

A magyarországi gravimetriai alaphálózatok vonatkoztatási rendszereinek összehasonlítása¹

CSAPÓ GÉZA²

Nagyobb kiterjedésű területeken különböző időben és mérőműszerekkel végzett mérések eredményeit országos, vagy nagyobb területekre kiterjedő alaphálózatok keretében tartják nyilván. Az alaphálózatok pontjainak nehézségi gyorsulás értékeit minden esetben valamely kezdő értékre vonatkoztatják. Magyarországon a gravitációs mérések több évtizedes története során több alaphálózat létesítésére került sor, ezek vonatkoztatási értéke (referenciaszintje) a nemzetközileg elfogadott éppen aktuális rendszernek megfelelően változott az idők folyamán. A dolgozatban először röviden foglalkozunk a gravitációs mérések hazai történetével, majd az országos alaphálózatokat és azok referencia-rendszereit ismertetjük.

G. CSAPÓ: Comparison of the Hungarian gravity base networks and their reference systems

Gravity data obtained in different time and observed with different gravimeters are organized into regional or national base networks. These networks are referred to the gravity value of a reference point. Several base networks were established during the history of gravity measurements in Hungary and their reference point or system changed according to the relevant international reference system. The paper deals with the history of the Hungarian gravity measurements and familiarizes with national networks and their reference systems.

Bevezetés

A Föld alakjának minél pontosabb meghatározása a jelenkor egyik fontos tudományos és gyakorlati feladata. Megoldásához a geodézia a geometriai alapú mérések eredményeit (távolság-, szög- és csillagászati mérések) hasznosítja. A Föld alakja szoros kapcsolatban áll a nehézségi erőterrel, annak szerkezetével, ezért a tudomány nem nélkülözheti a nehézségi erőterrel kapcsolatos vizsgálatok, mérések eredményeit. A geofizika a Föld belső szerkezetének, tömegelrendeződésének kutatásával foglalkozik és ehhez fizikai jellegű méréseket alkalmaz. Mérési módszerei közül leginkább a gravitációs mérések alkalmasak arra, hogy a Föld belső tömegelrendeződését, annak hosszú idejű változásait kimutassák. A gravitációs módszerrel meghatározhatók a földfelszíni mérési pontokon a nehézségi erőter gradiensei, a nehézségi gyorsulás abszolút és relatív értéke. Amikor a gravitációs mérésekről általánosságban beszélünk, akkor ingaberendezésekkel, gradiométerekkel és graviméterekkel végzett mérésekre gondolunk. A történeti fejlődés során először a különböző ingaberendezésekkel (relatív és abszolút ingák) végzett mérések terjedtek el. A XX. század 30-as éveinek végétől ezeket a berendezéseket fokozatosan a graviméterek váltották fel, amely műszerekkel közvetlenül határozhatók meg a nehézségi gyorsulás, vagy két pont között a nehézségi gyorsulás különbségének értékei. Ezért ma a gyakorlati munkák során általában gravimetriai méréseket alkalmaznak, amelyekhez abszolút és relatív gravimétereket használnak. Az elmúlt húsz évben rohamosan fejlődött az űrgeodézia, amely a Föld alakjának tanulmányozásához légi gravimetriai és légi gradiometriai méréseket végez az e feladathoz kifejlesztett beren-

dezésekkel. A nagyobb kiterjedésű (országos, ill. kontinentális) területeken végzett különböző célú nehézségigyorsulás-mérések eredményeinek egyértelmű értelmezése csak egységes rendszerben képzelhető el; ezt az egységes rendszert — a nehézségigyorsulás-mérések esetében — az országos gravitációs alaphálózat biztosítja. A következőkben röviden szólnunk a hazai gravitációs mérésekről [CSAPÓ 2005], majd az országos alaphálózatokkal foglalkozunk.

A hazai nehézségi mérésekről

Magyarországon az első nehézségigyorsulás-mérések STERNECK 1884-ben kezdődött hazai — részben áttekintő, helyenként részletező relatív inga-mérései voltak [SZILÁRD 1980], GRUBER Lajos pedig abszolút módszerrel — egy Repsold-féle reverziós ingával — végzett nehézségigyorsulás-meghatározást Budapesten 1885-ben a várban, a Bécsi kapu környékén [GRUBER 1886]. Ilyen berendezéssel számos európai ország gravitációs alappontját határozták meg. EÖTVÖS korszakalkotó találmányának, a torziós ingának gyakorlati alkalmazása nagy lökést adott a hazai nehézségigyorsulás-méréseknek; a főleg földtani célú mérések nagymértékben segítették a nehézségi erőter magyarországi szerkezetének megismerését. Haláláig mintegy 1400 állomáson végeztek méréseket a torziós ingával, összességében pedig mintegy 60 000 állomás mérésére került sor hazánkban. A húszas évektől kezdve az ingák mellett egyre nagyobb szerephez jutottak az ipari nyersanyagkutatást szolgáló, hatékony, gyors és gazdaságosan végezhető mérést biztosító graviméterek. A mérési pontok számának növekedésével egyre nyilvánvalóbb lett, hogy a különböző területeken, különböző időben és berendezésekkel végzett nehézségigyorsulás-mérések eredményeinek egységes értelmezése nehézségekbe ütközik, ezért szükségessé vált a mérések egységes rendszerbe foglalása.

¹ Beérkezett: 2008. május 8-án

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

A hazai országos alaphálózatok létesítésének előzményei

A magyarországi országos gravitációs alaphálózat létrehozása lényegében OLTAY Károly munkásságával kezdődött, akinek nevéhez nem csupán a budapesti országos főalappont létrehozása kapcsolódik, de az alaphálózat dunántúli részének mérése is. 1933-ig összesen 110 állomáson határozta meg relatív inga-berendezésekkel a nehézségi gyorsulás értékét. Ezen pontok nehézségi gyorsulás értékének átlagos megbízhatósága mintegy $\pm 1,5$ mGal volt [OLTAY 1933]. A kőolajkutatás érdekében egyre több torzióinga-mérést végeztek a Dunántúlon, a mérések azonban egymástól elkülönült, viszonylag kis területeken folytak. Ezen mérések egységesítése céljából 1939–41 között FACSINAY László 141 pontból álló hálózatot telepített, amely hálózat mérését egy Tanakadate gyártmányú asztalizált graviméterrel végezte [FACSINAY 1942]. A hálózat kiegyenlítés utáni középhibájára $\pm 0,15$ mGal-t kapott, ami egy teljes nagyságrenddel jobb az ingamérésekkel elért középhibánál. Ettől az időtől kezdve az alaphálózati munkákhoz már zömében gravimétereket alkalmaztak, mert ezek néhány száz mGal nehézségi gyorsulás különbségű (Δg) mérési tartományban lényegesen nagyobb pontosságot biztosítanak, mint a relatív ingák. A minél nagyobb megbízhatóságú és minél nagyobb területre kiterjedő gravimetriai hálózatokat metrológiai szempontok is indokolják, nevezetesen az, hogy valamiféle egységes etalon álljon rendelkezésre mindazon feladatok megoldásához, amelyekhez a nehézségi gyorsulás ismerete szükséges, illetve a mérésekhez alkalmazott különböző műszerek kalibrálásához. Ezek a szempontok indokolták elsősorban a Nemzetközi Geodéziai Szövetség (IAG) által ösztönzött különböző gravimetriai rendszerek bevezetését (Bécsi Gravitációs Rendszer — 1900, Potsdami Gravitációs Rendszer — 1909).

Mind az európai, mind a hazai gravimetria fejlődésének motorja az IUGG (Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió) 1948-ban Oslóban tartott konferenciája volt. Ezen a tanácskozáson fogadták el azt az ajánlást, amely szerint célszerű és szükséges lenne az európai országok gravimetriai alaphálózatainak létrehozása.

A magyarországi országos gravimetriai hálózatok

Az oslói értekezlet javaslatát a Magyar Tudományos Akadémia is támogatta. A tudományos igények és a gyakorlat szükségessége egybeesvén, 1950-ben az ELGI egy akkoriban korszerű Heiland gyártmányú fémrugós, asztalizált gravimétert vásárolt és ezzel a műszerrel létrehozta hazánk első önálló — az egész ország területére kiterjedő — gravimetriai alaphálózatát, amelyet később MGH-50 néven tartottak számon [FACSINAY, SZILÁRD 1956]. Ez a hálózat két részből állt: a 16 pontból álló I.-rendű részt 1951-ben létesítették és mérték, 1950–55 között pedig 493 pontból álló II.-rendű hálózatot fejlesztettek. A méréseket három- és négyszög poligonok sarokpontjaiba telepített pontok többszöri körbejárásával végezték. A műszer az I.-rendű rész mérésénél repülőgéppel, a II.-rendűnél gépkocsival szállították. Későbbi hálózatokkal történő összehasonlíthatóság lehetőségének biztosítására 16 db különlegesen kiképzett pontjellel állandósított pontot is telepítettek (ún. „akadémiai

pontok”), amelyeket gondosan összemértek a közelükben lévő I.-rendű ponttal. E pontok magasságát BENDEFY László határozta meg azoknak az országos szintezési hálózatba történt bekötésével. A többi bázispont magasságát az ELGI munkatársai határozták meg. A graviméter kalibrálására — kalibráló alapvonal hiányában — nem volt lehetőség, ezért a mérési eredmények feldolgozásánál a gyár által megadott műszerszorozóval számolták át a skálaleolvasásokat mGal egységre. A mérési eredményeket műszerjárási és azimutjavítással [KOMÁROMY 1952] látták el, az I.-rendű méréseknél még árapály hatás miatti javítást is alkalmaztak. A két hálózatrészt külön-külön egyenlítették ki a legkisebb négyzetek módszerével. A II.-rendű hálózat kiegyenlítésénél kényszerértékeknek az I.-rendű hálózat kiegyenlítéséből nyert nehézségi gyorsulási értékeket fogadták el. A hálózat kiegyenlítés utáni középhibája $\pm 0,029$ mGal volt.

Az MGH-50 kapcsolata a potsdami rendszerrel

A potsdami gravitációs rendszer kezdőpontjának értékét KÜHNEN és FURTWÄNGLER határozta meg 1906-ban, amely értékre 981 274 mGal adódott. A potsdami kezdőpontról relatív inga-méréssel OLTAY Károly 1908-ban vezetett le a Budapesti Műszaki Egyetem Geodéziai Intézetében telepített alappontra nehézségi gyorsulási értéket: $g_{\text{Budapest}} = 980\,852$ mGal. A hazai gravimetriai alaphálózat kiinduló (referencia) értékül azonban nem pontosan ezt az értéket, hanem a MORELLI által kiegyenlített európai főhálózatból származó $g = 980\,853$ mGal értéket fogadták el. A műgyetemi főpont és további 3 bázishálózati pont (a Műgyetem kertjében, a Petneházi réten és a Ferihegyi repülőtéren) bevonásával egy ún. „kishálózatot” létesítettek, majd e szűkebb hálózat méréseivel, illetve e hálózat kiegyenlítésével kapták az MGH-50 Ferihegyi I.-rendű pont nehézségi gyorsulás értékét:

$$g_{\text{Ferihegy}} = 980\,824,50 \text{ mGal.}$$

Ez az érték az MGH-50 I.-rendű hálózat kiinduló értéke (a kiegyenlítés kényszerértéke).

A földtani célokat szolgáló rendellenességi (anomália) térképek előállításához az észlelt g értékeket terephatás miatti javítással látták el, meghatározták a pontok „normális nehézségi gyorsulási” értékét (ehhez az 1930-as, Heiskanen–Cassinis féle nemzetközi képletet alkalmazták), Bouguer-, Faye- és izosztatikus javításokat számoltak. A Bouguer-redukciót $\sigma = 2,67$ értékkel, az izosztatikus anomáliát $T = 30$ km kéregvastagságot feltételezve számították [FACSINAY 1948]. A pontok földrajzi koordinátái a Kraszovszkij-féle ellipszoidra vonatkoznak, a magasságok Balti rendszerűek. A kiegyenlített nehézségi gyorsulási értékek nem a hálózati pontok állandósított pontjeliére, hanem a fölötti magasságra vonatkoznak (lásd később)!

A második országos gravimetriai alaphálózat (MGH-80)

A hetvenes évek derekán jelentős állami alapmunka kezdődött hazánkban: az országos ún. „kéregmozgási szintezési hálózat” munkálatai. Ezek a munkák graviméteres méréseket is igényeltek a normálmagasság meghatározásához szükséges gravimetriai javításhoz. A szintezési vonalak graviméteres méréseit 1973–1979 között hajtottuk végre. A

kéregmozgási szintezési hálózat munkálataihoz kapcsolódóan került sor az *MGH-50* országos gravimetriai alaphálózat II.-rendű pontjainak felújítására és új pontjainak építésére, majd ezután 1981–1988 között az új országos alaphálózat (*MGH-80*) II.-rendű részének méréseire. Erre azért volt szükség, mert a 60–70-es években bekövetkezett változások (a mezőgazdasági nagyüzemek és ipari létesítmények telepítése, úthálózat fejlesztése stb.) azt eredményezték, hogy az *MGH-50* bázispontjai rohamosan pusztultak, vagy váltak mérésre alkalmatlanná. Az új, 389 pontból álló II.-rendű hálózatot háromszögekből alakítottuk ki úgy, hogy a szomszédos pontok között a nehézségi gyorsulás különbsége nem haladta meg a 35–40 mGal-t [CSAPÓ, SÁRHIDAI 1990a]. Ebben a munkában két Sharpe graviméteren (No.181-G és No.256-G) kívül már egy korszerű LCR-G gravimétert (No.1919) is alkalmaztunk a mérésekhez. A hálózati mérések megkezdése előtt a gravimétereket az országos graviméterkalibráló alapvonalon kalibráltuk. Ezt a vonalat 1969–70-ben létesítettük Szeged és Balassagyarmat között; mérését nemzetközi együttműködésben végeztük különböző gyártmányú (Askania, Worden, Sharpe, GAG-2) graviméterekkel. A vonalpontok közötti Δg értékek megbízhatósága $\pm 0,02$ mGal volt, a nehézségi gyorsulási értékek potsdami rendszerűek.

Az új hálózat 5 „abszolút állomást” és 18 repülőtéri I.-rendű hálózati pontot tartalmazott. A szomszédos I.-rendű pontok közötti kapcsolatokat A-B-A-B-A sorrendben, cseh és szlovák mérőcsoporttal közösen, AN-2 és Pilátus-Porter típusú repülőgépekkel végzett műszerszállítással 1982-ben mértük. Az új hálózat kiegyenlítését kötött hálózatként végeztük, ahol a hálózat kényszerértékei az abszolút állomások g értékei voltak. Az *MGH-50* kiegyenlítési módjától eltérően az I.- és II.-rendű hálózatot együtt egyenlítettük ki a legkisebb négyzetek módszerének ún. „dán iterációs eljárásával” [CSAPÓ, SÁRHIDAI 1990b]. Az *MGH-50* és az *MGH-80* hálózati pontok közötti mérésekből nemcsak a két hálózat közötti transzformációs egyenletet határoztuk meg, de azt is kimutattuk, hogy a potsdami és az „abszolút” rendszer közötti eltérés hazánk területén $-13,94$ mGal.

Az *MGH-80* vonatkoztatási rendszere

Ismeretes, hogy a hatvanas évektől kezdődően egyre több európai graviméteres állomáson határozták meg a nehézségi gyorsulás értékét abszolút módszerrel, abszolút graviméterekkel. Ezen szaporodó mérések eredményei igazolták azt a korábbi felismerést, amely szerint a potsdami gravitációs rendszer kezdőértéke mintegy $13,8\text{--}14,1$ mGal értékkel magasabb a ténylegesnél. Ezért a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió (IUGG) 1971. évi moszkvai XV. kongresszusán elhatározták a potsdami kezdőérték $14,0$ mGal értékkel történő csökkentését. Az így definiált rendszert ISGN-71 gravimetriai referencia-rendszernek nevezték el [MORELLI 1974].

A hazai áttekintő graviméteres mérések a hetvenes évek derekán befejeződtek, a mintegy $380\,000$ mérési pont adatait ma is az *MGH-50* rendszerében tartjuk nyilván. Akkorra az *MGH-50* bázispontjainak nagy része is elpusztult. Ezért az nem volt járható út, hogy az *MGH-50* bázisértékeit 14 mGal-lal lecsökkentve átvegyük az ISGN-71 rendszert. Tekintettel arra, hogy 1978–85 között — a volt szo-

cialista országok közötti együttműködés keretében — a novoszibirszki gyártású GABL abszolút graviméterrel hazánk területén 5 abszolút állomás mérésére került sor, az előbbi pontban leírtaknak megfelelően az *MGH-80* gravimetriai alaphálózatunk referencia-rendszere tulajdonképpen abszolút rendszer. A Párizsban rendszeresen végzett nemzetközi ún. „körvizsgálatok” eredményei szerint ugyanis a gyakorlatban alkalmazott abszolút graviméterek (beleértve a GABL berendezést is) mérési eredményei egymástól $0,01$ mGal-nál nagyobb mértékben nem térnek el.

A terepi graviméteres mérések (mind az áttekintő, mind a későbbiekben végzett sűrítő méréseket ideértve) eredményeit csak úgy lehetett az ELGI által gondozott országos gravimetriai adatbázisba integrálni, hogy meghatároztuk a két rendszer közötti transzformációs függvényt.

Az *MGH-50* és *MGH-80* kapcsolatának megteremtése transzformációs függvény meghatározásával

A függvény előállításához a még fellelhető mintegy 50 db *MGH-50*-es bázispontot összemértük az *MGH-80* hozzájuk legközelebbi két-három bázispontjával. Ezután két kötött hálózat szerinti kiegyenlítést hajtottunk végre. Az elsőben az *MGH-50* meglévő bázispontjainak g értéke, a másodikban az *MGH-80* megfelelő pontjaié voltak a kiegyenlítés kényszerértékei. A kiegyenlítések eredményeként rendelkezésünkre állt valamennyi összemért hálózati pont mindkét rendszerbeli g értéke. Ezután pontonként képeztük a két kiegyenlítésből nyert g értékek különbségét ($\Delta g_i = g_i^{1950} - g_i^{1980}$). A különbségekkel izovonalas térképet szerkesztettünk. Az eltérések azt mutatták, hogy egyértelmű összefüggés létezik a két rendszer Δg értékei és a földrajzi szélesség között (1. ábra).

Mivel a Δg_i értékek a hely függvényében csak kis mértékben változnak, ezért a két hálózat nem mért pontjainak g értékei egy harmadfokú polinom segítségével ki számíthatók. A polinom együtthatóit a legkisebb négyzetek módszerével, a közvetett mérések kiegyenlítési csoportjának összefüggései segítségével határoztuk meg. A közvetítőegyenletek általános alakja:

$$\Delta g_i = a_0 + a_1 \cdot \varphi_i + a_2 \cdot \lambda_i + a_3 \cdot \varphi_i \lambda_i + \dots + a_j \cdot \varphi_i^n \cdot \lambda_i^n = f(\varphi_i, \lambda_i) \quad (1)$$

ahol

φ_i, λ_i — a kérdéses pont földrajzi koordinátái,
 $a_1, a_2, \dots, a_j$ — a polinom ismeretlen együtthatói,
 n — a polinom foka.

Az i -ik ponthoz tartozó közvetítőegyenlet:

$$L_{\Delta g_i} + v_{\Delta g_i} = f(\varphi_i, \lambda_i) \quad (2)$$

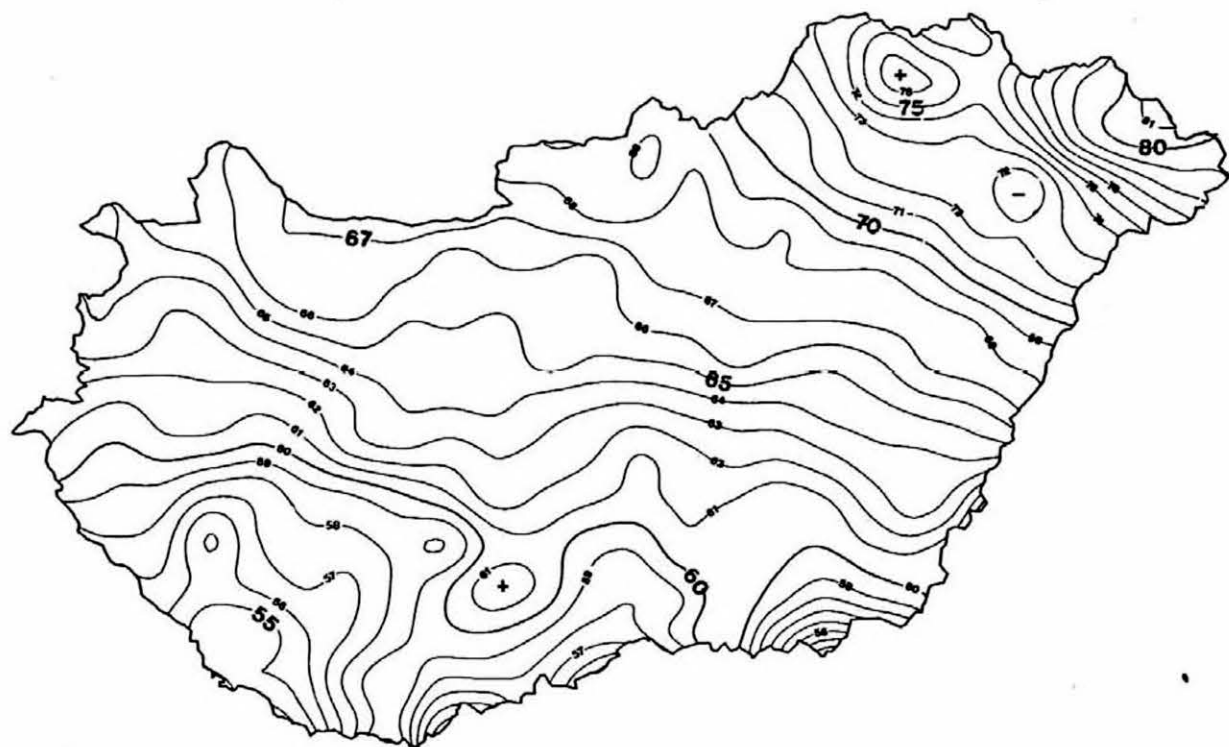
ahol

$v_{\Delta g_i}$ — az i -ik ponthoz tartozó mérési javítás,
 $L_{\Delta g_i}$ — az i -ik pont mérési eredménye.

A közvetítőegyenletből az ismeretlenek parciális deriváltjai segítségével előállítottuk a linearizált javítási egyenletet:

$$v_{\Delta g_i} = f(\varphi_i, \lambda_i) - L_{\Delta g_i} \quad (3)$$

Ha a felület meghatározásába m pontot vonunk be, akkor a javítási egyenletek:



1. ábra. Az MGH-50 és MGH-80 g értékeinek eltérés-térképe (μGal-ban)

Fig. 1. Areal distribution of the observed difference between gravity base networks MGH-50 and MGH-80 (in μGal)

$$\begin{bmatrix} v_{\Delta g1} \\ v_{\Delta g2} \\ \vdots \\ v_{\Delta gm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \varphi_1 & \lambda_1 & \varphi_1 \lambda_1 & \dots & \varphi_1^n \lambda_1^n \\ 1 & \varphi_2 & \lambda_2 & \varphi_2 \lambda_2 & \dots & \varphi_2^n \lambda_2^n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & \varphi_m & \lambda_m & \varphi_m \lambda_m & \dots & \varphi_m^n \lambda_m^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta a_0 \\ \Delta a_1 \\ \Delta a_2 \\ \vdots \\ \Delta a_j \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} L_{\Delta g1} \\ L_{\Delta g2} \\ \vdots \\ L_{\Delta gm} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_{01} \\ f_{02} \\ \vdots \\ f_{0m} \end{bmatrix} \quad (4)$$

ahol

$f_{01}, f_{02} \dots f_{0m}$ — a meghatározandó függvénynek a paraméterek előzetes értékeivel számolt érték.

Mátrixos írásmódban

$$\mathbf{v} = \mathbf{A} \cdot \Delta \mathbf{a} + \mathbf{f}_0 - \mathbf{L} = \mathbf{A} \cdot \Delta \mathbf{a} - \mathbf{I} \quad (5)$$

A fölösmérések birtokában a feladat egyértelmű megoldása a

$$\mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} = \min. \quad (6)$$

feltétel kielégítésével biztosítható, ami a

$$(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A}) \cdot \mathbf{a} = \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{I} \quad (7)$$

normálegyenlet megoldásából adódik (a (6) összefüggésben $\mathbf{P}$ egységmátrix). Ebből az átszámító felület együtthatóinak előzetes értékeihez képesti változásait a következő összefüggéssel számítottuk:

$$\Delta \mathbf{a} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \cdot \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{I} \quad (8)$$

Végül a felület együtthatói:

$$a_i = a_{0i} + \Delta a_i.$$

Mindezekkel a transzformációs függvény:

$$\begin{aligned} g_P^{(MGH-50)} - g_P^{(MGH-80)} = & 1334,623 - 2,615 \Delta \varphi - 0,87 \Delta \lambda + \\ & + 0,884759 \Delta \varphi \Delta \lambda + 6,476951 \Delta \varphi^2 + 0,206357 \Delta \lambda^2 + \\ & + 1,991854 \Delta \varphi^3 - 0,051530 \Delta \lambda^3 - 0,345641 \Delta \varphi \Delta \lambda^2 - \\ & + 0,567867 \Delta \varphi^2 \Delta \lambda \end{aligned} \quad (9)$$

A (9) összefüggésben

$$\Delta \varphi = \varphi_P - 47,833^\circ \quad \text{és} \quad \Delta \lambda = \lambda_P - 16,000^\circ.$$

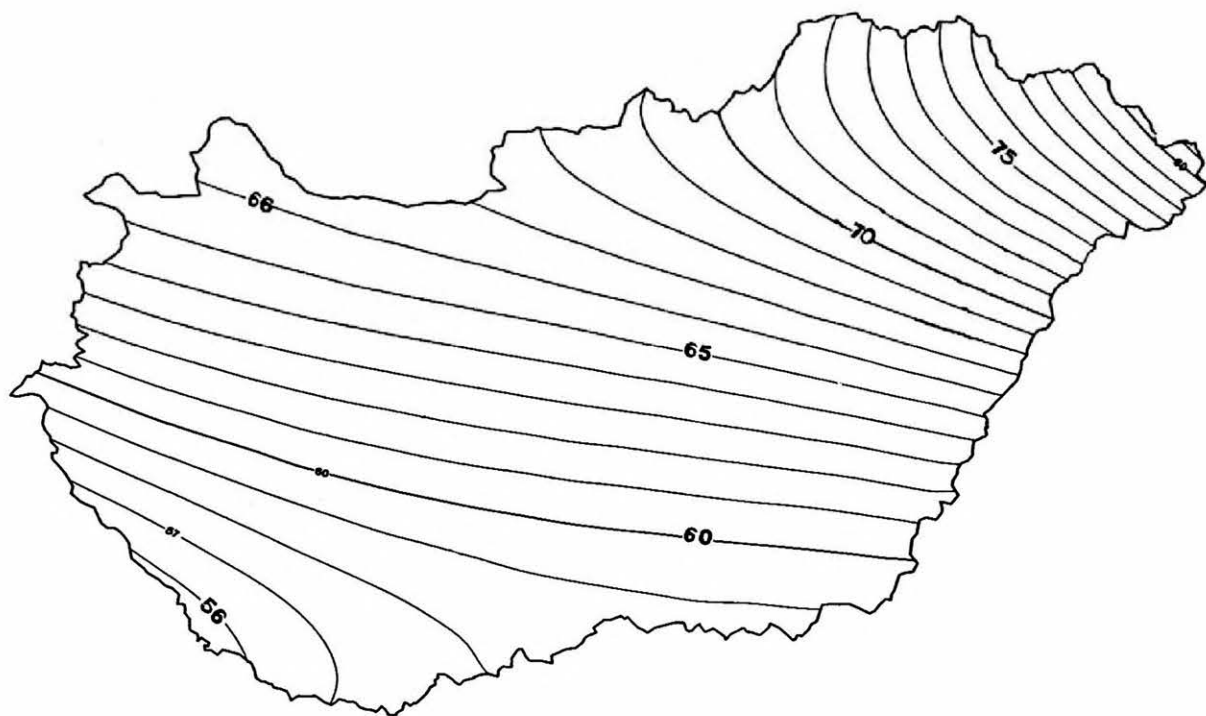
(Az összefüggésbe $\Delta \varphi$ és $\Delta \lambda$ tized fokban helyettesítendő, az eredmény pedig 0,01 mGal egységben adódik).

A (9) egyenlettel kiszámítottuk az eltéréseket és ezek alapján ábráztuk az eltérések területi eloszlását (2. ábra). Végül a maradék eltéréseket ábráztuk a függvény alkalmazása után (3. ábra).

A (9) függvény használhatóságát bizonyítja, hogy „eltűnt” a különbségek szabályossága, a maradék eltérések csupán az ország ÉK-i határvidékén érik el a 0,03 mGal értéket. A transzformációs egyenletnek emellett, hogy számos vizsgálat elvégzéséhez nyújt segítséget, nagy gyakorlati jelentősége is van, mert lehetővé tette az MGH-50 rendszerben korábban mért mintegy 380 000 magyarországi graviméteres pont nehézségi gyorsulási értékének átszámítását az új rendszerbe.

Megjegyzések a transzformációs függvénnyel kapcsolatban:

- 1) A felületillesztéssel végzett kapcsolatteremtés minősége erősen függ a mindkét rendszerben mért ún. „illesztő pontok” számától és azok területi elrendeződésétől. A 3. ábra tanúsága szerint az alkalmazott eljárás eredménye esetünkben jónak mondható.



2. ábra. Az eltérések területi eloszlása a függvény alapján (μGal -ban)

Fig. 2. Areal distribution of the difference calculated from the approximation function in μGal



3. ábra. Maradék eltérések (izovonalak $0,01\text{mGal}$ -ban)

Fig. 3. Areal distribution of the residual (isolines in 0.01 mGal)

2) Az MGH-50 hálózati méréseit — és a későbbiekben a terepi méréseket is — a Heiland graviméterrel egy kb. 70 cm fix magasságú állványon végezték és a mérések feldolgozásánál nem alkalmaztak műszermagassági javítást.

Ez azt jelenti, hogy az általános gyakorlattal ellentétben az így meghatározott pontok g értékei nem a talajszintre (ill. az állandósított pontjelre), hanem egy 70 cm-rel e fölötti fiktív pontra vonatkoznak! A transz-

formációs függvény előállításánál erre nem voltunk tekintettel. Ez azt jelenti, hogy az MGH-50 pontkatalógusában szereplő pontok g értékei mintegy 0,22 mGal (!) értékkel alacsonyabbak az adott pont talajszintre vonatkozó tényleges g értékeknél. — azoknál, amelyeket a műszer-magassági javítás figyelembe vételével kaptunk volna a vertikális gradiens (VG) normálértékével (−0,3086 mGal/m) számítva. Későbbi kutatások biztonsága alapján [CSAPÓ 2001] a VG értéke Magyarországon akár 20%-kal is eltérhet ettől a normálértéktől, ami a Δg mérések eredményében maximum 0,01 mGal hatást eredményezhet — a magassági javítás figyelembevételének módjától függően. Ugyancsak nem alkalmaztak műszermagassági javítást a későbbiekben beszerzett *Sharpe*, ill. *Worden* graviméterekkel végzett „országos áttekintő graviméteres mérések” során sem egészen a '70-es elejéig. Miután ezeket a terepi méréseket változtatható magasságú műszer-állványon (vagy anélkül) végezték, az egyes pontok számított g értékei között változó nagyságú véletlen eltérések adódtak — még egy mérési sorozaton belül is. Ily módon ezen pontok tényleges g értékei is nagyobbak az országos adatbázisban szereplő értékeknél.

A jelenlegi, harmadik hazai országos gravimetriai alaphálózat (MGH-2000)

A jelenleg aktuális országos gravimetriai alaphálózat folyamatos fejlesztés eredménye. Az 1990-es rendszerváltozás után feloldották a gravimetriai adatokra vonatkozó „szigorúan titkos” minősítést, aminek következtében mód nyílt arra, hogy részt vegyünk olyan nemzetközi együttműködésben végzett gravimetriai programokban, amelyek lehetővé tették, hogy alaphálózatunkat összekapcsoljuk az 1993-ban létesített „Egységes Európai Gravimetriai Hálózattal” (UEGN). E munka keretében 1993–2004 között számos kiegészítő relatív mérést végeztünk LCR gravimétereinkkel (elsősorban az addig már 15-re szaporodott abszolút állomásunk és többi alaphálózati pontunk között) és folyamatosan pótoltuk az idők folyamán elpusztult hálózati pontokat és néhány új pontot is létesítettünk. Az alaphálózatból célszerűen kiválasztott mintegy 40 pontból álló hálózattal csatlakoztunk az UEGN02 hálózathoz. Ez a kisebb hálózat képezi az UEGN magyarországi szakaszát [CSAPÓ, VÖLGYESI 2002].

Az MGH-2000 vonatkoztatási rendszere

Az MGH-2000 kiegyenlítését 2005-ben hajtottuk végre. A hálózat kiegyenlítését az MGH-80 hálózat ismertetésénél leírt módon végeztük. Tekintettel arra, hogy a 15 abszolút állomáson — telepítésük és első mérések óta — egy, vagy több ismétlődő g meghatározást is végeztek különböző gyártmányú abszolút graviméterrel (*GABL*, *JILA-g*, *AXIS*), a kötött hálózat szerint végzett kiegyenlítésnél kényszerértékeknek az abszolút állomások legutolsó mérési eredményét fogadtuk el (az ismétlődő mérések célja egyébként a nehézségi erőter magyarországi része időbeli változásainak tanulmányozása). A hálózat kiegyenlítés utáni középhibája $\pm 0,014$ mGal. A hálózat vonatkoztatási rendszere az abszolút rendszer, ami az abszolút módszerrel meghatározott

nehézségi gyorsulási értékeken keresztül realizálódik. Ebből következik, hogy a korábbi referencia-rendszerek „kiinduló értékei” elvesztették jelentőségüket, mert az abszolút állomások mindegyikének g értéke — függetlenül azok földrajzi helyétől — kiinduló értéknek tekinthető.

2005-ben személyesen is részt vettünk az UEGN02 kiegyenlítésében (2005 októbere, München), amelynek eredményéről részletes ismertető található a szakirodalomban [BOEDECKER 2007]. Ez a kiegyenlítés ún. „szabad hálózatos” kiegyenlítés volt, amelynél a többször mért abszolút állomások valamennyi értékét figyelembe vettük. Elvégeztük a két hálózati kiegyenlítésben szereplő közös hazai pontokra (az UEGN02 magyarországi hálózatrészére vonatkozóan) a kétféle kiegyenlítésből nyert g értékek összehasonlítását: az egyes pontoknak a kétféle kiegyenlítésből származó értékei között csupán maximum 0,01–0,02 mGal eltérések adódtak.

HIVATKOZÁSOK

- BOEDECKER G. 2007: United European Gravity Network (UEGN02) Final Report. Publications of the committee for international geodesy of the Bavarian Academy of Sciences and Humanities, Astronomic geodetic works 63, München
- CSAPÓ G. 2001: A nehézségi erő vertikális gradiensének (VG) mérése és szerepe nagy pontosságú graviméteres méréseknél. *Mérésügyi Közlemények* 3, 67–72
- CSAPÓ G. 2005: Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet geodéziai vonatkozású gravitációs kutatásai napjainkig. *Magyar Geofizika* 46, 2, 67–77
- CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990a: Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH-80). *Geodézia és Kartográfia* 42, 2, 110–116
- CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990b: Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH-80) kiegyenlítése. *Geodézia és Kartográfia* 42, 3, 181–190
- CSAPÓ G., VÖLGYESI L. 2002: Hungary's new gravity base network (MGH-2000) and its connection to the European Unified Gravity Net. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 125, p.72–77
- FACSINAY L. 1942: A dunántúli relatív ingaállomásokon mért nehézségi anomáliák újabb meghatározása graviméterrel. (Doktori értekezés), Pécs. (ELGI könyvtárban)
- FACSINAY L. 1948: Isostatic Anomalies of Transdanubia (Hungary) according to the gravity meter measurements. *Geofisica Pura et Applicata* XIII, 1–2, 28–42, Milano
- FACSINAY L., SZILÁRD J. 1956: A magyar országos gravitációs alaphálózat. *Geofizikai Közlemények* V, 2, 3–49
- GRUBER L. 1886: A földnehézség meghatározása Budapesten 1885-ben. *Matematikai és Természettudományi Értesítő* 4, 80–83
- KOMÁROMY I. 1952: Jelentés az országos II. rendű gravitációs bázishálózat 1951. évben végzett méréseiről (az MBFH Adattárában)
- MORELLI C. 1974: The International Gravity Standardization Net 1971 (I.G.S.N.71). Association Internationale de Geodesie, publication speciale 4, p. 18, Paris
- OLTAY K. 1933: A Magyar Geodéziai Intézet működése 1930–1932 között (francia és magyar nyelven). *Geodéziai Közöny* 10, 1–16
- SZILÁRD J. 1980: Sterneck érdemei a nehézségi erő mérése terén. *Geodézia és Kartográfia* 2, 105–110