontosság és a homogén megbízhatóságra való törekvés szükségessé tette annak vizsgálatát, hogy a mérések magassági redukciójának számításához általánosan használt, ún. „normálérték" (0,3086 mGal/m) összhangban van-e az említett néhány μGal-os mérési pontossággal. A dolgozatban az ez irányú magyarországi mérések eredményeit ismerteti a szerző. Bemutatja, hogy nagy pontosságot igénylő relatív nehézségmérések esetén (hitelesítő alapvonalak, mikrogravimetriai mérések stb.) szükséges a nehézségi erő helyi vertikális gradiensének ismerete, mert enélkül az átlagos magassági korrekcióval számított relatív nehézségi térerősség értékeket a meghatározási megbízhatóságot elérő vagy meghaladó szabályos hibák terhelhetik.

Az abszolút graviméterekkel — az adott műszerhez tartozó referenciamagasságra — meghatározott nehézséggyorsulási értéket ugyancsak relatív műszerekkel végzett mérésekkel vezetik le a földfelszínen elhelyezett magassági pontjelre. A szerző tapasztalatai szerint ezen levezetések reális pontossága — abban a gyakorlatban sokszor előforduló esetben, amikor a vertikális gradiens helyi értékét egy-két graviméterrel csupán egy mérési sorozattal határozzák meg — nem éri el a szükséges ± 10–20 E értéket.

G. Csapó: The determination of the vertical gradient of gravity and its role in the accuracy of gravimeter measurements

In the last decade significant development was experienced in gravimetry due to the world wide use of absolute gravimeters (at present about 25 equipment are in practice). Their accuracy is 3-4 μGal and the results are obtained directly in SI (ms^{-2}) units. With the application of absolute gravimeters standardised gravity networks for large regions can be established economically. The political changes of the 1990-ies in Eastern Europe made it possible to establish a continental size unified gravity network (UEGN). The gravity datum of the network is based on absolute stations. The densification of the network between the absolute points is carried out with LCR gravimeters. The increased accuracy of the measurements made it necessary to investigate the effect of the applied normal vertical gradient (0.3086 mGal/m) for elevation reductions. The author presents the results of his investigations on this field. High precision gravity measurements (calibration lines, microgravimetric measurements) require the determination of the actual vertical gradient because the application of the normal value of it would lead to errors higher then the accuracy of the measurement. The gravity value measured with absolute gravimeters refers to a certain height (depending on the type of instrument) above the ground level. The obtained gravity value is reduced to the bench mark of the station with relative gravimeter measurements. According to the experiences of the author the accuracy of this reduction — when the vertical gradient is measured with 1 or 2 gravimeters in one observation series only — does not reach the necessary ± 10–20 E units.

1. Bevezetés

Mind az abszolút graviméterekkel meghatározott nehézséggyorsulási értéket, mind a relatív graviméterekkel mért nehézségi térerősség különbséget a mérési pontok földfelszínen állandósított pontjeleire vonatkoztatjuk. Miután a méréseket — a műszerek felépítése miatt — nem lehet közvetlenül a pontjel magasságában végezni, ezért az eredmények minden esetben a pontjel fölötti valamilyen (mérhető) magasságra, az ún. referenciaszintre vonatkoznak. A referenciaszintre vonatkozó eredményeket azután megfelelő korrekcióval (a szakirodalomban

[1] Beérkezett: 1997. május 13-án

[2] Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

szabadlevegő-redukciónak, vagy bevezetőjéről Faye-redukciónak nevezik) vezetjük le a pontjelre.

2. Alapelvek

Néhány feltételezéssel élve (a tengerszintnek megfelelő szintfelület $R_0 = 6371$ km sugarú, homogén tömegeloszlású gömb) a nehézségi gyorsulás a tengerszinten:

$$g_0 = k^2 M/R_0^2$$

illetve a tengerszint feletti h magasságban:

$$g = k^2 M/(R_0 + h)^2$$

összefüggéssel adható meg. Ebben az esetben — az $1/(R + h)^2$ kifejezés sorba fejtése után — a redukció (Δg_m) értéke:

$$\Delta g_m = g_0 - g = k^2 M/R_0^2 (2h/R_0 - 3h^2/R_0^2 + ...)$$

Miután h értéke kicsi R_0-hoz képest, további egyszerűsítéssel:

$$\Delta g_m = + 0{,}3086 \text{ mGal/m}^*$$

Azokban az esetekben, amikor a relatív nehézségi térerősség mérések (továbbiakban: nehézségmérések) eredményétől megkívánt pontosság néhány tized, vagy század mGal, ezzel az átlagos értékkel lehet számolni.

Az elmúlt évtizedben a nehézségi gyorsulás meghatározására szolgáló ún. abszolút graviméterek újabb generációs csoportjának (az amerikai gyártmányú AXIS–F5 graviméterek) mérési pontossága eléri a 3–4 μGal értéket [MARSON et al. 1995]. A legkorszerűbb relatív graviméterek (LCR, Scintrex CG3M) legutóbbi fejlesztései (elektronikus libellák, kettős termosztát és feedback elektronika alkalmazása) eredményeképpen laboratóriumi körülmények között ezekkel a műszerekkel is hasonló pontosság érhető el.

A sorozatban gyártott AXIS graviméterek és a nemzetközi együttműködés kiszélesedése lehetővé tette, hogy Európa számos országában a gravimetriai alaphálózatok méretarányát abszolút állomások rendszerével biztosítsák. Ezen hálózatok összekapcsolásával [BOEDECKER et al. 1995] mód nyílik (egyéb tudományos és gazdasági célok mellett) összefüggő, nagy területekre kiterjedő egységes geofizikai térképek szerkesztésére.

A megnövekedett mérési pontosság miatt a nehézséggyorsulási értékeknek a referenciaszintről a pontjelre történő levezetéséhez már nem nyújt elegendő pontosságot a magassági korrekció 0,3086 mGal/m értéke, ezért azt minden abszolút állomáson méréssel kell meghatározni [CSAPÓ 1987]. Ugyancsak pontosabb korrekcióra van szükség, ha az említett relatív graviméterekkel végzett munkáknál a mérések eredményétől a lehető legnagyobb megbízhatóságot várjuk el (hitelesítő alapvonalak létesítése, laboratóriumi, vagy más néven mikrogravimetriai mérések).

A nehézségi erő vertikális irányú, egységnyi távolságra vonatkoztatott változásának nagysága a nehézségi vektor vertikális összetevőjének helyi gradiensével jellemezhető. Tekintettel arra, hogy Eötvös-ingával a nehézségi erő vertikális gradiense nem határozható meg, ezért annak közelítő értékét vagy e célra szerkesztett műszerekkel (vertikális gradiométer), vagy relatív graviméterekkel, térerősség-különbség mérésekkel határozzák meg.

Ezeknél a méréseknél a vertikális gradienst úgy értelmezzük, hogy az egy földfelszíni pont függőlegesén egymás fölött 1 méter magasságkülönbségű két pont közötti nehézségi térerősség-különbség (a továbbiakban: *VG*), amely értéket a két pont felezőpontjának magasságához tartozónak tekintünk. A vonatkoztatás azért lényeges, mert tapasztalat szerint *VG* nagysága változik az adott pont függőlegesének különböző szakaszain és a kapcsolat nem is lineáris. Az abszolút graviméreknél a referenciaszint egy mérési sorozaton belül is változik, ezért a magassági korrekciót mindig az adott ejtéshez (drop) tartozó magasságra vonatkozóan kell alkalmazni [CHARLES, HIPKIN 1995]. Tovább bonyolítja a problémát az a tény, hogy a laboratóriumokban (ahol az abszolút méréseket végzik) az észlelőpillér, illetve az ahhoz közeli tömegek a gravitációs erőtér kisebb-nagyobb inhomogenitását okozzák [SZAGITOV 1984]. Ezen hatások figyelembevételének módjára — példaként — a potsdami Központi Földfizikai Intézetben elvégzett számításokra hívom fel a figyelmet [ELSTNER et al. 1986].

A gradiométerekkel történő közvetlen meghatározás eddig nem igazán váltotta be azt a várakozást, hogy e műszerekkel a vertikális gradienst a horizontális gradiensekéhez hasonló pontossággal lehessen meghatározni. Ennek a törekvésnek elsősorban műszertechnikai korlátok szabnak gátat [YUZEPHOVICH, OGORODOVA 1980]. A gyakorlatban ezért a *VG* relatív graviméterekkel történő meghatározása terjedt el.

A következőkben az országos hitelesítő alapvonal pontjain, a budapesti Mátyás-barlangban telepített horizontális mikrobázison, valamint a magyarországi abszolút állomásokon végzett *VG* méréseink eredményeit ismertetjük abból a célból, hogy egyrészt megmutassuk a *VG* értékek térbeli eltéréseinek lehetséges nagyságát az átlagos értéktől, másrészt

* 1 mGal = $1 \cdot 10^{-5}$ ms^{-2}, 1μGal = $1 \cdot 10^{-8}$ ms^{-2}

azért, hogy képet adjunk a különböző környezeti feltételek mellett végzett *VG* mérésekkel gazdaságosan elérhető megbízhatóságról, végül azért, hogy kimutassuk, milyen *hibát* okozhat a nehézségi térerősség-különbség méréseknél a *VG* pontatlan ismerete.

3. A *VG* mérések kivitelezése és az észlelések feldolgozási módszere

A méréseket hazai és nemzetközi tapasztalatok alapján mind az épületekben telepített abszolút állomásokon, mind a terepi pontokon egységes elvek szerint végezzük [CSAPÓ 1997]. Az adott ponton egy függőlegesben két műszerállványt állítunk fel: a felső szintet (*PF*) egy 110 cm, az alsót (*PA*) egy 6 cm magas speciális műszerállvány fejzetének felső síkja jelöli ki. Az állványokra a graviméter kényszerközpontosan állítható fel, a maximális lineáris külpontosság 10 mm. Mindkét ponton 3–3 észlelést végzünk sorozatonként:

$$PA - PF - PA - PF - PA - PF$$

Az egyes sorozatokban ily módon 5 (egymástól nem független) Δg érték képződik, ezek korrekciókkal javított és 1000 mm magasságkülönbségre interpolált számtani átlaga a sorozatból nyert *VG* értéke eötvös egységben (1 E = 0,1 μGal/m). Az egyes pontok mérésénél úgy választjuk meg a mérési sorozatok, illetve graviméterek számát, hogy a *VG* megbízhatósága terepen legalább 30 E, épületekben legalább 20 E legyen. Az észlelési eredményeket egységes programmal dolgozzuk fel légnyomás (DIN 5450/1968), földi árapály, valamint műszerjárás miatti korrekció alkalmazásával.

4. A mérési eredmények ismertetése

4.1. Az országos gravimetriai hitelesítő vonalon végzett VG mérések

A hitelesítő vonal pontjait betontömbbel és magassági jellel, általában templomkertekben (a templomtól néhány méterre), vagy repülőtereken állandósítottuk. A gravimétercsoportot, közvetlenül a mérési sorozat megkezdése előtt, gépkocsival szállítottuk a pontokra, és a napi műszervizsgálatok elvégzése után kezdtük az észleléseket — minden alkalmazott graviméterrel teljes sorozatot mérve egymás után. A műszereket vagy állvány nélkül, vagy 60 mm magas, ún. „fix" műszerláb közbeiktatásával állítottuk a pontjel fölé. A műszercsoportot valamennyi pont méréséhez az ELGI LCR–G típusú gravimétereiből válogattuk (No.: 220, 821, 963, 1919). Egy-egy sorozat lemérésének időszükséglete általában 60–70 perc. A *VG* mérések eredményeit az *1. táblázatban* összesítettem, a *2. táblázatban* pedig — példaként — Pécs hitelesítő alappontunkra vonatkozóan az összes mérési eredményt tüntettem fel.

Pont neve	Helye	H (m)	n_S	n_{GR}	VG (E)	m_i (E)	m_x (E)
Pécs	repülőtér	200	8	4	3180	86	30
Mecseknádasd	templomkert	194	8	4	2960	80	28
Tolna	templomkert	100	7	4	3107	100	38
Dunaújváros	repülőtér	122	–	–			
Ercsi	templomkert	124	–	–			
Budaörs	repülőtér	126	–	–			
Mátyás-barlang	bányaudvar	201	9	3	2625	34	11
Dunakeszi	templomkert	126	6	2	3079	51	23
Rétság	templomkert	193	7	4	3028	48	18
Balassagyarmat	park	147	8	4	3208	88	31
Δ_{max} = 555 E				Átlag:	3027	70	26

1. táblázat. A magyarországi graviméteres hitelesítő alapvonalon végzett *VG* mérések eredményei. Jelmagyarázat: H—a pont tengerszint feletti magassága, n_S—mérési sorozatok száma, n_{GR}—az alkalmazott gravimétercsoportban szereplő műszerek száma, m_i—egy *VG* mérés középhibája eötvös egységben, m_x—a *VG* legvalószínűbb értékének kiegyenlítés utáni középhibája

Table 1. Results of vertical gradient (*VG*) measurements on the calibration line of Hungary. Legend: H—elevation above sea level, n_S—number of determinations, n_{GR}—number of gravimeters, m_i—r.m.s. error of one determination in E unit, m_x—most probable error after adjustment

n_S	LCR-220 G	LCR-821 G	LCR-963 G	LCR-1919 G
1	3193	3095	3160	3308
2	3162	3079	3138	3306
VG_x = 3180 E ±30 E				

2. táblázat. Pécs hitelesítő alapvonal pont *VG* mérési eredményei eötvös egységben

Table 2. Results of vertical gradient measurements on the Pécs point of calibration line

4.2. A horizontális mikrobázison végzett VG mérések

A mikrobázis 14 mérési pontját a budapesti Mátyás-barlang mesterségesen kialakított bejárati folyosóján, közvetlenül a mészkőre terített beton aljzatra telepítettük. A boltozatosra kiképzett folyosó mintegy 2,5 m széles és 2,5–4 m magas. Az egyes pontok egymástól 2–5 méter távolságban vannak, magasságuk néhány cm-re azonos. Fölöttük a sziklafal meredeken emelkedik (a 14. pont fölött mintegy 5–6 m, az 1. fölött 30–40 m vastag a kőzet). A folyosón a hőmérséklet napi változása elhanyagolható, az évszakos hőingadozás ±1 °C, az átlagos hőmérséklet +15 °C. A mérések időszakában a gravimétereket a helyszínen tároltuk. A meredek hegyoldal okozta igen nagy horizontális gradiensek miatt (2000 – 10 000 E) a pontokat kényszerközpontos felállítást biztosító pontjelekkel állandósítottuk, ami azt jelenti, hogy a LCR graviméterek mérőtömege pontra álláskor valamennyi vonalponton 115±5 mm magasra kerül a pontjel fölé, a horizontális külpontosság pedig kisebb, mint 1 mm. A vonalpontokra számított *VG* értékeket a *3. táblázat* tartalmazza.

4.3. A hazai abszolút állomásokon végzett VG mérések

Az abszolút graviméteres állomásokat általában időtálló műemlék létesítmények (várak, kastélyok stb.) legalsó szintjén lévő helyiségekben állandósítottuk.

A 14 állomáson meghatározott *VG* értéket a *4. táblázatban* állítottam össze, az *1. ábrán* pedig a Budapest nevű (a Mátyás-barlangban lévő geodinamikai állomáson telepített) pontunk valamennyi *VG* mérési eredményét tüntettem fel.

5. A mérési eredmények értékelése

Az 1. táblázat adatainak összevetéséből levonható számos következtetésből az alábbiakra szeretném felhívni a figyelmet. Látható, hogy a *VG* értékek (mely értékeket az itt bemutatott valamennyi esetben a földfelszín feletti 620 mm ±20 mm magasságra számítottuk) és a pontok földfelszíni magassága között a vizsgált tartományban nincs korrelációs kapcsolat — szemben azzal, hogy ugyanazon a ponton a különböző felszín feletti referenciamagasságok és a hozzájuk tartozó *VG* értékek nagysága között szoros korrelációs kapcsolat létezik (erre mutat rá CSAPÓ [1987]). Az adott négy graviméterből álló műszercsoport alkalmazása és azonos számú mérési sorozat (n_S = 8) esetén a legvalószínűbb érték kiegyenlítés utáni középhibája minden esetben közel azonos, mintegy 30 E.

A 2. táblázatban egy átlagos *VG* meghatározási eredményt részleteztem valamennyi mérés feltüntetésével. A 8 meghatározás közötti legnagyobb eltérés 229 E

Pont száma	n_S	n_{GR}	*VG* (E)	m_i (E)	m_x (E)
1	4	2	2581	26	13
2	5	2	2591	8	3
3	3	1	2578	22	13
4	6	2	2447	38	15
5	3	1	2386	19	11
6	7	3	2556	46	18
7	4	2	2432	47	23
8	10	3	2358	46	14
9	3	1	2286	15	8
10	11	3	2356	35	10
11	6	3	2283	57	23
12	4	1	2281	28	14
13	5	2	2236	27	12
14	6	2	2102	66	27
Δ_{max}=489 E		Átlag:	2391	34	15

3. táblázat. A Mátyás-barlang horizontális mikrobázis pontjain végzett *VG* mérések eredményei

Table 3. Results of vertical gradient measurements on the horizontal micro calibration line in Mátyás cave, Budapest

Pont neve	Helye	n_s	n_{GR}	VG (E)	m_x (E)
Siklós	Várpince	22	11	3407	16
Budapest	Mátyás-b.	47	14	2519	7
Kőszeg	városháza	22	4	2661	24
Szerencs	borház	40	3	2968	7
Nagyvázsony	kastély	18	5	2565	12
Gyula	vár	29	2	2913	11
Szécsény	kastély	15	5	3059	18
Kenderes	kastély	12	5	2662	24
Madocsa	középület	8	4	2552	16
Iharosberény	kastély	19	6	2805	10
Öttömös	borpince	16	6	2634	10
Tarpa	iskola	15	5	2710	21
Debrecen	garázs	12	4	3075	13
Zalalövő	kultúrház	9	3	2633	12
	Δ_{max}=888 E		Átlag:	2797	14

4. táblázat. A magyarországi abszolút állomásokon végzett *VG* mérések eredményei

Table 4. Results of vertical gradient measurements on the absolute points of Hungary

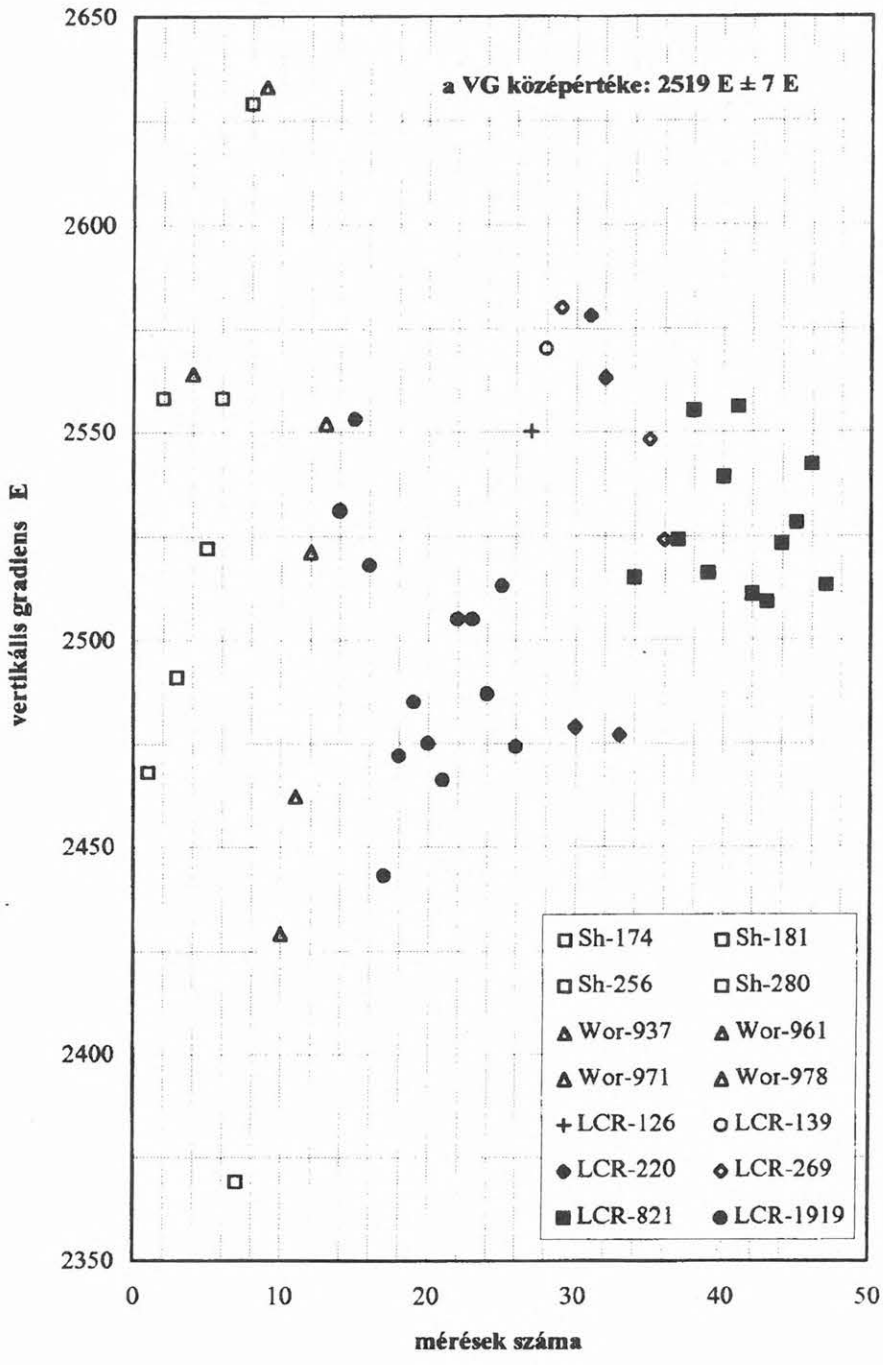
(~23 μGal/m), a *VG* kiegyenlítésből származó legvalószínűbb értékének középhibája (VG_x) pedig 30 E (~3 μGal/m). Extrém külső körülmények között végzett méréseknél (erős szél, rezgésérzékeny mérési pontoknál nagy forgalom miatti megnövekedett vibrációs hatások stb.) az eltérések nagyobbak lehetnek, tapasztalatunk szerint m_x elérheti az 50–60 E értéket. Kedvező esetben viszont kevesebb mérési sorozattal is sikerülhet jobb megbízhatóságot elérni (pl. Dunakeszi, Rétság). Ugyanazon LCR graviméterrel ugyanazon a ponton ismételten végzett méréseknél az egyes mérési eredmények között csak ritkán fordulnak elő 100 E-nél nagyobb eltérések. A mérési eredmények méretarány-tényezővel korrigált értékek. Miután a LCR graviméterek méretarány-tényezői általában (magyarországi méréseknél eddig 12 db ilyen műszert alkalmaztak) 0,996–1,005 közötti értékek, ezért azok esetleges hibájának hatása a *VG* értékekre maximálisan 10 E. A szabályos hibák hatásának csökkentése céljából a méréseket mindig műszercsoporttal végezzük.

A relatív nehézségi térerősség méréseknél a LCR graviméterek érzékelő tömege 60–125 mm-rel van a pont magassági jele felett. Ebből következően a különböző pontok átlagostól eltérő *VG* értékeinek a nehézségi térerősség különbségek mérési eredményeiben jelentkező hatása — az 1. táblázat adataiból számítva — elérheti a 6 μGal értéket (illetve akár ennél többet is, hiszen az országos alaphálózat más pontjain eddig nem végeztünk *VG* méréseket), amely érték nagyobb, mint az e műszerekkel elérhető mérési megbízhatóság!

A 3. táblázat eredményei azt példázzák, hogy a környező nagy tömegek milyen hatással vannak a *VG* értékére. A budapesti mikrobázison jól szemléltethető a pontok feletti tömegek nagysága és a *VG* értékek közötti szoros korreláció. Az 1. ponttól a 14.-ig az értékek folyamatosan csökkenek mintegy 480 E (2591–2102 E) értékkel és valamennyi lényegesen kisebb a földfelszíni értékeknél. (Összehasonlításul: az 1. táblázatban szereplő Mátyás-barlang nevű pont egy zárt katlanszerű bányaudvarban, de a szabadban van, mintegy 50 méterre a 14. számú, már a barlangfolyosón lévő ponttól.) A teljes vonalra számítható átlagos *VG* érték (2391 E) mindössze 77%-a a normálértéknek. Az eltérésekből származó hatás a pontok közötti nehézségi térerősség különbség mérésénél (ha a feldolgozáshoz egységes magassági korrekciót vennénk figyelembe) maximálisan 3 μGal (2. és 14. pont között), amely érték összemérhető a LCR graviméterekkel optimális mérési feltételek esetén nyerhető mérési megbízhatósággal.

A 3. táblázatból kitűnik, hogy optimális mérési körülmények esetén (állandó hőmérséklet, kis értékű szállítási vibráció a pontok közelsége, ill. a gyalogos műszerszállítás miatt) a mikrogravimetriában lényegesen jobb megbízhatóságot lehet elérni a *VG* meghatározásában, mint terepi pontokon, ahol a gyakran változó külső körülmények kedvezőtlenül befolyásolják a mérési eredményeket.

A 4. táblázat a magyarországi abszolút állomásokra vonatkozó *VG* mérések fontosabb paramétereit tartalmazza. Az eredmények értékeléséhez felhasználtam az 1. ábrát is, amelyen a budapesti abszolút állomáson végzett valamennyi mérés eredményét feltüntettem. Látható, hogy ezen az állomáson a LCR műszereken kívül Sharpe- és Wordengraviméter csoportokkal is történtek meghatározá-



1. ábra. A budapesti abszolút állomás vertikális gradiens *(VG)* mérési eredményei

Fig. 1. Results of vertical gradient *(VG)* measurements on the Budapest absolute station

sok. Ez utóbbiak méréseinek szórása valamivel nagyobb, különösen akkor, ha a 821-es, vagy az 1919-es LCR graviméter méréseivel hasonlítjuk össze azokat. Ennek egyik oka, hogy ezekkel a műszerekkel más mérésekhez kapcsolódóan történtek a *VG* meghatározások, általában közvetlenül a napi terepi mérések után. A mérések között a maximális eltérés 250 E. Optimális mérési feltételek csak a 20. mérési sorozattól kezdődően voltak biztosíthatók. A pont *VG* értékének igen nagy megbízhatósága ezért elsősorban a nagyszámú sorozatnak köszönhető. Az is látható, hogy az említett két LCR graviméter mérési eredményei között szabályos jellegű eltérés mutatkozik (mintegy 30 E), aminek valószínű oka méretarány-meghatározási probléma: a 47 mérési sorozat időben 1980–1995 között realizálódott. (Jóllehet a nehézségi erő vertikális gradiensének időbeni állandósága nem tisztázott még kellően, azonban az esetleges időbeli változás valószínűleg nem befolyásolhatja kimutathatóan az eredményeket.) A közeli tömegek zavaró hatása jól látszik az abszolút pontok *VG* eredményein, amelyek szóródása a normálérték körül lényegesen nagyobb, mint a nyílt terepen mért értékeké.

A 4. táblázat összeállítása alapján a magyarországi abszolút állomások *VG* megbízhatósága 7–24 E közötti, ami megfelel a hasonló mérésekről szóló szakirodalmi cikkekben közreadott eredményeknek (pl. [BECKER et al. 1995]).

6. Összefoglalás

— A dolgozatban ismertetett eredmények alapján belátható, hogy a nagy pontosságú graviméteres méréseknél szükség van a vertikális gradiens helyi értékének ismeretére. A bemutatott példák és meghatározási eljárás alapján tervezhető az adott feladat megkívánta pontosság eléréséhez szükséges (és elégséges) mérések száma.

— Magyarország 1998-ban kíván csatlakozni az Egységes Európai Gravimetriai Hálózathoz (UEGN). Az Országos Gravimetriai Hálózat (MGH–2000) csatlakoztatását a dolgozatban bemutatott 14 abszolút állomáson kívül mintegy 20–30 országos hálózati pont bevonásával kívánjuk megvalósítani. Ezeken a pontokon folytatjuk a vertikális gradiens méréseket és reméljük, hogy az eredmények ismeretében tovább növelhetjük hálózatunk megbízhatóságát.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki a Magyar–Amerikai Kutatási Alapnak (MAKA), amely a JF–369 számú pályázattal lehetőséget biztosított az abszolút mérések és a velük kapcsolatos relatív mérések elvégzéséhez.

HIVATKOZÁSOK

BECKER M. et. al. 1995: Microgravimetric measurements at the 1994 International Comparison of Absolute Gravimeters. Metrologia **32**, 3, 145–152, Sévres

BOEDECKER G., MARSON I., WENZEL H. G. 1995: The adjustment of the Unified European Gravity Network 1994 (UEGN 94). IAGS **113**, 82–91. Springer Verlag, Berlin

CHARLES K., HIPKIN R. 1995: Vertical gradient and datum height corrections to absolute gravimeter data and the effect of structured fringe residuals. Metrologia **32**, 3, 193-200, Sévres

CSAPÓ G. 1987: A mért abszolút g-értékek gyakorlati felhasználásáról, Geodézia és Kartográfia **2**, 95–99

CSAPÓ G. 1997: Hungary's new gravity base network (MGH–2000). Geophysical Transactions **40**, 3-4

ELSTNER C., FALK R., KIVINIEMI A. 1986: Determination of the local gravity field by calculations and measurements. Reports of the Finnish Geodetic Institute **85**, 3, Helsinki

MARSON I. et al. 1995: Fourth International Comparison of Absolute Gravimeters. Metrologia **32**, 3, 137–144, Sévres

SZAGITOV M. U. 1984: A Sévres-ben végzett abszolút nehézségi gyorsulás mérések eredményei közötti eltérések egy lehetséges értelmezése, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának jelentései, Geofizika sorozat **274**, 2, 300–304, Moszkva (orosz nyelven)

YUZEPHOVICH A. P., OGORODOVA L. V. 1980: Gravimetria. Nedra, Moszkva (orosz nyelven)