

Újabb mérések a vertikális gradiens (VG) értékének meghatározására

CSAPÓ GÉZA¹, VÖLGYESI LAJOS²

A méréssel meghatározott vertikális gradiens értéke jelentős mértékben eltérhet annak -0.3086 mGal/m normálértékétől. A mérési ponton a talaj felett néhányszor 0.1 m magasságig a mért értékek jelentősen, de másodfokú függvényrel jól közelíthetően változnak. 40 méter felett a változás már lineárisnak tekinthető [RÖDER–WENZEL 1986] és 500 méter felett a változás már nagyon kicsi, ahol a mért érték mintegy -0.3073 mGal/m [HAMMER–GUMERT 1984].

A korszerű gravimetriai hálózatok kiinduló értékeit (mGal szint) abszolút graviméterekkel végzett mérésekkel határozzák meg. Az abszolút módszerrel meghatározott g értékek az adott berendezés ún. „referenciaszintjére” vonatkoznak. Ezért az abszolút mérésekkel meghatározott g értékekből álló hálózat mGal szintje különbözik a relatív graviméterekkel ugyanazon pontok talajszintű megfelelője közötti mérésekből származó g értékek hálózatának mGal szintjétől. A referenciaszintre vonatkozó g értékeknek a pontjelre történő levezetését a vertikális gradiens ismeretében lehet elvégezni, vagyis a kétféle hálózat közötti kapcsolatot a VG mérések teremtik meg. Miután a levezetés néhány μ Gal megbízhatóságú relatív mérést igényel, ezért a vertikális gradiens normálértéke ma már nem nyújt elegendő pontosságot a magassági javítás számításához.

G.CSAPÓ, L.VÖLGYESI: New measurements for the determination of local vertical gradients

Measured vertical gravity gradients usually quite differ from the normal value of -0.3086 mGal/m. Generally the changing of vertical gradient is rather big, up to a few 0.1 m height above the ground and can be taken into consideration as a second order function. Over 40 m height the changing is linear and over 500 m height the changing is very small, the measured value of vertical gradient is about -0.3073 mGal/m.

At present the datum level (mGal level) of modern gravity networks are mostly determined by absolute gravity values measured by absolute gravimeters, which values are referred to the reference heights of absolute gravimeters. So the datum level of the network of absolute points differs from the datum level of the network of relative measurements. The vertical gradients can be used for the conversion of measured gravity from the reference height of an instrument to a bench mark. So the vertical gradients are playing a key role for joining the two types of network. The height correction is necessary to determine by an accuracy of several μ Gal, not to decrease the reliability of the transformed value of gravity. So the vertical gradients should be determined as high accuracy as it possible and using the normal value of vertical gradient (-0.3086 mGal/m) is not sufficient for this purpose.

Korábbi dolgozatokban [CSAPÓ 1997; CSAPÓ–PAPP 2000] ismertettük a vertikális gradiens pontos helyi értékének fontosságát. A nagy pontosságú graviméteres méréseknél a műszermagassági javítást számoljuk a mért VG értékek ismeretében, geoid modellszámításoknál pedig a modell ellenőrzésére alkalmasak. Bemutattuk, hogy a méréssel meghatározott értékre jelentős hatással vannak a mérési pont közvetlen környezetének tömegviszonyai, valamint az, hogy milyen függvényrel közelítjük a g/h viszonyt (lineáris, vagy másodfokú). Megállapítottuk egyrészt, hogy adott mérési ponthoz tartozó függővonalon csupán két egymás feletti ponton végzett mérésekkel nem kapunk elég pontos értékeket, másrészt azt, hogy a mérésekkel meghatározott helyi VG értékek jelentős mértékben eltérhetnek a -0.3086 mGal/m normálértéktől (1 mGal = $1 \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ ($1 \mu\text{Gal} = 1 \times 10^{-8} \text{ms}^{-2}$)).

Korábbi kísérleti méréseink tapasztalatai alapján kidolgoztunk egy – a gyakorlat számára jelenleg megfelelő pontosságot viszonylag gazdaságos munkavégzéssel biztosító – eljárást terepi pontokon végzett VG mérésekhez. Az eljárás röviden a következő: a méréseket 2 LCR-G graviméterrel végeztük és az irodalomban [CSAPÓ–VÖLGYESI 2002] ismertett mérőállványt alkalmaztuk; A-B-C-B-A-B-C-B-A mérési elrendezés-

sel dolgoztunk, ahol $A = 0,05$ m, $B = 0,7$ m és $C = 1,3$ m, a graviméter érzékelő tömegének a pontjel feletti magasságát jelenti [BECKER ET AL 2002]. Mindkét műszer elektronikus libellával rendelkezik és a műszerleolvasásokat a CPI (Capacitance Beam Position Indicator = kapacitív érzékelő-helyzet jelző) elektromos kimenetéhez kapcsolt digitális voltmérővel és a mérőtárcsával végeztük ún. „interpoláló eljárással”. Ennek lényege, hogy a helyes leolvasási vonal környékén három műszerleolvasást végzünk a graviméter mérőtárcsáján és a digitális voltméteren. A pontos műszerleolvasási értéket azután a mérési eredményeket feldolgozó program interpoláló szubrutinja számítja ki a 3 leolvasás-pár adataiból. A két graviméterrel egymás után, folyamatosan mértük végig a sorozatot, amelynek időszükséglete műszerenként cca. $60-70$ perc. Minden ponton három különböző napon végeztük a méréseket, így pontonként 6 független mérési sorozatot dolgozhattunk fel. A feldolgozásnál a hivatkozott irodalomban ismertett javításokat alkalmaztuk.

A következőkben bemutatásra kerülő méréseket $2002-2003$ -ban végeztük a budai vertikális kalibráló vonal pontjain, illetve a főváros egyéb területein. Az $1.$ táblázatban a mérési pontok koordinátáit, valamint a g/H viszony lineáris és másodfokú függvény közelítés-

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

² Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp.3, e-mail: lvolygesi@epito.bme.hu

sel számított VG mérési eredményeit tüntettük fel a pontjel feletti 1 méteres magasságra (h) vonatkozóan (VG₍₁₎ és VG₍₂₎). A számításhoz felhasznált összefüggések:

$$VG(1) = \underbrace{\partial g / \partial h}_{VG} \cdot \Delta h$$

illetve

$$VG(2) = \partial g / \partial h \cdot \Delta h + \partial^2 g / \partial h^2 \cdot \Delta h^2$$

A kevés számú meghatározás alapján is megállapítható, hogy egyes pontokon nincs számottevő eltérés a kétféle módon meghatározott magassági javítási érték között, más pontokon viszont a különbség jelentős. Különösen szembeötlő a víztározó (VT) pontra számított eredmények kedvezőtlen megbízhatósága. Ennek okát abban látjuk, hogy a tározómedencékben a vízszint

a nap folyamán állandóan változik és a víztömeg változása eléri a több 10000 m³-t [CSAPÓ–SZABÓ–VÖLGYESI 2003]. Ez a változó víztömeg hatással van a mérési eredményekre, ezért a különböző napokon és napszakokban végzett mérések eredményeinek szórása lényegesen nagyobb, mint a többi ponton. Érdemes megemlíteni, hogy a 821 jelű ponton korábban „két pontos” mérésekkel is végeztünk VG meghatározást, amelyekből -262.5 ± 4 $\mu\text{Gal/m}$ értéket kaptunk (u.a. függővonalon két pont között végzett méréseknél a VG-t úgy értelmezzük, hogy az a két pont között mért Δg értéknek 1 méteres távolságra interpolált értéke a két pont felező pontjára vonatkoztatva mGal/m egységben).

A 2. táblázatban példaként a 2139 Rózsadomb mérési ponton végzett 3 pontos VG mérések eredményeit állítottuk össze:

#	pont neve	φ	λ	H(m)	VG ₍₁₎	VG ₍₂₎
2143	Hármashatárhegy	47-33-23	19-00-10	463	-386.0 ± 10	-393.5 ± 5
2142	Táborhegy	47-33-01	19-00-31	412	-350.0 ± 14	-354.7 ± 7
2141	Remetehegy	47-32-39	19-00-39	354	-350.6 ± 6	-351.3 ± 5
2140	Szépvolgyi út	47-32-27	19-00-29	283	-284.9 ± 6	-288.2 ± 6
821	Mátyáshegy	47-32-00	19-00-57	201	-258.7 ± 8	-259.0 ± 8
2139	Rózsadomb	47-31-02	19-01-53	153	-304.2 ± 8	-306.0 ± 4
17	BMGE kert	47-28-50	19-03-35	105	-300.1 ± 6	-305.3 ± 4
VT	Gellérthegy	47-29-24	19-02-32	160	-326.9 ± 21	-332.8 ± 12
MET	Pestlőrinc	47-25-48	19-11-01	137	-303.3 ± 9	-303.1 ± 6
OMH	Németvolgyi út	47-30-00	19-00-01	142	-293.5 ± 6	-293.3 ± 5

1. táblázat. Mérési pontok adatai és a VG lineáris (VG₁), illetve másodfokú közelítéssel (VG₂) meghatározott értékei $\mu\text{Gal/m}$ egységben. Jelölések: # – a mérési pont jele a gravimetriai adatbázis pontkatalógusában, φ – a pont földrajzi szélessége fok-perc-másodperc alakban, λ – a pont földrajzi hosszúsága fok-perc-másodperc formában, h – a pont Balti-tenger szintje feletti magassága

Table 1. Data of measured points and the calculated vertical gradient values in $\mu\text{Gal/m}$ units

mérések	LCR-1919		LCR-963	
	VG _(lineáris)	VG _(négyzetes)	VG _(lineáris)	VG _(négyzetes)
	$\mu\text{Gal/m}$		$\mu\text{Gal/m}$	
1.	-309.4	-312.7	-300.0	-307.5
2.	-301.7	-307.6	-306.7	-301.0
3.	-303.2	-307.4	-303.8	-299.3
átlag (1.-3.)	-304.8 ± 6	-309.2 ± 2	-303.5 ± 8	-302.7 ± 4
átlag (1919 + 963)	-304.2 ± 8	-306.0 ± 4		

2. táblázat. 3 pontos mérésekből számított vertikális gradiens értékek (VG) a rózsadombi mérési ponton, 1 méteres magasságra vonatkozóan

Table 2. Vertical gradient values (VG) calculated from observations carried out at three different heights on Rózsadomb station, referred to 1 m height

Jól látható, hogy a g/H viszony kétféle közelítésével számított helyi VG értékek között – a műszerenkénti átlagok esetében – 1-5 $\mu\text{Gal/m}$ a különbség és a másodfokú közelítéssel nyert értékek megbízhatósága mindkét graviméternél és a mindkét graviméter összes mérési eredményéből együttesen számítva is jelentősen

kedvezőbb. Látszik továbbá, hogy ugyanazon graviméterrel végzett mérések eredménye a különböző sorozatokban 7-8 $\mu\text{Gal/m}$ -rel is eltérhet a közelítés módjától függetlenül, ami ismételten igazolta, hogy egyetlen graviméterrel kevésszámú mérési sorozattal nem határozható meg elegendő megbízhatósággal a

vertikális gradiens helyi értéke. Az egyes sorozatokból számított eredmények kisebb-nagyobb eltéréseinek oka a különböző mérési napokon eltérő külső tényezőknek (szél, légnyomás, és hőmérsékletváltozások, mikroszeizmikus tevékenység, stb.) a mérési eredményekre gyakorolt változó hatása. A különböző graviméterekkel azonos napokon végzett mérések eredményeinek eltérése pedig nagyrészt a felsorolt külső tényezőknek az egyes graviméterek műszerjársára gyakorolt eltérő hatásából származik. Ha az egyes graviméterek mérőrendszerének 1 mGal szerinti periódikus hibáinak hatását nem veszik figyelembe a mérési eredmények feldolgozásánál, az szintén oka lehet az eltérések egy részének és az is, hogy a „szállítási vibráció” hatása eltérő módon jelentkezik a különböző műszereknél.

A 3. táblázatban a budapesti vertikális kalibráló bázis 2003-ban mért és kétféle módon kiegyenlített eredményeit mutatjuk be. A kiegyenlítés kényszerértékei a budapesti abszolút állomás (82) és a Budaörsi repülőtér

(107.10) nehézségi gyorsulási értékei voltak. Ezeken a pontokon a VG értékét már korábban, az országos gravimetriai alaphálózat 2000-ben végzett előzetes kiegyenlítése előtt meghatároztuk. A kiegyenlítés „A” változatában a mérési eredmények feldolgozásánál a graviméterek műszermagassági javítását a vertikális gradiens normálértékével (-0.3086 mGal/m) számítottuk, a „B” változatnál pedig az ismertett 3 pontos mérésekből (a g/H viszony linearitásának feltételezésével).

A 3. táblázat adataiból látható, hogy a kétféle javítási értékkel számított, kiegyenlített pontértékek között nagy pontosságú graviméteres mérésekkel kimutatható különbségek lehetségesek. A kis műszermagasságok miatt (0.05-0.12 m) a g/H viszony lineáris, vagy másodfokú függvény szerinti közelítéssel számított értékének eltéréseiből származó hatás az eredményekre esetünkben maximálisan 1 μ Gal volt.

pont	A	VG	B	VG	$ \delta\Delta g_{(B-A)} $ mGal
	mGal	mGal/m	mGal	mGal/m	
2139	835.3946	-0.3086	835.3962	-0.3042	0.0016
2140	809.9906		809.9921	-0.2849	0.0015
2141	796.0111		796.0152	-0.3506	0.0041
2142	783.8461		783.8501	-0.3500	0.0040
2143	771.1283		771.1347	-0.3860	0.0064
82					-0.2519
107.10				-0.3084	

3. táblázat. A budapesti vertikális bázis kiegyenlítési változatai

Table 3. Different adjustment versions of vertical calibration basis of Budapest

A magassági javítás hatása a még nem kiegyenlített mérési eredményekre.

A következőkben a GES Kft. új beszerzésű LCR-G No.1188 jelű graviméterével 2004-ben a budai vertiká-

lis kalibráló vonalon végzett kalibráló mérések eredményét használtuk fel annak vizsgálatához, hogy milyen hatással van a különbözőképpen számított műszermagassági javítás a még nem kiegyenlített mérési eredményekre (Δg).

mérési kapcsolat: 2143-2142			
mérés sorszáma	műszermagasság (mm)	$\Delta g_{(h1)}$ (μ Gal)	$\Delta g_{(h2)}$ (μ Gal)
1.	101	31,2	39,0
2.	100	30,9	35,0
3.	107	33,0	41,3
4.	106	32,7	37,1
5.	107	33,0	41,3
$\Delta g_{(h1)-(h2)}$		0,6	4,5
Δg (1)		12,490 mGal	12,487 mGal
Δg (2)		12,489 mGal	12,484 mGal

4. táblázat A 2143 és 2142 pontok közötti Δg mérés eredményei. A 4-6 táblázat jelölései: $\Delta g_{(h1)}$ – a műszermagassági javítás értéke az adott sorszámu mérésnél, a vertikális gradiens normálértékével számítva; $\Delta g_{(h2)}$ – a műszermagassági javítás értéke az adott sorszámu mérésnél, a g/h viszony változásának lineáris feltételezésével; $\Delta g_{(h1)-(h2)}$ – a kétféle VG értékkel számított magassági javítások különbsége az adott mérési pontok között; $\Delta g(1)$ – a normál VG értékével számított nehézségi gyorsulás különbsége az adott mérési pontok között, $\Delta g(2)$ – az adott pontok között nehézségi gyorsulás különbsége mért VG értékekkel számítva

Table 4. Measured Δg between points of 2143 and 2142

Az egyes kapcsolatokon végzett méréseket A-B-A-B-A rendszerben hajtották végre gépkocsival végzett műszerszállítással. A gravimétert a pontokon mindig azonos azimutban, fix magasságú műszerállványra állították, a graviméter lengőjének pontjel feletti magasságát minden észlelés után mm pontosan meghatározták. A graviméterleolvasásokat – minden műszerál-

lásban hármalt – az optikai mikroszkóp segítségével végezték a graviméter lengőjének felszabadítása utáni négy perces „pihentetési idő” után [CSAPÓ 2004]. A mérési eredmények feldolgozásánál a műszermagassági javításon kívül árapály miatti, barometrikus és műszerjárás miatti javítást alkalmaztunk. Néhány kapcsolat mérési eredményét a 4.-6. táblázatban állítottuk össze.

mérési kapcsolat: 2143-2139			
mérés sorszáma	műszermagasság (mm)	$\Delta g_{(h_1)}$ (μGal)	$\Delta g_{(h_2)}$ (μGal)
1.	219	67,6	84,5
2.	222	68,5	67,5
3.	220	67,9	84,9
4.	224	69,1	68,1
5.	221	68,2	85,3
$\Delta g_{(h_1)-(h_2)}$		0,9	17,1
$\Delta g (1)$		62,944	62,926 mGal
$\Delta g (2)$		62,949	62,931 mGal

5. táblázat A 2143 és 2139 pontok közötti Δg mérés eredményei

Table 5. Measured Δg between points of 2143 and 2139

mérési kapcsolat: 2142-2139			
mérés sorszáma	műszermagasság (mm)	$\Delta g_{(h_1)}$ (μGal)	$\Delta g_{(h_2)}$ (μGal)
1.	216	66,7	75,6
2.	219	67,6	66,6
3.	216	66,7	75,6
4.	217	67,0	66,0
5.	214	66,0	74,9
$\Delta g_{(h_1)-(h_2)}$		0,8	9,1
$\Delta g (1)$		50,423	50,433
$\Delta g (2)$		50,420	50,430

6. táblázat A 2142 és 2139 pontok közötti Δg mérés eredményei

Table 6. Measured Δg between points of 2142 and 2139

Műszermagasságon a graviméter érzékelője és az állandósított pontjel közötti függőleges távolságot értjük (lásd: 1. ábra). A 4. táblázatban szereplő kapcsolat mérésénél mintegy 110 mm-rel alacsonyabb fix magasságú mérőállványt alkalmaztak, mint a további kapcsolatoknál.

A három bemutatott kapcsolat egy zárt háromszöget alkot, tehát a mérési eredmények feldolgozása után – de még a mérési eredmények kiegyenlítése előtt – kiszámíthatjuk a háromszög záróhibáját (7. táblázat).

A mérési eredmények kiegyenlítésénél a graviméter méretarányát 1,000 értékűnek vettük és a kiegyenlítést a legkisebb négyzetek módszerének (LNK) dán iterációs eljárásával végeztük három lépésben – a mindkét módon feldolgozott teljes adatrendszerrel, a 4-6. táblázatokban nem szereplő mérési eredményeket is bevonva (8. táblázat).

A 4.-8. táblázat adatainak vizsgálatából a következők állapíthatók meg:

- minél magasabb műszerállványon végezzük a Δg méréseket, annál nagyobb a különbség a normálértékkel, illetve a méréssel meghatározott VG értékével számított magasság miatti javítások között (lásd a 2143 pont magassági javításait),
- a kétféle módon számított műszermagassági javítások eltérései arányosak a két mért pont tényleges VG értékének a normálértéktől való eltéréseivel,
- a műszerjárás figyelembevételének módja hatással van a mérési kapcsolat javított relatív nehézségi gyorsulás különbségeire,
- a kétféle módon számított műszermagassági javítással feldolgozott Δg értékek közötti eltérés meghaladhatja a 0,01 mGal értéket (példánkban a különbség 0,01 mGal a 2143-2139 kapcsolatnál)
- a 7. táblázatból látszik, hogy a műszerjárás miatti javítás értéke – az alkalmazott eljárástól függően – kisebb-nagyobb mértékben függ az alkalmazott műszermagasság miatti javítástól,

- f) a mérési háromszög záróhibája lényegesen jobb akkor, ha a mérési eredmények feldolgozásánál a tényleges VG értékekkel számolunk,
- g) ebben az esetben a pontok kiegyenlítésből származó nehézségi értékek megbízhatósága is javul (8. táblázat).

a mérési háromszög (eredmények mGal-ban)				
oldalak	feldolgozás módja: A		feldolgozás módja: B	
	$\Delta g_{(d)}$ nélkül	valamennyi javítással	$\Delta g_{(d)}$ nélkül	valamennyi javítással
2142–2139	50,423	50,420	50,433	50,430
2139–2143	62,944	62,909	62,926	62,914
2143–2142	12,490	12,489	12,487	12,484
ω	0,031	0,040	0,006	0,017

7. táblázat A mérési háromszög záróhibája (ω) mGal-ban. Jelölések: $\Delta g_{(d)}$ – műszerjárás miatti javítás, A – a mérési eredmények feldolgozása a VG normálértékével, B – a mérési eredmények feldolgozása a VG mért értékeivel, ω – a mérési háromszög záróhibája mGal-ban

Table 7. Closure error (ω) of the polygon in mGal

a kiegyenlítések eredményei mGal-ban		
pont száma	A	B
	$m_0 = \pm 0,011$	$m_0 = \pm 0,010$
2139	$980835,207 \pm 0,016$	$980835,217 \pm 0,014$
2142	$784,767 \pm 0,013$	$784,788 \pm 0,012$
2143	$772,266 \pm 0,014$	$772,294 \pm 0,013$

8. táblázat A pontok kiegyenlítésből származó nehézségi értékei. Jelölések: A, B – a korábban ismertetett módon végzett feldolgozásból származó mérési adatok, m_0 – a hálózat kiegyenlítés utáni négyzetes középhibája

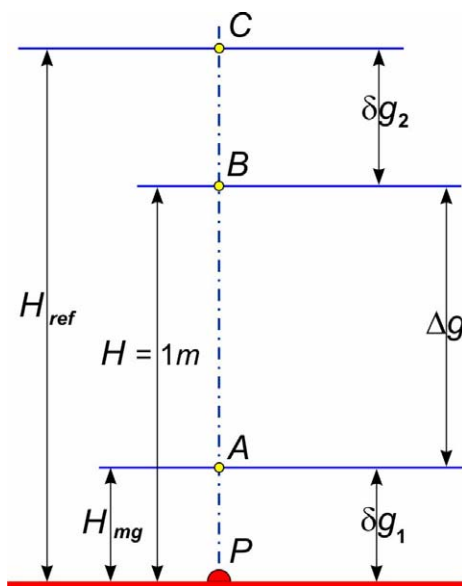
Table 8. Adjusted gravity values in mGal

Relatív- és abszolút graviméteres hálózatok közötti kapcsolat létesítése vertikális gradiens mérésekkel

Ma már Európa legtöbb országában az ily módon meghatározott „g” értékű pontok az országos alaphálózatok ún. „O-rendű” pontjai. Ezek a pontok alkotják az UEGN-2000 hálózat vázát is. Az abszolút meghatározás műszerei az „abszolút graviméterek”. Az e berendezésekkel végzett mérések eredményeképpen kapott „g” értékek a mérési pont feletti – az adott berendezés felépítésétől függő – ún. „referenciaszintre” vonatkoznak (0,8÷1,1 m a talajon állandósított pontjel felett). Ezért – gyakorlatilag – az abszolút állomások hálózata és a relatív graviméteres állomáshálózat különböző referenciaszintre vonatkozó „g” értékeket tartalmaz. A két hálózat közötti kapcsolatot kétféle módon lehet megteremteni.

Az első esetben valamilyen módon meghatározzuk az abszolút állomásokhoz tartozó vertikális gradiens helyi értékét. Amint a jelen dolgozatban, valamint az irodalmi hivatkozásokban bemutatott példák mutatják, a méréssel meghatározott VG érték függ a meghatározás módjától, illetve attól, hogy a g/H viszony változását milyen összefüggéssel vesszük figyelembe (lineáris, vagy másodfokú). A választott függvénynek megfelelően gyakran olyan mértékben eltérő értékeket kapunk, amely eltérések meghaladhatják az abszolút graviméterekkel végzett mérések 2-4 μGal megbízhatóságát. Ugyanakkor a normálérték alkalmazása a mért „g” értéknek az állandósított pontjelre történő levezeté-

sénél eleve kizárt, mert a pontjelhez közeli tömegek hatása miatt a konkrét esetekben attól erősen eltérő értékekkel kell számolni. A VG meghatározás technikai paramétereit (a mérési pontok magasságait és a feldolgozás módját) ezért minden állomásra vonatkozóan egységesen kell alkalmazni!



1. ábra. A különböző magasságok értelmezése a „g” pontjelre történő levezetéséhez

Fig. 1. Definition of different heights for the conversion of „g”

A kétféle hálózat közötti kapcsolatteremtés második módját az 1. ábra segítségével mutatjuk be.

A P pont függőlegesén kiválasztunk egy olyan magasságot (P és B pontok közötti távolság), amely legközelebb esik a ma használatos abszolút graviméterek referenciamagasságához amelyre az abszolút módszerrel meghatározott nehézségi gyorsulási érték (g) vonatkozik. Célszerű a PB távolságot 1,0 méterben határozni meg. A relatív graviméterek műszermagasságán (H_{mg}) a PA függőleges távolságot értjük, ahol a graviméter érzékelő tömege az A pontba kerül. A gravimétereket ugyanis a gyakorlatban nem lehet a P ponton úgy felállítani, hogy mérőtömegük (m) és a P pont azonos szintfelületen legyen. Ezek szerint a C pontra vonatkozó g értéket úgy redukáljuk a P pontra, hogy meghatározzuk az A és B pontok közötti nehézségi gyorsulási különbséget (Δg), majd korrekcióba vesszük a δg_1 és δg_2 nehézségi gyorsulási különbségeket. δg_1 a relatív graviméterek ún. „műszermagassági javítása. Miután valamelyik elrendezéssel meghatároztuk a vertikális gradiens helyi értékét, segítségével ez a javítás számítható. Tekintettel arra, hogy a PA távolság mintegy 0,05-0,15 m, ezért a lineáris, vagy másodfokú függvény közelítéssel számított VG értéke között nincs a pontossági igényeket meghaladó különbség. δg_2 redukációs értéknél hasonló a helyzet, mert a ma használatos abszolút graviméterek referencia magassága típustól függően 0,8-1,1 m. Így a 0,1-0,2 m-es szakaszra (BC) jutó g értéknél a kétféle közelítés szerint számított érték között mintegy 1 μGal eltérés lehetséges. Mindezek alapján a P pont nehézségi gyorsulás értékét a:

$$g_P = g_{mért} + \Delta g + \delta g_1 \pm \delta g_2 \quad [\text{m/sec}^2]$$

összefüggéssel határozzuk meg. δg_2 előjelét az adott abszolút graviméter referenciaszintje (H_{ref}) és a C pont egymáshoz viszonyított helyzete határozza meg. Az „Egységes Európai Graviméteres Hálózat” (UEGN-2004) kiegyenlítésénél a résztvevő országok szakembereinek egyetértő döntése alapján ez utóbbi megoldást alkalmaztuk.

Végül egy fontos megjegyzés:

A táblázatokban szereplő VG értékek nem tartalmazzák a topografikus hatást. Amennyiben ezt a hatást figyelembe vesszük, akkor valós képet nyerünk a vertikális gradiens anomália viszonyairól. Ezeket az anomáliákat a Föld felszíne alatti tömegek eltérő sűrűségviszonyai okozzák. (Ebben az esetben a horizontális értelmű sűrűségviszonyokat kell érteni, mert a mélyég

függvényében változó sűrűségek – a Föld gömbhélyas szerkezete miatt – nem okoznak anomáliát.)

A közeli tömegek figyelembevétele meglehetősen bonyolult azok méreteinek és sűrűségének bizonytalan ismerete miatt. Tekintettel arra, hogy ezek a tömegek helyhez kötöttek és állandó jellegűek, ezért hatásuk a mérések későbbi megismétlésénél nem változik. *Fontos azonban, hogy a zárt helyeken, vagy nagyobb épületek közvetlen közelében végzett VG mérések eredményei nem kezelhetők együtt olyanokkal, amelyeket nyílt terepen kapunk, tehát pl. vertikális gradiens-anomália térképek szerkesztésére nem alkalmasak.*

Köszönetnyilvánítás

Vizsgálatainkat az Országos Tudományos Kutatási Alap T-031 875 és T-037 929 számú pályázatának, valamint az MTA fizikai geodéziai és geodinamikai kutató csoportjának támogatásával végeztük, amiért ezúton mondunk köszönetet.

Megköszönjük a GES Kft-nek mérési adataik rendelkezésünkre bocsátását.

HIVATKOZÁSOK

- Becker, M.-Jiang, Z.-Vitushkin, L. 2002: Adjustment of Gravity Measurements at the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters ICAG-2001 (Proc. Instrumentation and Metrology in Gravimetry, Inst. d'Europe, Münsbach Castel, Luxemburg, 28-30. October 2002.) Cahiers of ECGS, Luxemburg, Vol.22., pp. 37-43.
- Csapó Géza 1997: Effect of vertical gravity gradient on the accuracy of gravimeter measurements based on Hungarian data. Geophysical Transactions, Vol.42, No.1-2, pp. 67-81, Budapest
- Csapó Géza – Papp Gábor 2000: A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és modellezése – hazai példák alapján. Geomatikai Közlemények, III. pp. 109-123. Sopron
- Csapó Géza–Völgyesi Lajos 2002: A nehézségi erő vertikális gradiensének mérése és szerepe a nagy pontosságú graviméteres méréseknél magyarországi példák alapján. Magyar Geofizika, Vol. 43, Nr. 4, pp. 151-160.
- Csapó G.: 2004: LaCoste-Romberg (LCR) graviméterek vizsgálati és mérési útmutatója (a Geofizikai Szolgáltató Kft részére készített tanulmány)
- Hammer S.–Gumert W,G. 1984: Airborne measurement of the vertical gradient of gravity. EOS 65, No. 16., pp: 196-200.
- Röder R.H.–Wenzel H.G. 1986: Relative gravity observations at BIPM, Sevres in 1985 and 1986. BGI No. 59, pp: 177-183.

* * *

Csapó G, Völgyesi L. (2004): [Újabb mérések a vertikális gradiens \(VG\) értékének meghatározására.](#) Magyar Geofizika, Vol. 45, No. 2, pp. 64-69.

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