

TDK DOLGOZAT

Wéber Mónika

2012

Nyugat-magyarországi Egyetem
Geoinformatikai Kar

Egy új gravimetriai alappont állandósítása és bemérése az alaphálózatba

TDK DOLGOZAT

Konzulens:

Dr. Csapó Géza,
Magyar Földtani és Geofizikai Intézet,
Dr. Földvály Lóránt
BME Általános- és Felsőgeodézia Tanszék
(az NyME GEO-n a felsőgeodézia tárgy előadója)

Készítette:

Wéber Mónika
Nappali tagozat
Földmérő és földrendező szak
Geoinformatikai szakirány

Székesfehérvár

2012

NYILATKOZAT

Alulírott**Wéber Mónika**..... (neptun kód: **U1079P**.....) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a ... Egy új gravimetriai alappont állandósítása és bemérése az alaphálózatba... című

TDK dolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait*, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Nyugat-Magyarországi Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Székesfehérvár, 2012.11.23.

.....

Hallgató

1. ¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét - az átvévő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.**

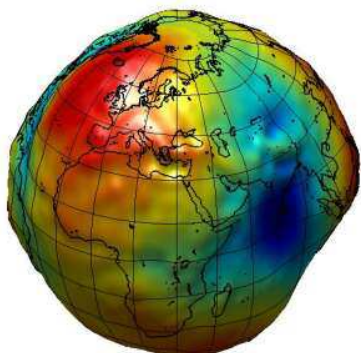
2. **36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.**

Tartalom

1.	Bevezetés	1
2.	Egy országos gravimetriai hálózat létesítésének lépései	6
2.1.	Ponthelyek kiválasztása.....	6
2.2.	Mérési pontok kialakítása	6
2.3.	Mérési pontok koordinátáinak meghatározása	8
2.4.	Mérőműszerek kiválasztása	9
2.5.	A mérőműszerek kalibrálása (egységes méretarány meghatározása).....	11
3.	A hálózati pontok közötti mérés	13
3.1.	A hálózati pontok mérésének rendszere	13
3.2.	A műszerszállítás eszköze.....	14
3.3.	Gravimetriai mérések a hálózati pontok között.....	16
4.	Mérési eredmények kiegyenlítése	20
4.1.	A mérési eredmények előfeldolgozása.....	20
4.2.	A kiegyenlítés módszerének megválasztása	21
4.3.	A kiegyenlítés eredménye, értékelés	22
5.	Végkövetkeztetés	23
6.	Irodalomjegyzék	24
7.	Köszönetnyilvánítás.....	25
8.	Mellékletek.....	25

1. Bevezetés

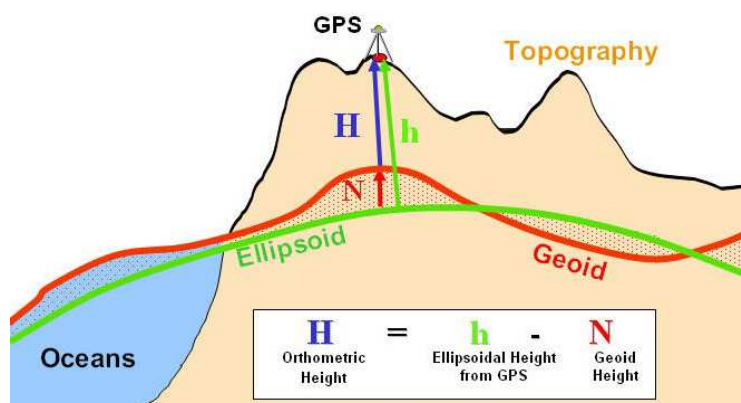
A témaválasztást a felsőgeodézia tantárgy ihlette. A felsőgeodézia egyebek mellett a



Föld elméleti alakjának meghatározásával foglalkozik, amelyet geoidnak nevezünk. A geoid a Föld–nehézségi potenciáljának egy kiemelt szintfelülete, amelyet a középtengerszinttel becsülnek (lásd. 1.1. ábra). A geoid jelentősége a köznapi életben a magassági referenciaszint megadásában van. Napjaink mérési

1.1 ábra

technikái közül a GPS vevők a magasságot a WGS84 ellipszoid felett értelmezik. Ahhoz, hogy a tengerszint feletti magasságot megkaphassuk, a GPS-vevőnek számításba kell vennie a geoidundulációt (N), ami a geoid és az ellipszoid távolsága (lásd. 1.2. ábra) [Bácsatyai, 2010].

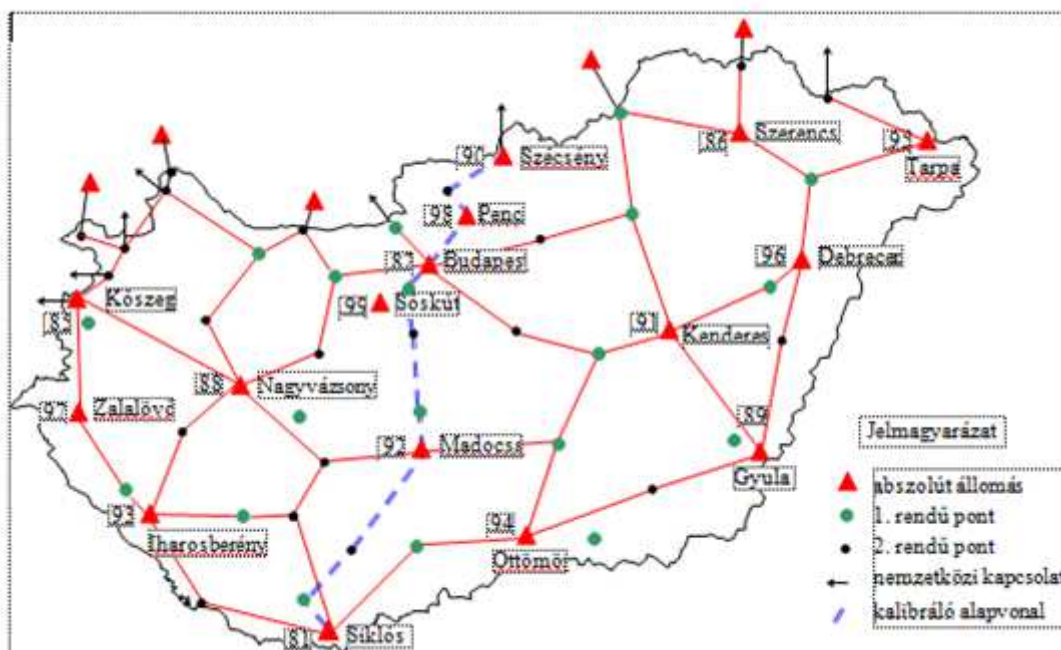


1.2. ábra

A Föld nehézségi erőterére vonatkozó ismereteket a gravimetria tartalmazza [részletesen lásd: Torge, 1989]. Egy adott feladathoz szükséges méréshez gravimetriai alappontokat használnak fel. Az ország területén kellő számú, egyenletes eloszlásban telepített alappontokból hálózatot képeznek, és erre támaszkodva végzik a célnak megfelelő részletméréseket. Ezáltal a különböző időben, különböző területeken és műszerekkel végzett mérések egységes, homogén rendszerben ábrázolhatók.

A hazai alaphálózatokkal a felsőgeodéziai foglalkozik. A gravimetriai alaphálózat is geodéziai hálózat, ezért szerettem volna megismerkedni a gravimetriai mérésnek a folyamatával és érdekességeivel. Korábban már megtanultuk, hogy a Föld valójában nem gömb alakú. Szerettem volna megtudni, hogy ez miért van így és élőben is meg tapasztalni a bizonyítékokat, legalábbis egy kis részét, ezzel kibővítve az órán tanult ismereteimet.

Az új hazai gravimetriai alaphálózat az MGH–2000 [Csapó, 2000]. Az alaphálózat nullad-, első- és másodrendű hálózatról áll. A Magyarországon 1989-ben bekövetkezett politikai változások egyik következménye a gravimetriai adatok titkosságának megszüntetése volt, ami lehetővé tette a szakterület kutatóinak bekapcsolódását a nemzetközi szakmai szervezetek munkaprogramjaiba. Ennek köszönhetően lehetségessé vált az országos hálózat csatlakoztatása az „Egységes Európai Gravimetriai Hálózat”-hoz (UEGN) [Boedecker, 1993].



1.3. ábra

1994-ben kezdődtek azok a munkák, amelyek az UEGN-hez történő csatlakozásához szükségesek voltak: az abszolút állomások között kijelölt I., vagy II. rendű bázispontok Δg értékeit 4 db LCR–G műszerrel határozták meg, gépkocsival történő műszerszállítással. A kiválasztott bázispontok (lásd 1.3. ábra) kötőpontként szolgáltak az egymáshoz viszonylag nagy távolságban lévő abszolút állomások közötti méréseknél. A határvonal közeli bázispontokat a szomszédos Ausztria és Szlovákia határhoz közeli abszolút állomásaival is összemérték. A 2005-ben kiegyenlített UEGN-ben 44 hazai állomás szerepel.

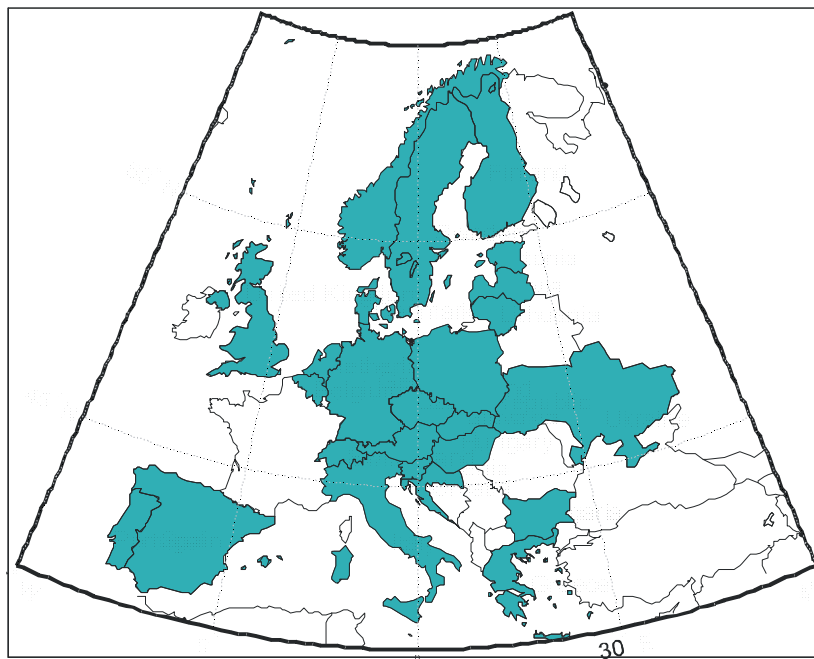
Az UEGN-hez csatlakozás idején (2004) a nulladrendű hálózatrész 15 abszolút állomásból állt. Az abszolút pontok g értékének meghatározásához abszolút gravimétereket (JILAg, AXIS, stb.) használnak, melyek mérési megbízhatósága jobb, mint a részletméréseknél alkalmazott relatív gravimétereké. Céljuk az országos alaphálózat egységes méretarányának biztosítása és ellenőrzése a pontokon végzett

ismétlő meghatározásokkal. Ezek a pontok a főpontjai a nagyobb (regionális és kontinentális) hálózatoknak is. Jelentős épületek legalsó szintjére telepítették őket. Állandósításuk hazánkban általában 120x120x100 cm méretű, padlósintig süllyesztett betontömbökkel történt, melyek felső síklapja közepében sárgaréz gomb/tárcsa rögzíti a pont Balti tengerszint feletti magasságát. Valamennyi állomáshoz legalább egy, az épületen kívül 80x80x100 cm méretű betontömbbel állandósított - ún. excenterpont tartozik, amelyek g értékének az abszolút ponthoz képesti megbízhatósága nem rosszabb 5 μ Gal-nál. Az országos szintezési hálózat 2-3 pontjáról szintezéssel meghatározott magasság relatív megbízhatósága 1-5 mm, a nehézségi gyorsulás értékek 1,5-3 μ Gal megbízhatóságúak.

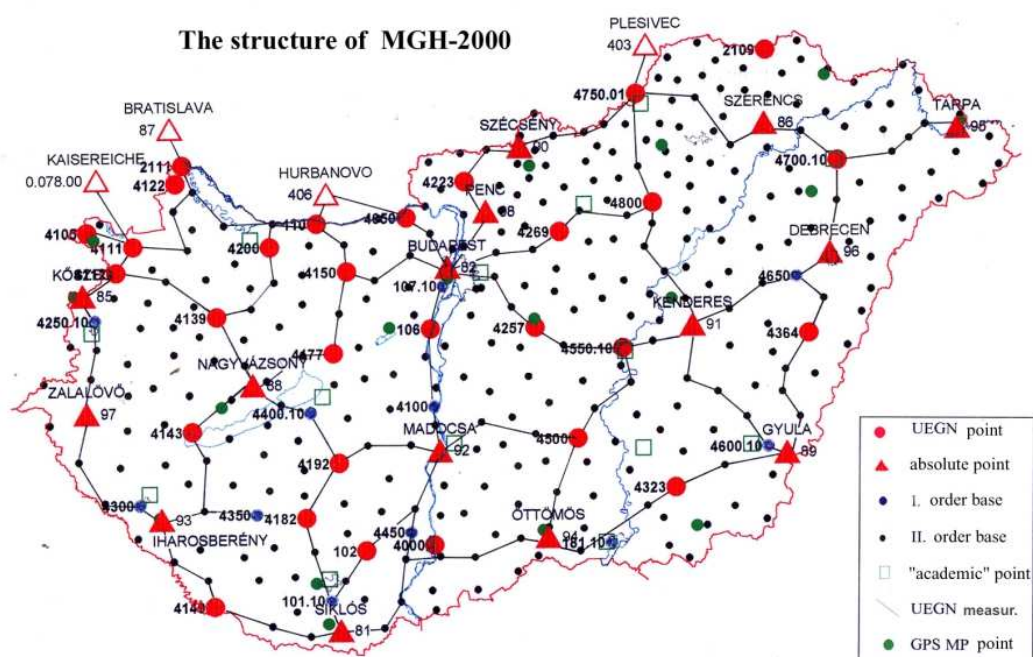
A jelenlegi (MGH-2010) I. rendű hálózat 21 pontból áll, egymáshoz képesti távolságuk 50-70 km. Magasságukat legalább három országos magassági alapponthoz oda-vissza végzett vonalszintezéssel a Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalat (BGTV) és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI, mostani elnevezése Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, MFGI) határozta meg 1- 10 mm megbízhatósággal. A II. rendű hálózati pontok közvetlenül szolgálják a különféle célú részletméréseket, de gyakran részei lokális mozgásvizsgálati- és vertikális kalibráló vonalaknak, és excenterei lehetnek magasabb rendű hálózati pontoknak is. Távolságuk a topográfiailag tagoltabb területeken 10-15 km, a síkvidéki országrészekén 15-20 km. A hálózatban 430 II. rendű pont szerepel [Csapó-Földváry, 2006].

A magyarországi gravimetriai alaphálózatban különleges helyet foglalnak el az Országos GPS Hálózat azon geodinamikai pontjai, amelyek részét képezik az Integrált Geodéziai Alaphálózatnak (INGA) is, ugyanis ezek telepítésénél nem a gravimetria szempontjai voltak elsődlegesek, hanem egyrészt a GPS technika alkalmazhatósága, feltételeinek kielégítése, másrészt geológiai megfontolások. Az integrált geodéziai hálózat kialakítása során ezért ezeket a pontokat megfelelő pontjel alkalmazásával alkalmassá tették arra, hogy rajtuk központosan relatív graviméteres méréseket is lehessen végezni, majd bekapcsolták azokat az MGH-2000 hálózatba. Tekintettel arra, hogy ezek a pontok általában a gravimetriai szempontból ritkábban felmért domb- és hegyvidéki területeken találhatók, további részletmérésekhez gazdaságos munkavégzést biztosítanak, mint a II. rendű bázisok [Csapó és társai, 2011].

A 1.4. és 1.5. ábrán az UEGN és az MGH-2000 hálózatot látjuk.



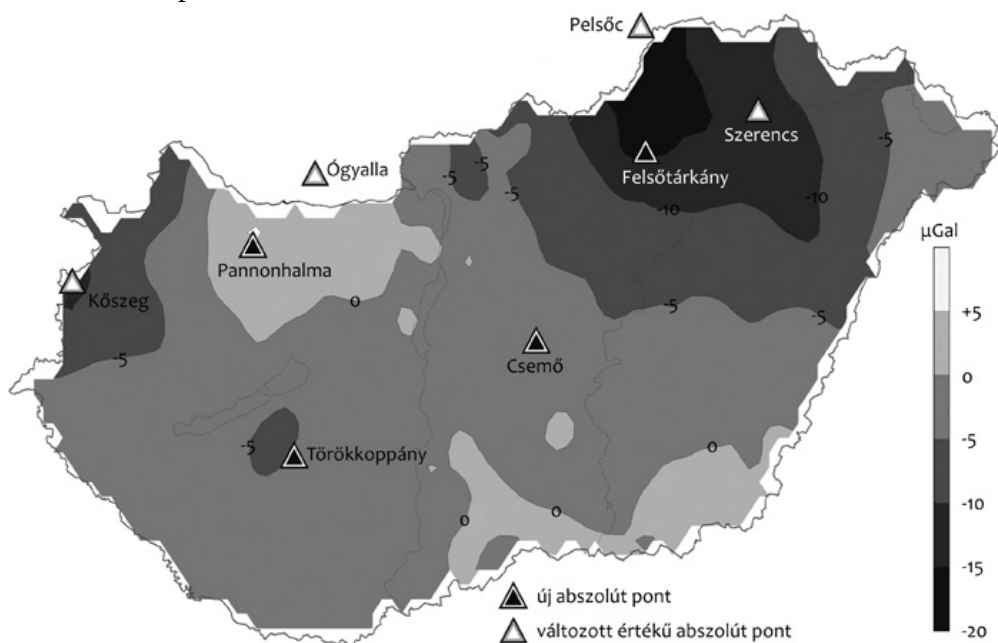
1.4. ábra



1.5. ábra

Az MGH-2000 létrehozása óta az ELGI újabb abszolút állomásokat telepített, és több régebbi abszolút pont mérését is megismételtette a hálózat referenciaszintjének további pontosítása érdekében [Csapó és társai, 2011]. Az ezen mérésekhez kapcsolódó relatív mérésekkel együtt újból kiegyenlítették az alaphálózatot.

A 1.6. ábrán az új abszolút pontok g értékének hatására a régebbi pontok g értékében mutatkozó eltéréseit láthatjuk. Az ábra alapján azt vehetjük észre, hogy az ország jelentős területén nem változott meg a g értéke. Változás főképpen ott tapasztalható, ahol új abszolút pontot létesítettek. A változás geofizikai mérések szempontjából elhanyagolható, tudományos jellegű méréseknél (pl. évszázados változás) viszont nem. Az eredmények 2000, illetve 2010 epochára vonatkoznak.



1.6. ábra

Minél sűrűbben helyezkednek el a fentebb említett gravimetriai alappontok, annál pontosabban határozható meg a Föld elméleti alakja, a geoid. Emellett az ismételt mérésekkel nyomon követhető ennek az időbeli változása is. Ezt a munkát segítő, én is terveztem és állandósítottam egy gravimetriai pontot Székesfehérvár területén, az Egyetem B épülete mellett.

2. Egy országos gravimetriai hálózat létesítésének lépései

2.1. Ponthelyek kiválasztása

Egy hálózat létrehozásának első lépése a megfelelő ponthelyek kiválasztása. Az általam állandósított pont helyének kiválasztása is mérlegelést igényelt. Fontos volt, hogy viszonylag nyugodt környezet vegye körül. Ez azt jelenti, hogy olyan helyre nem kerülhet pont, ahol pl. nagy a közúti forgalom, mert az érzékeny graviméter mérési eredményeit a forgalom rezgéskeltő hatása jelentősen befolyásolná. Nagy vízfelület sem lehetett a közelben, mert a vízszint ingadozása szintén befolyásolhatja a mérési eredményeket. A pont közvetlen közelében nagyobb fák sem lehetnek, mert azok – szél okozta – mozgása is zavarja, sőt, lehetetlenné teheti a mérést.

Figyelembe vettem Busics György tanár úr kérését is, aki oktatási célokra is szeretné felhasználni a pontot, ezért arra törekedtem, hogy azt helyileg az egyetem épületének közelében építtessük meg.

Ezen szempontok figyelembe vételével először az iskola területén kerestünk ponthelyet. Találtunk is egy megfelelőnek tűnőt, de ez a parkolóba esett, ahol fennáll a pusztulás, illetve rongálódás esélye, ezért tovább kerestünk.

Végül a megfelelő helyet az iskola B épületének hátsó fala közelében találtuk meg. Viszonylag messze van a közúti forgalomtól, nincs nagy vízfelület és fák sem a közelben. Az elpusztulás veszélye pedig csekély, mert az épület falához közel valószínűleg nem építkeznek tovább.

2.2. Mérési pontok kialakítása

Geofizikai térképezés céljából végzendő méréseknél a ponthelyeket elegendő a mérési időszakra facövekkel és valamely közeli tereptárgy megjelölésével „állandósítani”. Amennyiben a mérendő pontok száma olyan nagy, hogy gazdaságosan nem lehet azok „g” értékét közvetlenül országos bázispontok közötti mérésekkel meghatározni, akkor a mérésekhez ún. „terepi bázisokat” kell létesíteni. Ezek fennmaradását esetleg több évre is biztosítani kell, ezért célszerű ezeket pl. geodéziai kövekkel állandósítani. Hosszú idejű felhasználásra szánt pontokat (pl. országos alaphálózati pontok) Magyarországon betontömbökkel állandósítanak, amelyek felső, talajszintű síklapja közepébe magassági jelet helyeznek el.

Az általam állandósított pont országos alaphálózati pontnak készült, ezért betontömbbel állandósítottuk (lásd 2.1. és 2.2. ábra).



2.1. ábra



2.2. ábra



2.3. ábra

Miután megtaláltuk a megfelelő helyszínt, elkezdődhetett a pontok kialakítása. A pontok állandósítása korábban 60x60x60 cm-es, majd 80x80x80 cm-es betontömbbel történt. A mai szabvány 100x100x100 cm, ezért az általam készített pont is ilyen méretű lett. A feladat végrehajtása a megfelelő méretű gödör kiásásával kezdődött. A gödör létrehozásához két osztálytársam nyújtott segítséget (lásd. 2.3. ábra), a pont kibetonozását egy kőműves végezte. A beton C-16-os volt, vagyis jó minőségű. A felső 20 cm-t kizsaluztuk, a zsaludeszkák pedig benn is maradtak. Ennek oka, hogy bizonyos védelmet nyújt a rongálódással szemben. Fontos volt, hogy a tömb tetején ne használjunk ún. „missungot”, amely idővel letöredezik és megnehezíti a graviméter vízszintbe állítását. A

betontömb 2-3- cm-rel emelkedik ki a földfelszínből, és a felszíni síklapja közepébe a ponthely magasságát őrző sárgaréz gombot helyeztünk el. A pontot fóliával takartuk le, hogy megvédjük az időjárástól, amíg megfelelően meg nem szilárdul.

A pont mellett az épület falára egy táblát is felszereltünk, amely azt jelöli, hogy a pont állami tulajdon és a megrongálását a törvény bünteti (lásd. 2.2. ábra). A pont állandósítása után három hetet vártunk a méréssel, ez idő alatt a pont megfelelően megállapodott.

2.3. Mérési pontok koordinátáinak meghatározása

A pont vízszintes koordinátáit navigációs GPS műszerrel határoztam meg. A tízméteres megbízhatóságú mérési eredmény elegendő a pont földrajzi szélességének és hosszúságának szögmásodperc pontos meghatározásához. Ennek eredménye a következő lett:

$$F_i = 47-11-32 \quad L_a = 18-25-36$$

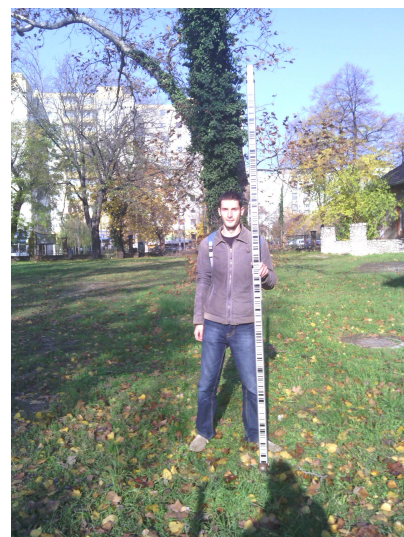
A pont balti tengerszint feletti magasságát szintezéssel határoztuk meg. Ehhez egy digitális Leica Sprinter szintezőműszert kértünk az NYME-GEO iskolától (lásd. 2.4. és 2.5. ábra). A magasságot 0,5 cm pontosan kellett meghatározni. A jelzett műszer alkalmas ilyen megbízhatóságú-mérésekhez. A szintezést a legközelebbi magassági alappontokhoz végeztük, oda-vissza méréssel. Az oda-vissza mérések között 5 mm lett az eltérés, így a 4267 számú pont magassága 113.054 m lett. Ezt szemlélteti az 1. számú táblázat és az 1. számú melléklet.

Pont- szám	Δm oda [m]	Δm vissza [m]	Δm közép [m]	Δm javított [m]	M [m]
9966					109.678
4267	3.374	-3.379	3.377	3.376	113.054
36	0.453	-0.454	0.454	0.453	113.507
Σ			3.830	0.001	3.809

1. számú táblázat



2.4. ábra



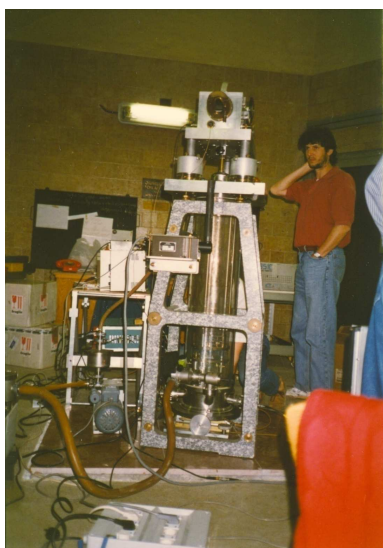
2.5. ábra

Abszolút módszerrel meghatározott “g” értékek ponthelyein a fenti adatokon kívül szükség van a nehézségi gyorsulás vertikális gradiensének (VG) értékének meghatározására is. Ugyanis az abszolút graviméterek által meghatározott “g” értékek a műszer ún. “referencia” szintjére vonatkoznak, amely szint mintegy 100-120 cm magasan van a pontjel felett.

A “g” értéknek a pontjelre történő levezetését (redukálását) a VG segítségével végezzük, lásd 3.3. pont [Csapó 2001]. A VG értékek mGal/m egységben kifejezett értéke egyrészt pontról-pontra változik, másrészt általában nem lineárisan változik a magasság függvényében. Terepi pontok mérésénél a mérési eredmények feldolgozását a VG normálértékével végezzük (– 0.3086 mGal/m).

2.4. Mérőműszerek kiválasztása

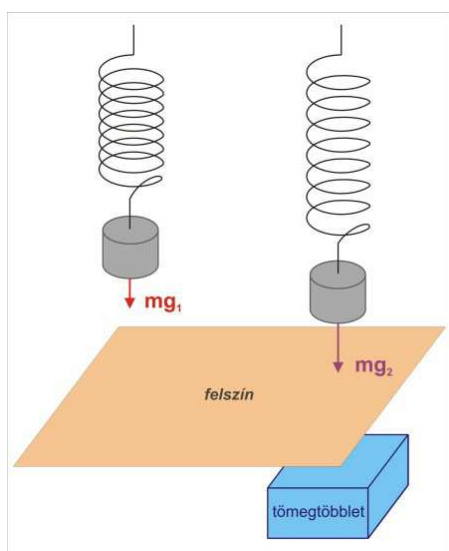
Valamely pont nehézségi gyorsulási értéke kétféle módon határozható meg. Abszolút módszerrel végzett meghatározás esetén elegendő magán a ponton végezni mérést. Erre a célra fejlesztették ki az „abszolút gravimétereket” amelyeket a szabadesés mozgásegyenlete alapján szerkesztettek ($s=g/2t^2$) [Torge, 1989 és 2001]. Sajnálatos módon hazánk nem rendelkezik abszolút graviméterrel, ezért szükség esetén az abszolút méréseket külföldi országtól kell megrendelnünk (2.6. ábra – olaszországi műszer, 2.7. ábra – USA műszer).



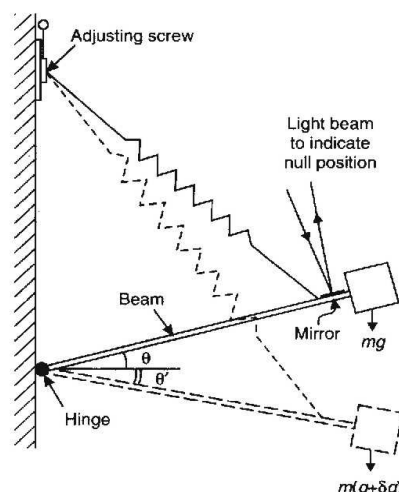
2.6. ábra IMGC olasz abszolút graviméter Budapesten



2.7. ábra Axis abszolút graviméter a budapesti abszolút ponton



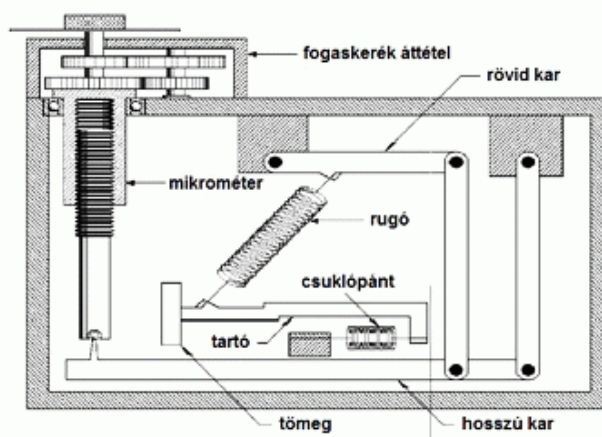
2.8. ábra



2.9. ábra

A nehézségi gyorsulás különbségeinek mérésére a relatív graviméterek szolgálnak.

Ezek a műszerek a gravitáció nehézségi erő hatására egy rugalmas rendszerben fellépő deformációt mérnek, mely arányos a gravitáció nehézségi gyorsulással. Működési elvük megegyezik a rugós erőmérőkével (2.8. – 2.10. ábra).



2.10. ábra

Valamely „B” pont g értékét relatív módszerrel akkor határozhatjuk meg, ha rendelkezünk ismert g értékű „A” ponttal. A két ponton végzett mérés Δg_{AB} eredményéből „B” pont nehézségi értékét a $g_B = g_A + \Delta g_{AB}$ összefüggés segítségével kapjuk.

Ahhoz, hogy aktívan részt tudjak venni az általam létesített új pontnak az országos hálózatba (MGH-2010) történő bekötésében, nekem is meg kellett tanulnom kezelni a műszert. Ehhez az ELGI, személy szerint külső konzulensem, Csapó Géza nyújtott segítséget. A gyakorló mérésnél az ELGI LCR–G No.1919 jelű graviméterét használtam

(2.11. ábra); az ELGI kertjében kijelölt két pont között végeztem méréseket A-B-A-B-A mérési sorrendben. Az LCR graviméterek fémrugós, asztatikus, statikus műszerek. Két változatban (típus) gyártják. Az egyik a “LCR–G” típus, amelynek mérési tartománya mintegy 6000 mGal. Ezeket általában terepi méréseknél alkalmazzák. A másik a “LCR–D” típus (mérési tartománya 100–200 mGal), amelyek általában árapályhatás regisztrálásra alkalmasak, bár mindkét típust használják mindkét fajta mérésre (a legújabban kifejlesztett típus az “E–Meter”, amely lényegében a “G” modell elektronizált változata belső memóriával– és kalibrációs programmal, valamint ún. “automatikus észleléssel”. Az általam létesített új pontnak az MGH-2010-hez történő bekapcsoló mérését három darab LCR–G típusú relatív graviméterrel hajtottuk végre. A több műszerrel végzett mérés egyrészt az új pont g értékének szükséges megbízhatóságát biztosítja, másrészt lehetővé teszi az esetleges „durvahibás” mérések kizárását.



2.11. ábra

2.5. A mérőműszerek kalibrálása (egységes méretarány meghatározása)

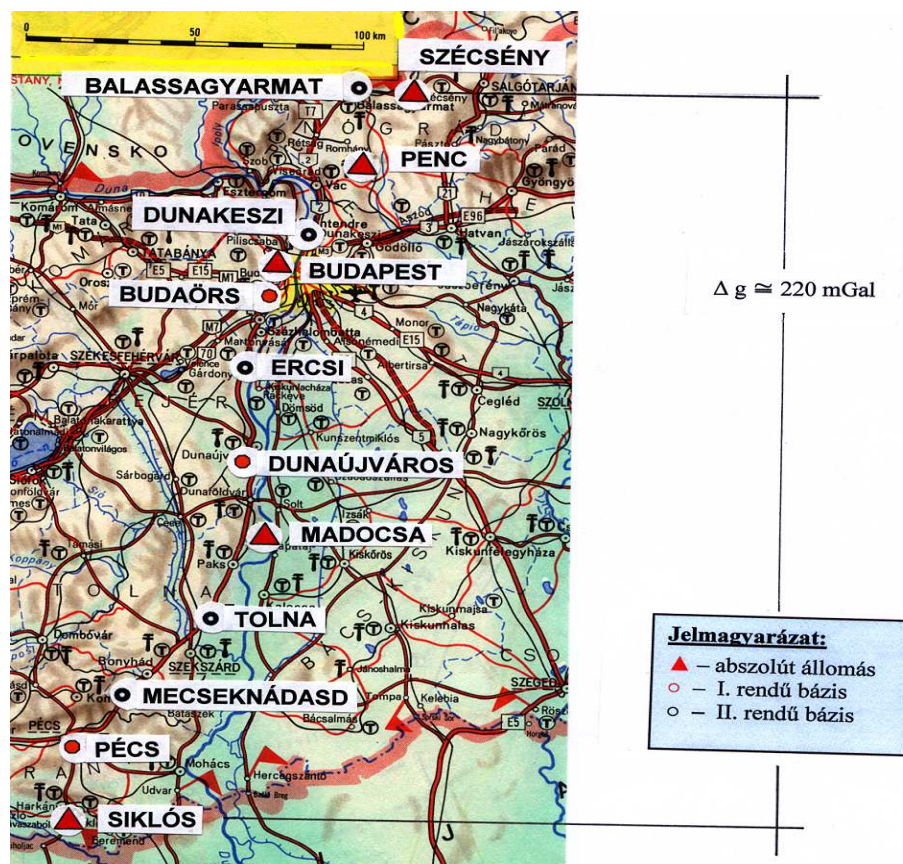
A graviméterek kalibrálására elsősorban a műszerszorzó időbeli lassú változása miatt van szükség. A kalibrálás abszolút pontok (nagy pontossággal ismert “g” értékű pontok) közötti összehasonlító terepi mérésekkel történik. A graviméterek aktuális méretarány tényezőjét (λ) a hiteles és mért Δg értékek hányadosaként kapjuk [Csapó, 2002]:

$$\lambda = \Sigma \Delta g_H / \Sigma \Delta g_M$$

A kalibráló vonalat 1969-től folyamatosan végzett fejlesztésekkel alakította ki az ELGI, jelenlegi formáját 1985-ben véglegesítették. A vonal mintegy 210 mGal-os Δg tartományában jelenleg öt abszolút állomás található (az ország bázispontjai között mért legnagyobb Δg értéke 250 mGal) (lásd. 2.12. ábra). A vonal többi pontja országos I. és II. rendű, egymástól átlagban 30 km távolságban lévő bázispont. A vonalpontok relatív megbízhatósága 8-12 μ Gal. Mérését 1978–79-ben és 1988–89-ben, legutóbb pedig 1999–2000-ben megismételték.

A graviméterek kalibrálását Magyarországon évente két alkalommal végzik az előbb ismertetett alapon. A graviméterek méretaránya úgy is ellenőrizhető, hogy az abszolút pontok között végzett alaphálózati mérések eredményeinek kiegyenlítésénél a

graviméterek méretarány-változását ismeretlennek tételezzük fel és a kiegyenlítésből határozzuk meg azt.



2.12. ábra

3. A hálózati pontok közötti mérés

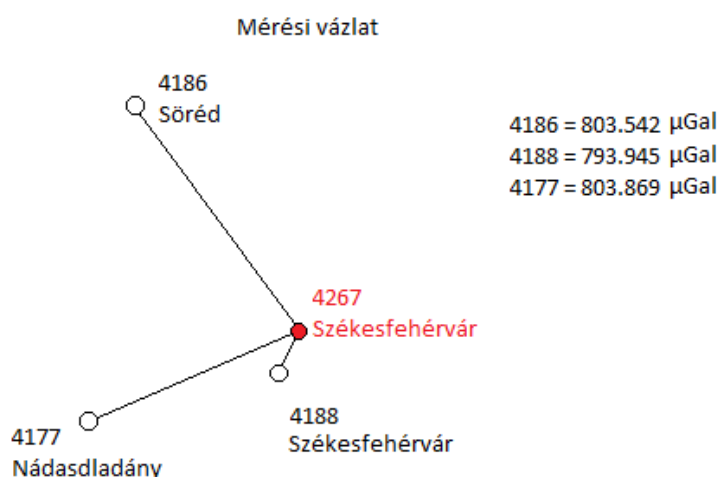
3.1. A hálózati pontok mérésének rendszere

A gravimetriai méréseknél – bármilyen célból végezzük is azokat – a következő szempontok mérlegelésével kell kiválasztani a mérési rendszert [Csapó, 1998]:

1. A rendelkezésre álló műszerekből összeállított műszercsoporttal a feladat jellegének megfelelő megbízhatóságot kell biztosítani. A relatív graviméteres mérések megbízhatóságát befolyásoló legfontosabb tényezők között a mérendő pontok egymástól való távolságát említem.
2. Fontos szempont, hogy az egymást követő mérések közötti idő a lehető legrövidebb legyen és a méréseket folyamatosan (szünet nélkül) hajtsuk végre.
3. Az oda-vissza méréseket lehetőleg azonos idő alatt végezzük el, mert ezzel a műszerjárás (drift) egyenletességét biztosíthatjuk.
4. Gondos mérlegelést igényel a mérési útvonal megválasztása is: egy rossz minőségű úton a kedvezőtlen mechanikai rázkódások miatt a műszerek driftje jelentősen megnő. Ezért lehetőség szerint igyekezni kell jó minőségű utakat választani még akkor is, ha ezeken hosszabb idő alatt jutunk egyik pontról a másikra.
5. További szempont, hogy lehetőség szerint kedvező időjárási viszonyokat válasszunk a mérésekhez (nagyobb barometrikus változások, eső, alacsony hőmérséklet, stb. kedvezőtlenül befolyásolják a mérési eredményeket).
6. Hálózati mérésekhez - beleértve egy új pontnak a hálózatba történő bekapcsolását is - általában kétféle mérési rendszer szokásos. Az egyik (ezt alkalmazták pl. az MGH-50 létesítésénél [Facsinay1956]) az, amikor a hálózati pontokból 3, vagy 4 szomszédos pontból kialakított poligonokat folytonos körbejárással mérnek. Háromszög esetén pl.: A-B-C-A-B-C-A sorrendben. Az effajta rendszer előnye, hogy mód van a körzárási hiba kiszámítására és egy mérési napon akár tovább is folytatható a mérés, ha az első és második mérés erősen eltér egymástól valamelyik ponton. Amennyiben a teljes hálózatot egymáshoz oldalaikkal kapcsolódó poligonokból alakítják ki, akkor ez ismétlést is biztosít az egyes poligon oldalak Δg értékének meghatározásánál. Amikor egy új pont bekapcsolása a cél az országos hálózatba – mint esetünkben – akkor célszerűbb, ha két-három közeli országos bázisponthoz csatlakoztatjuk az új pontot. Ekkor az A-B-A-B-A

mérési rendszert választjuk (hasonlóan, mint a gravimétereknek a kalibráló alapvonalon végzett mérésénél).

Az általam létesített 4267 jelű graviméteres pontot 3 MGH-2010 bázishoz kapcsoltuk be: 4188 Székesfehérvár, 4186 Söréd és 4177 Nádasdladány (pontleírások a mellékletben). A kapcsolat meghatározási terve látható a 3.1. ábrán. Mindhárom kapcsolatot A-B-A-B-A mérési sorrendben mértük, ahol „A” az új pont, „B” a megfelelő ismert g értékű bázispont. A pontokon végzett mérésnél szükséges lépéseket a 3.3. pontban ismertetem.



3.1. ábra

3.2. A műszerszállítás eszköze

A szállítás során nagyon kell ügyelni arra, hogy semminek se ütköztessük neki a műszert, mert ez tönkretelheti a napi mérést. A műszerszállítás történhet gyalogosan, gépkocsival, illetve repülőgéppel vagy helikopterrel.

Az egymást követő hazai alaphálózatok létesítésénél különböző műszerszállítási eszközöket használtak egyrészt a mérendő pontok távolságának, másrészt a választott mérési rendszernek megfelelően.

Az MGH-50 alaphálózat létesítésénél repülőgépet használtak a mérőműszer szállításához. Először egy 16 pontból álló elsőrendű hálózatot hoztak létre. A repülőtereken telepített elsőrendű hálózat pontjai 100-150 km-re helyezkedtek el, közöttük a nehézségi gyorsulás különbségeit Heiland gyártmányú fémrugós graviméterrel határozták meg ismételt méréssel:

A másodrendű hálózat pontjainak távolsága 10-20 km, az ország területén 493 létesült. Ezeket is a Heiland graviméterrel mérték, a szállítás gépkocsival történt. A mérést a közlekedési út tengelyében végezték, a mérés helyét az út szélén elhelyezett beton

oszloppal jelölték meg. Az oszlop fedőlapjába betonozott szintezési gomb magasságát az országos felsőrendű szintezési hálózatban meghatározták, ezzel a jelölési móddal mindenkor visszaállítható magasságilag az úttengelynek az a pontja, amelyben a mérés történt. Gépkocsival történő méréshez a gépkocsi aljába egy lyukat vágtak, amelyen keresztül a graviméter erre a célra készített speciális állványa kifért, és az útra volt illeszthető. Ez azért is volt előnyös, mert esős időben is lehetett mérni [Facsinay-Szilárd, 1956].

A hatvanas években geodéziai típusú Sharpe graviméterekhez jutott az ELGI, ami lehetővé tette az I. rendű hálózat újramérését és kibővítését. A repülőtereken állandósított 19 hálózati ponton 1971-ben három CG–2 típusú Sharpe műszerrel, repülőgépes műszerszállítással végezték a méréseket. A hálózati pontokból egymáshoz oldalaikkal kapcsolódó három– és négyszögpoligonokat alakítottak ki, amelyeket folytonos "körbejárással", ismétléssel mértek.

A hetvenes években új II. rendű gravimetriai alaphálózat létrehozására került sor: a bázispontokat időtálló építmények, általában templomok, vagy kastélyok kertjében állandósították 60x60x100 cm-es betontömbökkel, annak felső, talajszinten lévő síklapja közepében elhelyezett sárgaréz magassági jellel. A pontok magasságát szintezéssel határozták meg. A hálózat graviméteres méréseire két Sharpe CG–2 és egy geodéziai típusú LaCoste Romberg (LCR) műszerrel 1980–89 között került sor. A pontok átlagos távolsága 15-20 km, amelyek között a műszerek és észlelők szállítását személygépkocsival végezték.

1994-ben kezdődtek azok a munkák, amelyek az MGH-nak az UEGN történő csatlakozásához szükségesek voltak: az abszolút állomások között kijelölt I., vagy II. rendű bázispontok Δg értékeit 4 db LCR–G műszerrel határozták meg, gépkocsival történő műszerszállítással. A kiválasztott bázispontok (lásd 1.3. ábra) kötőpontként szolgáltak az egymáshoz viszonylag nagy távolságban lévő abszolút állomások közötti méréseknél. A határvonal közeli bázispontokat a szomszédos Ausztria és Szlovákia határhoz közeli abszolút állomásaival is összemérték. A 2005-ben kiegyenlített UEGN-ben 44 hazai állomás szerepel.

3.3 Gravimetriai mérések a hálózati pontok között

A pontokon végzendő mérések lépései [Csapó 2004]:

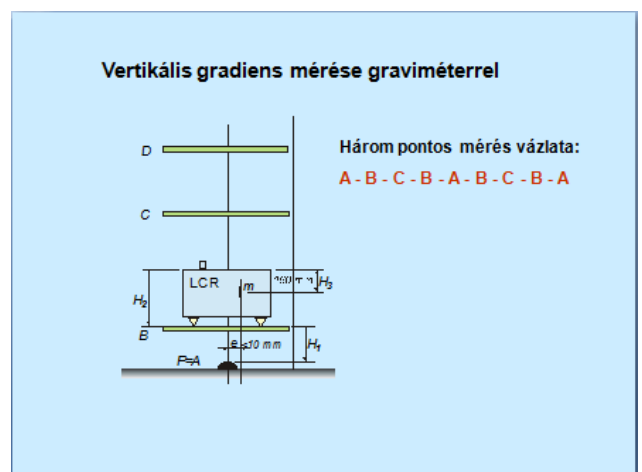
1. Graviméter kicsomagolása, és felállítása a ponton (vízszintezés a műszer elektronikus libelláival).

A műszereket egy alumínium dobozban őrzik. Amikor kivesszük a műszert, ügyelni kell arra, hogy ne ütődjön neki a doboz szélének, mert ez is befolyásolhatja a mérés eredményét. A gyakorlatban a mérőeszköz csak ritkán állítható szilárdan (elmozdulásmentesen) a kijelölt mérési pontra. A műszerállvány feladata, hogy fejezetére a graviméter stabilan legyen felállítható és a mérés idejére elmozdulásmentes kapcsolatot biztosítson a műszer és a mérési ponttel, illetve a talaj között. A mérési feladattól függően kétféle műszerállvány használatos, az állandó magasságú ún. „merev” állvány és a változtatható magasságú állvány. Az állandó magasságú ún. „merev” állvány alumíniumból készült, háromlábú állvány, amelynek magassága 60-70 mm. Ezt alkalmazzák szilárd mérési helyen (pl. betonpillér). Mi is ilyet alkalmaztunk. A változtatható magasságú állvány a geodéziában általánosan alkalmazott műszerállvány.

Vertikális gradiens méréseknél általában speciális műszerállványt alkalmaznak (lásd. 3.1. és 3.2. ábra). A három függőleges helyzetű lábat alul és felül koszorú fogja mereven össze. A mérőtányér különböző magasságokban rögzíthető. A lábak talpcsavarjaival a mérőtányér vízszintezhető. Kialakításánál fontos, hogy a lábak olyan távolságban legyenek egymástól, hogy közéjük a ponttel fölé a graviméter közvetlenül is felállítható, és így a mérés az állvány elmozdítása nélkül a talajszinten is elvégezhető legyen. Az ELGI-ben gyártott állvány magassága 170 cm. [Csapó 2001]



3.1. ábra



3.2. ábra

2. Műszerleolvasási érték meghatározása.

A ponthoz tartozó műszerleolvasási érték háromféleképpen határozható meg.

Az első az optikai leolvasás:

A mérőjelet – az optikai mikroszkóp világításának bekapcsolása és a lengő szabaddá tétele után – a mérőtárcsával a mérőjelet a skála nulla vonalától kissé balra állítjuk a mérőtárcsa megfelelő értelmű forgatásával (ha a mérőjel a beállítás előtt a nulla vonaltól balra áll, akkor a tárcsát az óramutató járásával megegyező értelemben, ha jobbra, akkor ellenkező értelemben kell forgatni). Ezután kikapcsoljuk a világítást és három–négy percig várunk az első műszerleolvasás előtt. Nagyon fontos, hogy az első műszerleolvasás előtti várakozási idő minden mérési ponton azonos legyen. Ezen idő alatt a jegyzőkönyv megfelelő rovatai kitölthetők. A várakozási idő után ismét bekapcsoljuk a világítást, ellenőrizzük, szükség esetén állítjuk a libellák helyzetét, és a mérőjelet az leolvasási vonalon pontosan a nullára állítjuk. Leolvassuk az e helyzethez tartozó tárcsaosztási értéket (mérőtárcsa, nóniusz és mérőindex). A leolvasási értéket beírjuk a jegyzőkönyvbe. A tárcsát fél fordulattal az óramutató járásával ellentétesen visszaforgatjuk, és ismét beállítjuk a nulla helyzetet. A mérőjelet az ún. “holtjáték” kiküszöbölése céljából mindig balról–jobbra irányból vezetjük rá a nullvonalra. A jegyzőkönyvbe e második műszerleolvasáshoz tartozó óra–perc értéket is beírjuk (észlelés ideje). Az előbbiekhöz hasonlóan harmadik műszerleolvasást végzünk, majd reteszeli a mérőkart (arretálás) és kikapcsoljuk a látómező világítását. A mérőtárcsát ezután a következő mérendő pont közelítő tárcsaosztási értékére forgatjuk.

A második műszerleolvasási lehetőség az ún. CPI módszer (capacitance position indicator) alkalmazása:

A fedőlapon található középnullás voltmérő mutatóját a mérőtárcsa megfelelő forgatásával a voltmérő nulla értékére állítjuk, majd feljegyezzük az e helyzethez tartozó mérőtárcsa értéket [Manual for LCR gravimeters].

A CPI (kapacitiv lengőhelyzet érzékelő) elektronika lényege, hogy a graviméter lengője egy kondenzátor mozgó lemezének lett kiképezve, míg a két álló lemezt a belső műszerházhoz fixen szerelték. A megoldás lényege egy kondenzátoros hídkapcsolás, amelynél a lengő felerősített analóg kimeneti jelét egy oszcillátor szolgáltatva fix frekvenciával hasonlítja össze, és a fáziskomparált DC jelet erősítés után egy középnullás galvanométerre vezetik (ez a graviméter tetején

található), illetve egy jack csatlakozó aljzaton keresztül egy digitális voltmérőn (DMM) is megjeleníthető.

A CPI galvanométer nullája beszabályozható úgy, hogy a DMM 0 feszültséget mutasson akkor, amikor a középnullás galvanométer tűje középen áll. A galvanométer érzékenysége is beszabályozható úgy, hogy 0.1 mGal változáshoz a galvón egy nagy osztásnyi változás feleljen meg. Ez a két szabályozás a galvanométertől balra eső részen egy fedőlemez alatti két parányicsavar állításával valósítható meg.

Ha tehát a mérőtárcsával a CPI galvójának tűjét a 0 osztásra (középállás) vezetjük, akkor a csatlakoztatott DMM is 0 mV értéket mutat. Ha a tárcsával 0.1 mGal-nak megfelelő osztásnyit balra visszük a mutatót, akkor a DMM -100mV értéket mutat és fordítva, ha jobbra megyünk a tűvel a középnullától 0.1 mGal-t, akkor a DMM +100mV-ot mutat.

A harmadik lehetőség:

Rövidebb idő alatt pontosabb eredményt kapunk, ha a helyes null-vonal helyzet meghatározásához a graviméter elektromos kimenetéhez csatlakoztatott digitális voltmérőt alkalmazunk az észleléshez. Ebben az esetben vagy egymás után háromszor nullára állítjuk a voltmérő kijelzőjét (ez a szokásos nullázó eljárás), vagy úgy járunk el, hogy a voltmérőt -50 mV körüli értékre állítjuk először, majd 0 mV körülire, majd pedig +50 mV körülire. Ennek pontos beállítása sem egyszerű feladat, mert a mérőtárcsa igen érzékeny, így könnyű túllépni a határértékeket. A kiegyenlítő program -55 mV alatti és +55 mV feletti értékkel „nem dolgozik”, ezért gondosan kell végrehajtani a beállításokat. Amikor sikerült megfelelően beállítani az értéket, leolvassuk az e helyzethez tartozó tárcsaosztási értéket és beírjuk a jegyzőkönyve a voltmérőn látható értékkel együtt. Mi ezt az utóbbi módszert alkalmaztuk. E módszer alkalmazásához a napi első mérés megkezdése előtt meg kell határozni a műszer ún. „voltmérő szorzóját”. A voltmérő szorzó meghatározása tulajdonképpen azt jelenti, hogy megfeleltetjük egymásnak a mGal-ban „dolgozó” galvanométert a mV-ot mutató DMM-mel (mV/ μ Gal). Az 50 mV-os limitet az a gyakorlati tapasztalat adta, hogy a DMM „skálája” -50 és +50 mV tartományban lineáris. Egyszerűbben megfogalmazva az a szám, amely azt mutatja, hogy egy μ Gal változásnak hány mV felel meg) [Csapó 2004].

3. Észlelési idő feljegyzése

A mérési időpontot elegendő karórán vagy mobiltelefonon megnézni. A hőmérséklet megméréséhez 1°C osztásközű, -10°C és $+40^{\circ}\text{C}$ közötti mérési tartományú hőmérő szükséges. Az időjárási viszonyokat 1-4-ig terjedő skálán jellemezzük (1- napos, 2 – borult, 3 – eső, 4 - hó). A felhőborítottságot %-os értékben fejezzük ki. A szél erősségét is skálán adjuk meg (1-9).

4. A légköri viszonyoknak a mérési eredményekre gyakorolt hatása miatt javítást alkalmazunk. Ehhez barométeres leolvasás szükséges. A barometrikus javítás számítását a DIN-5450 számú szabványnak megfelelően végezzük.
5. Valamely pont g értékét a pontjelre vonatkoztatjuk. Ezért minden mérési időpontban meghatározzuk a műszermagasságot – mm pontosan. Ehhez a Csapó Géza által kifejlesztett mérőeszközt alkalmazzuk.
6. Lengő arretálása és a mérőtárcsa átforgatása a következő pont g értékének megfelelő helyzetbe.

Az arretálás végrehajtására nagyon oda kell figyelni, semmiképpen sem maradhat el. Ellenkező esetben a műszer tönkremegy, ugyanis a nagy érzékenyséű rugó elszakad a nagy erőhatás miatt. Az arretálás tehát a rugó rögzítését jelenti az átállás idejére.

7. Graviméter elcsomagolása.

Ekkor is ugyanakkora gonddal kell eljárni, mint kicsomagoláskor.

Az általam létesített pont bemérését a már említett három bázisra három műszerrel egyidejűleg végeztük. A másik két műszerrel Dr. Csapó Géza és Dr. Koppán András, az MFGI munkatársai mérték (lásd. 3.4. ábra).



3.4. ábra

4. Mérési eredmények kiegyenlítése

4.1. A mérési eredmények előfeldolgozása

Az ELGI által a graviméteres mérésekhez szabványosított terepi mérési jegyzőkönyvet használtuk. Az ilyen méréseknél ennek használata kötelező. Felépítése alkalmazkodik a gépi feldolgozáshoz. A jegyzőkönyveket műszerenként és napi mérési szakaszonként kell vezetni. Az adatok számítógépbe vitele a mad2000.exe interaktív programmal történt. A programba számos ellenőrzést építettek be hibás adatbevitel kiküszöbölése érdekében. Megfelelő menüpont kiválasztásával a gépi jegyzőkönyvek javíthatók, átszerkeszthetők. Célszerű abban a könyvtárban elhelyezni, ahol a feldolgozást végezzük. A jegyzőkönyvek adatainak tárolása a *.mad elnevezésű fájlokban történik, a feldolgozó program (relg2000.exe) számára alkalmas formában (lásd. 2. számú melléklet). A jegyzőkönyvek a műszerleolvasási értékeken kívül a mérési kapcsolat nevét, a mérési pontok katalógusszámát, az alkalmazott graviméter típusát, számát, a mérés helyi idejét, az észlelő nevét, a graviméter szállításának módját, adott esetben a szállítóeszköz adatait, valamint az aktuális meteorológiai adatokat tartalmazzák. Egy adott jegyzőkönyv fájlban csak ugyanazon graviméter méréseit lehet összegyűjteni.

A *.mad fájlban (pl.: lcr-1919.mad) kívül a feldolgozáshoz szükség van egy pontkatalógus fájlra (pontadat.kat) is. Ez a fájl a jegyzőkönyv fájlokban szereplő mérési pontok pontszámát, nevét és földrajzi koordinátáit tartalmazza.

A műszerkatalógus fájl (muszerek.kat) tartalmazza a graviméterek adatait.

Végül – az árapály hatás miatti javítás számításához – szükség van a figyelembe vett különböző periódusú árapály hullámok (napos, félnapos, stb.) paramétereire. Ezeket az adatokat a „Doodson.dat” fájl tartalmazza [Holub 1988].

A feldolgozás eredményfájljai:

*.txt: ezek tartalmazzák a nyers, átlagolt műszerleolvasások mGal-ra átszámított értékét, az egyes javítások nagyságát és a műszerjárási értékeket, végül a javításokkal ellátott relatív g értékeket;

*.crr: műszerenként és mérési időpontonként tartalmazzák a javításokkal ellátott relatív nehézséggyorsulási értékeket. Ez a kiegyenlítő program egyik input fájlja.

4.2. A kiegyenlítés módszerének megválasztása

Kiegyenlítést akkor kell végezni, ha az ismeretlen mennyiségre egynél több mérési eredmény ("föls mérés") áll rendelkezésre. A több mérési eredményt vagy a mérés megismétlésével, vagy több műszer együttes alkalmazásával érik el. Ennek tipikus példája a gravimetriában a hálózatok mérése, vagy ismeretlen pont/pontok nehézségi értékének meghatározása több ismert ponthoz történő beméréssel. Mi a mérés során több műszerrel mértünk, valamint több ismert ponthoz mértük be az ismeretlen pontot. Ezek alapján a kiegyenlítés elvégezhető. A kiegyenlítést konzulensemtől kapott programmal (adjg2007.exe) végeztem el.

A kiegyenlítés lehet ún. "kötött hálózat" szerinti, amikor ismert nehézségi gyorsulási értékű pontok (a kiegyenlítés kényszerértékei, manapság az abszolút állomások aktuális g értékei) a kiegyenlítés során nem kapnak javítást, vagy "szabad hálózat" szerinti, amikor az ismert pontok értéke is változhat a kiegyenlítés során.

Ez utóbbi kiegyenlítési formát általában akkor alkalmazzák, ha az egyes abszolút állomásokon ismételt meghatározásokat végeztek az idők folyamán és feltételezik, hogy az egymástól eltérő eredmények nem a nehézségi erőter időbeli változásából származnak.

Az adjg2000.exe futtatásához az említett *.crr fájlokra kívül a „kenyszer.kat” fájlra van szükség, amely fájl a mérésben alkalmazott graviméterek gyári számát, azok utoljára meghatározott méretarány tényezőjét, valamint a kényszerpontok katalógusszámát és MGH-2010 rendszerbeli g értékét tartalmazza.

A kötött hálózat szerinti kiegyenlítést műszerenként a legkisebb négyzetes eljárással (lásd. 3. melléklet), együttesen (tehát mindhárom műszer eredményeit bevonva) pedig két formában végeztem. Az egyik változat a legkisebb négyzetes módszer, amikor valamennyi mérést egyenlő megbízhatóságúnak feltételeztem. A másik változatban a módszer ún. „dán iterációs eljárását” alkalmaztam (lásd. 4. melléklet). Az első iteráció egyenlő súlyozással történt, a második iterációtól kezdve az egyes méréseket súlyozzuk az előző iterációban kapott középhibák négyzetének reciprokával. Az iterációt addig folytatjuk, amíg a kiegyenlítésből számított hálózati középhiba (m_0) már nem javul tovább. Ez jó minőségű méréseknél általában a 3. iteráció után teljesül.

4.3. A kiegyenlítés eredménye, értékelés

A 2. számú táblázatból kitűnik, hogy a mérések jó minőségűek: mind a műszerenkénti, mind az együttes LKN szerinti kiegyenlítésből a 4267 jelű új pontra számítható g értékek jól egyeznek.

A dán eljárás hatékonyságára utal, hogy a kiegyenlítés hálózati középhibája jelentősen javult az LKN hasonló értékéhez képest, jóllehet a kétféle eljárásból számított g érték csupán 2 μGal értékkel különbözik. Az egyes graviméterekre vonatkozó mérési hibák eltérése alapvetően a graviméterek eltérő műszerjárásával magyarázható.

A mérések kiegyenlítése a legkisebb négyzetes módszerrel, műszerenként		
graviméter száma	a 4267 jelű pont g értéke	kiegyenlítés középhibája
220	798.490 $\pm$ 0.007	0.009
821	798.469 $\pm$ 0.002	0.003
1919	798.472 $\pm$ 0.005	0.006
A mérések együttes kiegyenlítése a legkisebb négyzetes módszerrel		
220 + 821 + 1919	798.477 $\pm$ 0.004	0.012
A mérések együttes kiegyenlítése dán iterációs eljárással		
220 + 821 + 1919	798.475 $\pm$ 0.003	0.007

2. számú táblázat

5. Véggövetkeztetés

Mint minden tudományterületen, a műszerek fejlődése a gravimetriában is folyamatos. A relatív gravimétereket valószínűleg már csak a gyakorlatban fogják alkalmazni (pl. pontsűrítés, szerkezetkutatás stb.), tudományos, nagy pontosságot igénylő munkákhoz az abszolút graviméter válik elsődlegessé.

A mai egyik legkorszerűbbnek mondható műszer a MicroG-LaCoste gyártmányú, Micro-g A10-es terepi abszolút graviméter (lásd. 5.1.ábra). Ez a műszer GPS vevővel is el van látva, egy pont mérése mindössze 2-3 órát vesz igénybe, pontosságuk pedig eléri a $10 \mu\text{Gal}$ értéket. Ez a műszer azonban rendkívül drága. Amennyiben hazánknak sikerülne beszerezni egy ilyen, az egész ország területét 1 év leforgása alatt újra lehetne mérni, s ezzel pontosabb alapot adna a geodéziai méréseknek, ugyanis magyar hálózatban még ma is számos olyan kisebb-nagyobb rész található, ahol 10-50 km területen egyetlen mérési pont sincs.



Magyarországnak tehát arra kell törekednie, hogy rendelkezzen korszerű abszolút gravimetriai műszerrel, s ezáltal tegye pontosabbá a hazai méréseket.

6. Irodalomjegyzék

- Bácsatyai L, **2010**: Felsőgeodézia, jegyzet, Székesfehérvár, p. 125.
- Boedecker, G., **1993**: Ein einheitliches Schweregrundnetz für Europa: Unified European Gravity Network (UEGN). Zeits.f. Verm.wesen 8/9, pp. 422–428.
- Csapó G, **1998**: A Mátyáshegyi Gravitációs és Geodinamikai Állomás Minőségügyi Kézikönyve. (ELGI, NAT és OMH adattár).
- Csapó G, **2000**: Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH–2000). Geodézia és Kartográfia, 52. évf., 2000/8
- Csapó G, **2001**: A nehézségi erő vertikális gradiensének (VG) mérése és szerepe nagy pontosságú graviméteres méréseknél. Mérésügyi Közlemények, 2001/3, pp. 67–72., Budapest.
- Csapó G, **2002**: Nagypontosságú geodéziai-gravimetriai mérések feltételrendszerének vizsgálata és az eredmények gyakorlati alkalmazása, MTA doktori értekezés, pp. 91.
- Csapó G., **2004**: LaCoste-Romberg (LCR) graviméterek vizsgálati és mérési útmutatója (a Geofizikai Szolgáltató Kft részére készített tanulmány), GES és ELGI adattár
- Csapó G. – Földváry L., **2006**: A magyarországi gravimetria története napjainkig. Geodézia és Kartográfia, LVIII., 7., pp.: 23–30.
- Csapó G - Kenyeres A - Papp G - Völgyesi L, **2011**: Az abszolút gravimetria magyarországi alkalmazásához kapcsolatos tervek és feladatok. Geodézia és Kartográfia, LXIII., 2011/2., pp.: 4–9.
- Csapó G – Völgyesi L, **2002**: Hungary's new gravity base network (MGH-2000) and its connection to the "European Unified Gravity Network". Springer Verlag.
- Facsinay L. - Szilárd J., **1956**: A magyar országos gravitációs alaphálózat (MGH-50), Geofizikai Közlemények, 1956/2, pp. 5–21., Budapest
- Holub, J., **1988**: Tidal Observations with Gravity Meter Gs15 No.228 at Station Pecny. Travaux Geoph., XXXIV., 4.
- Torge, W., **1989**: Gravimetry, Walter De Gruyter, Berlin New York, p. 465
- Torge, W., **2001**: Geodesy, 3rd Edition, Walter de Gruyter, Berlin-New York, ISBN 3-11-017072-8, p. 416

7. Köszönetnyilvánítás

A kutatás/dolgozat a TALENTUM – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP – 4.2.2. B – 10/1 – 2010 – 0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

A feladat megoldásához nyújtott segítségért köszönettel tartozom továbbá az MFGI (korábban ELGI) munkatársainak, akik a szakmai ismeretek mellett a műszereket is rendelkezésemre bocsátották, valamint a gravimetriai bemérésben is részt vettek.

Köszönet illeti továbbá a Mikoviny Sámuel Szakkollégiumot. A Szakkollégium a pont megrendelője volt, és ennek megfelelően a kiépítésének a költségeit is állta.

Végezetül köszönettel tartozom két hallgató társamnak, Végh Istvánnak és Kurucsai Zoltánnak, akik kétszer is (pont helyének kiásása, a kész pont beszíntezése) a segítségemre voltak.

8. Mellékletek

1. számú melléklet: Színtezési mérési jegyzőkönyv
2. számú melléklet: Mérési jegyzőkönyv (*.mad) gépi másolata
3. számú melléklet: Mérések kiegyenlítése legkisebb négyzetek módszere szerint
4. számú melléklet: Mérések kiegyenlítése dán módszer szerint
5. számú melléklet: Pontleírások

1. számú melléklet

Sprinter	Data	Listing	Report					
ArrayNo	PtNo	Height [m]	Distance [m]	MeasType	Elevation [m]	Delta Height dH [m]	$\Sigma\Delta m$ [m]	
BF								
215	9966	1.35622	24.71424	B	0			
216	1	0.95151	25.29137	F	0.404704	0.404704		
217	1	1.46462	40.73828	B	0.404704			
218	2	0.49397	39.00876	F	1.375357	0.970653		
219	2	1.67231	50.51365	B	1.375357			
220	3	0.72332	54.22038	F	2.324343	0.948986		
221	3	1.8057	48.86378	B	2.324343			
222	4	1.05151	47.1039	F	3.078537	0.754195		
223	4	1.17993	59.78719	B	3.078537			
224	5	1.23593	60.91736	F	3.022539	-0.055998		
225	5	1.19511	62.4182	B	3.022539			
226	6	0.98721	60.63847	F	3.230448	0.207908		
227	6	1.419	56.57977	B	3.230448			
228	7	1.33679	59.39807	F	3.312655	0.082207		
229	7	1.3026	8.591711	B	3.312655			
230	1000	1.24146	6.788779	F	3.373794	0.061139	3.373794	
231	1000	1.24205	6.814945	B	3.373794			
232	8	1.30283	8.598108	F	3.313007	-0.060787		
233	8	1.20176	61.23542	B	3.313007			
234	36	0.71405	59.03229	F	3.800715	0.487708	0.426921	
235	36	0.71193	59.03616	B	3.800715			
236	9	1.20178	61.21413	F	3.310863	-0.489851		
237	9	1.2883	8.302047	B	3.310863			
238	1000	1.22706	7.101415	F	3.372108	0.061245	-0.428606	
239	1000	1.22708	7.09276	B	3.372108			
240	10	1.28802	8.292279	F	3.311164	-0.060944		
241	10	1.34905	59.37404	B	3.311164			
242	11	1.60982	59.3944	F	3.050394	-0.260771		
243	11	1.0789	58.18485	B	3.050394			
244	12	1.40805	58.81408	F	2.721244	-0.32915		
245	12	1.34834	38.90675	B	2.721244			
246	13	1.11721	41.16364	F	2.952372	0.231127		
247	13	1.16368	62.73534	B	2.952372			
248	14	1.27376	60.76164	F	2.842293	-0.11008		
249	14	0.72803	40.62925	B	2.842293			
250	15	2.02524	42.30928	F	1.545091	-1.297202		
251	15	0.32929	64.42134	B	1.545091			
252	16	1.82084	64.66168	F	0.05354	-1.491551		
253	16	1.01387	12.60716	B	0.05354			
254	9966	1.07406	9.951311	F	-0.006655	-0.060196	-3.378767	

Mérési jegyzőkönyv (*.mad) gépi másolata

4267 Szekesfehervar - 4177 Nadasladany

5191950 121117 1 Weber Monika 2 Opel FEY-885

5 3 3.7275 0.000

4267 1100 0 6	737	4311.180	4311.197	4311.203
1011.0	121	-18	8	43
4177 1100 0 6	825	4316.347	4316.355	4316.362
1015.0	120	-30	1	31
4267 1100 0 7	903	4311.216	4311.221	4311.231
1016.0	120	-45	-18	17
4177 1100 0 7	943	4316.346	4316.352	4316.363
1015.0	121	-37	-5	42
4267 1100 0 8	1020	4311.225	4311.235	4311.246
1016.0	120	-26	15	55

4267 Szekesf-4188 Szekesfvar-4186 Sored

5191950 121116 1 Weber Monika 2 Opel FEY-885

9 3 2.2750 0.000

4267 1100 0 9	811	4311.256	4311.268	4311.280
1018.0	121	-35	0	42
4188 1100 0 10	859	4306.922	4306.937	4306.941
1020.0	123	-45	1	55
4267 1100 0 10	926	4311.203	4311.250	4311.264
1020.0	120	-26	-7	49
4188 1100 0 11	959	4306.944	4306.951	4306.955
1020.0	121	-24	14	55
4267 1100 0 10	1037	4311.202	4311.213	4311.224
1020.0	120	-3	27	50
4186 1100 0 10	1113	4316.043	4316.063	4316.069
1011.0	123	-33	20	55
4267 1100 0 10	1156	4311.207	4311.220	4311.231
1020.0	121	-46	2	40
4186 1100 0 10	1230	4316.037	4316.055	4316.068
1010.0	122	-32	8	55
4267 0 70 0 12	1318	4311.250	4311.255	4311.260
1018.0	120	-20	14	53

Mérések kiegyenlítése legkisebb négyzetek módszere szerint

A kiegyenlítés középhibája: ± 0.01241

A kapcsolatok száma: 9

Az ismeretlenek száma: 1

Pontkatalogus

 # pontszám g érték középhiba
 (mGal) (mGal)

1	4177	803.8690	kényszer
2	4186	803.5420	kényszer
3	4188	793.9450	kényszer
4	4267	798.4770	± 0.0041

=====

Megjegyzés: A "g" értékekből 980000 mGal elhagyva !

#	gravimeter	Y	kozeppiba	meresi hiba	meresszam (N)
1	50220	0.99719500	kenyszer	0.0131758	3
2	50821	1.00048600	kenyszer	0.0082572	3
3	51919	1.00042900	kenyszer	0.0054157	3

=====

Megjegyzés: N= napi mérések átlaga: 1 független mérési eredmény műszerenként

Mérések kiegyenlítése dán módszer szerint

1. iteráció után:

A kiegyenlítés mo középhibája: **+ - 0.01241**

A kapcsolatok száma: 9

Az ismeretlenek száma: 1

Pontkatalógus

pontszám g érték középhiba
(mGal)

1	4177	803.8690	kényszer
2	4186	803.5420	kényszer
3	4188	793.9450	kényszer
4	4267	798.4770	+ - 0.0041

=====

Megjegyzés: A "g" értékekből 980000 mGal elhagyva !

gravimeter Y kozephiba meresi hiba meresszam (N)

1	50220	0.99719500	kenyszer	0.0131758	3
2	50821	1.00048600	kenyszer	0.0082572	3
3	51919	1.00042900	kenyszer	0.0054157	3

Megjegyzés: N= napi mérések étlaga: 1 független mérés műszerenként!

2. iteráció után:

A kiegyenlítés mo középhibája: **+ - 0.00771**

Pontkatalógus

#	pontszám	g érték	középhiba
		(mGal)	(mGal)

1	4177	803.8690	kenyszer
2	4186	803.5420	kenyszer
3	4188	793.9450	kenyszer
4	4267	798.4756	+0.0030

3. iteráció után:

A kiegyenlítés középhibája: **+0.00767**

Pontkatalogus

#	pontszám	g érték	középhiba
		(mGal)	(mGal)

1	4177	803.8690	kenyszer
2	4186	803.5420	kenyszer
3	4188	793.9450	kenyszer
4	4267	798.4752	+0.0030

Megjegyzés: A "g" értékekből 980000 mGal elhagyva !

#	gravimeter	Y	középhiba	meresi hiba	mérésszám (N)
---	------------	---	-----------	-------------	---------------

1	50220	0.99719500	kenyszer	0.0149862	3
2	50821	1.00048600	kenyszer	0.0064468	3
3	51919	1.00042900	kenyszer	0.0053745	3

GRAVIMETRIAI ALAPPONT PONTLEÍRÁSA

Pont neve: SZÉKESFEHÉRVÁR			Száma: 4267	Kód:2000
Megye: Fejér			EOTR szelvény: 54-411	H _{Balti} : 113.054 m
Ellipszoid EOV	φ : 47-11-32 X : 602959m	λ : 18-25-36 Y : 205534 m	$g_{mgh-2010}$: 798.475 mGal	VG : -0.3086 mGal/m

Megközelítés: A pont a Nyugat-magyarországi egyetem „B” épületének hátsó kertjében található, a Budai út 43. szám alatt.

Megközelíthető a centrum felől a Budai úton a 7. sz. út felé haladva, majd jobbra a Zrínyi utcára kanyarodva.

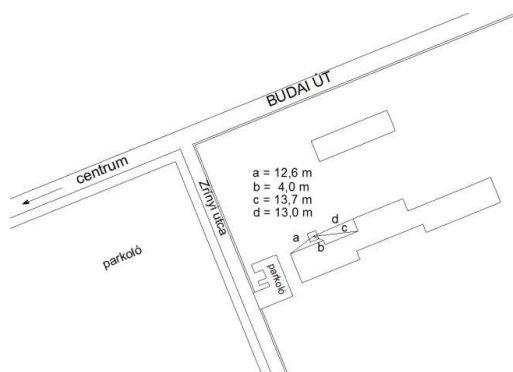
Pontjel: 100x100x100 cm méretű betontömb sárgaréz magassági gombbal. Közelében jelzőtábla.

Szintezte: Wéber Mónika 2012.

[Kataszteri lap](#)

[Alaptérkép](#)

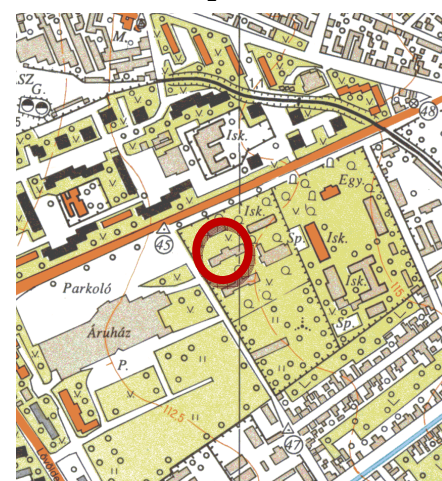
Helyszínrajzi vázlat



Fénykép



Megközelítési térkép



GRAVIMETRIAI ALAPPONT PONTLEÍRÁSA				
Pont neve: SZÉKESFEHÉRVÁR			Száma: 4267	Kód: 2000
Megye: Fejér			EOTR szelvény: 54-411	H _{Balti} : 113.054 m
Ellipszoid EOV	φ : 47-11-32 602959 m	λ : 18-25-36 205534 m	$g_{mgh-2010}$: 798.475 mGal	VG : : – 0.3086 mGal/m
Az ingatlan és a tulajdonos, és / vagy használó adatai, elérhetőségei:				
Ingatlan címe: 8000 Székesfehérvár, Budai út 43. Hrsz.:				
Tulajdonos neve: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar Tulajdonos címe: 8000 Székesfehérvár Pirosalma utca 1-3. Gondnok / ügyintéző: Telefon / Fax.: 22/945-200, 30/300-9192, 22/945-251 / 22/945-201 E-mail.:			Használó, bérlő neve: Használó, bérlő címe: Gondnok / Ügyintéző: Telefon / Fax.: E-mail.:	
Egyéb a pontra vonatkozó információk:				
Utolsó felkeresés: 2012.11.17. W.M., Cs.G., K.A. (új pont bemérése)			Megjegyzés:	
Pontleírás kezdőlap			Alaptérkép	