

MGE

A Szeniorok Bizottságának hírei 117

SZAKCIKKEK

A 2000-es évek első évtizede: a gravimetriai műholdak korszaka

Földváry Lóránt 118

Szemelvények a magyar geofizika történetéből

Szabó Zoltán 125

HÍREK, BESZÁMOLÓK

A cunami és tanulságai — az európai földtudomány kiáltványa 131

IN MEMORIAM

Kárpáti István 132

45. évfolyam 4. szám



2004

CONTENTS

MGE (Association of Hungarian Geophysicists)

News 117

Geophysical PapersThe first decade of 2000s: the era of gravity satellites
L. Földváry 118Selected passages of the history of Hungarian geophysics
Z. Szabó 125**News and Reports** 131**In Memoriam**

István Kárpáti 132

A szerkesztőség a szakcikketeket szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsora az évfáráó kötetben jelenik meg.
A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, ill. közölhetőségéért a felelősséget kizárólag a szerzők viselik.

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.
Telefón: (1) 252 4999
Felelős kiadó: dr. Fancsik Tamás igazgató
Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász Péter



Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél: 1371 Budapest, Pf. 433, tel.: (1) 201 9815,
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer

Index: 26 507

A SZENIOROK BIZOTTSÁGÁNAK HÍREI

Látogatás Zalaegerszegen

Több mint 50 évvel ezelőtt, 1952. május 28-án tragikus üzemi baleset történt a Geofizikai Intézet 1013. számú szeizmikus csoportjánál Zalában. A baleset következtében RÓZSÁS László fiatal zalai segéd munkás elvesztette a szeme világát. Az egykori csoporttagok közül ma már csak POLCZ Iván emlékezik erre a nagyon szomorú eseményre. Az akkori évekre jellemző, hogy a balesetet szenvedett nem kapott semmiféle kártérítést. Csak ennyi év után, a Geofizikai Intézet történetének megírása során történt említés az esetről (*Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I. rész, 101. oldal. Összeállította POLCZ Iván. Budapest, 2003*). 1996-ban POLCZ Iván tagtársunk a Szeniorok Bizottságának felvetette azt a gondolatot, hogy próbáljuk meg kideríteni: mi lett a sorsa a balesetet szenvedett munkatársunknak. Így 1996 nyarán elindultunk RÓZSÁS László szülőfalujába, Babosdöbrétére. Megtudtuk, hogy néhány évvel ezelőtt bevonult az idősek otthonába Zalaegerszegre. Egykori munkatársunkat ott meg is találtuk, aki nagy

örömmel fogadott bennünket. Ettől kezdve évente meglátogatjuk RÓZSÁS Lászlót és a Magyar Geofizikusokért Alapítvány támogatásával rendszeres szociális segélyben is részesítjük.

Legutóbb 2004. október 20-án voltunk Zalaegerszegen POLCZ Ivánnal és feleségével, MEZEY Máriával. Örömmel jelenthetjük, hogy RÓZSÁS László a körülményekhez képest jól van, az otthonban jól érzi magát. Rendszeresen fellép az idősek otthonának házi rendezvényein szavalattal, kisebb prózai művek előadásával, amelyekre szobatársai felolvasásának segítségével készül fel. Megtanult furulyán játszani és régi népdalokat is előad az otthon lakóinak. Nekünk is szívesen eljátszotta a legkedvesebb népdalait.

Látogatásunk végétével azzal búcsúztunk, hogy jövőre ismét találkozni fogunk.

*Aczél Etelka,
a Szeniorok Bizottságának elnöke*

A 2000-es évek első évtizede: a gravimetriai műholdak korszaka¹

FÖLDVÁRY LÓRÁNT²

A gravimetria a gravitációs erőter mérésére és vizsgálatára irányuló tudományág. A gravimetriai mérés helye alapján megkülönböztetünk terepi, óceáni, légi és űrgravimetriát. Cikkünk témája az űrgravimetria, tehát a műholdak segítségével végzett gravimetria. A gravimetriai műholdak gondolata évtizedek óta foglalkoztatja az elméleti geodéziát. A témában megjelent első tanulmányokat a megvalósítás több évtizedes késéssel követte. Napjainkra azonban egyszerre három ilyen projekt is megvalósulni látszik. Elsőként a német GFZ (GeoForschungZentrum) CHAMP (CHALLENGING Mini-satellite Payload) műholdját lötték fel 2000-ben. Ezt a NASA (National Aeronautics and Space Administration) és a GFZ közös vállalkozása, a GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment) követte (2002), ez után az ESA (European Space Agency) gradiometriai műholdja, a GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) indul majd útjának, előreláthatólag 2006-ban. Milyen eredményekkel szolgálnak ezek a vállalkozások a földtudományok számára? Miért van szükségünk gravimetriai műholdra? És mi nek rögtön három? Hogyan tovább a vállalkozások lezárultával? Cikkünkben a műholdak általános ismertetése mellett ezekre a kérdésekre próbálunk meg választ keresni.

L. FÖLDVÁRY: The first decade of 2000s: the era of gravity satellites

The scientific sensation of this decade in geodesy is the launch of gravity satellites. Three missions have been and/or are planned to be launched. These are the CHAMP (CHALLENGING Mini-satellite Payload), a High-Low SST (Satellite-to-satellite) mission, which has been launched in 2000, the GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment), a Low-Low SST pair satellite, which has been launched in 2002, and finally the GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer) gradiometry satellite will be launched in 2006. What results are provided by these satellites for the geoscience? What further improvements can be expected? What can be a follow-on of these missions? What should space gravimetry focus on after them? An introduction of the three missions, their prospective results and their effect on geodesy are discussed in this paper.

1. Űrgravimetria — A múlt

A gravimetriai műholdak alapötlete egyszerű. Egy tömeggel rendelkező test, a műhold, bizonyos ésszerűen választott kezdeti pályaparaméterek mellett a Föld tömegvonzási (gravitációs) erőterében szabadon engedve, tehetetlenségének következtében kering a Föld körül. Mozgásával mintegy feltérképezi az erőteret a saját pályája mentén. Geometriai mérésekkel a mozgás görbét, a műhold pályáját tudjuk észlelni. A görbéből az ezt kialakító erőteret szeretnénk meghatározni. Ez a geodézia ún. inverz feladata, amelynek egyértelmű megoldása nincs. Több évtized elméleti munkái során azonban több, optimalizáláson alapuló megoldás született.

A gravimetriai műholdak gyökerei az ötvenes évekig vezethetők vissza. A Föld lapultságát először 1958-ban határozták meg a Szputnyik műhold pályájából, de a legnagyobb áttérést az 1976-ban pályára állított LAGEOS I és az 1992-ben fellőtt LAGEOS II műholdak jelentették. A LAGEOS műholdak méréseiből a statikus erőterén túl már annak időszakos (szezónális) változásainak meghatározására is tettek kísérletet. Megjegyzendő azonban, hogy ezen műholdak segítségével az időszakos változásoknak csak durva meghatározására volt mód, valójában a földi lapultság legnagyobb változásaira szorítkoztak.

2. Űrgravimetria — Technikai vívmányok

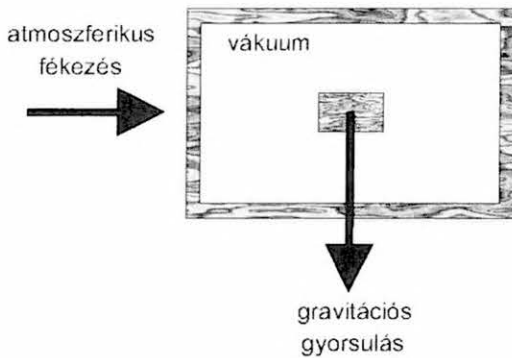
Jelentős előrelépést az űrgravimetria számára a GPS-rendszer hozott. A hagyományos, földi követő rendszerekkel végzett pályameghatározás esetén ugyanis a pályának csak egy-egy állomásról belátható (rövidebb) szakaszai határozhatók meg. Ezt napjainkban felváltotta a GPS-es műholdkövetés, amivel a teljes pálya folyamatos követése biztosított. A pálya folyamatos ismerete több szempontból is hasznos: egyrészt nyilvánvalóan jelentősen megsokszorozódik a felhasználható mérések mennyisége, másrészt közvetetten elősegíti a feldolgozás több lépését is, ugyanis sok eljárásnak kedvez a pályaadatok folytonos volta (és itt most a folytonosságon van a hangsúly). Példának okáért ha a műholdra felírjuk az energiamegmaradás törvényét, hogy a tömegvonzási (gravitációs) erőteret meghatározhassuk, a nem-konzervatív erők (mint pl. a légkör fékező hatása — az atmoszferikus fékezés, a Nap sugárnyomása stb.) figyelembevételéhez nélkülözhetetlen a folytonos pályaismeret [GERLACH et al. 2003].

Valamely műholdat érő erőhatások közül a tömegvonzási (gravitációs) erő mellett a légköri fékezőerő a legjelentősebb. Ezt és egyéb nem-gravitációs eredetű erőket gyorsulásmérő segítségével lehet meghatározni. A gyorsulásmérő, alapelvét tekintve egy, a műhold tömegközéppontjába, légritkított térbe (vákuumba) helyezett test. Ez a test ugyanannak a gravitációs gyorsulásnak a hatása alatt áll, mint a műhold, de mozgását nem befolyásolják a műhold felszínén ható nem-konzervatív erők, mivel a műhold teste leárnýékolja ezeket. Így a test műholdhoz képesti mozgásából a leárnýékolt gyorsulásokat meg lehet határozni. A

¹ Beérkezett: 2005. március 17-én

² MTA-BME Fizikai Geodéziai és Geodinamikai Kutatócsoport, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Általános- és Felsőgeodézia Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. E-mail: fl@sci.fgt.bme.hu; foeldvary@bv.tum.de

gyakorlatban a gyorsulásmérő vákuumterében lebegő testet elektrosztatikusan — kondenzátorokkal — a tömegközéppontban tartják, és folyamatosan mérik a kondenzátorok kapacitását. Az elv megfelel annak, amit a feed-back rendszerekkel ellátott gravimétereknél alkalmaznak, ahol a mérőtömeget ellentétes előjelű kondenzátorlemezek közé helyezik, a kondenzátor lemezeire és a tömegre ellentétes előjelű feszültséget adnak, és egy visszacsatoló áramkört alakítanak ki. A gyorsulásváltozások hatására a tömeg valamelyik irányba kimozdulna, ezt azonban a mozgással ellentétes oldali lemezen egy visszahúzó feszültséggel kompenzálják. Ezt a visszahúzó feszültséget mérve a gyorsulásváltozás meghatározható. A legkorszerűbb gravimetriai műholdon használatos gyorsulásmérők zaja jelenleg $10^{-12} \text{ m/s}^2/\sqrt{\text{Hz}}$ az érdemi mérésekre használt sáv szélességen belül [THOMAS 1999; RUMMEL 2002]. A nem-gravitációs eredetű gyorsulások mérhetősége lehetővé teszi, hogy az alacsony pályájú műholdakat gravimetriára használjuk.



1. ábra. A gyorsulásmérő elvi felépítése. A műholdat érő légköri (atmoszferikus) fékezés a műhold tömegközéppontjába helyezett, de a műholdtól vákuummal függetlenített testre nem hat. Ellenben mindkét testen ugyanakkora a gravitációs gyorsulás, mivel közös a tömegközéppontjuk

Fig. 1. The concept of the accelerometer: a body in vacuum inside the satellite is "shielded" from the effect of surface forces (i.e. atmospheric drag effect, solar pressure), so its move is governed by purely gravitational forces. By keeping the body in the centre of mass of the satellite, the gravitational acceleration moving the body and the satellite are identical, so the difference of their move is the effect of non-gravitational accelerations

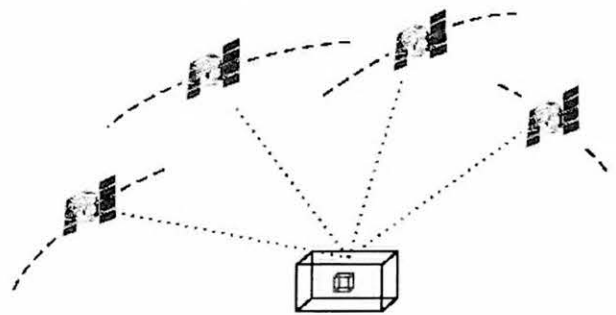
A fent említett technikák (úm. a folyamatos műholdkövetés GPS-szel, és a gyorsulásmérő) segítségével elméletben már régóta ismert lehetőségek váltak megvalósíthatóvá. Ilyen a műhold-műhold követés vagy SST (Satellite-to-Satellite Tracking) eljárás, amely során két, egymástól közel állandó távolságra lévő műhold között távolságkülönbségeket mérünk. A két műhold geometriai helyzete alapján kétfajta elrendezést különböztetünk meg: az alacsony-alacsony (low-low) SST, amikor mindkét műhold alacsony pályán kering, és a magas-alacsony (high-low) SST, ami értelemszerűen egy magas és egy alacsony pályájú műholdelrendezést takar. Az alacsony pályamagasságú műholdakat a szakzsargon LEO-nak (Low Earth Orbiter) nevezi; az SST alacsony műholdjai minden esetben LEO-k.

A két látszólag hasonló SST megoldás jelentős elméleti különbségeket takar [JEKELI, RAPP 1980]. A két mesterséges hold alacsony-alacsony SST elrendezésében közel azonos magasságon halad, amivel egy közel állandó ma-

gassághoz tartozó szintfelületet (potenciálfelületet) térképez fel. Nem így a magas-alacsony SST műholdjai, melyek az erőter potenciáljának sugárirányú változásaira érzékenyebbek (vö. a GPS-műholdak 20 ezer km-es repülési magasságát a LEO-k pár száz km-es magasságával). Mindkét esetben a két műhold közül az egyik kiemelt, elsődleges (primer) szerepű. Alacsony-alacsony SST esetén ez tetszőleges lehet, magas-alacsony SST esetén pedig mindig az alacsony pályán lévő műhold az. A felbontóképesség mindig a primer műholdpálya magasságának a függvénye. Magas-alacsony SST esetén a magas pályájú műhold szerepét a GPS-műholdak is betölthetik, a primer műhold folyamatos pályameghatározását biztosítandó. Alacsony-alacsony SST esetén a két alacsony mesterséges holdon kívül a GPS-műholdakra magas-alacsony SST méréseket végezve a pályameghatározás biztosítható. Az alacsony-alacsony SST elrendezés szempontjából a két mesterséges hold közötti távolságméréseknek van elsődleges fontossága, így annak pontossága messze túl kell szárnyalja a másodlagos (szekunder) szerepű GPS magas-alacsony SST pontosságát.

3. A megvalósítás

Három projektéről szoltunk. Elsőként a CHAMP műhold indult útjára 2000. július 15-én [REIGBER et al. 1999]. Ez egy magas-alacsony SST elrendezésű műhold, ahol a magas műhold szerepét a GPS-műholdak töltik be. A megoldás alapelvét a 2. ábrán szemléltetjük. Kezdetben a CHAMP 450 km magasságon keringett, ezt a projekt végéig fokozatosan csökkentve a műhold 250 km-en fogja befejezni működését. A kör alakú pálya közel poláris, pályahajlása $87,27^\circ$. Egy fordulatot 94 perc alatt tesz meg (az adatok az internetről, a NASA honlapjáról elérhetők: <http://ilrs.gsfc.nasa.gov/champ.html>). A tervek szerint a műhold 5 évig lesz pályán.

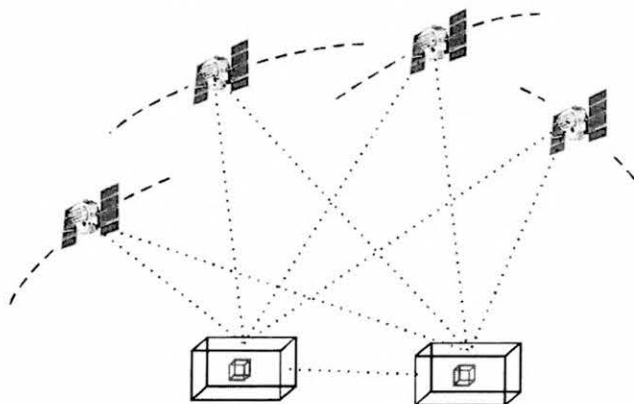


2. ábra. A CHAMP alapelve: GPS-műholdakra végzett magas-alacsony SST-ből, valamint a műhold belsejében, vákuumban csak gravitációs erő hatása alatt álló test mozgásából a gravitációs erő meghatározható

Fig. 2. The concept of CHAMP: high-low SST to GPS satellites, and accelerometry in the centre of mass of the satellite

Másodikként a GRACE került pályára 2002. március 17-én. A GRACE misszió két műholdat takar alacsony-alacsony SST elrendezésben. [JEKELI 1999]. Ezt az elrendezést a 3. ábra mutatja. A két, mintegy 485 km magasságban keringő műhold egymást 220 ± 50 km távolságban követve közel ugyanazt a pályát járja be. A pálya magasságát 5 év alatt 300 km-re csökkentik. A GRACE műholdak

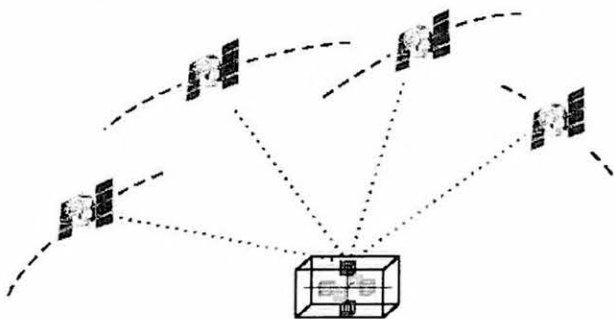
kör alakú, közel poláris, 89° névleges hajlású pályán keringenek. A két műhold úgy halad, hogy pontosan ugyanazon földrajzi hely fölé az öt éves program során nem jut vissza (lásd <http://ilrs.gsfc.nasa.gov/grace.html>).



3. ábra. A GRACE alapelve: két műhold közel azonos pályán, CHAMP-hez hasonló kialakításban (GPS-műholdakra végzett magas-alacsony SST + gyorsulásmérés) a két műhold között folyamatos távolságméréssel (alacsony-alacsony SST) kiegészítve

Fig. 3. The concept of GRACE: low-low SST between two satellites, high-low SST to GPS satellites, and accelerometry in both GRACE satellites

Harmadikként a GOCE indul útjára, várhatóan 2006-ban. A GOCE elsődleges feladata a műholdas gradiometria (gyakran SGG-ként említik, ez a Satellite Gravity Gradiometry-t takarja), amit GPS-műholdakra végzett magas-alacsony SST mérésekkel egészítenek ki [VISSER et al. 2002]. Műholdas gradiometriával a földi tömegvonzási erőter potenciáljának második deriváltjait mérjük. A gradiométeres meghatározás azon alapul, hogy a Föld körül keringő műholdnak csak a tömegközéppontja esik szabadon, tehát a műholdnak két külpontosan elhelyezett pontján gyorsulásokot mérve a két pont közti vektor irányába eső gyorsuláskülönbségek meghatározhatók. Méréstechnikailag három, egymásra merőleges irányban két-két gyorsulásmérőt helyeznek el a műholdon (4. ábra), ezzel az Eötvös-tenzor minden eleme mérhető lesz.



4. ábra. A GOCE alapelve: CHAMP-hez hasonló kialakítású LEO (GPS-műholdakra végzett magas-alacsony SST + gyorsulásmérés), ahol a műhold belsejében hat darab, a tér három merőleges irányába, a tömegközépponttól azonos távolságra elhelyezett gyorsulásmérővel a gravitációs erőter egymásra merőleges irányú gradienseit mérjük (gradiometria, avagy SGG)

Fig. 4. The concept of GOCE: gradiometry (SGG) inside the satellite, and high-low SST to GPS satellites

A GOCE pályadatai még nincsenek véglegesen rögzítve, egy-két paraméter azonban már kötött a gradiometria kapcsán. Az előzetes vizsgálatok azt mutatják ugyanis, hogy a gradiometria főként a közép és a rövid hullámhosszokon működik hasznosan, míg a hosszúhullámú tagokat csak kisebb pontossággal tudná észlelni¹. A közepes és a rövid hullámhosszúságú részletek viszont annyira aprók, hogy nagy magasságokról a hatásuk már nem érzékelhető, ezért a GOCE esetén elkerülhetetlen a nagyon alacsony pálya (200–250 km). Ezt viszont csak rövid időtartamig (6–9 hónap) lehet biztosítani [pl. TSCHERNING et al. 2001]. A nagyon alacsony pályamagasság miatt a légkör mintegy „dobálni” fogja a műholdat. Ezért gyakori SST mérésekre van szükség a pálya pontos követéséhez. Előreláthatólag másodpercenkénti pályaadatok lesznek a nyers GPS-mérésekből számíthatók. (Ez a GRACE, illetve a CHAMP esetén 10 másodperc.)

4. A gravimetriai műholdak célja és feladata

Miért van szükségünk űrgravimetriára? A geodézia feladata a Föld geometriájának (méretének és alakjának) meghatározása mellett a Föld külső nehézségi erőterének minél részletesebb leírása is. Ez utóbbi feladatot a geodézia — a földfelszínen mért egyes (diszkrét) nehézségi értékek mellett — az erőter teljes térbeli (globális) eloszlását leíró potenciálfüggvény (gömbfüggvény) meghatározásával, valamint az erőter kiválasztott (a közepes tengerszintek magasságában fekvő) szintfelületének, a geoidnak a megszerkesztésével oldja meg. Erre a célra a leghatékonyabb eszközünk az űrgravimetria. A műholdak pályáikkal a Föld teljes felszínét le tudják fedni, ami terepi, óceáni vagy légi gravimetriával nem biztosítható. Segítségükkel a gyakorlati geodézia számára megközelíthetetlen területekről (Antarktisz, Grönland, Szibéria, Amazonas vidéke) is lehet információt nyerni.

Mégsem szabad a terepi mérések jelentőségét sem elhanyagolnunk. A tisztán műholdas mérések nem tudják pótolni a terepi mérések jó felbontását. Az űrgravimetria csak nagyobb foltokban tud gondolkodni, a műhold pályamagassága miatt csak nagyobb méretarányú vonásokra érzékeny. Másrészt az űrgravimetria eredményei pontosságának megítélésére az egyetlen támpontot a terepi mérések jelentik, az űrgravimetriai geopotenciál-modellek hitelesítése ismert nehézségi értékű terepi pontokkal történhet. A két eljárás előnyeit érdemes ötvözni; a műholdas és a terepi mérések együttes (kombinált) feldolgozásával érhető el a kívánt legjobb eredmény.

Kinek és miért van szüksége a földi nehézségi erőter szerkezetének megismerésére és a geoidra? A Föld körüli nehézségi erőter minél részletesebb meghatározása iránti igény még soha nem volt ennyire nagy a gyakorlat részéről, mint napjaikban. Különböző célú (pl. Távközlési, meteorológiai, geodéziai stb.) mesterséges holdak (ma már) ezreinek, a Naprendszer kutató űrszondák és más űreszközök felbocsátása és irányítása elképzelhetet-

¹ A szemlélet végett egy durva (és rugalmasan kezelhető) definíció: rövid hullámhosszon a 0–500 km-es, közép hullámhosszon az 500–2000 km-es, és hosszú hullámhosszon az ettől nagyobb kiterjedésű jelenségeket értjük.

len a mozgásukat megszabó erőter részletes ismerete nélkül. E nélkül nem tudnánk az egész Földet beborító *egységes geodéziai alapponthálózatokat* létrehozni, és a földfelszín ábrázoló térképeinket egységes rendszerbe foglalni.

A *geoid meghatározása*, eme fizikai felület pontos ismerete közvetlen geodéziai alkalmazással is bír. Ugyanis a nehézségi erőternek a közepes tengerszintek magasságában kijelölt szintfelülete, a geoid, magasságméréseink alapfelülete. A geoid alakjának az ellipszoidhoz viszonyított meghatározása nélkülözhetetlen akkor, amikor a GPS-mérésekből kapott ellipszoid feletti magasságból a napi gyakorlatban használt tengerszint (vagy geoid) feletti magasságot akarunk kiszámítani. Így a geoidmeghatározás jelentősége az űrtechnika (pl. a GPS) korában jelentősen „felértékelődött”. Ezek mellett a geoidnak mint a nehézségi erőter egyik szintfelületének alakja szemléletesen mutatja az erőter eloszlását, és érzékelteti a Föld belső tömegeloszlásának szabálytalanságait.

Az erőter meghatározása részét képezi a Föld fizikája megismerésének. Segítségével kontinens méretű területek geofizikáját lehet leírni, elemezni. A magassági és a vízszintes hálózatokkal a terület geometriája követhető, míg a gravimetriai adatok a tömegeloszlást, ennek időbeni változásai pedig a tömegátrendeződéseket mutatják. Egész földi (globális) hálózatok nélkül nem lenne információnk a *lemeztektonikáról*, országnyi területek emelkedéséről, illetve süllyedéséről, így például az *utolsó jégkorszak utáni újrarendeződésről* sem, amely jelenségek az elméleti „érdekességen” túl gyakorlati jelentőséggel is bírnak.

Az erőter évszakos megváltozásai szárazföldi területeken főként a *hidrológiai folyamatokat* tükrözik. A víz körforgásában részt vevő valamennyi összetevő (csapadék, talajvíz, párolgás, elszivárgás, lefolyások) megváltozása tömegátrendeződéssel jár.

A legnagyobb igény az erőter megismerésére leginkább az *oceanográfia* részéről van. Az oceanográfiai folyamatok tömegátrendeződések és hőáramok (hőtranszportok) okozói, így a gravitációs erőter megváltozásai részben alkalmasak *óceáni áramlatok* és a *tengerfenéknnyomás* változásainak elemzésére is. Az oceanográfia számára aktuális probléma a *sarki jégsapkák olvadása* mértékének meghatározása. Az olvadó jég egyrésztől az óceánok vízszintjének az emelkedésével jár. Másrésztől az olvadó jég édesvize hígítja a tengervíz sótartalmát. Ezen események következményei globális változásokban érzékelhetők. Így például az Európában jelenleg végbemenő *ég-hajlatváltozások* gyökere a Golf-áramlat, illetve az Északatlanti áramlás sós vízének felhígulása, ami gyakorlatilag az áramlat megszűnését eredményezheti, és ez Európa, ill. Észak-Amerika éghajlatának drasztikus lehűlését vonhatja maga után.

Minek egyszerre rögtön három gravimetriai műhold, miért nem elég a leghatékonyabb egyetlen megoldás? Erre a válasz az, hogy nincs leghatékonyabb kialakítás. A történet úgy kezdődött, hogy a GFZ hozzákezdett a CHAMP tervezéséhez, aminek a feladata eredetileg a mágneses tér észlelése volt. A projekthez aztán hozzákapcsolták a gravitációs erőter meghatározására irányuló projektet is, igazából a költségek optimalizálása végett. A gravitációs tér észlelése céljából „csak” gyorsulásmérőt és nagy pontosságú GPS-

antennákat kellett a fedélzetre helyezni (a mágneses tér meghatározásához elég lett volna kevésbé pontos GPS-vevő). Tehát az első gravimetriai célú műhold relatíve kis költséggel született.

A CHAMP megtervezése hullámot indított el maga után. A két nagy cég, a NASA, illetve az ESA nem akart lemaradni, ezért mindkét helyen a CHAMP-nél drágább, de hatékonyabb megoldást fejlesztettek ki. A tervek úgy készültek, hogy a műholdak ne konkuráljanak egymással, hanem inkább kiegészítsék egymást. A GOCE lelke a gradiométer, ami a műhold tömegközéppontjától merőleges irányokban, mintegy félméternyire elhelyezett gyorsulásmérőket jelent. Pongyolán fogalmazva a mérés felbontóképességét a műszer karjainak a távolsága határozza meg (ami aztán a feldolgozás során az elkerülhetetlen lefelé folytatás miatt romlik). A GOCE ezekkel a mintegy fél méteres távolságokkal az erőter rövid és közepes hullámhosszú részleteinek mérésére alkalmas. A GRACE-t — amikor is egy műhold követ jó 200 km-rel lemaradva, közel azonos pályán egy másikat (alacsony-alacsony SST) — úgy is lehet értelmezni, mint egy egytengelyű óriási gradiométer, jó 200 km-es karral. Ezzel az erőternek a hosszú hullámhosszú részleteit lehet jól érzékelni. Ésszerűnek tűnhet a két műhold előnyeinek ötvözése. Ezt szemlélteti az 5. ábra, amelyen egy szimulált GRACE és egy szimulált GOCE várható mérési hibái láthatók, a gömbfüggvény-együttható fokszámának (lényegében a felbontóképességnek a) függvényeként. Ez az úgy nevezett „hiba fok variancia”¹. Az ábra tartalmaz továbbá egy kombinált megoldást (GOCE+GRACE) is, valamint a gömbfüggvény-együtthatók fokonkénti becslést nagyságát, amit KAULA professzor nevével fémjelzett szabállyal határoztunk meg. Ez gyakorlatilag a földi erőter „jel fok varianciája”. Ott, ahol a műhold hibái eléri a jel nagyságát, az észlelés értelmetlenné válik, ezért a Kaula-görbe fölött a GRACE hibákat nem jelöltük. Az ábra mutatja, hogy a hosszú hullámhosszakon (2-től mintegy 7 fokig) a GRACE a jobb, míg a közepes és rövid hullámhosszakon (7–8 fok felett) a GOCE a pontosabb. A két eljárás kombinációjából (GOCE+GRACE) egy minden frekvencián kiváló geopotenciál (gravitációs) modellhez juthatunk, egészen 220–230 fokig a jelnél legáltalább egy nagyságrenddel kisebb hibákat szolgáltatva.

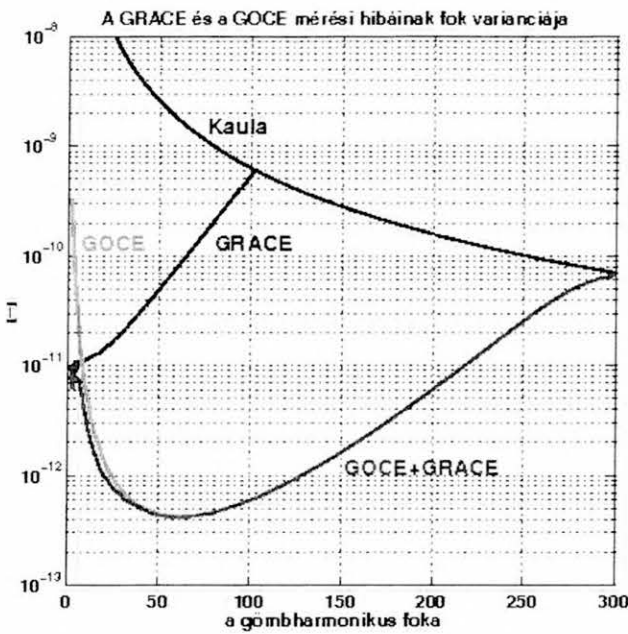
¹ A különböző fokszámú együtthatók az erőter különböző méretarányú formáit jellemzik. Az alacsony fokszámú együtthatók a durvább (hosszú hullámhosszú) vonásokat írják le, míg a magasabb fokszámúak a kisebb (rövid hullámhosszú) részleteket tükrözik. Az erőter különböző hullámhosszú komponenseinek nagyságát az ún. „jel fok variancia” (Signal Degree Variance) függvény-

nyel szokták jellemezni: $\sigma_l^2 = \sum_{m=0}^l (\bar{C}_{l,m}^2 + \bar{S}_{l,m}^2)$, ahol $\bar{C}_{l,m}$ és

$\bar{S}_{l,m}$ a gravitációs erőter gömbfüggvény-sorának együtthatói. Az együtthatók megbízhatóságát varianciájukkal becsülik. A fokonként becsült megbízhatóságot „hiba fok varianciának” (Error

Degree Variance) nevezik: $\sigma_l^2 = \sum_{m=0}^l (\Delta\bar{C}_{l,m}^2 + \Delta\bar{S}_{l,m}^2)$, ahol

$\Delta\bar{C}_{l,m}$ és $\Delta\bar{S}_{l,m}$ a gravitációs erőter gömbfüggvény együtthatóinak becsült hibái.



5. ábra. Modellezett GRACE és GOCE mérési hibahatárok a gömbfüggvény-együtthatók fokának függvényeként, illetve a két (kvázi három) műhold közös kiegyenlítéséből várható pontosság (GOCE+GRACE)

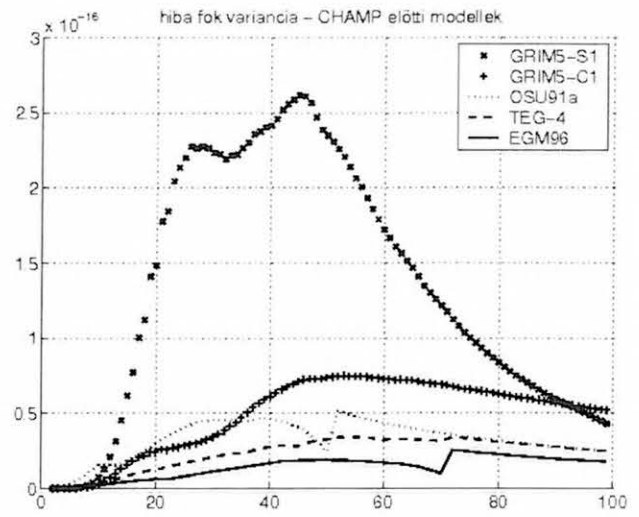
Fig. 5. Error degree variance of a simulated GRACE, GOCE, and combined GRACE and GOCE (GOCE+GRACE) gravity recovery

5. A gravimetriai műholdak eddigi eredményei

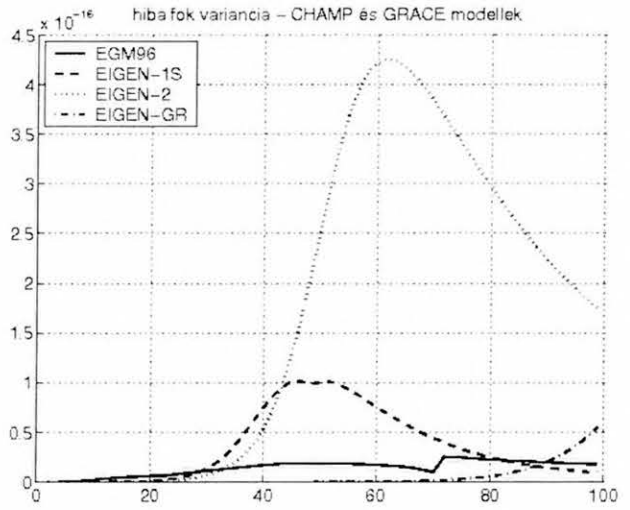
A nehézségi erőter leírására használt gömbfüggvénysor együtthatóinak sorozatát, a geopotenciál-modellt különböző intézmények — számos különböző megoldás eredményeként — már a gravimetriai műholdak megjelenése előtt is számították. Nevezük ezeket CHAMP előtti modelleknek. Egyes változatok tisztán a műholdas technikákra támaszkodtak, míg mások, az ún. kombinált megoldások, földfelszíni és légi gravimetriai mérések eredményeit is bevonták a feldolgozásba. Ez utóbbiaknak egyik legjobbnak tartott megoldása az EGM96 jelű geopotenciál-modell. Ebben a gömbfüggvénysor alacsonyabb és közepes fokszámú (hosszú hullámhosszúságú) együtthatóit a műhold észlelései, míg a magas fokszámú (rövid hullámhosszúságú) együtthatóit a terepi gravimetriai mérési eredmények határozzák meg döntő módon.

Jelenleg két gravimetriai műhold van pályán 4, illetve 2 éve. A következő ábrákon bemutatjuk, hogy ezek mennyiben járultak hozzá a geopotenciál- (gravitációs) modellek (együtthatók) megbízhatóságának növeléséhez. A modellek pontosságát az alábbi ábrákon ismertetjük.

Az 6. ábra felső része (a) néhány CHAMP előtti modell (GRIM5-S1, GRIM5-C1, OSU91a, TEG-4 és az EGM96), míg az alsó ábra (b) a CHAMP méréseinek feldolgozásából nyert EIGEN-1S és EIGEN-2, valamint a GRACE észlelésekből számított EIGEN-GR jelű modellek együtthatóinak jel fok variáciáit mutatja. A (b) ábrán a CHAMP előtti legjobb modell, az EGM96 fok variáciáit is feltüntettük. Az ábrán látható, hogy a közepes hullámhosszokon az EGM96 jobb eredményt nyújt a CHAMP modelleknél, de a GRACE modellel már nem tud lépést tartani.



(a)



(b)

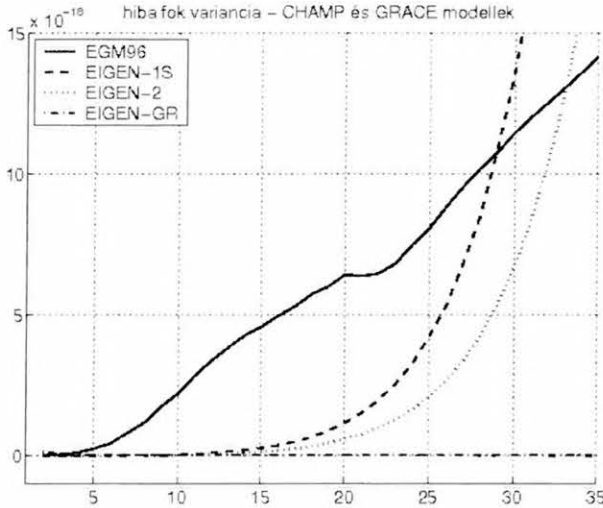
6. ábra. A geopotenciál- (gravitációs) modellek becsült variáciái, a gömbfüggvény fokszámának függvényében. (a) CHAMP előtti modellek (b) CHAMP és GRACE modellek + EGM96

Fig. 6. Error degree variances of (a) pre-CHAMP gravity models; (b) CHAMP, GRACE and the best pre-CHAMP (EGM96) gravity models

A következő ábrákon a 6. (b) ábrából kinagyítunk egy-egy részletet. A 7. ábra tanúsága szerint a CHAMP modellek 29, illetve 33 fokig pontosabbak az EGM96-nál. Ez körülbelül 700 km-es, ill. 600 km-es felbontásnak felel meg. Tehát az ennél nagyobb léptékű tömegeloszlásokat a CHAMP-ről pontosabban lehet észlelni, mint az eddig ismert legjobb kombinált gravitációs modell.

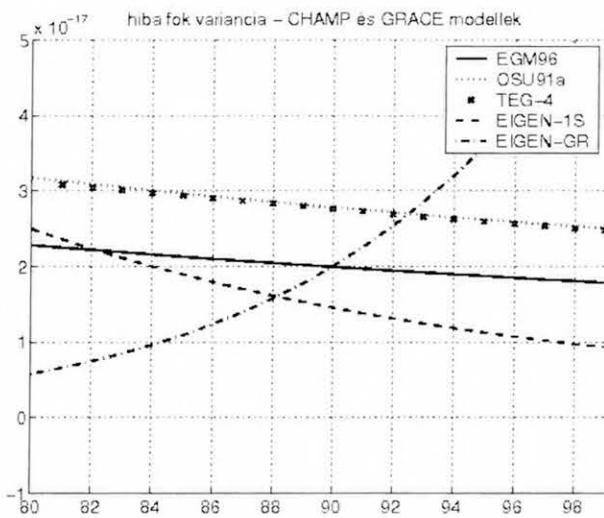
A 8. ábrán azt a tartományt mutatjuk, ahol az EGM96 modell és GRACE modell pontossággörbéi metszik egymást. Emlékeztetünk, hogy az EGM96 modell számítása során terepi adatokat is felhasználtak, így az, elvileg, sokkal jobban tükrözi a kis méretarányú hatásokat. Ezek a hatások 90 fok feletti tartományba esnek, ami mintegy 250 kilométeres és annál kisebb felbontásnak felel meg. Minden tömeghatás, amely 250 km-nél nagyobb területen jelentkezik, a műholdas eljárással pontosabban meghatározható, mint a kombinált modellekből. (Ne felejtjük el, hogy a kombinált

modell évtizedek ismereteit tartalmazza, míg az első GRACE modell 1 műhold fél év alatt összegyűjtött mérésin alapul.) Mint az ábrán látható, az EIGEN-1S CHAMP modell tűnik a legjobbnak. Ez félvezető, ugyanis az EIGEN-1S modell 60–70 fok feletti tartományán a kiegyenlítést „regularizálták”. Ez azt jelenti, hogy a rövidebb hullámhosszakon korábbi ismereteket is bevontak a kiegyenlítésbe, ezért itt az EIGEN-1S modell kombinált modellként kezelendő. A GRACE modell, ezzel szemben, nem regularizált, tehát pusztán egyetlen műhold eredményeit tükrözi.



7. ábra. A 6. (b) ábra részlete a hosszú és közepes hullámhosszak hibáiról

Fig. 7. A zoom into the long- and middle-wavelength part of Fig. 6. (b)



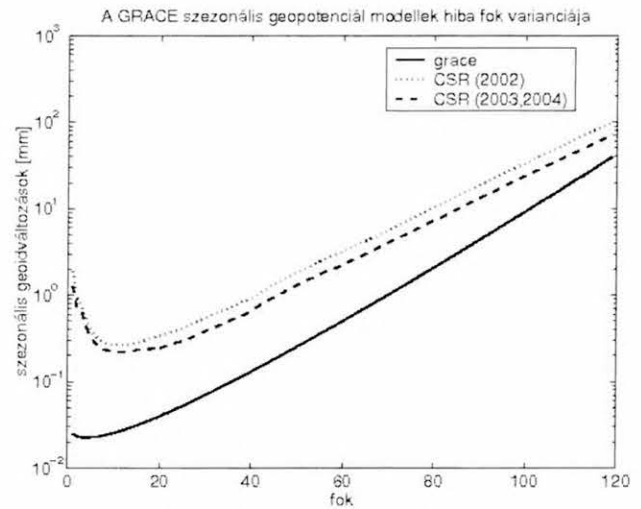
8. ábra. A 6. (b) ábra részlete a rövid hullámhosszak hibáiról

Fig. 8. A zoom into the short-wavelength part of Fig. 6. (b)

6. A folytatás

Az ismertetett három gravitációs műhold pályafutásának végével a történetnek koránt sem lesz vége. Komoly igény van a pontosság további növelésére. Bár a különböző idő-

szakokra számított GRACE modellekből már időszakos (szezonális) változások szépen kimutathatók, a GRACE meg így is egy nagyságrenddel elmaradt a tervezett pontosságától. A 9. ábrán az *a priori* modellezett GRACE mérési hibát [FÖLDVÁRY, FUKUDA 2002] az *a posteriori* eredménnyel, a GRACE mérésekből számított szezonális modellek becsült hibáival, azaz a CSR havi geopotenciálmodelljeinek szórásaival [TAPLEY et al. 2004] vetjük össze. Megjegyzendő, hogy a CSR (Center for Space Research, University of Texas, Austin) által kibocsátott geopotenciálmodellek 2003 után nagyobb megbízhatóságúak, mint 2003 előtt, aminek az oka a számítás során felhasznált modellek (óceánmodell és atmoszféramodell) pontossági különbségeiben rejlik. A 9. ábra a gömbfüggvény-együtthatók fokszámának függvényében mutatja a GRACE meghatározási megbízhatóságot, azzal az apró eltéréssel, hogy ebben az esetben a gömbfüggvény-együtthatók helyett azt a különböző hullámhosszúságú geoid-összetevőkkel szemlélteti [vö. WAHR et al. 2004]. Tehát itt a „hiba fok varianciát” nem gömbfüggvény együtthatók hibáival jellemeztük, hanem a geoid hibáival¹.



9. ábra. A GRACE tervezett időszakos (szezonális) pontossága és a CSR szezonális geopotenciálmodellek becsült szórásai a fokszám függvényeként. Az ábra tanúsága szerint a GRACE pontossága jó egy nagyságrenddel elmarad a tervezettől

Fig. 9. Error degree variance of CSR seasonal gravity models and the GRACE baseline accuracy (preliminary simulation)

A jövőben az érdeklődés várhatóan még inkább az időbeni változásokra fog terelődni. A GRACE az időszakos változásokra érzékeny (mivel havonta tud nagy megbízhatóságú geopotenciál- (gravitációs) modelleket szolgáltatni). Ám igény van a rövidebb frekvenciájú változások mérésére is (szubszezonális, napi, fél napi). Ehhez egy gyorsabb műhoddal kellene hamarabb végigpásztázni a Földet — kérdés, hogy ez mennyiben kivitelezhető.

A másik igény a vízszintes felbontóképesség fokozása. A mostani pár száz kilométerről ez alacsony-alacsony SST

¹ A geoid jellegű „hiba fok variancia” becslése egy konstans ellipszoidi fél-nagy tengellyel (a) való szorzással nyerhető:

$$\sigma(N)_l = a\sigma_l. \text{ Tehát: } \sigma(N)_l^2 = a^2 \sum_{m=0}^l (\Delta\bar{C}_{l,m}^2 + \Delta\bar{S}_{l,m}^2).$$

esetén részben a két műhold távolságának csökkentésével érhető el. Ennek szélsőséges megoldása a gradiometria, ahol a két próbatest között már csak fél méter a távolság — így ebbe az irányba a GOCE után már nem igazán lehet fejlődni.

A vízszintes felbontást nagymértékben lerontja a lefelé folytatás. A műhold magasságában jó felbontású észlelések óhatatlanul összemosnak sok, a Föld felszínén látható részletet. A jobb rálátás végett a repülési magasságot kellene csökkenteni. Műholdként ez már nem nagyon csökkenthető tovább, már a GOCE 250 km-es magasságon tartása is komoly kihívás és rengeteg pénzbe kerül. Idővel (és pénzzel) teret nyerhetnek a légi gravimetriai megoldások — immár nem passzív próbatestekből, hanem önmeghajtású repülő objektumokból, repülőgépekből információt nyerve. A repülőgépeken végzett mérések egyre szebb egyezéseket mutatnak az ismert gravitációs térrel, mégis ezeknek az eredményeknek értékelhetőségét többen vitatják. A repülőgépes mérések alapelve megegyezik a műholdas mérésekével (a nem-konzervatív erőket gyorsulásmérővel mérik), csak ebben az esetben a nem-konzervatív erők legnagyobb részét a repülőgép motorja szolgáltatja. A motoros repülés miatt a zaj nagyságrendekkel nagyobb, mint maga a jel — a gravitációs erő hatását a mérésekből úgy kell előválaszolni. Többek szerint a légi gravimetria minden tetszetős eredménye kétségbe vonható, mivel azok jelentősen függenek a feldolgozás során alkalmazott matematikai módszerektől, amivel a zajban a halk jelet próbálják megtalálni.

HIVATKOZÁSOK

FÖLDEVÁRY L., FUKUDA Y. 2002: On the Effects of the Atmospheric Correction of the GRACE Measurements for Studies of Oceanography. *Periodica Polytechnica* **46**, 2

GERLACH Ch., FÖLDEVÁRY L., SVEHLA D., GRUBER Th., WERMUTH M., ROTHACHER M., RUMMEL R., SNEEUW N., FROMMKNECHT B., PETERS Th., STEIGENBERGER P. 2003: A CHAMP-only

Gravity Field Model from Kinematic Orbits Using the Energy Integral. *Geophysical Research Letters* **30**, 20, 2037, doi: 10.1029/2003GL018025

- JEKELI Ch. 1999: The Determination of Gravitational Potential Differences from Satellite-to-Satellite Tracking. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* **75**, p. 85–101
- JEKELI Ch., RAPP R. H. 1980: Accuracy of the Determination of Mean Anomalies and Mean Geoid Undulations from a Satellite Gravity Mapping Mission. Report No. 307, Department of Geodetic Science, Ohio State University, Columbus
- REIGBER Ch., SCHWINTZER P., LÜHR H. 1999: The CHAMP Geopotential Mission. Proceedings of the Second Joint Meeting of the International Gravity and the International Geoid Commission (Eds: I. MARSON and H. SÜNKEL). Trieste, 7–12 September 1998, *Bollettino di Geofisica Teoretica ed Applicata* **40**, 3–4, p. 285–289
- RUMMEL R. 2002: Gravitációs gradiometria: Eötvös Loránttól a modern űrkorszakig. *Magyar Geofizika* **43**, 4
- TAPLEY B. D., BETTADPUR S., RIES J. C., THOMPSON P. F., WATKINS M. M. 2004: GRACE Measurements of Mass Variability in the Earth System. *Science* **305**
- THOMAS J. B. 1999: An Analysis of Gravity Field Estimation Based on Intersatellite Dual-1-Way Biased Ranging. *JPL Publications*. **98**, 15
- TSCHERNING C. C., ARABELOS D., STRYKOWSKI G. 2001: The 1 cm geoid after GOCE. *Gravity, Geoid and Geodynamics 2000* (Ed.: M. G. SIDERIS). IAG Symposia **123**, p. 267–270, Springer Verlag
- VISSER P. N. A. M., RUMMEL R., BALMINO G., SÜNKEL H., JOHANNESSEN J., AGUIRRE M., WOODWORTH P. L., LE PROVOST C., TSCHERNING C. C., SABADINI R. 2002: The European Earth Explorer Mission GOCE: Impact for the Geosciences, Ice Sheets, Sea Level and the Dynamic Earth. *Geodynamics Series* **29**, American Geophysical Union, p. 95–107
- WAHR J., SWENSON S., ZLOTNICKI V., VELICOGNA I. 2004: Time-variable Gravity from GRACE: First Results. *Geophysical Research Letters* **13**, L11501, doi: 10.1029/2004GL019779

Szemelvények a magyar geofizika történetéből¹

SZABÓ ZOLTÁN²

Z. SZABÓ: Selected passages of the history of Hungarian geophysics

A nagy vonatrablás

Az 1907-től folyósított állami támogatásnak köszönhetően örvendetesen fejlődő torziósinga-mérésekre komoly csapást mért az 1918-as esztendő. Az Újvidék és Titel környéki mérések befejeztével az expedíció tagjai az évek óta kialakult szokásnak megfelelően a műszer- és lakókocsikat vasúti tehervagonokba rakták, hogy felszállítsák Budapestre (1. ábra). Közbejött azonban az októberi őszi-rózsás forradalom, melynek során a csöcselék — ahogy PEKÁR írja — megrohmozta és kifosztotta a ceglédi vasút-

állomáson veszteglő vasúti szerelvényt, amelynek három vagonja az expedíció felszerelését szállította.

PEKÁR Dezső az esemény bekövetkezte után azonnal ajánlatokat szerzett be az elrabolt műszerek és expedíciós felszerelés javíttatása, illetve pótlása céljából. Az ajánlatok beérkezte után a Magyar Államvasutakhoz fordult a kártérítés ügyében és az alábbi beadvánnyal fordult a vallás- és közoktatásügyi miniszterhez, melyben részletesen beszámol a történetről és a keletkezett károkról. A levél PEKÁR kézírásával maradt fenn, de azt az akkor már nagybeteg EÖTVÖS nevében és aláírásával terjesztette a miniszter elé.



1. ábra. Itt még minden megvolt...

Miniszter Úr!

Csavarási ingámmal múlt év nyarán és őszén a pénzügyminiszter úr óhajtásával egyetértőleg Újvidék és Titel környékén végeztem geofizikai kutatásaimat. E vizsgálatok érdekes és valószínűleg gyakorlati értékű eredményekre vezettek, a melyeknek kiaknázása azonban sajnos jelenleg hatáskörünkön kívül esik.

A méréseket befejezván 6 drb. műszerekkel és felszerelési tárgyakkal megrakott kocsinkat páronként három vasúti kocsira rakva 1918. október 26-án Boldogasszonyfalván adtuk fel Budapestre való szállítás végett. November elsején Czegléden a zavargó katonaság és a fosztogató csöcse-

lék az egész pályaudvart kirabolta, s így többek között ott veszteglő kocsijainkat is feltörte s úgyszólván teljesen kifosztotta, a mint azt a vallás és közoktatásügyi minisztériumban az egyetemi osztály vezetőjének Dr. Tóth Lajos miniszteri tanácsos úrnak még a kocsik átvétele előtt, szóbelileg azonnal jelentettem.

A kocsikat Budapestten feltörve és javarészen kifosztva vettük át, a mint azt a nyugati pályaudvaron 1918. november 4-én felvett és 1, 2, 3 szám alatt ide mellékelt jegyzőkönyvek igazolják. A jegyzőkönyvek mindegyikében benn foglaltatik az illető kocsirakományból hiányzó tárgyak jegyzéke. Ezekben az elveszett tárgyak beszerzési árai valamint megrongált kocsijaink javítási költségeit is feltüntettük, még pedig az egyes czégektől szerzett 4-13 szám alatt mellékelt ajánlatok alapján.

Ezek szerint az 164120 számú vasúti kocsirakományban 41,486 korona - fillér, a 9133 számú kocsirakományá-

¹ Beérkezett: 2005. április 13-án

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

ban 37,822 korona - fillér és a 610498 számú kocsirakományában 21,882 korona 50 fillér, összesen tehát 101,190 korona 50 fillér kárunk van.

Az ide mellékelt iratokkal felszerelve 1918. november 20-án kártérítési kérelemmel fordultam a magyar államvasutak Igazgatóságához, a mi azonban tekintettel a fosztogatás „vis major” szerű voltára eredményre nem vezetett.

A változott területi viszonyoknak megfelelőleg alkalmasan választott helyeken e geofizikai vizsgálatok megszakítás nélküli folytatása nagyon kívánatos, a mint azt a mérésekből vonható gyakorlati következtetések miatt a pénzügyminisztérium bányakutatói osztálya is feltétlenül szükségesnek tartja. Éppen ezért az elrabolt műszerek és felszerelési tárgyak mielőbbi pótlásáról kell gondoskodnom.

Tekintve, hogy a háború előtt méréseimet a mainál szélesebb mederben végeztem, felszerelési tárgyainkból tartalékaink is vannak. Tekintettel továbbá a mostani beszerzések nehézkes és czélszerűtlen voltára, csupán azon tárgyakat óhajtanám beszerezni a melyek a vizsgálatok folytatására multhatatlanul szükségesek.

Mindezek alapján azon kéréssel fordulok Miniszter Úrhoz, kegyeskedjék részemre a majd f. év július elején esedékes és a mérések folyó kiadásaira szükséges rendes évi államszegélyemen kívül, most a fosztogatásból eredő hiányok részleges pótlására 60,000 azaz hatvan ezer korona rendkívüli segélyt engedélyezni.

Az elveszett tárgyak egy része a mérésekben résztvevő munkatársaim magántulajdona, a kik hivatalos működésük kapcsán szenvedték e kárt, a mely a mai súlyos viszonyok között őket érzékenyen sújtja, annyival is inkább, mert a vizsgálatok folytatása miatt e magán felszerelési tárgyakat most kell beszerezniök. Nem kívánható, hogy ők magántulajdonuk veszélyeztetésével végezzék hivatalos teendőiket, s annyival is inkább méltán számíthatnak kártérítésre elvesztett tárgyaikért, mert azokat az állam tulajdonát képező kocsikba helyezvén, a megőrzés további felelősségét tulajdonképen az államra, illetve reám, mint e kutatások vezetőjére hárították. Éppen ezért azon kéréssel járulok Miniszter Úr színe elé, legyen kegyes felhatalmazni arra, hogy az engedélyezett 60,000 korona rendkívüli segély terhére a mellékelt jegyzőkönyvekben feltüntetett magánkárokat kiutalhassam, vagyis Dr. Pekár Dezső főgeofizikus részére 11,224 korona - fillért, Fekete Jenő geofizikus részére 4,528 korona - fillért, Szecsődy Miklós mérnök részére 3,725 korona 50 fillért, Keréjkártó Béla obszervátor részére 1,260 korona - fillért, továbbá Ádám Vazul munkavezető részére 1,165 korona - fillért.

Végül, hogy a méréseket tavasszal, a vagy legkésőbb nyár elején elkezdhessem, a hiányok pótlásáról a mai kedvezőtlen viszonyok között a legsürgősebben, már most kell intézkednem. Éppen ezért teljes tisztelettel az ügy soronkívüli sürgős elintézését kérem.

Kegyes hozzájárulása esetén, e rendkívüli segélyről való elszámolásomat legközelebbi számadásom kapcsán feltesztem, a mikor is a szokásos módon mellékelt leltárba az elrabolt tárgyakat a kiadások, az újonnan beszerzetteket pedig a bevételek rovatába bevezetem.

Fogadja Miniszter Úr kiváló tiszteletem őszinte nyilvánítását

Budapest, 1919 január 28.

br. Eötvös Loránd
egyetemi tanár

A megszólításból látszik, hogy új idők járnak, elmaradt az obligát „kegyelmes uram”. Az alábbi mellékletekből kitűnik, hogy milyen tárgyak tartoztak az expedíció felszerelésébe és az is, hogy az ingákat szerencsére alig érte kár. A fosztogatók valószínűleg nem tudtak mit kezdeni a nehéz műszerekkel, úgy látszik nem volt még a MÉH-hez hasonló szervezet, amely jó pénzt adott volna a közel 100 kg súlyú, sárgarézből készült ingákért.

1. sz. melléklet

A 164120 sz. vasúti kocsiban szállított műszerkocsiból hiányzó tárgyak jegyzéke és értéke.

A báró Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások tulajdona:

2 drb. nagy lakósátor, 1 drb. előponyvával és 150 m kötéllel	10 000
1 drb. 6x7 m, 3 drb. 2x3 1/2 m ponyva	2 520
4 drb. kókusz lábtörő	1 168
1 drb. Nardin féle chronometer	3 000
2 drb. Nicolaus féle chronometer	2 100
1 drb. aneroid barometer	150
1 drb. Zeiss-féle prizmas látcső (8x)	360
2 drb. Hensold-féle szögprizma	116
2 drb. ismétlő pisztoly (Frommer-féle)	600
1 drb. Arrenheim féle vaskazetta	160
2 drb. üres spirituszos bádogganna (50 l.)	286
1 drb. Sartorius féle szögmérő	168
1 drb. 30 m-es acélszalag	175
1 drb. zsebvoltmeter	60
3 drb. präcisios bussola	920
1 drb. Richter féle rajzeszköz XII P	240
4 drb. hőmérő	40
1 drb. 9x12-es fotografáló gép, Görz „Dogmar” lencsével	680
18 drb. vastag takaró, 180x260 (megrendelésre külön szövetett)	6 120
3 drb. Gyulay irattáska	600
2 drb. függőn	28
1 drb. kocsiuülés bőrből és a kocsi javítása	964
1 drb. fehérműs láda	130
Összesen	30 585 korona

2. sz. melléklet

A 9133 sz. vasúti kocsiban szállított műszerkocsiból hiányzó tárgyak jegyzéke és értéke

A báró Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások tulajdona

2 drb. okuláris a b. Eötvös-féle gravitációs műszerből	400
1 " kocsiuülés bőrből és a kocsi javítása	864
2 drb. okuláris a b. Eötvös-féle gravitációs műszerből	400
1 drb. Wild Edelmann féle mágneses theodolit 2 szekrényben	6 400
1 drb. Maureaux féle mágneses teodolit szekrényben	4 400
1 " Suss féle csillagászati teodolit szekrényben	3 100
2 " relatív deklinációs mágneses teodolit 2 szekrényben	8 800
Alkatrészek u. m. csavarok, kapcsolók stb. a mágneses műszerekhez szekrényben	1 200
1 drb. sátorállító libella iránytűvel	360
5 " teveszörtakaró 200x260 nagyságú (megrendelésre külön szövetett)	1 900

2 "	acélnagykalapács	36
12 "	rézcsövek	400
3 "	bőrfejpárna	600
1 "	ruhás láda	130
1 "	kocsiülés bőrből és a kocsi javítása	1 142
Összesen		30 132 korona

3. sz. melléklet

A 610 498 sz. vasúti kocsiban szállított műszerkocsiból hiányzó tárgyak jegyzéke és értéke

A báró Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások tulajdona:

2 drb.	bambuszátor vászonnal bevonva, 25 m kötéllel	2 000
3 "	4x5 m ponyva	2 400
2 "	1.2x7 m és 4 drb. 1.2x2.5 m alátétponyva	1 152
1 "	bőrészlelőszék (háromlábú vadásszék)	45
8 "	tábori szék	400
1 "	gummi fürdő kád	185
1 "	Viktorin lámpa	400
8 "	szalmaszák fejpárnával	1 520
1 "	mosdóberendezés	240
2 "	bádoggal vízes kanna	100
1 "	spirituszos főzőmasina (2 lángos)	75
1 "	petróleumos "	60
2 "	ruhakefe	48
1 "	kézitükör bőrtokban	40
2 "	ívóvízes hordó (50 és 25 l)	150
1 "	rézcsap	140
1 "	hordóállvány	80
2 "	zsíros bődön, zománczott pléh (25 és 10 l)	98
3 "	elektromos észlelőlámpa	210
3 "	kézi olajos és gyertyás lámpa rézből	114
1 "	elektromos ébresztő óra	300
1 "	közönséges ébresztő óra	50
2 "	loupé	24
1 "	Arrenheim-féle vaskazetta	320
2 "	fehémeműs láda	260
	Irószerek u. m. ceruzák, vonalzó, tollszárak, tintatartók	67
	Jegyzőkönyvek: 10 drb kicsi és 20 drb nagy	140
	Papírneműek és nyomtatványok	150
	Térképek és térképtartók	120
	Kocsiülés bőrből és a kocsi kijavítása	903
1 drb.	6x7 m fedőponyva 25 m kötéllel	1 730
	100 m kötél	200
2 drb.	fabunkó	110
Összesen		13 831 korona

Budapest, 1918. november hó 20-án

br. Eötvös Loránd

Nem érdektelen talán, ha a hivatalos veszteséglistán kívül közöljük PEKÁR Dezső személyes tárgyainak listáját. Ennek alapján bepillantást nyerhetünk a korabeli expedíciós élet mindennapjaiba. Ebben az időben nem volt ismeretes a csúsztatás fogalma. Az expedíció tagjai a munka kezdetétől a végéig terepen tartózkodtak, és csak egészen kivételes alkalmakkor hagyták el táborukat. Ruhatárukat és egyéni felszerelésüket úgy kellett összeállítaniuk, hogy egész terepszegzóra kitartson. Arról sem szabad megfeledkeznünk, hogy az „Isten háta mögötti” területeken járva, megjelenésük nagy szenzációt és egyben komoly társadalmi eseményt is jelentett.

PEKÁR leveleiből tudjuk, hogy társadalmi kapcsolatokat alakítottak ki a helyi hatóságok képviselőivel és a helyi előkelőségekkel, ami elsősorban a földbirtokos réteget jelentette. Fennmaradt fényképek tanúsága szerint a megyei, járási urak sokszor családostul látogatták meg az expedíciót, ahol illendően megvendégelték őket (2. ábra). A vendégeskedéshez pedig illő ruhatárral is kellett rendelkezniük a vendéglátóknak.



2. ábra. Ötörai tea a táborban helyi előkelőségek részvételével

Dr. Pekár Dezső tulajdona

5 drb.	vászoning	800
5 drb.	hálóing	900
5 "	alsónadrág (rövid)	400
7 "	" (hosszú)	840
5 pár	téli rövid harisnya	225
2 "	hosszú gyapjúharisnya	170
9 "	nyári rövid harisnya	270
5 drb.	törülköző	350
16 "	zsebkendő	480
12 "	kemény gallér	42
24 "	puha "	216
2 "	nyakkendő	90
1 "	harisnyakötő	24
1 "	plédszty	32
1 "	utimosdókészlet	150
8 pár	kézelő	64
1 "	kötött téli keztyű	35
1 "	bélelt bőr "	75
1 "	egyszerű bőr keztyű	60
1 évfolyam	"Umschau" (folyóirat)	36
1 öltözet	nyári ruha	1 800
1 "	téli ruha	1 800
2 pár	cipő	370
1 "	bőrlábszárvédő	190
3 drb	posztósapka	135
1 "	felöltő	1 500
2 "	nadrágtartó	90
1 "	kézigyógytár	80
Összesen		11.224 korona

A urakon kívül természetesen a helybeli lakossággal is kapcsolatba kerültek, melynek során érdekes szituációk is adódtak. RYBÁR István professzor mesélte, hogy mikor ő frissen doktorált fizikusként az expedícióhoz került, az ott dolgozók a korabeli illemnek megfelelően doktor úrnak szólították. Ebből, elbeszélése szerint sok kellemetlensége származott, mert a helybéli lakosok a megszólítás alapján orvosnak vélték és különféle egészségügy problémákkal fordultak hozzá. Gyakran kellemetlen helyzetbe került, mert hiába állította, hogy ő fizikus és nem orvos, sokan megharagudtak rá, mondván, hogy ez csak kifogás, a valóság az, hogy nem akar a szegény embereken segíteni.

Visszatérve a beadvány sorsára, a háborús összeomlás, a forradalmi zűrzavar és az azt követő trianoni trauma miatt az elvesztett felszerelési tárgyak teljes pótlására csak 10 évvel később kerülhetett sor.

Egy elvetélt Nopcsa-puccs

Egy előző cikkben [SZABÓ Z. 2004] már áttekintettük EÖTVÖS kapcsolatát a földtani kutatással és viszonyát a földtani kutatást irányító hatósággal. Láttuk, hogy az ingamérések földtani sikerei következtében megnőtt a bányakutatással foglalkozó szakemberek érdeklődése a módszer iránt. EÖTVÖS mindamelllett, hogy féltékenyen őrizte kutatói függetlenségét, mérési céljainak kiválasztásakor fokozatosan figyelembe vette a földtan részéről — miniszteri közvetítéssel — megjelenő igényeket.

1919-ben bekövetkezett halála új helyzetet teremtett. PEKÁR Dezső, EÖTVÖS legrégebb munkatársa és terepi méréseinek vezetője, függetleníteni kívánta magát az egyetem Fizikai intézetétől és önálló geofizikai intézetet kívánt létrehozni báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet néven. E törekvéseben támogatóra talált BÖCKH Hugóban, a Pénzügyminisztérium Bányakutatói osztályának vezetője személyében. A Pénzügyminisztérium ilyen irányú javaslatát a Vallás- és Közoktatásügyi Miniszter 1919. november 18-án kelt (167.608/1919./B,XVI. számú) átiratában magáévá tette. Az átirat szavai szerint: „Folyó év augusztus 23.-án 26.973 sz. alatt kelt nagybecsű átiratára van szerencsém tisztelettel értesíteni Nagyméltóságodat, hogy a nagyemlékű báró Eötvös Loránd által felfedezett és megindított geofizikai kutatásoknak tárcám vagyonkezeléséhez tartozó és különállóan leltározott tárgyait és műszereit a pénzügyi tárca hatáskörébe átengedem.” Ugyanez az átirat azonban a tudományos kutatások folytatása érdekében a következőket is tartalmazza: „Teljes tudatában e világhírű felfedezés tudományos és gyakorlati jelentőségének, biztosítékot kérnék azonban aziránt, hogy a geofizikai állomás a jövőben nem csupán csak gyakorlati célokat fog szolgálni, hanem a geofizikai tudományos kutatást továbbra is folytatni fogja és alkalmat ad a magyar tudós világnak is az e téren való kutató, kísérletező munkára.”

A szövetségesek jó üzletet kötöttek, PEKÁRNAK sikerült elérnie a függetlenséget, BÖCKH Hugó pedig megszerezte az Eötvös Loránd-féle geofizikai kutatások feletti felügyeleti jogot. PEKÁR ezzel kapcsolatban — a kutató szervezetére utalva — megjegyzi, hogy „A hivatalos körök beolvasztó törekvéseivel szemben sikerült elérnem, hogy igazgatásom alatt, mint különálló intézmény működjek” [PEKÁR 1941].

Az üzlet megkötöttet, mindkét fél elérte célját, egy időre elvonultak a viharfelhők és PEKÁR minden energiáját alakulóban lévő intézetének fejlesztésére fordíthatja. 1926-ban már a székházépítés körvonalai is kirajzolódtak, mikor derült égből villámcsapásként egy új szereplő lépett a színre, báró NOPCSA Ferenc, a Magyar Királyi Földtani Intézet igazgatója személyében. A madridi Geológiai Kongresszusról hazatérve tapasztalatairól beszámolt hivatali feletteseinek. A Vallás- és Közoktatási minisztériumban napirenden levő székházépítési ügyek és báró NOPCSA madridi tapasztalatai, úgy látszik, felkeltették a Földtani Intézet felettes szervének, a Földmívelésügyi minisztériumnak az érdeklődését, melyet az alábbi „igen bizalmas” minősítésű levélke is jelez:

Magyar kir. földmívelésügyi államtitkártól.

Scro. száma: 404

A IX. főosztálynak

Kiadatott 1926. IX. hó 7n.

Ügyirat szám: 68921./IX. –926

Igen bizalmas!

Értesülesem szerint a vallás és közoktatásügyi ministerium az Eötvös-ingával kapcsolatos kísérletek lefolytatására önálló tudományos intézetet akar felállítani. Miután ezeknek a kísérleteknek a lebonyolítására báró Nopcsa nemzetközi megbízatást nyert, a Földtani Intézet hivatalos úton, de igen bizalmasan felszólítandó, hogy az ügyről véleményes jelentést tegyen.

A felkérés néhány napon belül eljutott báró NOPCSÁHOZ, aki „... a Magyarországon folyó súlymérő munkálatok ügyében október közepe táján” találkozót kért PEKÁRTÓL. E megkeresésnek érdekessége a dátum: 1926. szeptember 14 és a Pekár-hagyatékban a levél mellett talált kézírásos feljegyzés, melyre később visszatérünk. További érdekesség, hogy NOPCSA a miniszternek szóló jelentésében nem várja meg a PEKÁRRal történő találkozót, hanem már szeptember 17-én elküldi az alábbi levelet:

MAGY. KIR. FÖLDTANI INTÉZET

IGAZGATÓSÁGA

BUDAPEST, VII. STEFÁNIA-ÚT 14. SZ.

BIZALMAS!

Magyar Királyi Földmívelésügyi Minister Úr!

Hivatkozással Nagyméltóságodnak f. évi szeptember hó 11-én 68921./IX-2 sz. alatt kelt rendeletére, jelentem Nagyméltóságodnak, hogy az Eötvös-ingával folyó súlymérések geológiai szempontból napról-napra fontosabbá válnak. A geológia kezdetben meglegedett a földkéreg legfelsőbb rétegeinek megfigyelésével, de a geológusok hamar arra a meggyőződésre jutottak, hogy a felületen lefolyó tünemények a föld mélyebb rétegeiben találják okukat. Eme mélyebb rétegek tanulmányozása sokáig lehetetlen volt, de báró Eötvös ingája feltalálása által és a seismometer tökéletesedése folytán két olyan eszköz került a geológusok kezébe, melyek ezt a kutatást is lehetővé teszik. Az Eötvös inga azáltal, hogy a nagy kontinentális tömegek és a tenger mélysége alatt levő rétegek súlykülönbségét és ezáltal fajkülönbségét megállapította, óriási teoretikus jelentőségre tett szert.

Jelentésem keretén kívül esik, hogy eme megfigyelések mély hatással bírnak a geosynclinalis elméletre, a konti-

nensek állandóságával foglalkozó hypothezisekre, a Wegener féle kontinensek elmozdulásával foglalkozó hypothezise stb.

Precizitása folytán az Eötvös-inga azonban nemcsak ilyen nagyszabású, de kisebbszerű tektonikai tüneményekre is fényt vet. Sveizban pld. ki lehetett mutatni, hogy az Alpeselek felgyűrődéseivel összefüggő takaró elmélet és a súlymérések által konstatált súlykülönbségek közt szerves összefüggés van.

Németországban Kossmat hasonló eredményekre jutott. Magyarországon pedig eminens és nemcsak teoretikus, hanem praktikus fontossággal bír, hogy a magyar alföld feneké egyöntetű geológiai szerkezetű-e, vagy sem.

Tekintettel arra, hogy a Magyar Alföldet 1000 m-re menő újabb üledékek takarják, ezt a nagy fontosságú kérdést csak az Eötvös-ingával lehet megfejteni.

Nagyszabású ez a kérdés azért, mert petroleum és sókutatóknál egész más reményekkel bízathatnak, ha előre tudjuk, hogy a Magyar Alföld középső és déli része egy aránylag nem rég elsüllyedt hegységet vagy egy máris mint az Erdélyi Medencze a krétakor vége óta létező medencét alkot.

Az ilyen kutatás az Eötvös-inga lokálisabb jelentőségű hatáskörét tünteti fel, ezzel azonban hatásköre még nincsen befejezve, mert érzékenysége jóformán határtalan s így sokhelyütt nagyonyis csekély súlykülönbségeket jelez. Ennek folytán még helybeli sótümbök vagy petroleum előfordulások megjelölésére is használható.

Az Eötvös-inga által ilyenkor elért eredmények csak akkor érnek valamit, ha geológus adja meg az interpretációt, mert az inga csak súlykülönbségeket jelez és a geológus feladata marad megmagyarázni, hogy minden speciális esetben milyen kőzetek idézhetik elő az említett súlykülönbségeket. Ennek folytán az Eötvös-inga által adott számok holt anyag halmazatot képeznek, mindaddig, míg a geológus

interpretációja által életet nem visz beléje. Az Eötvös-inga eme precizitása és adatai interpretációja adja meg eme készülék közgazdasági jelentőségét, de éppen ez ami az Eötvös-inga legnagyobb diadala egyszersmind jóformán az Eötvös-inga tudományos átka volt. A fejlődés t. i. azt hozta magával, hogy az Eötvös-inga használatát eddig jóformán petroleum- és bányatársaságok monopolizálták. Mindennek dacára a madridi geológiai kongresszus alkalmával a világ összes geológusai az inga teoretikus jelentőségét ismét a bányászokkal ellentétben, előtérbe hozták. A kongresszuson egy külön nemzetközi súlymérő bizottságot alakítottak, melynek határozatai az egész világra kötelezők, a Magyarországon végzendő súlymérésekkel pedig nem a Pénzügyminisztérium kiküldötteit, hanem a m. kir. Földtani Intézet igazgatóját bízták meg, mert ezzel dokumentálni akarták, hogy a súlymérések monopoliumát ki kell ragadni a pénzkereső vállalatok kezeiből és tudományos bázison is kell folytatni.

A Eötvös-ingáról szóló jelentésemet azzal fejezhetem be, hogy a Magyarországon végzendő súlymérések dolgában egy nemzetközileg elintézett fajt accompli előtt állunk, ez pedig abban áll, hogy nemzetközi határozat alapján az ilyen munkák elvégzésére a m. kir. Földtani Intézet bízott meg.

Bud önagyméltóságával, valamint a Pénzügyminisztérium bányászati osztályával (Böhm minisiteri tanácsos úrral) folytatott beszélgetés során is az a vélemény alakult ki, hogy az erők koncentrálása érdekében szükséges, hogy az összes geológiával foglalkozó kutatások, melyekhez, mint a fenti exposé bizonyítja, a geofizikai kutatások is tartoznak, egy helyben follyanak össze, ez a hely pedig nem lehet más, mint az m. kir. Földtani Intézet.

Budapest, 1926. szeptember 17.

báró Nopcsa
igazgató



Báró Nopcsa és ellenfelei: Böckh Hugó és Pekár Dezső
(A Nopcsa-kép a MÁFI honlapjáról származik)

Egy következő, szeptember 30-án kelt kiegészítésben már beszámol előző napi, PEKÁRRAL történt találkozásjáról:

MAGY. KIR. FÖLDTANI INTÉZET
IGAZGATÓSÁGA
BUDAPEST, VII. STEFÁNIA-ÚT 14. SZ.

BIZALMAS!

Nagyméltóságú Magyar Királyi Földmívelésügyi Minister
Úr!

Kiegészítésül a Magyarországon folytatandó súlymérésekről tett előterjesztésemhez, jelentem, hogy tegnap Pekár ministeri tanácsos úrral beszéltem, aki jelenleg az m. kir. Pénzügyministerium által folytatott súlyméréseket vezeti. Beszédjéből kivettem, hogy Magyarországon a Kultuszministerium által felállítandó központi geofizikai intézet felállítása már nagyon előrehaladt stádiumban van és hogy a Kultuszministernek már megvannak az erre szükséges pénzek. Ez a geofizikai intézet úgy van tervezve, hogy nemcsak súlymérésekkel, de mindenféle más geofizikai kutatásokkal is foglalkozzon. Minthogy egy ilyen nagy központi szervezet felállítása mindenesetre még akkor is üdvös, ha ez a m. kir. Földtani Intézeten kívül létesül — mert ez az általam helyeselt erők koncentrációját jelenti — eme geofizikai intézet és a m. kir. Földtani Intézet közti közreműködés egy *conditio sine qua non*; minthogy végül a geofizikai intézet felállítása a Kultuszministerium hatáskörébe jőformán elintéztet dolog, azt javasolom, állapítsa meg a kormány (ha szükséges törvény alakjában) hogy eme két intézet működésének tudományos tekintetben szoros összefüggésben kell állnia és hogy ezért a geofizikai intézet munkaterve évről-évre a m. kir. Földtani Intézet igazgatójával olyforma megállapodás alapján történjen, hogy a m. kir. Földtani Intézet igazgatója a geofizikai intézet igazgatójának kijelöli, hogy melyik terület átkutatását tartja theoretikus geológiai és bányakutatási szempontból szükségesnek.

Budapest, 1926. szeptember 30.

báró Nopcsa
igazgató

A levélből kiderül, hogy a dolgok akkori állása szerint a Földmívelésügyi minisztérium és a Földtani Intézet kénytelen letenni beolvasztási szándékáról, ezért NOPCSA már csak a két intézmény szoros (ha szükséges, törvénnyel biztosított) együttműködését javasolja.

Itt kell visszaalnom arra a kéziratos jegyzetre, amelyet a Pekár-hagyatékban báró NOPCSA PEKÁRHOZ írt megkeresése mellett találtunk, mely a következőképpen szól (3. ábra):

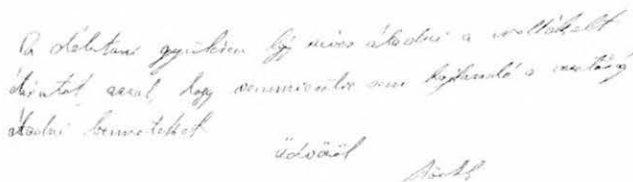
M. KIR. PÉNZÜGYMINISTERIUM (körbélyegző)
X. FŐOSZTÁLY

Kedves Barátom!

A délutáni gyűlésen légy szíves átadni a mellékelt átiratot azzal, hogy semmiesetre sem hajlandó a vezetőség átadni benneteket.

Üdvözöl

Böckh



3. ábra. A levél

A sors iróniája, hogy BÖCKH Hugó, aki ebben az időben ugyan már megvált az állami szolgálattól, de tekintélyénél fogva nyilván jelentős beleszólása volt az események alakulásába, megvédte a geofizikai kutatások önállóságát. Vajon akkor is így döntött volna, ha tudatában van annak, hogy néhány esztendő elteltével ő lesz a Földtani Intézet igazgatója? A kérdés költői, erre már nem várhatunk választ.

HIVATKOZÁSOK

PEKÁR D. 1941: Báró Eötvös Loránd. A torziós inga 50 éves jubileumára. Kis Akadémia, Budapest, 340 p.

SZABÓ Z. 2004: A fizikus Eötvös Loránd és a földtani kutatás. Magyar Geofizika 45, 3, p. 102–110

HÍREK, BESZÁMOLÓK

A CUNAMI ÉS TANULSÁGAI — AZ EURÓPAI FÖLDTUDOMÁNY KIÁLTVÁNYA

„Felkészíteni, megelőzni, kárt enyhíteni”: ez az a hármas jelszó, amelyet az európai földtudományi egyesületek közel-múltban kibocsátott állásfoglalása fogadott el a délkelet-ázsiai földrengés- és szökőár-katasztrófa tanulságaival kapcsolatban. A „Földtudományok kiáltványa a természeti katasztrófák elleni polgári védekezésről — Geoscientific Manifesto on Civil Protection against Natural Hazards” című anyagot az eurogeológusok szövetsége (EFG — European Federation of Geologists), az európai geológiai szolgálatok tanácsa (Euro-GeoSurveys), a nemzetközi mérnökgeológiai társulat (International Association of Engineering Geology — IAEG), a Földtudományok Nemzetközi Szövetsége (International Union of Geological Sciences — IUGS) és a World Geologists együttesen fogalmazta meg. A kiáltványt megfogalmazó szervezetek jogosan képviselik az európai földtudományt, beleértve a földtani veszélyeztetettség szakértőinek közösségét is. Az állásfoglalás, amelyhez csatlakozott az EAGE is, február 8-án került az Európai Bizottságnak a polgári védelemről tartott rendkívüli ülése elé. Az alábbiakban kivonatolva, szabad fordításban ismertetjük a kiáltványt, helyenként *dőlt betűs* megjegyzéseket fűzünk hozzá a hazai helyzet vonatkozásában. A kiáltvány megjelent a *First Break* márciusi számában (23. kötet, 3. oldal), és letölthető a *First Break* honlapjáról is (www.firstbreak.org > EAGE news).

Bevezető megjegyzések

A természeti katasztrófák esetében az áldozatok száma, az infrastruktúra pusztulása, a társadalomra gyakorolt hatás, valamint a nemzetgazdaságokra utóbb gyakorolt fékező hatás sokkal nagyobb, mint akár a légi, a tengeri vagy közlekedési balesetknél. A mostani szumátrai földrengés és az azt követő szökőár ismét rávilágított a természeti erők által okozott károk kezelésének fontosságára. Hasonló szökőár bárhol, bármikor bekövetkezhet: a kutatások szerint kb. 8000 évvel ezelőtt Norvégia partjainál volt egy tenger alatti földcsuszamlás, amely méreteiben hasonló szökőárt idézett elő. Az elmúlt évtizedekben a természeti katasztrófák száma megnőtt, és ez aláhúzza a megelőző, és ha szükséges, a kárenyhítő intézkedések fontosságát. Európa meg fogja szenvedni az árvizeket, a felszínmozgásokat és a földrengéseket.

Minden politikai és kormányzati szint jelenleg inkább a katasztrófák utáni mentéssel, semmint a megelőzéssel vagy veszélykezeléssel szeret vagy tud foglalkozni. Ha figyelembe vesszük a globális felmelegedés várható következményeit és a veszélyeztetett területek beépítettségének állandó növekedését, ez a megközelítés csak a költségek folyamatos növekedéséhez vezet. Ezzel ellentétben a veszélyek felismerése és a kockázatok csökkentése jelentősen csökkentheti a veszélyeztetettséget és ezzel együtt az össztársadalmi ráfordításokat. A katasztrófák utáni helyreállítás költsége százszorosa lehet az előzetes földtudományi kutatások és a veszélyeztetettség-térképezés árának.

Nem azért nőtt meg a természeti katasztrófák száma és hatása, mintha a Föld agonizálna és közel lenne a világvége. Az egyik ez irányba ható tényező, hogy a világ kisebb lett, minden katasztrófa hírére a média azonnal a szemünk elé tárlja. A másik, fontosabb tényező: az urbanizáció és a Föld lakosságának növekedése miatt egyre nagyobb területeket foglalnak el a beépített, tehát sűrűn lakott és ezért sérülékenyebb területek. Ha már az urbanizációt nem tudjuk visszafordítani, akkor a természeti erők által okozott veszélyeztetettséget kell csökkenteni.

Első javaslat: a szükségtelen kockázat elkerülésére használják fel a földtani adatokat a területfejlesztési tervekhez.

Elengedhetetlen, hogy olyan kockázati térképek készüljenek, amelyekkel még egy katasztrófa bekövetkezése előtt meg lehet határozni a sérülékeny területek (árterek, csúszásveszélyes területek, földrengésveszélyes zónák) beépíthetőségét. Evvel párhuzamosan a jogi szabályozásnak olyan erősnek kell lennie, hogy ne lehessen megkerülni a geológiai/geofizikai kockázatbecslés adatait a területfejlesztési és a településfejlesztési tervek elfogadásának szakhatósági eljárásai során.

Ilyenkor mindig Hollóháza jut eszembe. A falu öregjei tudták, hogy melyik domboldalra lehet és melyik domboldalra nem lehet építkezni. Az 1968 és 1971 között a Központi Földtani Hivatal által irányított felszínmozgás-kataszterezés itt is kijelölte az aktív mozgásveszélyes területeket. Mindezt elfeledve és negligálva, a csúszásveszélyesnek kategorizált területen új házak épültek, majd elindult a lejtő és mi, adófizető állampolgárok fizettük meg a kárenyhítés százmillióit.

Második javaslat: készítsék fel a társadalmat a természeti veszélyekre és tanítsák meg arra, hogy hogyan viselkedjék a katasztrófák során.

A természeti katasztrófák hatását sokszor az is növeli, hogy az emberek a bajban nem értelmes módon viselkednek vagy (a helyzet nem ismeretében, esetleg pánikban) helytelen döntéseket hoznak. A katasztrófaelhárítás (házánkban: a polgári védelem) helyzetét nagyban megkönnyítené, ha az embereket jobban érdekelnék a természeti veszélyek, és többet tudnának a Földről (érteni kell, hogy mi történt és nem szabad olyat tenni, ami fokozná a károkat). Ez természetesen a közigazgatásra és a törvényhozásra is igaz: ha országos és helyi politikusaink (kicsivel) többet értenének a földtudományokhoz, akkor jobb és határozottabb törvényeink vonatkoznának a természeti károk megelőzésére és a kárenyhítésre.

E sorok írójának családja egyszer átélt egy közepes méretű földrengést Santiago de Cubában. Az érthető pánikban szomszédunk, egy örmény asszony magyarázta el és mutatta meg, mi ilyenkor a legfontosabb teendő: zárd el a gázt, kapcsold ki a villanyt, és csak azután menj le az utcára. Ő tudta, hogyan kell ilyenkor viselkedni, mert Örményországban ötszázszor annyi földrengés van, mint Magyarországon.

Harmadik javaslat: a veszélyeztetett területeken létesítsenek egy, a várható veszélyeknek megfelelő korai figyelmeztető rendszert.

Apró geológiai változások a katasztrófa előjelei lehetnek. Ha felismerjük az ilyen jelzések természetét és a földfelszínen (meg a világűrben) figyelemmel kísérjük (monitorozzuk) ezeket, (talán) következtetni tudunk a bekövetkező katasztrófára, és megelőző-kárenyhítő intézkedéseket tehetünk. Ehhez azonban még további kutatások szükségesek: több esetben nem teljesen értjük (még) az összefüggések természetét és a jelzések megbízhatóságát.

Nos, ebben az esetben nincs sok kritikai megjegyzésem. Legnagyobb veszélyforrásunk, az árvizek tekintetében a világ egyik legjobb előjelző rendszerét működteti a vízügyi szolgálat. A földrengésekre nincs megbízható előjel. De tudja-e vajon egy, a hegyoldalban építési telket vásárló polgár, hogy mit jelent az, ha a telken görbén nőnek a fák? És az önkormányzat elrendeli-e (vagy fenntartja-e) ezen a környéken az építési tilalmat?

A kiáltvány utóélete

A kiáltvány hatásáról most még nem sok állapítható meg. A madridi EAGE-kongresszuson e tárgyban külön

szekciót szerveznek, amely lehetőséget nyújt a földtani veszélyek kutatási eredményeinek bemutatására, valamint az erre vonatkozó tervek megtárgyalására. Nemcsak saját földrészünk kockázatbecslésével kíván a szekció foglalkozni, hanem a szumátrai földrengés és az arra következő szökőár tanulságaival is.

Az Európai Unió 2005. január 7-én külügyminiszteri válságtanácskozást tartott abban az ügyben, hogy a tagországok milyen segítséget tudnának nyújtani a katasztrófasújtott országoknak. Külügyminiszterünk birtokában volt annak az állásfoglalásnak, mely szerint az MGSZ és intézetei (a TESCO Rt.-vel együttműködve) minden szakmájukba vágó segítséget hajlandók és képesek megadni a bajba jutott területeknek, amennyiben ilyen irányú segítségre szükség van. Az érintett országoktól ilyen fajtájú kérés nem érkezett. Az EU az említett tanácskozáson 350 millió euró keretet szavazott meg a tengerrengéskárok enyhítésére. Az elfogadott program (ld. europa.eu.int/comm/world/tsunami) pénzügyi támogatást irányoz elő (többek között) a földtani veszélyekre vonatkozó nemzetközi egyezmények helyi érvényesítésére, és 2 millió euró keretet szán a cunami-előjelző rendszer kiépítésének támogatására.

Kakas Kristóf

In Memoriam:

KÁRPÁTI ISTVÁN

1956–2004

Fiatalon távozott közülünk Pista. Baráti körben „Aus” alias nevéen szólították.

A tiszteletes úr szerint „befutotta pályáját”. Nem hiszem, hogy igaza volt. Sokkal több dolga lett volna ezen a földi pályán.

Miskolcon született polgári családból, s ezt fontosnak is tartotta. A Földes Ferenc Gimnáziumban szerzett alapokra épített biztos tudást a Miskolci Egyetem Bányamérnöki Karának Geofizikus Szakán. 1979-ben szerzett diplomát, és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Geoelektromos Főosztályán, Erkel András irányításával kezdte pályáját. Első fontos feladatuként részt vett a szénkutatásban úttörő jellegű felszín-fúrólyuk közötti elektromos átvilágítás módszerének borsodi bevezetésében.

Megházasodott, Miskolcon telepedett le, jó körülmények közé került, lánya született: Zsuzsika. A 80-as években az Országos Földtani Kutató és Fúró Vállalat (OFKfV) Geofizikai Osztályán dolgozott, majd egy szakmai kft.-ben is feladatokat kapott. Fokozatosan mestere, szakértője lett a hagyományos geoelektromos-mérnökgeofizikus szakterületnek, s ezzel párhuzamosan

a karotázis értelmezésnek. Különösen kedvelte a hidrogeológiai problémákat, újszerű megoldást talált a szivárgási tényező fúrólyukbeli meghatározására, az „ösi” SP, ellenállás, természetes gamma szelvények felhasználásával.

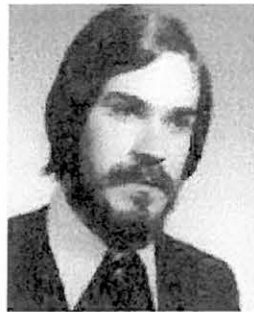
A geológus kollégák szívesen olvasták értékelő leírásait, elmélkedéseit, mert az ő nyelvükön beszélt; alapos ismerője volt a rétegtannak és — természetesen — a szeretett Bükk-hegységnek. Abban az időben szívesen túrázott.

Az átalakulás után, 1990-től a miskolci Geoservice Kft. dolgozója, változatlan feladatkörben. Pista beérett, szakmai kérdésekben magabiztosság és logikus gondolkodás jellemezte. Eközben a háttérben leleselkedett konok szenvedélye. Nem ismerte fel a veszélyt. Megvált korábbi munkahelyétől, s a Háromkö Bt.-nél kapott munkát.

Egy darabig jól mentek a dolgok: Tisza-menti, Eger-környéki, berekböszörményi és más vízbázisvédelmi geoelektromos szondázások értékelését végezte. Eleinte együtt velünk, aztán otthon. Nem akart kórházba menni.

Gondolatban magával vitte kedvenc gondolkáját. Isten nyugsztalja!

Bucsi Szabó László



A 45. évfolyamban közölt szakcikk lektorainak névsora ABC szerint:

ÁDÁM József
BIRÓ Péter
CSAPÓ Géza
KIS Márta
NYÁRI Zsuzsanna
POSGAY Károly
SZABÓ Zoltán
VERŐ József
VERŐ László
ZILAHÍ-SEBESS László id.

HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás

Szerkesztő: Tóth Lajos. Tel.: (1) 252 4999/142. e-mail: tothl@elgi.hu

Szerkesztőbizottság: dr. Aczél Etelka, dr. Ferenczy László, Hegybíró Zsuzsanna, Kakas Kristóf,
dr. Ormos Tamás, dr. Szarka László, Verő László

A szerkesztőség címe: Budapest, II., Fő u. 68. (1371 Budapest, Pf. 433)

Telefon: (1) 201 9815
