

MGE

Beszámoló az MGE elnökségének 2006. és 2007. évi tevékenységéről —
A Szeniorok Bizottságának hírei 149

SZAKCIKKEK

A Hold, a Vénusz és a Mars globális gravitációs anomáliái. A Mars négy
lokális gravitációs anomáliájának kvantitatív értelmezése
*Kis Károly, Patrick T. Taylor, Pusztai Sándor, Toronyi Bence,
Wittmann Géza* 154

Vibrátor forrásjel analízis geofonjelek segítségével
Scholtz Péter 165

HÍREK, BESZÁMOLÓK

EM indukciós konferenciák az IUGG 2007. évi általános ülészakán Perugiában
(Olaszország) — Centenárium ünnepségek a Geofizikai Intézetben —
I. Országos Földtudományi Diákköri Konferencia — Eötvös Loránd Fizikai
Tanulmányi Verseny Cellödömlőkön — HUNGEO-2008 felhívás —
Rendezvénynaplár 178, BIII

IN MEMORIAM

Dr. Szabó Géza Levente 186
Petőcz Viktor 188

48. évfolyam 4. szám



2007

CONTENTS

MGE	
News	149
Geophysical Papers	
Global gravity anomalies of Moon, Venus, and Mars, quantitative interpretation of four Martian gravity anomalies <i>K. Kis, P. T. Taylor, S. Pusztai, B. Toronyi, G. Wittmann</i>	154
Vibratory source signal analysis with the help of geophone signals <i>P. Scholtz</i>	165
News and Reports	178
In Memoriam	
Géza Levente Szabó	186
Viktor Petőcz	188

A szerkesztőség a szakcikkeket szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsora az évfűző 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.
Telefon: (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



MGE



BESZÁMOLÓ AZ MGE ELNÖKSÉGÉNEK 2006. ÉS 2007. ÉVI TEVÉKENYSÉGÉRŐL

Egyesületünk elnöksége a 2006. naptári évben 6, a 2007. naptári évben 7 rendes ülést, és karácsonyt megelőzően 1–1 ünnepi évzáró ülést tartott. Beszámolási kötelezettségünknek megfelelően a napirendi pontok közreadásával vázoljuk az elnökség munkáját. Jelezzük egyúttal, hogy minden ülés emlékeztetője és a határozatok tára a titkárságon megtalálható és hozzáférhető. Rendes üléseinket mindkét évben egy kivétellel (2007. május 17., csütörtök) a szokásos keddi napon, 14 órai kezdéssel tartottuk. Az ülések helyszíne három kivétellel (2006. május 16., 2007. május 16. MOL Nyrt. és 2007. január 30. ELGI) az egyesület Fő utcai irodája volt.

Az elnökségi üléseken az Egyebek napirendi pont alatt tárgyalt és döntött az elnökség a belépési és szakértői kérésekről, és vette tudomásul a kilépési szándékok bejelentését is. A két naptári évben ezek a mozgalmi adatok a következők voltak:

	2006	2007	Összesen
Belépők száma (fő)	20	15	35
Tagság szüneteltetése (fő)		1	1
Kilépők száma (fő)	12	2	14
Szakértői kérelmek száma	4	5	9

Jogi tagjaink száma eggyel nőtt 2007-ben. Új jogi tagunk a PetroHungária Kft.

Rendes üléseinken napirend szerint, az alábbi témákkal (a jobb érthetőség miatt rövid ráutalásokkal kiegészítve) foglalkozott az elnökség:

2006. január 31.

1. Az MGE szakmai megjelenése: Vándorgyűlés Nagykanizsa, Magyar EAGE csoport rendezvényei az I. Negyedévben, Inverziós Ankét Miskolc, Ifjúsági Ankét, SEG Distinguished Lecturer meghívás, HUNGEO 2006 Pécs, Nagycenk Observatórium 50. évforduló, középiskolai tanári konferencia

2. Budapesti területi csoport: munkahelyi csoportok kialakítása
3. Honlap: a www.mageof.hu létrejöttével kapcsolatos ügyek
4. A Magyar Geofizika szerkesztése: új helyzet TÓTH Lajos nyugdíjba vonulása után
5. Közös elnökségi ülés előkészítése az MFT-vel
6. Közgyűlés előkészítése: beszámoló, előadók meghívása
7. Kitüntetések: javaslat egyesületi és a Környezetvédelmi Minisztérium kitüntetései
8. Egyebek: NCA pályázat, nemzetközi tagdíjak, támogatás, belépési/szakértői kérelem, folyó ügyek.

2006. február 28.

1. Vándorgyűlés Zalakaros: támogatás, Petróleum Klub, részvételi díj problémája
2. Ifjúsági Ankét: döntés a hallgatók részvételét elősegítő támogatási kérelmekről
3. Egyesületi kitüntetések: döntés a Renner-emlékéremről, javaslat Emléklap kitüntetésre
4. Közgyűlés előkészítése: időpont, helyszín, előzetes napirend, baráti vacsora
5. A Magyar Geofizika szerkesztése: TÓTH Lajos ajánlatát az elnökség elfogadta
6. Közös elnökségi ülés előkészítése az MFT-vel: időpont, téma javaslat, résztvevők
7. Egyebek: MTESZ ügyek, számítógép korszerűsítés a titkárságon, belépési/szakértői kérelem.

2006. április 4.

1. Ifjúsági Ankét: beszámoló a rendezvényről, előadók meghívása a közgyűlésre
2. Egyesületi kitüntetések: döntés az Egyed-emlékéremről, az Év cikke díjról, az Emléklapról
3. Pénzügyi zárás 2005: pozitív eredmény, alapítványi támogatás, felügyelőbizottsági vizsgálat ismertetése, döntés a jutalmak összegéről, döntés a mindenkori elnök egy alkalom/év külföldi nagyrendezvényre utaztatásáról
4. Közgyűlés előkészítése: protokolláris kérdések, 2006. évi költségvetési terv elfogadása

5. Tájékoztató az MFT-vel közös elnökségi ülésről
6. MTESZ ügyek: a SZÉLES Gábor elnök lemondása utáni helyzet, gazdasági nehézségek
7. Nagyrendezvények: beszámoló az Inverziós Ankétről, Vándorgyűlés előkészítés: körvonalozódó műhelytalálkozó, támogatások, Ifjúsági Ankét által díjazott előadások meghívása
8. Egyebek: Geobörze, új vezetés az MFT élén, folyó ügyek.

2006. május 16.

1. Az együttműködés-kölcsönös segítség kérdéseinek megvitatása hazai vezető cégekkel, elsőnek a MOL Nyrt.–MGE közötti megbeszélés került sorra: fő cél a korrekt együttműködési kérdések rögzítése, a MOL imázs növelésében való egyesületi magatartás felvállalása, végrehajtása
2. Az Ifjúsági Ankét tapasztalatai: zsűrizés, holtverseny kérdése, az MFT Ifjúsági Alapítvány észrevétele, amivel az MFT vezetése nem értett egyet
3. Rendezvényekkel kapcsolatos ismertetések:
 - A közgyűlés értékelése: a bevezetett változások kedvező hatásúak, kedvezőtlen a létszámcsökkenés a baráti vacsorán
 - Geobörze: május 11-én lezajlott, intézményi részvétel, kedvező tapasztalatok
 - Vándorgyűlés: beszámoló a helyszíni bejárásról, MOL–Petróleum Klub–MGE kapcsolatfelvétel lehetősége, MOL- és EAGE-támogatás, napijegy, egyetemek támogatása, támogatások, műhelytalálkozó, plenáris ülés, előadások, kiállítók
 - HUNGEO 2006 Pécs: felhívás részvételre, előadások tartására
 - Magyar EAGE csoport : új elem a soros előadói nap klubdelutánna bővítése
4. Geofizikus életrajzi lexikon: a tagságnak küldendő levéltervezet jóváhagyása
5. MTESZ helyzetjelentés: javaslat adható MTESZ-díjra, Emlékéremre, MTESZ-elnökre, ellenőrző bizottsági tagságra (JÁNVÁRI Jánost javasoljuk), a MTESZ irodaházban területi igényünk megerősítése
6. Egyebek: a MOL-ban készített dinamikus honlap tapasztalatainak beépítése az MGE honlapba, beszámoló a celldömölki fizikaversenyéről, monitorbeszerzés, belépési kérelem

2006. szeptember 5.

1. SEG ügyek: felkértük az SEG közgyűlésén a MGE képviselőjére NÉMETH Tamást, a jelölőbizottságba NÉMETH Gézát
2. EAGE kitüntetésre javaslat adható: nemleges levélválaszt adunk, BODOKY Tamás a madridi konferencián kapott Tiszteleti tag kitüntetést
3. Az MGE és az újonnan választott MFT elnökség kapcsolatfelvétele: megállapodás a 2007. évi Ifjúsági Ankét és Vándorgyűlés közös szervezéséről, pályázásról, a Föld Bolygó Nemzetközi Éve eseménysorozat előkészítéséről
4. Válaszadás a MOL által feltett kérdésre — esetleg a Vándorgyűlésen?: a Petróleum Klubban tartandó MGE bemutatkozás anyagának összeállítása, lehetőség szerint tekintettel a május 16-i MOL igényre is

5. Ifjúsági Ankét: az MFT Ifjúsági Alapítvány pályázata miatt a szervezést korábbra kell hozni
6. Vándorgyűlés: lebonyolítás, támogatások, részvételi támogatások, kedvezmények, a program véglegesítése
7. Beszámolás rendezvényekről:
 - HUNGEO 2006: kevés geofizikai előadás volt, 2008-ban a helyszín Budapest
 - az MGE a Tudomány Napja OTKA-kiállítás társszervezője, de a MTA még nem tájékoztatót
8. Geofizikus életrajzi lexikon: javaslat az adatkérés egységesebbé tételére
9. MTESZ ügyek: tájékoztatás személyi ügyekről (dr. GORDOS Géza elnök, a főigazgató menesztése)
10. Egyebek: döntés az ügyvezető titkár nyugdíjazási kéréséről és nyugdíj melletti további foglalkoztatásáról, honlap-szerkesztési kérdések, Gábor Dénes-díj, belépési/szakértői kérelem, folyó ügyek.

2006. november 21.

1. A zalakarosi vándorgyűlés értékelése: szakmai és tartalmi kérdések, pozitív visszhangok, pozitív pénzügyi eredmény
2. Jutalmazás, bérezés: döntés 4 fő jutalmazásáról a szervezésért, az ügyvezető titkár 13. havi bérééről
3. 2007. évi vándorgyűlés: főszerző az MFT, javasoljuk az 50. évfordulóval összekötni
4. Szakmai, szervezési kérdések.
 - Az EAGE ifjúsági tagjainak tagdíjára felajánlható támogatás
 - MOL javaslat az EAGE tagdíjakra, EAGE csoportunk tevékenységének értékelése
 - OTKA bemutató időpontja, külföldi megjelentetése a Magyar Geofizikában
 - Beszámoló az MTA-n tartott „125 éves a magyar szeizmológia” ünnepi ülésről
 - Középiskolai népszerűsítő előadások, új lehetőségek feltárása
 - A MTESZ új főigazgatója dr. GAGYI PÁLFFY András, a pénzügyi helyzet stabilizálása
 - Tájékoztatás a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal szervezési helyzetéről, a Gazdasági Minisztériumnak írt MFT–MGE elnökségi levél bemutatása
 - Tájékoztatás a jövő évi Ifjúsági Ankét szervezési helyzetéről
5. Választás 2007: alelnökválasztás, a jelölőbizottság új elnöke részvételével szempontok kialakítása
6. Föld Bolygó Nemzetközi Éve: javaslat egyesületi szervezőbizottság létrehívására
7. Egyebek: sikeres NCA pályázatunk, könyv-folyóirat beszerzések koordinálása egyesületi segítséggel, a Balkán Geofizikai Egyesület kérése, folyó ügyek, belépési/szakértői kérelem.

2006. december 12.

A 2006. évi tevékenység áttekintése, értékelése, a 2007. év várható főbb feladatainak körvonalazása. Az ünnepi elnökségi ülés a betegség miatt tartósan távollévő elnök asszonyra tekintettel felhatalmazta GOMBÁR László alelnököt és PÁLYI András általános titkárt, hogy utólagos beszámolási kötelezettség mellett folytassák le a tárgyalásokat és kössék meg a szerződést az MGE és

az ELGI között a geofizikai tárgyú angol–magyar elektromikus szótár létrehozására.

MOL támogatás nemzetközi tagdíjra, belépési kérelem elbírálása.

2007. január 30.

2007. április 10.

1. A szakterületet érintő szervezeti változások áttekintése: tájékoztatást adott SZABADOS Gábor MBFH elnökhelyettes és FANCSIK Tamás ELGI igazgató, meghívtuk HAAS János MFT elnököt
2. A közgyűlés előkészítése: beszámoló, jelölőbizottság, helye, ideje, baráti vacsora, alapszabály-módosítási javaslatok, alapítványi kurátor lemondása, ill. pótlása
3. 2007. évi nagyrendezvények előkészítésének áttekintése: IAGA, EAGE, MFT–MGE Vándorgyűlés Sopron, Ifjúsági Ankét
4. EAGE ügyek áttekintése: támogatási kérdések, DL program megbeszélése; SEG előadóülés a MOL-ban
5. A Magyar Geofizika szaklappal és az MGE honlapjával kapcsolatos kérdések: az OTKA poszter bemutató közlésének megbeszélése, döntés a szerkesztő javadalmazásáról, szerkesztőbizottsági kérdések, a lap színesebbé tétele, az MGE–MOL honlapok összekötésének helyzete
6. MFT–MGE közös elnökségi ülés előkészítése: résztvevők kijelölése, témák
7. Föld Bolygó Nemzetközi Éve: SZARKA László javaslatai, az ELTE februári programja és a középiskolai előadások is ide tartozhatnak
8. Egyebek: MTESZ ügyek — Nemzeti Fejlesztési Terv, MGE javaslat MAB szakmai bizottságba, a Miskolci Egyetem támogatást kér az Országos Középiskolai Földtudományi Diákkonferencia megrendezéséhez, meghívó a balatonfüredi Nyári Egyetemre, tájékoztatás a szakszótár szerződéséről, folyó ügyek, belépési kérelem.

2007. március 6.

1. Közgyűlési előkészületek: napirend, alapszabály- és ügyrend-módosítási javaslatok, ad hoc Eötvös-díj bizottság létrehozása, döntés a Renner-díj odaítéléséről, előadók meghívásáról, az Év Cikke díjazhatóságról, a díjakhoz adandó összegekről, a baráti vacsoráról
2. MFT–MGE közös elnökségi ülésről beszámoló: ideai közös rendezvények, a Föld Bolygó Nemzetközi Évéhez kapcsolható továbblépési lehetőségek
3. Föld Bolygó Nemzetközi Éve: a logo elkészült és alkalmazandó, önkéntes csatlakozás, ötletek
4. Ifjúsági Ankét: zsűri, jogi tagok részvételére kérés, díjazás, végleges program, döntés diák résztvevők támogatásáról
5. Társult tagsági ügyeink:
— az SEG előadás a MOL-ban sikeresen lezajlott
— EAGE ügyek: döntés elnök asszony kiküldéséről az EAGE konferenciára, javaslat DL témára, ifjúsági tagdíj támogatási kérés
6. Egyebek: az Eötvös-síremlék megkoszorúzása, középiskolai kapcsolatok és fejlesztésük, 100 éves az ELGI előkészületek, MTESZ köztartozások, ingatlanügyek, területi szervezetek, Magyar Műszaki Értelmiség Napja, földtudományi diákkonferencia, az Erdélyi Műszaki Tudományos Társaság konferenciája, intézményi összekötők, jelölőbizottság megbízása kurátor kijelölésére,

1. Közgyűlési előkészületek: napirend, döntés kitüntetések-ről és a pénzdíjak emeléséről, alelnök- és kurátorjelöltek, alapszabály- és ügyrend-módosítások, 2008. évi pénzügyi terv, BTCS javaslat, baráti vacsora
2. Az Eötvös-síremlék megkoszorúzásának szervezése
3. Földtani intézményrendszer átalakítása: Rezessy-levél, ad hoc bizottság felállítás
4. ME középiskolai tanulmányi verseny: határozat az MGE különdíjról
5. Beszámoló az Ifjúsági Ankétról
6. EAGE ügyek: DL program, EAGE támogatás helyi csoportoknak, klubnap, kirándulás
7. Egyebek: MTESZ ingatlan ügyek, Tudomány Ünnepe, geológiai szótár, honlap területi felelősök, MGE embléma védettsége, cégbemutkozás szervezése Pécsre, belépési kérelem, folyó ügyek.

2007. május 17.

1. Nagyrendezvényeink tapasztalatai: döntés a különdíjak maximalizálásáról, közgyűlés után állófogadás, csak egy előadás, Eötvös-koszorúzás a közgyűlés délelőttjén
2. Szervezeti kérdések: BTCS megszüntetése utáni tennivalók, SPWLA csoport aktivizálása, honlap bizottság/levelezői rendszer
3. Földtani intézményrendszer átalakítás: ad hoc bizottság tevékenysége
4. Közhasznú tevékenységeink erősítése: ME középiskolai tanulmányi verseny, Tudomány Ünnepe, a Föld Bolygó Nemzetközi Éve eseményeibe a MTESZ bekapcsolása, Nemzetközi Geofizikai Év 50. évforduló
5. 2007. évi jelentősebb eseményei: MFT–MGE Vándorgyűlés és Nagycenk 50. évforduló összekötése, ELGI 100. évforduló
6. MTESZ ügyek: területi szervezetek önállósítása, javaslat MTESZ-díjra, emlékéremre, Nemzeti Fejlesztési Terv tájékoztatás
7. Tájékoztatás a kráter ügyekkel kapcsolatos munkabizottsági tevékenységről
8. Egyebek: DL előadás ősszel a MOL-ban, MOL támogatás a Magyar Geofizika lap részére, a Szeniorok Bizottsága rendezvényei, döntés számítógép-bővítésről és a fénymásoló cseréjéről, Geobörze, kirándulás Paksra.

2007. június 26.

1. beszámoló a londoni EAGE-konferenciáról és annak magyar vonzatairól
2. Szervezeti kérdések:
— javaslat az SPWLA Budapest Chapter működésének és aktivitásának megújítására
— javaslat a Mérnökgeofizikai Bizottság munkájának kiterjesztésére
3. Honlap alaptartalom meghatározása
4. Beszámoló az ad hoc bizottság tevékenységéről
5. Föld Bolygó Nemzetközi Évvel kapcsolatos tennivalók: döntés Nemzeti Civil Alapprogram pályázat beadásáról

a Magyar Geofizika lap ilyen tárgyú különszámának támogatására

6. MTE SZ ügyek: egyesületi delegáltak területi szervezetek közgyűléseibe, a MTE SZ-díj és szavazatszámoló bizottságba 1-1 tagtársunkat javasoltunk, személyeket javasoltunk egyszeri rendkívüli segélyezésre, tájékoztatás az ingatlanhelyzetről
7. Egyebek: Gyermekek Habilitációs Alapítvány kérésének elutasítása, MOL támogatások, életrajzi lexikon, beszámoló a celldömölki elnöki és titkári látogatásról, folyó ügyek.

2007. szeptember 25.

1. Ismertetés a közelmúlt eseményeiről: uránérc-kutatás és bányászat konferencia Pécs, nyugdíjas kirándulás Sopronon
2. A Budapesti Olajipari Klub bemutatása: ismertetés, kapcsolatfelvétel
3. A magyar EAGE csoport ügyei: októberi program, egyetemisták tagsága, tagdíj ügyek
4. Mérnökgeofizikai Bizottság: vezetőváltás, TILDY Péter mint új vezető megválasztása
5. Beszámolás rendezvényekről:
 - Vándorgyűlés Sopron
 - Ifjúsági Ankét 2008 előkészületei
 - a Zalai területi csoport hagyományos novemberi ankétja
 - ME középiskolai diákkonferencia
6. A megelőző elnökségi ülésen szerepelt témák közül a Nemzeti Civil Alapprogram pályázatok, SPWLA vezetésváltás, honlap, Föld Bolygó Nemzetközi Éve témák áttekintése
7. 100 éves idén az ELGI! — a rendezvénysorozat áttekintése
8. MGE titkárság személyi kérdései: döntés ügyvezető titkári állásra pályázat kiírásáról, betanítási időszakról,

az esedékes általános titkár választás főbb elvi szempontjairól

9. Egyebek: MTE SZ ügyek: REZESSY Géza és TÓTH Csaba megválasztása bizottságokba, Microsoft megállapodás; döntés GILI László előterjesztéséről Gábor Dénes-díjra; geofizikai szótár; döntés fénymásoló ajánlatok között, belépési/szakértői kérelem.

2007. november 20.

1. Ismertetés a közelmúlt eseményeiről: EAGE programok, DL előadás, ünnepi ülés az ELGI 100 éves program-sorozat keretében, ME diákkonferencia
2. EAGE nemzetközi tagdíj
3. Föld Bolygó Nemzetközi Éve: beszámoló nemzeti bizottság részéről, nagyrendezvény a Magyar Természettudományi Múzeumban április 18–22. között, a MTE SZ bekapcsolása a munkába
4. Mérnökgeofizikai Bizottság új vezetése: egyetértés a bizottsági elnök előterjesztésével
5. Rendezvények előkészületei: a nagykanizsai és az ifjúsági ankét ügyei
6. Ügyvezető titkári pályázat értékelése: döntés meghallgatásról, a behívottak listájáról
7. MTE SZ hírek: sürgössé vált a Kossuth téri irodaház eladása, Gyémántjubiléumi Év ismertetés
8. Egyebek: megbízás egyesületi kintúntésekre javaslatot tevő bizottság létrehozására, döntés 13. havi berről, új jogi tagunk a PetroHungária Kft., belépési/szakértői kérelem, folyó ügyek.

2007. december 13.

A 2007. évi tevékenység áttekintése, értékelése, a 2008. év várható főbb feladatainak körvonalazása.

Pályi András

A SZENIOROK BIZOTTSÁGÁNAK HÍREI

2007. szeptember 5-én, kissé szemerklő esőben indultunk el Budapestről a Széniorok Bizottságának idei tanulmányi kirándulására Sopronba. E kirándulás keretében 59 fő részvételével ünnepeltük meg a nagycenki Széchenyi István Geofizikai Obszervatórium alapításának 50. évfordulóját.

SZARKA László, a soproni Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet tudományos főosztályvezetője munkatársaival együtt fogadta a résztvevőket és ismertette az intézet és az obszervatórium történetét. Az intézet jövőbeli tervei között kiemelkedő helyet foglal el az IAGA (International Association of Geophysics and Aeronomie) 2009-ben Sopronban rendezendő kongresszusa.

A szakszerű és érdekes ismertető után városnézésen vettünk részt dr. WILFING László nyugalmazott egyetemi tanár kiváló vezetésével, amelyet még az évszakhoz képest szokatlanul hűvös, jeges szél sem tudott megzavarni.

Kitűnő ebédet kaptunk Balfon a Panoráma étteremben, majd az obszervatórium megtekintése következett.

WESZTERGOM Viktor, az obszervatórium vezetője ismertette az obszervatórium történetét és jelenlegi munkásságát, majd a részletes szakmai vezetést az „alapító atyák”: ÁDÁM Antal, BENCZE Pál és VERŐ József vállalták, akik még napjainkban is aktív művelői a geofizikának. Örömmel tapasztaltuk, hogy az obszervatórium milyen nagy fejlődést ért el az eltelt fél évszázad alatt.

Az obszervatórium meglátogatása után megtekintettük a gróf SZÉCHENYI István életét és munkásságát bemutató nagycenki Széchenyi István Emlékmúzeumot.

Végül ellátogattunk a Páneurópai Piknik Emlékhelyre, ahol 1989. szeptember 19-én rövid időre megnyitották a vasfüggönyt. Sok keletnémet turista használta fel ezt az alkalmat a menekülésre, Ausztriába. Ezzel Magyarország indította el azt a folyamatot, amely végül a hírhedt berlini fal lebontását eredményezte.

Köszönettel tartozunk valamennyi soproni kollégának a szíves vendéglátásért. PÁLYI András, a Magyar Geofizikusok Egyesületének titkárát illeti a köszönet a tanulmányi

kirándulás előkészítő munkájáért, BELLÉR Éva ügyvezető titkárt pedig kirándulás zökkenőmentes lebonyolításáért. A jól sikerült csoportkép elkészítése VIDA Zsolt tagtársunknak köszönhető. A programot az előző éveknek megfelelően a NEMESI László által vezetett Magyar Geofizikusokért Alapítvány támogatta.

Mindazoknak, akik a tanulmányi kirándulás sikeréért támogatóan tevékenykedtek, ezúton is köszönetet mond a Szeniorok Bizottsága.

*Aczél Etelka
a Szeniorok Bizottságának
elnöke*



A Hold, a Vénusz és a Mars globális gravitációs anomáliái. A Mars négy lokális gravitációs anomáliájának kvantitatív értelmezése¹

KIS KÁROLY², PATRICK T. TAYLOR³, PUSZTA SÁNDOR⁴, TORONYI BENCE⁵,
WITTMANN GÉZA⁶

A Lunar Prospector, a Magellan és a Mars Global Surveyor űrszondák mérései részletesen feltárták a Hold, a Vénusz és a Mars topográfiáját és gravitációs anomáliáit. A morfológiai analízisből és a gravitációs anomáliák értelmezéséből megbízható következtetések vonhatók le a Hold és a két bolygó tektonikai folyamataira. A Marson található Alba Patera és az Arsia Mons vulkánok, továbbá az Argyre és Isidis becsapódási kráterek által okozott gravitációs anomáliák értelmezése a Bayes-féle inverzióval történt. Az inverziós számításokban a Laplace-féle valószínűségi sűrűségfüggvényt használtuk. Az inverzió modellje véges kiterjedésű vertikális henger, amelynek sugarát, valamint felső és alsó lapjának mélységét határoztuk meg. A Bayes-féle következtetésben szereplő optimum feladat numerikus megoldása a simulated annealing módszerrel történt. Az Alba Patera gravitációs anomáliáját modellező henger becsült paraméterei: sugár = 320 km ± 49 km, felső lapjának mélysége = 6 km ± 4,8 km, alsó lapjának mélysége = 38 km ± 10 km. Ezeknek a paramétereknek értékei az Arsia Mons esetében: 182 km ± 42 km, 4 km ± 4,7 km és 57 km ± 15 km; az Argyre vonatkozásában: 355 km ± 59 km, 25 km ± 5 km, 31 km ± 8,3 km; míg az Isidis esetében 336 km ± 57 km, 21 km ± 5 km és 38 km ± 9 km. A vulkanikus eredetű gravitációs anomáliák inverziójából meghatározott ható alja a marsi kéreg nagyobb mélységeiben található. Ezek a nagyobb mélységek a vulkánt létrehozó hőoszlop indikációi lehetnek.

K. KIS, P. T. TAYLOR, S. PUSZTA, B. TORONYI, G. WITTMANN: Global gravity anomalies of Moon, Venus, and Mars, quantitative interpretation of four Martian gravity anomalies

The missions Lunar Prospector, Magellan and Mars Global Surveyor recorded the topography and gravity field of the Moon, Venus and Mars, respectively. The tectonics of the Moon and the other two planets can be derived from these measurements on a global scale. The gravity data from the Mars Global Surveyor mission will be interpreted. The Martian gravity anomalies over the Alba Patera and Arsia Mons volcanoes, and the gravity anomalies over the Argyre and Isidis impact craters are interpreted by the Bayesian inference method. A finite vertical cylindrical model is used for this inversion method its radius, depths to the top and bottom of the cylinder are estimated by the Bayesian inference. The Laplacian probability density function is applied in the Bayesian inference. The optimum problem of the Bayesian inference is solved by the simulated annealing method. The estimated model parameter values for the Alba Patera volcano are: radius = 320 km ± 49 km, depth to the top = 6 km ± 4.8 km and depth to the bottom = 38 km ± 10 km; for the volcano Arsia Mons these values are: 182 km ± 42 km, 4 km ± 4.7 km, 57 km ± 15 km; and for the impact craters Argyre: 355 km ± 59 km, 25 km ± 5 km, 31 km ± 8.3 km; and Isidis: 336 km ± 57 km, 21 km ± 5 km and 38 km ± 9 km, respectively. Inversions of the gravity anomaly data, however, shows a greater lower depth over these volcanoes. These greater depths are probably an indication of the mantle plumes that produced the volcanoes.

Bevezetés

A Naprendszer bolygói közül azoknak tudjuk a részleteibb gravitációs anomáliáit meghatározni, amelyek körül űrszonda — mesterséges hold — keringett. Az űrszondák pályája a bolygó körüli több hónapos keringésük során perturbálódik, amelynek oka a megfigyelt égitest tömegeloszlása. E mérhető perturbációból a bolygó gravitációs terének eloszlása meghatározható. Meg kell azt is jegyezni, hogy az orbitális egységeken rendszerint többféle műszert helyeznek el, így azok többek közt felméri a bolygó to-

pográfiáját, vizsgálhatják légkörének összetételét, mérhetik mágneses terének eloszlását, a spektrométerek adatsorából a felszíni kőzetek összetételére is lehet következtetni. Az alábbiakban a bolygók globális gravitációs terének ismertetése mellett összefoglaljuk azok topografikus jellegzetességeit is. A három égitest topográfiáját, gravitációs anomáliáit, tektonikáját, belső folyamatait a szakirodalom részletesen tárgyalja pl. SCHUBERT, TURCOTTE, OLSON [2001] és LOWMAN [2002].

A Hold globális gravitációs anomáliái

A Hold Földről látható oldalának topográfiája jól ismert. Az ókor gondolkodói is megfigyelték a Holdat és a holdfázisokat. PTOLEMAIOSZ (Kr. u. 75–160), az ókori csillagászat kiemelkedő egyénisége a Hold átmérőjét 0,29 földátmérőben adta meg, amely kevéssé tér el a 0,272 helyes értéktől.

Az első távcsöves megfigyelésen alapuló Hold-térképet Galileo GALILEI (1564–1642) készítette, míg a ma is hasz-

¹ Beérkezett: 2007. augusztus 15-én

² Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

³ Planetary Geodynamics Laboratory, Code 698 NASA/GSFC, Greenbelt, MD 20771, USA

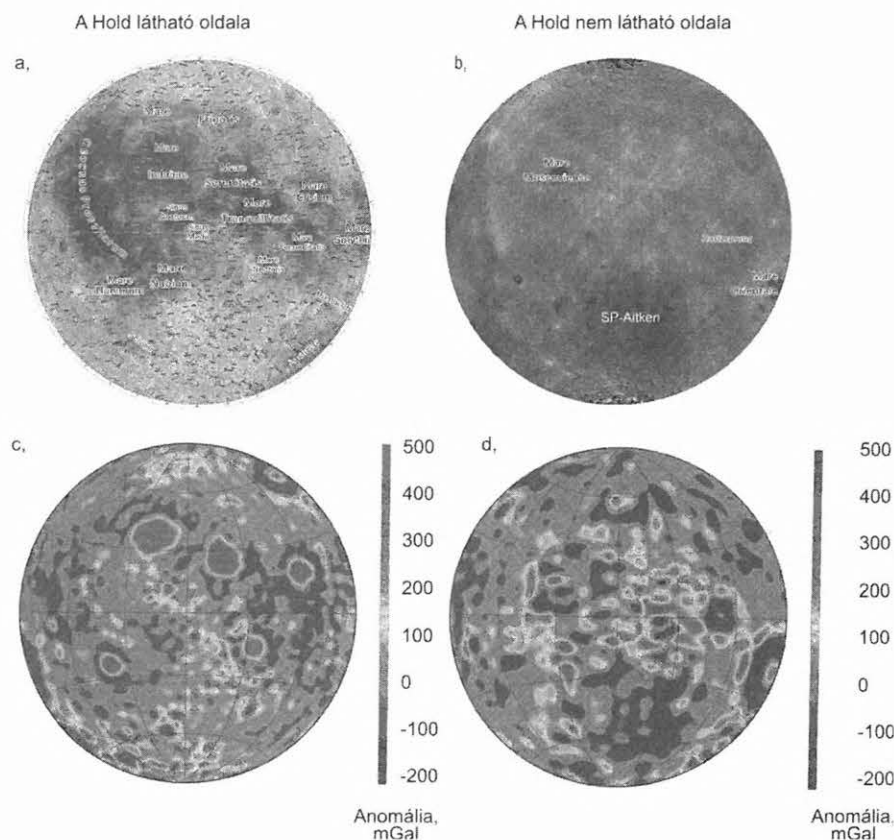
⁴ Fractal Bt., H-1155 Budapest, Óda u. 37.

⁵ Geodéziai és Térképészeti Zrt., H-1149 Budapest, Bosnyák tér 5.

⁶ MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt., H-1117 Budapest, Budafoki út 79.

nálatos holdi névrajz alapjait kortársa, Giovanni RICCOLI (1598–1671) olasz csillagász rakta le. Ő vezette be a vizuálisan sötétebb színben észlelhető tartományok *mare területek*, míg a világosabb színben látható vidékek *terra területek* elnevezését. (A „mare”, illetve „terra” latin szavak

jelentése tenger és föld.) A mare területek a medencéknek, míg a terra területek a hegyi és a krátervidékeknek felelnek meg. A Hold topográfiai térképe az 1.a és 1.b ábrákon látható.



1. ábra. (a) A Hold Földről látható oldalának topográfiai térképe; (b) a Hold túlsó felének topográfiai térképe; (c) a Hold Földről látható oldalának free-air-anomália-térképe a Lunar Prospector mérései alapján, az anomáliák egysége: mGal [KONOPLIV et al. 1998]; (d) a Hold túlsó oldalának free-air-anomália-térképe a Lunar Prospector mérései alapján, az anomáliák egysége: mGal [KONOPLIV et al. 1998]. Az ábrák Lambert-féle területtartó vetületben lettek ábrázolva

Fig. 1. (a) The near side Lunar topographic map; (b) The far side Lunar topographic map; (c) The near side Lunar Prospector free-air gravity anomalies are in mGals [KONOPLIV et al. 1998]; (d) The far side Lunar Prospector free-air gravity anomalies are in mGals [KONOPLIV et al. 1998]. All maps are shown in a Lambert equal area projection

A Hold vizsgálatára sok amerikai, orosz, japán és európai űrszondát bocsátottak fel, közülük az első felvételt a Hold túlsó oldaláról a szovjet *Luna-3* űrszonda (indítási ideje: 1959. október 4.) készítette. (Jól kiértékelhető kép a szovjet *Zond-3* felvételéből ismert, amelynek az indítási ideje: 1965. július 18.) Az amerikai *Apollo-program* (1968–1972) keretében 12 űrhajós lépett a Hold felszínére.

Az ESA (*Európai Űrügynökség*) által 2003. szeptember 27-én indított *SMART-1* Hold-szonda mérései alapján várhatóan az eddigi legrészletesebb Hold-térkép készíthető el. A szonda 2006. szeptember 3-i, Hold felszínébe csapódásakor felszálló por spektrális analíziséből holdi kőzetek összetételére is lehetett következtetni.

A NASA által indított *Lunar Prospector* 1998. január 16-tól egy éven át 100 km magasságú, kör alakú pályán keringett, működésének utolsó 6 hónapja alatt 25 km magasságú pályán végezte méréseit, míg végül 1999 júliusában becsapódott a Holdba. Komplex vizsgálatra tervezték, hiszen a Hold felszíni kőzeteinek vizsgálatához felszerelték gamma-, neutron- és alfa-spektrométerekkel is [BINDER 1998]. A mérések alapján három közetrégió különíthető el: vasban és titánban gazdag mare-bazaltok; közepes vas- és titántartalmú kőzetek, amelyek a kör alakú mare-területeket határoló hegyvidékek peremén fordulnak elő; valamint a felföldek vasban és titánban szegény anortozitos kőzetei. A spektrométerek adataiból határozták meg azt is, hogy az uránium és a tórium a *KREEP* — káliumot (K), ritka föld-

fémeket (*Rare Earth Element*) és foszfort (P) nagyobb mennyiségben tartalmazó — kőzetekben koncentrációdik. A mare-bazaltok előfordulása is ezeknek a *KREEP*-ben gazdag kőzetek kiömlésének köszönhető, valószínűleg meteoritok becsapódásának következményeként. A Naprendszer egyik legnagyobb becsapódási medencéje is a Hold déli pólusa közelében található, a mintegy 2500 km átmérőjű Aitken-medence.

A Hold belső szerkezetének pontosabb meghatározása KHAN, MOSEGAARD [2002] és KHAN et al. [2006] tanulmányaiból ismert. A holdi kéreg, köpeny és mag mélységének meghatározását az *Apollo-program* keretében a Holdra telepített szeizmográfok méréseinek ismételt feldolgozásából határozták meg. A Hold belső felépítésében előforduló kőzeteket a fizikai körülményeknek (hőmérséklet, nyomás) megfelelő, stabil ásványokból állóknak tekintették. A holdi kéreg átlagos vastagsága a feldolgozás alapján 40–45 kilométernek adódott. A kisebb sűrűségű felső kéreg mintegy 20 km vastagságú, amely valószínűleg anortozitos gabbróból épül fel. Az alsó kéreg feltehetően bazaltos összetételű. A Hold felső köpenye olivint és kis kalciumtartalmú piroxént tartalmaz, míg az 500 km-nél nagyobb mélységű alsó köpenyben valószínűleg nagyobb FeO- és kisebb MgO-tartalmú gránátok fordulnak elő. A mintegy 340 km sugarú mag fémes vagy szilikátos összetételű, amelynek sűrűsége 5600 kg/m³. Vastartalma valószínűsíthetően 1–3%, amely kisebb sűrűségű elemekkel, főleg kénnel keveredik.

A *Lunar Prospector* méréseiből készített, a Hold globális gravitációs terére vonatkozó eredmények [KONOPLIV et al. 1998; LOWMAN 2002] az 1.c és 1.d ábrákon láthatók. A gravitációs térkép jellegzetessége a nagy pozitív amplitúdójú anomáliák megjelenése, amelyek általában a kör alakú mare-medencék területén fordulnak elő. Ezeket az anomáliákat masconok (angol eredetű mass concentration — tömegkoncentráció — elnevezésből származik) hozzák létre. A masconok okozta nagy pozitív gravitációs anomáliákat MULLER, SJOGREN [1968] fedezte fel, azokat nagy vastartalmú kőzetek hatásának tulajdonították. A *Lunar Prospector* méréseit feldolgozva masconokat a Mare Imbrium (Esők Tengers), a Mare Serenitatis (Derültség Tengers), a Mare Crisium (Veszélyek Tengers), a Mare Nectaris (Méz Tengers) a Mare Humorum (Nedvesség Tengers) a Mare Orientale (Keleti Tenger) mare-medencék területén, és a Sinus Aestum (Dagályok Öble) és a Sinus Medii (Közép Öble) között mutattak ki. Az eredményeket tovább elemezve újabb masconokat találtak a Mare Humboldtianum (Humboldt-tenger), a Mendel–Rydberg és a Schiller–Zucchinus becsapódási medencékben is, valamint a Hold Földről nem látható oldalán a Mare Moscoviense, a Hertzsprung, a Coulomb–Sarton és a Freundlich–Sharonov becsapódási medencékben [ARKANI-HAMED 1998; LOWMAN 2002].

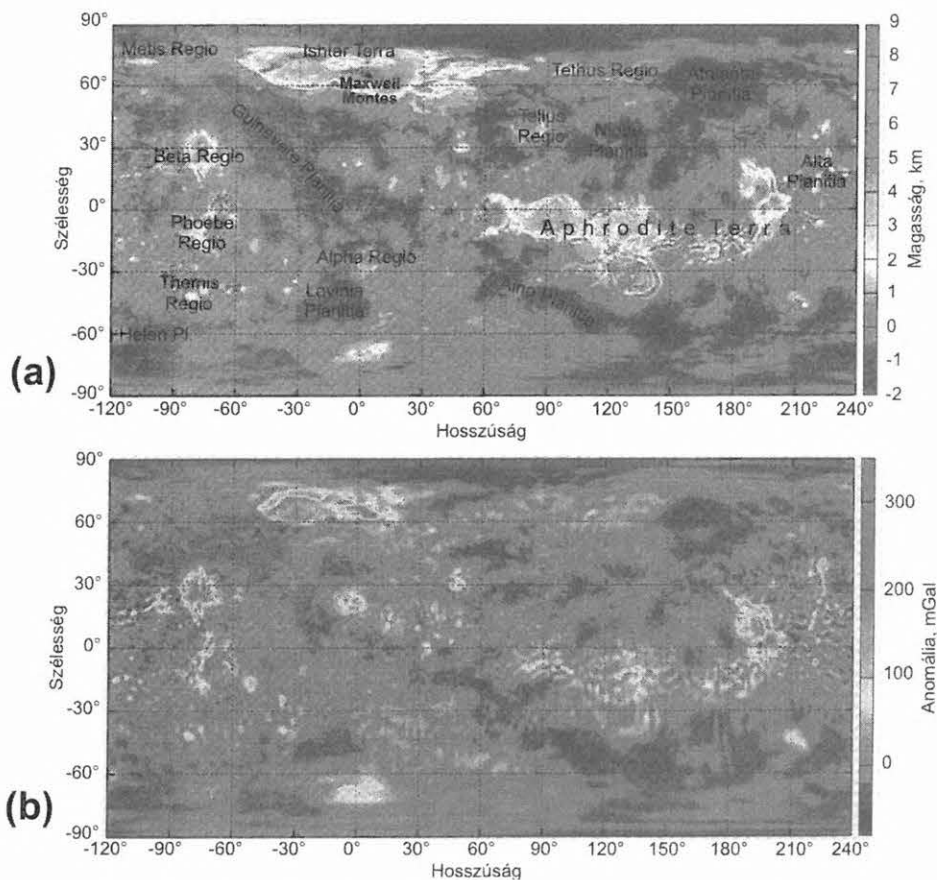
A *Lunar Prospector* gravitációs mérési adataiból meghatározott free-air-anomáliák 250 mGal és 450 mGal között változnak. A Mare Orientale területén meghatározott free-air-anomália maximuma eléri a 400 mGal-t, amelyet gyűrű alakú minimumzóna (250 mGal) vesz körül. Ezek az anomáliák további kutatás tárgyát képezték. Az értelmezés szerint a masconok a holdi krátereket is létrehozó meteoritbecsapások következtében alakultak ki, azaz a becsapódás követ-

kezében nagyobb sűrűségű köpenyanyag emelkedett fel, amely kitöltötte a kráter medencéjét, majd később a medence izosztatikus egyensúlyba került. ARKANI-HAMED [1998] azzal egészítette ki a masconok értelmezését, hogy a becsapódás következtében a környező felföldön parciális olvadás következett be, és az így megolvadt bazalt is bekerült a becsapódási medencébe. Megállapítása szerint a Mare Serenitatis és a Mare Nectaris területén 50 km-es, a Mare Crisium területén 35 km-es, a Mare Smythii (Smith-tenger) és a Mare Humorum területén 30 km-es, a Mare Orientale területén, pedig 20 km-es rugalmas kéregvastagság szükséges a mascon tömegének kompenzálására. Szerinte a masconok kialakulása 3,6 milliárd évvel ezelőtt történt, az izosztatikus egyensúly, pedig mintegy 3 milliárd évvel ezelőtt állt be.

A *Lunar Prospector* méréseit értelmezve hét további, mascon által létrehozott anomáliát határoztak meg [LOWMAN 2002], amelyek kisebbek a korábban felfedezetteknél és nincsenek kitöltve mare-bazaltokkal.

A Vénusz globális gravitációs anomáliái

A Vénusz topográfiáját a vastag, optikai módszerrel áthatolhatatlan felhőtakarója miatt nem lehet földi távcsövekkel megfigyelni, így azt először a Puerto Ricó-i 300 m-es rádiótávcsövel végzett földi mérések alapján, majd később a NASA által felbocsátott *Magellan* űrszonda (indítási ideje: 1989. május. 4.) radaros magasságméréseiből határozták meg (2.a ábra). További új eredmények várhatók az *Európai Űrügynökség* által 2005. október 26-án indított, és 2006 áprilisában bolygó körüli pályára állt *Venus Express* űrszonda méréseiből.



2. ábra. (a) A Vénusz topográfiai térképe a *Magellan* mérései alapján, a topográfiai szintek egysége: km [RAPPAPORT, KONOPLIV, KUCINSKAS 1999]; (b) a Vénusz free-air-anomália-térképe a *Magellan* mérései alapján, az anomáliák egysége: mGal [KONOPLIV et al. 1999]. Az ábrák Mercator-vetületben lettek ábrázolva

Fig. 2. (a) *Magellan* Venus topographic map, distances are in kms [RAPPAPORT, KONOPLIV, KUCINSKAS 1999]; (b) *Magellan* Venus free-air gravity are in mGals [KONOPLIV et al. 1999]. All maps are shown in a Mercator projection

A *Magellan* orbitális egységének radaros magasságmérései a bolygó felszínének 97%-át térképezték fel. E mérések felbontóképessége egy nagyságrenddel pontosabbnak bizonyult a korábbi méréseknél. A vénuszi vulkáni síkságok, a mélyfölkék a bolygó felszínének 85%-át teszik ki, míg a maradék 15% a felföldeké [SAUNDERS et al. 1992].

A *Magellan* mérései alapján 1660 vulkáni formát határoztak meg [HEAD et al. 1992]— így 556 pajzs vulkánt (méretük kisebb, mint 20 km), 274 közepes méretűt (20–100 km átmérővel), 156 nagy vulkánt (átmérőjük meghaladja a 100 km-t), 86 kaldera formájú vulkánt (60–80 km-es átmérővel), 176 kupola alakú vulkánt (a vulkáni test koncentrikus felépítésű, valószínűleg nagy viszkozitású láva kiömlése során alakult ki), 259 pókhaló formájú vulkáni formát (belső része koncentrikus felépítésű, míg külső része sugár irányú hálót mutat), 50 csillag alakú vulkánt, 53 lávafolyást, és 50 öböl alakú lávacsatornát, amelyeknek a hossza eléri a 100–1000 km-t. A vulkánok döntő többsége bazaltos összetételű, míg a meredek oldalú vulkáni formák valószínűleg ultrabázisos kőzetekből épülnek fel. A nagyobb kiterjedésű, kör alakú vulkánok a köpenyből származó hőoszlopok, illetve forró pontok jelenlétére utalhatnak. A vulkáni aktivitás napjainkra már csökkent a Vénuszon, de nem szűnt meg teljesen.

A vulkánok helyzetének eloszlása nem rendezetlen. Az ilyen jellegű eloszlás arra utal, hogy a becslések szerint 500 millió évvel ezelőtt a Vénusz mélyföldjeit vulkáni anyag öntötte el, így az egyfajta újjáalakuláson ment keresztül.

A *Magellan* mérései alapján a becsapódásból származó kráterek átmérője 1,5 és 280 km közé esik és eloszlásuk közel egyenletes [SCHABER et al. 1992]. A 35 km-nél nagyobb átmérőjű kráterek eloszlása hasonlóságot mutat a Föld-típusú bolygókéval, de az 500 millió évnél fiatalabb kráterek száma lényegesen kevesebb. Ez szintén arra utal, hogy a bolygó felszíne mintegy 500 millió évvel ezelőtt globálisan újjáalakult.

A *Magellan* űrszonda orbitális egységének radaros magasságmérései feltárták a bolygó morfológiáját. E felvételek alapján határozták meg a bolygó tektonikáját, amelyet BINDSCHADLER, SCHUBERT, KAULA [1992] és SOLOMON et al. [1992] tanulmányai ismertettek. A vénuszi tektonika jellegzetes megnyilvánulásai nem emlékeztetnek a földi lemeztektonikára, ahol a horizontálisan nagy kiterjedésű merev lemezeket keskeny, deformációt szenvedett zónák határolják. A vénuszi tektonikára jellemző, hogy a deformált zónák nagy kiterjedésűek, szélességük eléri a néhány száz kilométert. Ezek a zónák mind formájukban, mind méretükben különböznek a Földön előfordultaktól.

A Vénuszon található felszíni formák vulkanizmus és deformációk nyomát mutatják. A vénuszi felföldek két csoportba oszthatók: vulkáni kiemelkedésekre és vulkáni platókra. A vulkáni kiemelkedéseket kör (Alpha Regio) és elnyúlt (Tellus Regio) alakú szerkezetek jellemzik, és ezekhez nagyobb pozitív értékű gravitációs anomáliák tartoznak. Ezeknek a tipikus példája az 1–3 km magasságú Beta Regio. Feltételezések szerint a vulkáni kiemelkedésekhez hőoszlopok kapcsolhatók. A platókat kis amplitúdójú gravitációs anomáliák jellemzik. Az idősebb területek gránitos jellegű kőzetekből épülnek fel, ezeket az Ishtar Terra és az Aphrodite Terra képviseli. Az Ishtar hatalmas kiterjedésű vulkáni hegység, míg az Aphrodite tektonikai-

lag töredezett vulkáni anyagból álló hegység a bolygó egyenlítői tartományában.

ANDERSON, SMREKAR [2006] a *Magellan* űrszonda méréseiből meghatározott topográfia egyensúlyát határozták meg. A Vénusz felszínét síkságokra, vulkánokra és vulkáni kiemelkedésekre, kristályos platókra, és kupola és hasadék alakú vulkánokra osztották fel.

A síkságokon, amelyek a Vénusz felszínének mintegy 85%-át teszik ki, a litoszférát 50–100 km vastagságának határozták meg.

A vulkáni kiemelkedések 1000–2500 km átmérőjűek. Ezeket a felszíni formákat a földi forró pontok szerkezetéhez hasonlónak fogadják el. Ezekben a területeken a kompenzáció mélysége 60–260 km között lehet. Jellegzetes területei az Alta és Beta Regióban találhatók.

A kristályos platók 1–3 km-rel magasabbak a bolygó átlagos sugarához viszonyítva, ezeknek az izosztatikus kompenzációja 20–90 km mélységű. Ezeket a szerkezeteket nagyobb kiterjedésű feláramlások hozhatják létre. Amint a feláramló hőoszlop szétáramlik, a litoszféra alján parciális olvadás következik be és a kéreg kivékonyodik. A kristályos platók az Alpha, Onda, Thetis és a Tellus Regióban fordulnak elő.

A kupolák közel kör alakú vulkáni formákat jelentenek, amelyeket a köpenyben végbemenő feláramlások hoztak létre, ezek jellegzetes típusa az Artemis. A hasadékvulkánokat valószínűleg lokális szubdukció hozta létre. A másik lehetséges magyarázat a kéregben bekövetkező extenzió. A hasadékvulkánok a Dali, Diana és Parga Regióban találhatók.

A Vénusz néhány területének free-air-anomáliáit BINDSCHADLER, SCHUBERT, KAULA [1992] tanulmánya foglalja össze (2.b ábra). A felföldi területekhez tartozó Beta Regio átlagos magassága 1–3 km, 150 mGal nagyságú gravitációs anomália jellemzi. Az Alta Regio az Aphrodite Terra keleti részén található, amelynek átlagos magassága 3–4 km, a gravitációs anomáliák nagyságrendje 130 mGal. A Thetis Regio a plató alakú felföldek közé tartozik, kiterjedése mintegy 1500 km × 1500 km, magassága 1–2 km, a gravitációs anomáliák 40 mGal körül ingadoznak. A Tellus Regio szintén a plató jellegű felföldek közé tartozik, horizontális kiterjedése eléri a 2000 km × 1600 km-t. A terület átlagos magassága 2 km, gravitációs anomáliái 30 mGal nagyságrendűek. Az Ishtar Terra nyugati részén a gravitációs anomáliák átlagos értéke 55 mGal. Az Alpha Regio átlagos magassága 2 km, kis értékű gravitációs anomáliák jellemzik. A vénuszi mélyfölkék közé tartozik még az Atalanta Planitia is, amelynek átmérője 1500 km. A terület átlagos mélysége 2 km, gravitációs anomáliái –35 mGal körül ingadoznak.

A Mars globális gravitációs anomáliái

A Mars topográfiája földi távcsöves megfigyelésekből is felmérhető, így a Mars felszínéről már a XIX. század folyamán készítettek térképeket. Az első jobb felbontóképességű távcsövet felhasználva két német csillagász, Wilhelm BEER (1797–1850) és Johann von MÄDLER (1794–1874) adott ki térképet a Marsról. Giovanni Virginio SCHIAPARELLI (1835–1910) olasz csillagász távcsöves megfigyelésen alapuló topográfiai térképe már igen sok

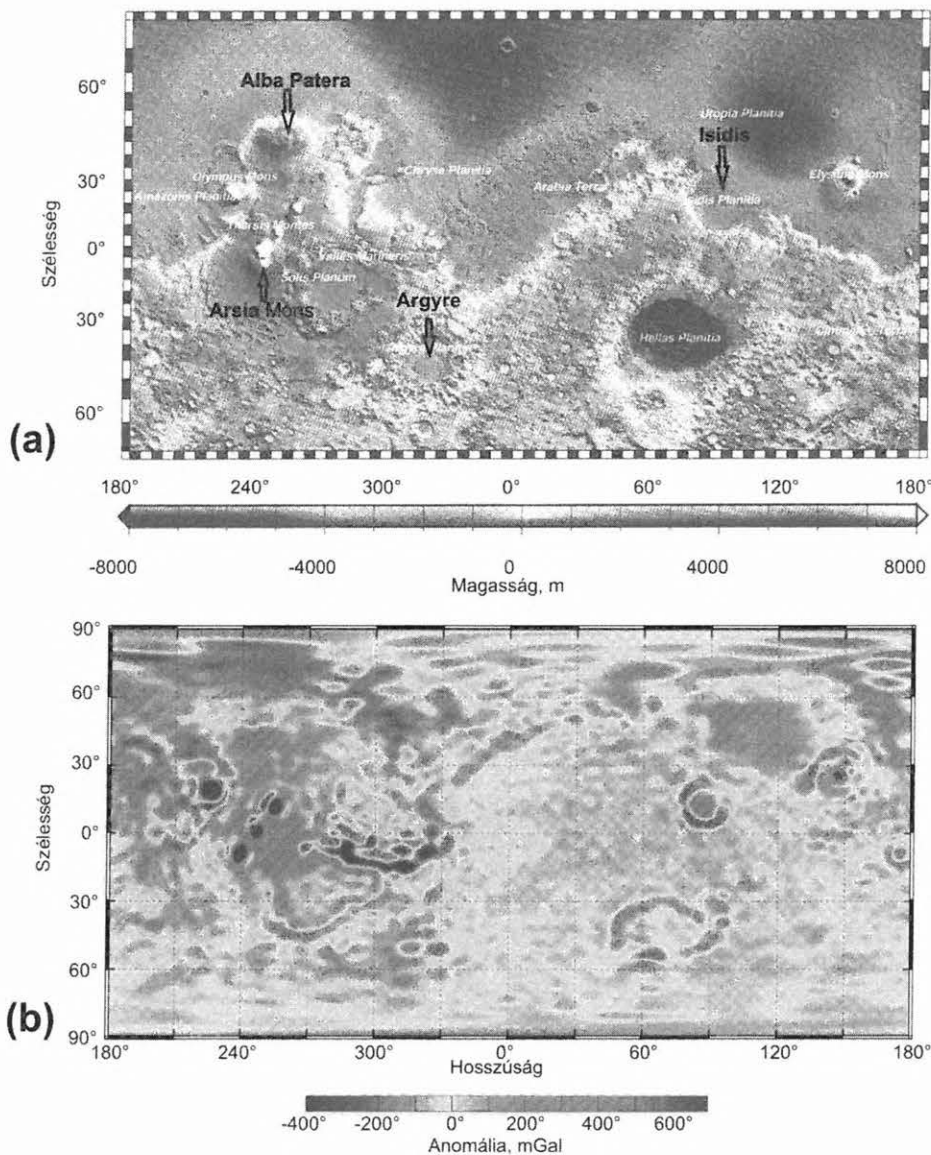
részletet tartalmazott a bolygóról. Schiaparelli nyomán — aki a Mars-csatornák leírójaként is ismert — nevezik a bolygón sötétebb színű részeket mare-területeknek. A Mars-csatornák első említése Angelo Secchi (1818–1878) olasz csillagásztól származik.

A Mars felszínéről több űrszonda készített megbízható térképeket. A Mars kutatásának lényeges eredményei a *Mars Global Surveyor (MGS)* (indítási ideje: 1996. november 7.) méréseiből származnak [ALBEE et al. 2001]. Az űrszonda 1997 novemberében állt bolygó körüli pályára, és különböző pályamódosítások után 1999 márciusában érte el a közel kör alakú pályát. A Mars-kutatás újabb eredményei az *ESA Mars Express* (indítási ideje: 2003. június 2.) és a *NASA Mars Reconnaissance Orbiter* (indítási ideje: 2005. augusztus 12.) űrszondák mérési eredményeinek feldolgo-

zásából várhatók.

A *MGS* orbitális egységen elhelyezett lézeres magasságmérő közel 600 millió mérést végzett. A mérések alapján többek közt meghatározták a Mars egyenlítői (3396,19 km) és poláris (3376,2 km) sugarát. A bolygó átlagos sugara: 3389,5 km [NEUMANN et al. 2004].

A Mars topográfiai térképeit SMITH et al. [1999a], ZUBER et al. [2000], NEUMANN et al. [2004] tanulmányai ismertetik, a 3.a ábra a SMITH et al. [2001] térképét mutatja be. A bolygó felszíne két, globálisan eltérő jellegzetességet mutató régióra osztható fel. Sok kráter található a közelítőleg a déli féltekén elhelyezkedő marsi felföldön, míg nagyjából az északi féltekén elhelyezkedő marsi mélyföldön csak alig fordulnak elő.



3. ábra. (a) A Mars topográfiai térképe a MOLA mérései alapján, a topográfiai szintek egysége: km [SMITH et al. 2001], fekete nyíl mutatja az értelmezett gravitációs anomáliák helyzetét; (b) a Mars free-air-anomália-térképe a Mars Global Surveyor mérései alapján, az anomáliák egysége: mGal [YUAN et al. 2001]. Az ábrák Mercator-vetületben lettek ábrázolva

Fig. 3. (a) Mars Orbiter Laser Altimetry topographic map, distances are in kms [SMITH et al. 2001], the position of the inverted anomalies is indicated by black arrows; (b) Mars Global Surveyor free-air gravity, anomalies are in mGals [YUAN et al. 2001]. All maps are shown in a Mercator projection

A Mars felszínének harmadát kitevő mélyföldet — melynek átlagos magassága közel 3 km-rel alacsonyabb, mint a marsi felföldé — vulkáni eredetű és üledékes anyag tölti ki. A felszín két különböző jellegzetes topográfiáját mind endogén (belső eredetű), mind exogén (külső eredetű) folyamattal próbálják megmagyarázni [MCGILL, DIMITRIOU 1990]. KE, SOLOMATOV [2006] a Mars felszín-

ének két különböző magasságú tartományának lehetséges kialakulását vizsgálta. Az elvégzett áramlási számítások szerint a marsi köpeny–mag határon a bolygó kialakulásának korai időszakában hatalmas méretű hőoszlop (superplume) alakult ki, amelynek oka köpeny–mag közötti 500–1500 K tartományba eső hőmérséklet-különbség. A hatalmas méretű hőoszlop által szállított és a felszínre

kiömlő kőzetanyag szétterülése okozhatja a Mars felszínének kettős jellegét.

A marsi kéreg átlagos vastagságára 45 km-es értéket állapítottak meg [ZUBER et al. 2000; NEUMANN et al. 2004], de a sok kráterrel rendelkező déli féltekén található marsi felföldön a kéreg mintegy 60 km vastag, míg az északi félteke mélyföldjén a kéreg átlagos vastagsága csak 30 km.

Eddigi megfigyelések szerint a Naprendszerben található legnagyobb vulkánok a Marson találhatók [SMITH et al. 2001], közülük a legnagyobb az Olympus Mons, melynek térfogata 2,7 millió km^3 , magassága 21 287 m.

A Mars kérgét alkotó kőzetek összetételére az SNC meteoritok vizsgálatából is lehet következtetni (MCSWEEN Jr. 1985). Ezekről a Földön talált meteoritokról megalapozottan tételezik fel, hogy a Marsot ért nagyobb méretű becsapódás következtében, annak tömegvonzását legyőzve kerültek bolygónkra. Elnevezésük a meteoritok megtalálási helyére utal. Shergottit meteoritokat az indiai Shergotty közelében találtak meg 1865-ben, ezek jellegzetes ásványai a piroxén és az augit. Nakhiliteket Egyiptomban El Nakhla el Baharia környékén gyűjtötték össze 1911-ben, míg a chassigniteket Franciaországban találták meg Chassigny környékén 1815-ben. A nakhilitek és a chassignitek jellegzetes ásványai többek között az augit és az olivin. A Marsra leszállt *Viking szondák* által meghatározott, a marsi felszín kőzeteinek összetételére vonatkozó analízisek megerősítették az SNC meteoritok Marsról való származhatóságát.

A marsi kéreg sűrűsége 2700 kg/m^3 és 3100 kg/m^3 között változik, a Bouguer-anomáliák meghatározásakor 2900 kg/m^3 sűrűségértéket használtak [NEUMANN et al. 2004]. A sűrűség meghatározásakor az SNC meteoritok, a *Viking szondák* (*Viking-1*, indítási ideje: 1975. augusztus 20.; *Viking-2*, indítási ideje: 1975. szeptember 9) és a *Pathfinder* (indítási ideje: 1996. december 4.) spektrométereinek méréseit vették figyelembe.

A Mars gravitációs anomáliáit tárgyalja SMITH et al. [1999b], ZUBER et al. [2000] és LEMOINE et al. [2001] tanulmánya, a 3.b ábrán látható free-air-térképet pedig YUAN et al. [2001] közölte. A Marson található vulkánok nagy amplitúdójú free-air-anomáliával rendelkeznek, így az Alba Patera 438 mGal, az Arsia Mons 1684 mGal, az Ascraeus Mons 1390 mGal, az Elysium Mons 450 mGal, az Olympus Mons 2868 mGal, a Pavonis Mons 1094 mGal anomáliával jellemezhető [SMITH et al. 1999a]. Az Isidis Platinia 1500 km átmérőjű becsapódási medence 417 mGal, az Utopia Platinia becsapódási medence 268 mGal anomáliával jelentkezik [YUAN et al. 2001]. Ezeket a közel kör alakú pozitív free-air-anomáliákat negatív anomáliák veszik körül. A vulkánok gravitációs anomáliái azt fejezik ki, hogy hatalmas tömegük nincs izosztikus egyensúlyban, helyzetüket a mechanikusan szilárd kéreg tartja meg.

A Valles Marineris nagy kiterjedésű árok zóna negatív free-air-anomáliái (-402 mGal nagyságúak) az árokkal összefüggő tömeghiány következtében alakultak ki. Az anomáliásávnak az árok méreténél szélesebb volta az izosztikus egyensúlytól való eltérésre utal.

LOWMAN [2002] megállapításai szerint a Marson nem található meg a lemeztektonika jellegzetességei, így gyakran nevezik egylemezű bolygónak. Meg kell jegyezni, hogy a Mars kisebb kiterjedésű egyenlítői mágneses anomáliái

hasonlóságot mutatnak a földi óceáni hátságok területén mért anomáliákkal, de ezek inkább lokális jellegzetességek tekinthetők.

A Mars gravitációs anomáliáinak kvantitatív értelmezése Bayes-féle következtetéssel

A Mars gravitációs anomáliáinak jelenlegi feltártsága lehetővé teszi azok kvantitatív értelmezését. A gravitációs anomáliák a *Mars Global Surveyor* [ALBEE et al. 2001] méréseiből származnak. A számítások célja a meteoritbecsapódásból és a vulkánok által létrehozott gravitációs anomáliák eltérő szerkezetének vizsgálata. A vulkáni szerkezeteket valószínűleg kisebb méretű hőoszlopok alakították ki, amelyek a marsi kéreg (esetleg köpeny) nagyobb mélységű tartományig nyúlnak le.

A kvantitatív értelmezés a Bayes-féle következtetésen [BAYES 1763] alapul, amelyeknek matematikai részleteit számos munka [BOX, TIAO 1973; TARANTOLA 1987; SEN, STOFFA 1995; ULRICH, SACCHI, WOODBURY 2001; SCALES, TENORIO 2001; GREGORY 2005] ismerteti. A Bayes-féle következtetés geofizikai alkalmazását tárgyalja MENKE [1984], DUJNDAM [1988A, 1988B], SCALES, SNEIDER [1997] és KHAN, MOSEGAARD [2002] tanulmánya.

A kiválasztott gravitációs anomáliák közel kör alakú formát mutatnak. Ez indokolja, hogy az interpretációhoz tartozó direkt feladat (a modell) véges kiterjedésű függőleges tengelyű henger legyen. A modell Δg gravitációs terét két lefelé végtelen kiterjedésű henger tere adja meg:

$$\Delta g(\mathbf{m}) = \Delta g^{felső} - \Delta g^{alsó}, \quad (1)$$

ahol az \mathbf{m} vektor jelenti a modell paramétereit. Az \mathbf{m} vektor elemei az R sugár és a henger felső ($a^{felső}$), illetve alsó ($a^{alsó}$) lapjának a mélysége. A henger gravitációs terét NABIGHIAN [1962] és NAGY [1965] által közölt egyenletek adják meg:

$$\Delta g^{felső} = 2G\rho R \left[\frac{1-x^2}{\sqrt{(1+x)^2+a_1^2}} K + \sqrt{(1+x)^2+a_1^2} E + \frac{\pi}{2} a_1 [\Lambda_0(\varphi_1, k_1) - 2] \right] \quad (2)$$

és

$$\Delta g^{alsó} = 2G\rho R \left[\frac{1-x^2}{\sqrt{(1+x)^2+a_2^2}} K + \sqrt{(1+x)^2+a_2^2} E + \frac{\pi}{2} a_2 [\Lambda_0(\varphi_2, k_2) - 2] \right], \quad (3)$$

ahol G a gravitációs állandó, ρ a henger sűrűsége, E és K az elsőfajú és másodfajú teljes elliptikus integrálokat, Λ_0 a Heuman-féle lambda függvényt jelenti. A (2) és (3) egyenletekben szereplő x , a_1 és a_2 változók jelentése $x = x_0/R$, $a_1 = a^{felső}/R$, $a_2 = a^{alsó}/R$, ahol x_0 a hengerek közös tengelyétől mért távolság, $a^{felső}$ és $a^{alsó}$ a henger alsó és felső lapjának a mélysége. A Heuman-féle függvény φ_1 , k_1, φ_2, k_2 paramétereit a

$$k_1^2 = \frac{4x}{(1+x)^2 + a_1^2}, \quad \varphi_1 = \arcsin \frac{a_1}{\sqrt{(1-x)^2 + a_1^2}}, \quad (4)$$

$$k_2^2 = \frac{4x}{(1+x)^2 + a_2^2}, \quad \varphi_2 = \arcsin \frac{a_2}{\sqrt{(1-x)^2 + a_2^2}}$$

egyenletekkel határozhatók meg.

A Bayes-féle következtetés alapegyenlete [BOX, TIAO 1973; DUJNDAM 1988a; SEN, STOFFA 1995]:

$$p(\mathbf{m} | \mathbf{d}) = p(\mathbf{d} | \mathbf{m}) p(\mathbf{m}), \quad (5)$$

ahol \mathbf{d} a mérési adatok vektorát:

$$\mathbf{d} = [d_1, d_2, \dots, d_N]^T, \quad (6)$$

N a mérési adatok számát, T a transzponált vektort jelenti. Az \mathbf{m} jelenti a modell paramétereinek vektorát:

$$\mathbf{m} = [m_1, m_2, \dots, m_M]^T, \quad (7)$$

M a paraméterek számát jelenti. Az (5) egyenletben $p(\mathbf{m} | \mathbf{d})$ a modell paramétereinek a mérési adatokra vonatkoztatott feltételes valószínűségi sűrűségfüggvényét, $p(\mathbf{d} | \mathbf{m})$ a mérési adatoknak a modell paramétereinek feltételes valószínűségi sűrűségfüggvényét, $p(\mathbf{m})$ a modell paramétereinek valószínűségi sűrűségfüggvényét jelenti. Mind a mérési adatokat, mind a paramétereket a \mathbf{C}_d , illetve \mathbf{C}_M kovarianciamátrixuk jellemzi:

$$\mathbf{C}_d = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & & \dots & \sigma_1 \sigma_N \rho_{1N} \\ \vdots & & & \\ \sigma_N \sigma_1 \rho_{N1} & \dots & & \sigma_N^2 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$$\mathbf{C}_M = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & & \dots & \sigma_1 \sigma_M \rho_{1M} \\ \vdots & & & \\ \sigma_M \sigma_1 \rho_{M1} & \dots & & \sigma_M^2 \end{bmatrix}.$$

A (8) kovarianciamátrixokban $\sigma_1, \sigma_2, \dots$ az adatok, illetve a modell paraméterek szórását, ρ_{ij} a megfelelő korrelációs együtthatót jelenti.

A Bayes-féle következtetés (5) alapegyenletében szereplő $p(\mathbf{m})$ a priori valószínűségi sűrűségfüggvény legyen többdimenziós exponenciális eloszlású [FERRARI, SOLARO 2003]:

$$p(\mathbf{m}) = \frac{M \Gamma\left(\frac{M}{2}\right)}{\pi^{M/2} 2^{1+\frac{M}{\kappa}} \Gamma\left(1+\frac{M}{\kappa}\right) |\mathbf{C}_M|^{1/2}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} [(\mathbf{m}-\mathbf{m}')^T \mathbf{C}_M^{-1} (\mathbf{m}-\mathbf{m}')] \frac{\kappa}{2}\right\}, \quad (9)$$

esetünkben $\kappa=1$, és Γ a gamma-függvényt, míg \mathbf{C}_M az *a priori* kovarianciamátrixot jelenti. Az ilyen hosszabb szárnyú sűrűségfüggvény alkalmazására STEINER [1990] hívta fel a szerzők figyelmét, annak előnyös robusztus volta miatt. A megfelelő a priori sűrűségfüggvény kiválasztásának fontosságát hangsúlyozza ULRICH, SACCHI, WOODBURY [2001] és SCALES, TENORIO [2001].

Az (5) alapegyenletben szereplő *likelihood* valószínűségi sűrűségfüggvény legyen szintén exponenciális eloszlású:

$$p(\mathbf{d}^{\text{mért}} | \mathbf{m}) = \frac{N \Gamma\left(\frac{N}{2}\right)}{\pi^{\frac{N}{2}} 2^{1+\frac{N}{\kappa}} \Gamma\left(1+\frac{N}{\kappa}\right) |\mathbf{C}_D|^{1/2}} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} [(\mathbf{d}^{\text{mért}} - \Delta g(\mathbf{m}))^T \mathbf{C}_D^{-1} (\mathbf{d}^{\text{mért}} - \Delta g(\mathbf{m}))] \frac{\kappa}{2}\right\}, \quad (10)$$

ahol az előző egyenletben szereplő \mathbf{C}_D kovarianciamátrixot a $\mathbf{C}_D = \mathbf{C}_d + \mathbf{C}_T$ összefüggés adja meg [TARANTOLA 1987], ahol \mathbf{C}_T az elméleti modell kovarianciamátrixát jelenti. Az a posteriori valószínűségi sűrűségfüggvény a

$$p^a \text{ posteriori} \propto \exp\left\{-\frac{1}{2} [(\mathbf{m}-\mathbf{m}')^T \mathbf{C}_M^{-1} (\mathbf{m}-\mathbf{m}')] \frac{\kappa}{2}\right\} \cdot \exp\left\{-\frac{1}{2} [(\mathbf{d}^{\text{mért}} - \Delta g(\mathbf{m}))^T \mathbf{C}_D^{-1} (\mathbf{d}^{\text{mért}} - \Delta g(\mathbf{m}))] \frac{\kappa}{2}\right\} \quad (11)$$

formában írható fel.

A számítások célja az \mathbf{m} paramétervektor értékeinek becslése. Ezt a becslést a (11) a posteriori valószínűségi sűrűségfüggvény maximális értéke határozza meg. Ezzel ekvivalens megfogalmazás a (11) egyenletben lévő exponenciális kifejezésekből álló szorzat pozitív előjellel vett kitevői összegének minimalizálása, így tehát a kitevőkből álló

$$F(\mathbf{m}) = \frac{1}{2} [(\mathbf{m}-\mathbf{m}')^T \mathbf{C}_M^{-1} (\mathbf{m}-\mathbf{m}')] \frac{\kappa}{2} + \frac{1}{2} [(\mathbf{d}^{\text{mért}} - \Delta g(\mathbf{m}))^T \mathbf{C}_D^{-1} (\mathbf{d}^{\text{mért}} - \Delta g(\mathbf{m}))] \frac{\kappa}{2}, \quad (12)$$

egyenlet minimumának meghatározását kívánjuk meghatározni az \mathbf{m} vektor függvényében. Az ilyen típusú többváltozós nem lineáris minimumfeladat numerikus megoldását a szakirodalom [BOX, TIAO 1973; SEN, STOFFA 1995] részletesen tárgyalja. Számításaink során három paraméterértéket: a hengermodell sugarát, tető- és talpmélységét kívánjuk meghatározni, rögzített 2900 kg/m³ sűrűség mellett.

A háromdimenziós minimumfeladat meghatározására a KIRKPATRICK, GELATT, VECCHI [1983] által tárgyalt és SEN, STOFFA [1995] által összefoglalt simulated annealing eljárást használtuk. A simulated annealing Metropolis-féle eljárását a statisztikus fizikából ismert hűlési folyamat analógiájára vezették be. Az eljárás alkalmazása során ki kell választani egy az állapot (hőmérséklet) csökkenését leíró függvényt, jelen esetben szakirodalmi javaslat alapján az alábbi egyenletet választottuk:

$$T_k = T_0 \left(1 - \frac{k}{c}\right)^2. \quad (13)$$

A (13) egyenletben T_k a k -edik lépésben az állapotot jellemző értéket, T_0 a kezdeti állapot értéket, míg c az iterációs lépések számát jelenti.

A C_{ap} a posteriori kovarianciamátrix nem lineáris esetben a

$$C_{ap} \approx [G_n^T C_D^{-1} G_n + C_n^{-1}]^{-1}, \quad (14)$$

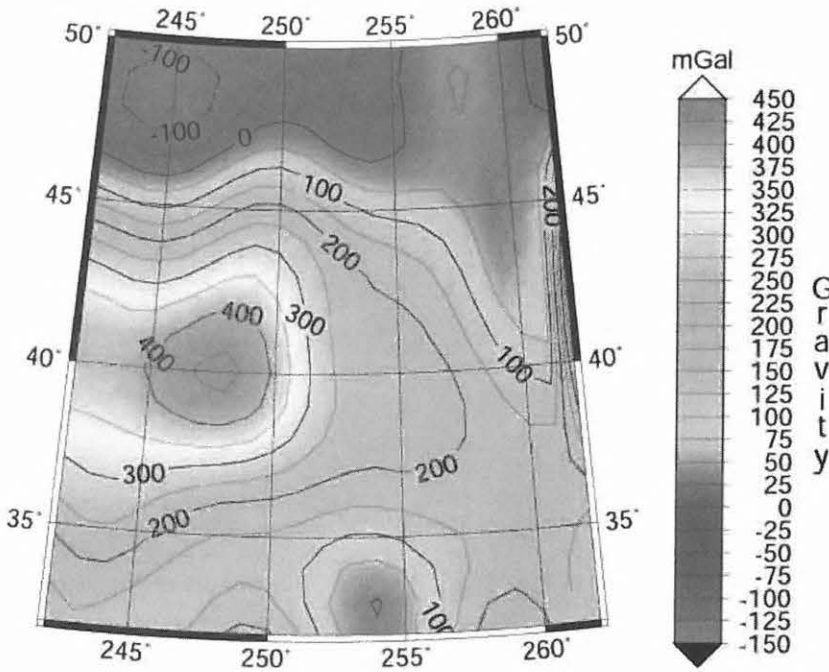
összefüggés alapján határozható meg [TARANTOLA 1987], ahol a G_n mátrixot a

$$G_n = \left(\frac{\partial \Delta g}{\partial m} \right)_{m=m}^{\text{meghatározott}} \quad (15)$$

deriválttal definiáljuk. Jelen esetben a modell összetett volta miatt a (15) deriváltat numerikusan, differenciáhányaddal közelítettük.

A Mars Global Surveyor méréseiből a gravitációs ada-

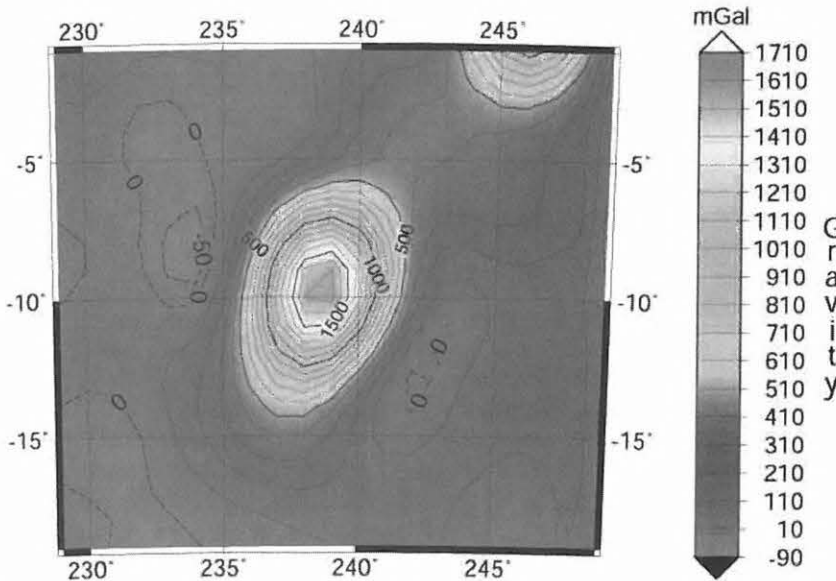
tokat a R. A. SIMPSON vezette kutatócsoport (*Mars Global Surveyor Radio Science Team*) vezette le. A gravitációs adatok a bolygó feletti 400 km-es magasságban, $1^\circ \times 1^\circ$ beosztású hálózatban álltak rendelkezésre. A Mars Global Surveyor méréseiből meghatározott, négy lokális gravitációs anomáliát választottunk ki az előbbieken vázolt, Bayes-féle értelmezés tárgyául. Az anomáliák közül kettőt: Alba Patera (40° É, 245° K) (4. ábra), Arsia Mons (9° D, 240° K) (5. ábra) vulkáni tevékenység hozott létre, míg kettőt: Argyre (50° D, 315° K) (6. ábra), Isidis (12° É, 85° K) (7. ábra) meteoritbecsapódás alakított ki. Ezeknek a gravitációs anomáliáknak központi pozícióját ZUBER et al. [2000] és LEMOINE et al. [2001] adta meg.



4. ábra. Az Alba Patera vulkán által okozott gravitációs anomália Albers-féle területtartó kúpvetületben ábrázolva, az izovonalak egysége mGal

Fig. 4. Mars Global Surveyor gravity anomaly over the Alba Patera volcano, the anomaly is plotted in an Albers conic equal-area projection, contours are given in mGals

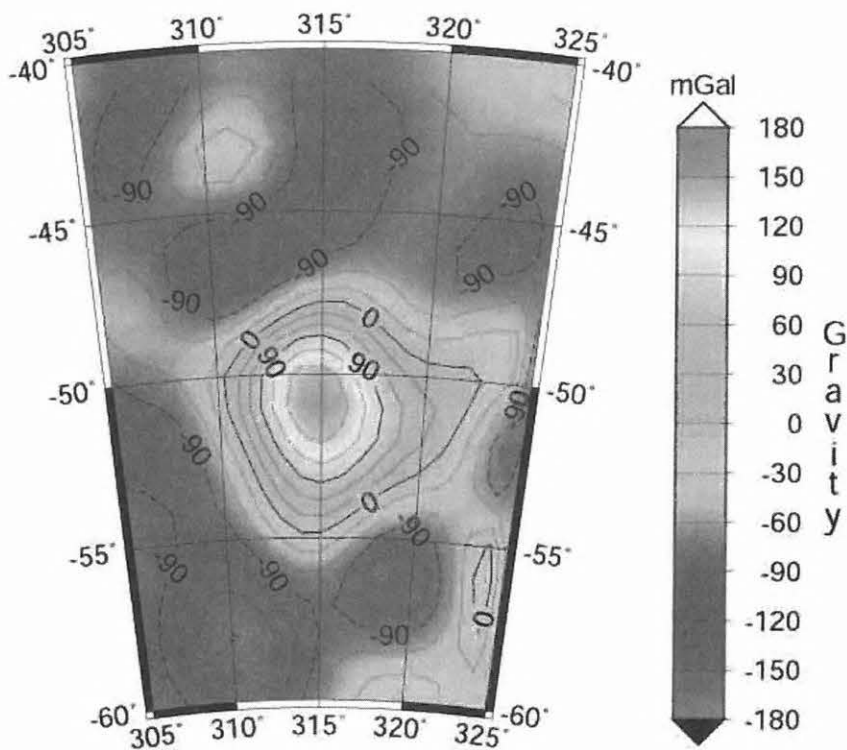
GIAD 2007 May 30 21:06:34



5. ábra. Az Arsia Mons vulkán által okozott gravitációs anomália Albers-féle területtartó kúpvetületben ábrázolva, az izovonalak egysége mGal

Fig. 5. Mars Global Surveyor gravity anomaly over the Arsia Mons volcano, the anomaly is plotted in an Albers conic equal-area projection, contours are given in mGals

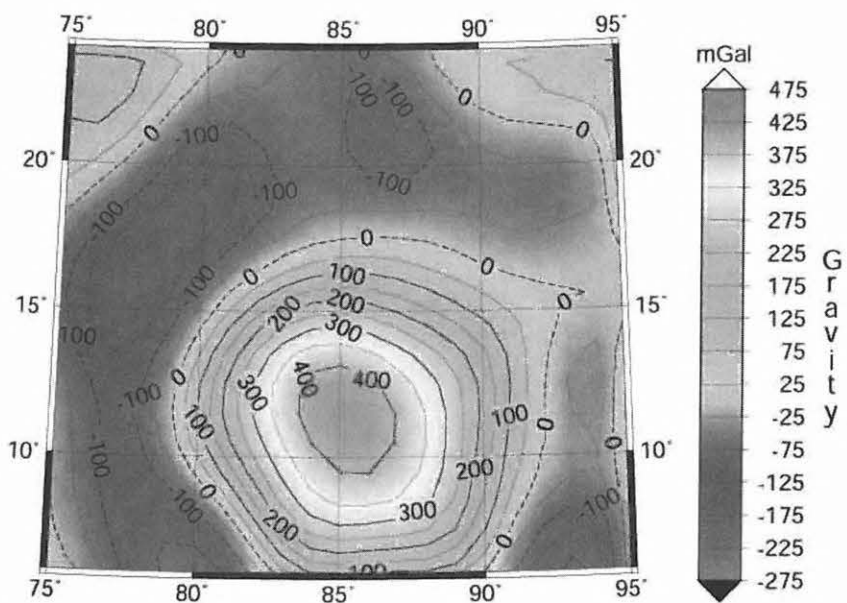
GIAD 2007 May 30 21:24:30



6. ábra. Az Argyre becsapódási kráter által okozott gravitációs anomália Albers-féle területtartó kúpvetületben ábrázolva, az izovonalak egysége mGal

Fig. 6. Mars Global Surveyor gravity anomaly over the Argyre impact crater, the anomaly is plotted in an Albers conic equal-area projection, contours are given in mGals

1662 2007 May 30 21:21:42



7. ábra. Az Isidis becsapódási kráter által okozott gravitációs anomália Albers-féle területtartó kúpvetületben ábrázolva, az izovonalak egysége mGal

Fig. 7. Mars Global Surveyor gravity anomaly over the Isidis impact crater, the anomaly is plotted in an Albers conic equal-area projection, contours are given in mGals

1662 2007 May 30 21:14:58

A számítások során a mérési adatokat jellemző C_d kovarianciamátrix diagonális volt, a szórásnégyzetek azonos 100 mGal^2 értékkel rendelkeztek. Az a priori kovarianciamátrixot szintén diagonálisnak tekintettük. A mátrixban szereplő szórásnégyzet a henger sugara esetében 50 km^2 , míg a henger alsó és felső lapjára vonatkozóan 10 km^2 volt. A becsült paraméterek hibáját a háromszoros szórással definiáltuk.

Az Alba Patera egyike a legnagyobb marsi vulkánoknak, amely beágyazódik az északi mélyföldbe. Valószínűleg genetikusan kapcsolatban van a Tharsis vulkáni régióval. A vulkán felépítését több tanulmány ismerteti:

MCGOVERN et al. [2001], LEMOINE et al. [2001], NEUMANN et al. [2004], IVANOV, HEAD [2006]. Az Alba Patera magassága eléri a 6769 métert, vulkáni összetételének kiterjedése mintegy $5,7 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ [MCGOVERN et al. 2001], a vulkán térfogata $2,1 \cdot 10^6 \text{ km}^3$ [SMITH et al. 2001]. A morfológiai felvételek alapján a vulkán extenziós vetőrendszer vágja ketté, továbbá kisebb koncentrikusan elhelyezkedő vetők szabdalják a vulkáni kúpot. Ezt a vetőrendszert a feszültség megjelenésének tekintik, amelyet a vulkán hatalmas tömegének terhelése alakít ki. Az inverziós eljárással meghatározott modellparaméterek értékei: a hatót modellező

henger sugara 320 km ± 49 km, felső lapjának mélysége 6 km ± 4,8 km, alsó lapjának mélysége 38 km ± 10 km.

Az Arsia Mons vulkán 17 780 m magasságú, a vulkán térfogata $1,5 \cdot 10^6$ km³. Az inverziós eljárással meghatározott modellparaméterek értékei: a hatót modellező henger sugara 182 km ± 42 km, felső lapjának mélysége 4 km ± 4,7 km, alsó lapjának mélysége 57 km ± 15 km.

Az Argyre és az Isidis becsapódási medencék megjelenési formájukra jellemző a közel kör alakú negatív gravitációs anomália közepén jelentkező nagy amplitúdójú pozitív csúcs. A középponti pozitív anomália valószínűleg a meteoritbecsapódást követő köpenyanyag felemelkedésének következménye. A gyűrű alakú negatív anomália sáv az izosztatikusan kompenzálatlan, megvastagodott kéreganyag következtében alakult ki.

Az Argyre becsapódási medence mélysége -5240 m, átmérője 600 km. Az inverziós eljárással meghatározott modellparaméterek értékei: a hatót modellező henger sugara 355 km ± 59 km, felső lapjának mélysége 25 km ± 5 km, alsó lapjának mélysége 31 km ± 8,3 km.

Az Isidis becsapódási medence átmérője 550 km. Az inverziós eljárással meghatározott modellparaméterek értékei: a hatót modellező henger sugara 336 km ± 57 km, felső lapjának mélysége 21 km ± 5 km, alsó lapjának mélysége 38 km ± 9 km.

Az Alba Patera és az Arsia Mons vulkánok esetében a meghatározott alsó modellmélység nagyobb, mint a becsapódási kráterek alatt. Ez a nagyobb mélység lehet a vulkánokat létrehozó hőoszlop mélyebb kiterjedésének az indikációja. A becsapódási kráterek vonatkozásában az inverzió más jellegű mélységbeli kiterjedésre utal.

HIVATKOZÁSOK

- ALBEE A. L., ARVIDSON R. E., PALLUCONI F., THORPE T. 2001: Overview of the Mars Global Surveyor. *Journal of Geophysical Research* **106**, E10, 23291–23316
- ANDERSON F. S., SMREKAR S. E. 2006: Global mapping of crustal and lithospheric thickness on Venus. *Journal of Geophysical Research* **111**, E08006, doi:10.1029/2004JE002395
- ARKANI-HAMED J. 1998: The lunar mascons revisited. *Journal of Geophysical Research* **103**, E2, 3709–3739
- BAYES T. 1763: An essay toward solving a problem in the doctrine of chances. *Philosophical Transactions of the Royal Society* **53**, 370–418. (Reprinted in *Biometrika* 1958, **45**, 293–315)
- BINDER A. B. 1998: Lunar Prospector: Overview. *Science* **281**, 1475–1476
- BINDSCHADLER D. L., SCHUBERT G., KAULA W. M. 1992: Cold-spots and hotspots: Global tectonics and mantle dynamics of Venus. *Journal of Geophysical Research* **97**, E8, 13495–13532
- BOX G. E. P., TIAO G. C. 1973: *Bayesian Inference in Statistical Analysis*. Addison-Wesley Publishing Company
- DUIJNDAM A. J. W. 1988a: Bayesian estimation in seismic inversion. Part I.: Principles. *Geophysical Prospecting* **36**, 878–898
- DUIJNDAM A. J. W. 1988b: Bayesian estimation in seismic inversion. Part II.: Uncertainty analysis. *Geophysical Prospecting* **36**, 899–918
- FERRARI P. A., SOLARO N. 2003: On parameter estimation procedures in multilevel models. Working Paper, n. 20.2004-MAGGIO
- GREGORY P. C. 2005: *Bayesian Logical Data Analysis for the Physical Sciences*. Cambridge University Press
- HEAD J. W., CRUMPLER L. S., AUBELE J. C., GUEST J. E., SAUNDERS R. S. 1992: Venus volcanism: classification of volcanic features and structures, associations, and global distribution from Magellan data. *Journal of Geophysical Research* **97**, E8, 13153–13197
- IVANOV M. A., HEAD J. W. 2006: Alba Patera, Mars: Topography, structure, and evolution of a unique late Hesperian-early Amazonian shield volcano. *Journal of Geophysical Research* **111**, E09003, doi:10.1029/2005JE002469, 2006
- KE Y., SOLOMATOV V. S. 2006: Early transient superplumes and the origin of the Martian crustal dichotomy. *Journal of Geophysical Research* **111**, E10001, doi:10.1029/2005JE002631
- KHAN A., MOSEGAARD K. 2002: An inquiry into lunar interior: A nonlinear inversion of the Apollo lunar seismic data. *Journal of Geophysical Research* **107**, E6, 10.1029/2001JE001658
- KHAN A., MACLENNAN J., TAYLOR S. R., CONNOLLY J. A. D. 2006: Are the Earth and the Moon compositionally alike? Inferences on Lunar composition and implications for Lunar origin and evolution from geophysical modeling. *Journal of Geophysical Research* **111**, E05005, doi:10.1029/2005JE002608
- KIRKPATRICK S., GELATT Jr. C. D., VECCHI M. P. 1983: Optimization by simulated annealing. *Science* **220**, 671–680
- KONOPLIV A. S., BINDER A. B., HOOD L. L., KUCINSKAS A. B., SJOGREN W. L., WILLIAMS J. G. 1998: Improved gravity field of the Moon from Lunar Prospector. *Science* **281**, 1476–1479
- KONOPLIV A. S., BANERDT W. B., SJOGREN W. L. 1999: Venus gravity: 180th degree and order model. *Icarus* **139**, 3–18
- LEMOINE F. G., SMITH D. E., ROWLANDS D. D., ZUBER M. T., NEUMANN G. A., CHINN D. S., PAVLIS D. E. 2001: An improved solution of gravity field of Mars (GMM-2B) from Mars Global Surveyor. *Journal of Geophysical Research* **106**, E10, 23359–23376
- LOWMAN P. D., Jr. 2002: *Exploring Space Exploring Earth*. Cambridge University Press
- MCGILL G. E., DIMITRIOU A. M. 1990: Origin of the Martian global dichotomy by crustal thinning in the late Noachian or early Hesperian. *Journal of Geophysical Research* **95**, B8, 12595–12605
- MCGOVERN P. J., SOLOMON S. C., HEAD III, J. W., SMITH D. E., ZUBER M. T., NEUMANN G. A. 2001: Extension and uplift at Alba Patera, Mars: Insight from Mola observations and loading models. *Journal of Geophysical Research* **106**, 23796–23809
- MCSWEEN H., Y. Jr. 1985: SNC meteorites: Clues to Martian petrologic evolution. *Reviews of Geophysics* **23**, 391–416
- MENKE W. 1984: *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press Inc. International Geophysical Series 45
- MULLER S., SJOGREN W. L. 1968: Mascons: Lunar mass concentrations. *Science* **161**, 680–684
- NABIGHIAN M. N. 1962: The gravitational attraction of a right vertical circular cylinder at points external to it. *Pure and Applied Geophysics* **53**, 45–51

- NAGY D. 1965: The evaluation of Heuman's Lambda function and its application to calculate the gravitational effect of a right circular cylinder. *Pure and Applied Geophysics* **62**, 5–12
- NEUMANN G. A., ZUBER M. T., WIECZOREK M. A., MCGOVERN P. J., LEMOINE F. G., SMITH D. E. 2004: Crustal structure of Mars from gravity and topography. *Journal of Geophysical Research* **109**, E08002, doi:10.1029/2004JE002262
- RAPPAPORT N., KONOPLIV A. S., KUCINSKAS A. B. 1999: An improved 360 degree and order model of Venus topography. *Icarus* **139**, 19–31
- SAUNDERS R. S., SPEAR A. J., ALLIN P. C., AUSTIN R. S., BERMAN A. L., CHANDLEE R. C., CLARK J., DECHARON A. V., DE JONG E. M., GRIFFITH D. G., GUNN J. M., HENSLEY S., JOHNSON W. T. K., KIRBY C. E., LEUNG K. S., LYONS D. T., MICHAELS G. A., MILLER J., MORRIS R. B., MORRISON A. D., PIERESON R. G., SCOTT J. F., SHAFFER S. J., SLONSKI J. P., STOFAN E. R., THOMPSON T. W., WALL S. D. 1992: Magellan mission summary. *Journal of Geophysical Research* **97**, E8, 13067–13090
- SCALES J. A., SNEIDER R. 1997: To Bayes or not to Bayes? *Geophysics* **62**, 1045–1046
- SCALES J. A., TENORIO L. 2001: Prior information and uncertainty in inverse problems. *Geophysics* **66**, 389–397
- SCHABER G. G., STORM R. G., MOORE H. J., SODERBLOM L. A., KIRK R. L., CHADWICK D. J., DAWSON D. D., GADDI L. R., BOYCE J. M., RUSSELL J. 1992: Geology and distribution of impact craters on Venus: What are they telling us? *Journal of Geophysical Research* **97**, E8, 13257–13301
- SCHUBERT G., TURCOTTE D. L., OLSON P. 2001: *Mantle Convection in Earth and Planets*. Cambridge University Press
- SEN M., STOFFA P. L. 1995: *Global Optimization Methods in Geophysical Inversion*. Elsevier Science Publishers
- SMITH D. E., SJOGREN W. L., TYLER G. L., BALMINO G., LEMOINE F. G., KONOPLIV A. S. 1999a: The gravity field of Mars: results from Mars Global Surveyor. *Science* **286**, 94–97
- SMITH D. E., ZUBER M. T., SOLOMON S. C., PHILLIPS R. J., HEAD J. W., GARVIN J. B., BANERDT W. B., MUHLEMAN D. O., PETTENGILL G. H., NEUMANN G. A., LEMOINE F. G., ABSHIRE J. B., AHARONSON O., BROWN C. D., HAUCK S. A., IVANOV A. B., MCGOVERN P. J., ZWALLY H. J., DUXBURY T. C. 1999b: The global topography of Mars and implication for surface evolution. *Science* **284**, 1495–1503
- SMITH D. E., ZUBER M. T., FREY H. V., GARVIN J. B., HEAD J. W., MUHLEMAN D. O., PETTENGILL G. H., PHILLIPS R. J., SOLOMON S. C., ZWALLY H. J., BANERDT W. B., DUXBURY T. C., GOLOMBECK M. P., LEMOINE F. G., NEUMANN G. A., ROWLANDS D. D., AHARONSON O., FORD P. G., IVANOV A. B., JOHNSON C. L., MCGOVERN P. J., ABSHIRE J. B., AFZAL R. S., XIAOLI SUN 2001: Mars Orbiter Laser Altimeter experiment: summary after the first year of global mapping of Mars. *Journal of Geophysical Research* **106**, E10, 23689–23722
- SOLOMON S. C., SMREKAR S. E., BINDSCHADLER D. L., GRIMM R. E., KAULA W. M., MCGILL G. E., PHILLIPS R. J., SAUNDERS R. S., SCHUBERT G., SQUYRES S. W., STOFAN E. R. 1992: Venus tectonics: An overview of Magellan observations. *Journal of Geophysical Research* **97**, E8, 13199–13255
- STEINER F. 1990: *A geostatiztika alapjai*. Tankönyvkiadó, Budapest
- TARANTOLA A. 1987: *Inverse Problem Theory, Methods for Data Fitting and Model Parameter Estimation*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo
- ULRYCH T. J., SACCHI M. D., WOODBURY A. 2001: A Bayes tour of inversion: A tutorial. *Geophysics* **66**, 55–69
- YUAN D.-N., SJOGREN W. L., KONOPLIV A. S., KUCINSKAS A. B. 2001: Gravity field of Mars: A 75th degree and order model. *Journal of Geophysical Research* **106**, E10, 23377–23401
- ZUBER M. T., SOLOMON S. C., PHILLIPS R. J., SMITH D. E., TYLER G. L., AHARONSON O., BALMINO G., BANERDT W. B., HEAD J. W., JOHNSON C. L., LEMOINE F. G., MCGOVERN P. J., NEUMANN G. A., ROWLANDS D. D., ZHONG S. 2000: Internal structure and early thermal evolution of Mars from Mars Global Surveyor topology and gravity. *Science* **287**, 1788–1793

Vibrátor forrásjel analízis geofonjelek segítségével¹

SCHOLTZ PÉTER²

A legkorszerűbb nagy felbontóképességű, nagy hatékonysággal végrehajtható reflexiós szeizmikus mérések megkövetelik, hogy a vibrátoros forrás jelformáját minél pontosabban megismerjük. Ekkor speciális mérési módszereknél (pl. slip-sweep) eltávolíthatók a harmonikus torzítás okozta zajok. Ennek érdekében kerül bemutatásra egy elemihullám-transzformáció (wavelet transformation) és frekvenciatartománybeli osztáson alapuló feldolgozási eljárás, mellyel a szeizmikus jeleket terjedésük és mérésük során érő ismeretlen konvolúciós hatások eltávolíthatók és vibrátoros jelgerjesztés esetén a forrásra jellemző amplitúdó- és fázisviszonyok tanulmányozhatóvá válnak.

A jövőbeni reflexiós szeizmikus mérésekhez közelítő kísérleti mérésben a felszínen elhelyezett geofonokon észlelhető direkthullám-beérkezések nyújtanak segítséget a vibrátor által kibocsátott jel analíziséhez. A mérési adatait vizsgálva bizonyítom, hogy a javasolt analízáló módszer valóban eltávolítja a konvolúciós hatásokat, és így meghatározásra kerülhetnek a vibrátoros forrás kimenő jelében a harmonikus torzítás által létrejött felharmonikus hullámok amplitúdó- és fázisviszonyai az alapharmonikus jelhez képest. A vibrátoron mérhető gyorsulási adatok és a számított földérőjel arányait összevetem a geofonok jeléből számított arányokkal. A harmonikus komponensek összehasonlítása a számított földérő-közelítés jóságáról nyújt információt. Az elért eredmények felhasználhatók a vibrátoros mérési adatok előfeldolgozásához.

P. SCHOLTZ: Vibratory source signal analysis with the help of geophone signals

The latest high resolution, high productivity reflection seismic measurements require the knowledge of a more accurate vibratory output signal estimate. In this case the harmonic distortion produced correlation noise can be removed or treated as signal. To support this idea a wavelet transformation and frequency domain division based processing method is shown, where the unknown convolution (filtering) effects on the propagating seismic waves are removed and in case of vibratory signal generation the amplitude and phase relations of the source can be studied.

In an experimental measurement, carried out in the style of the reflection seismic measurements of the future, the direct arrivals recorded by the surface planted geophones are helping the seismic source signal analysis. By studying the data it is proved, that the proposed analysing method has removed the filtering effects, hence the relative amplitude and phase behaviour of the harmonic components — contained in the distorted source signal — can be estimated. The vibrator mounted accelerometer signals and the calculated ground force signal are compared to the geophone based relative components. This analysis provides data on the quality of the new source signal estimates. The results can be utilized in the pre-processing of vibratory seismic data.

Bevezetés

A reflexiós szeizmikus mérések vibrátoros jelgerjesztése során a hagyományos feldolgozási eljárásban korrelációs technikát alkalmaznak az impulzusszerű jelalak előállítására, amit az elméleti vibrojel figyelembevételével végeznek. Az HFVS (High Fidelity Vibratory System) és más dekonvolúciós módszerek a vibrátor által ténylegesen létrehozott jel közelítő figyelembevételét igénylik. Ahol a felharmonikus komponensek torzító hatását akarjuk kiküszöbölni, vagy hasznosítani kívánjuk energiájukat, ott is a tényleges kimenő jel ismeretére van szükség (slip-sweep mérési módszer).

Az elfogadott elmélet és gyakorlat alapján a vibrátorok talpán és reaktív tömegén elhelyezett gyorsulásmérők jeleinek a talp és a reaktív tömeg tömegével súlyozott összege adja a földérőt. A távoli jel, amely geofonnal mérhető és a részecskeelmozdulás sebességét adja, a földérőjel időbeli deriváltjával van fázisban (az időkést nem számítva) és arányos azzal [BAETEN, ZIOLKOWSKI 1990]. A vibrátor szervó-hidraulikus vezérlésében, illetve a talaj-vibrátor rezgőrendszerben lévő nemlineáris hatások, illetve az

aszimmetria miatt a tényleges kimenő jel torzított és felharmonikus jelekkel terhelt [SERIFF, KIM 1970]. Az elméleti modellezések és analitikus számítások során általában csak lineáris hatásokat vesznek figyelembe [LERWILL 1981; BAETEN, ZIOLKOWSKI 1990], viszont a megfigyeléseket csak a nemlineáris hatásokat is leíró analitikus eljárás képes visszaadni [WALKER 1995].

A vibrátor tényleges földérőjelének kísérleti mérésére a vibrátor talpa alá helyezett speciális érzékelőket alkalmaznak [BAETEN, ZIOLKOWSKI 1990; VAN DER VEEN, BROUWER, HELBIG 1999]. A távoli jellel való összehasonlításukra fúrólukba telepített érzékelők biztosíthatják a zajszegény körülményeket [SALLAS 1984; SCHRODT 1987]. Rutinszerű méréseknél viszont a vibrátor talpán és a reaktív tömegén elhelyezett érzékelők jelét használnák fel a földérőjel közelítésére, ami a megfigyelések szerint nem mindig adja vissza jól a felharmonikus tartalmat [BAETEN et al. 2001].

A jelenlegi módszerek problémái miatt kutatásaim célja egy olyan analízáló eljárás kifejlesztése volt, amely a jövőbeni rutinszerű mérésektől lényegesen nem eltérő elrendezésben is szolgáltat adatot a valódi forrásfüggvény amplitúdó- és fázisviszonyairól. A vizsgálatok eredményei alapján arra is lehetőség nyílik, hogy a valódi földérő közelítő meghatározására egy olyan új módszert dolgozzak ki, mely a felharmonikus tartalom szempontjából is megfelelően működik, és alkalmas lehet determinisztikus dekonvolúciós

¹ Beérkezett: 2007. október 10-én

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

eljárásban való hasznosításra. A tényleges földérőjel kombinált meghatározási eljárását egy későbbi dolgozatban ismertettem.

1. Valódi vibrátorjel amplitúdó- és fázisviszonyai geofonjelek alapján

A vibrátor által kibocsátott jel harmonikus komponenseinek vizsgálatára, így az alapharmonikus és felharmonikus tartalom amplitúdó- és fázisviszonyainak analizálására eljárást dolgoztam ki, amely alkalmazza az elemihullám-transzformációt is. A módszer a vibrátoron mért jeleket összehasonlíthatóvá teszi a geofonon mért jelekkel.

A forrás és az érzékelők esetében a csoportosítást elhagyva kísérleti mérést terveztem, mely hasonlít a jövőben elterjedő mérési technikákhoz és alkalmas a kívánt adatok megszerzésére. A témában elvégzett munkát az eddig megjelent publikációim és új eredmények alapján tárgyalom [SCHOLTZ 2000; 2001; 2002a; 2002b; 2003b; 2003c].

1.1. Analizáló módszer

A geofonon mérhető szeizmikus jelet konvolúció eredményeképpen írom fel:

$$s(t) = \sum_{l=0}^{N-1} v_l(t) * w(t) * e(t), \quad (1.1)$$

ahol feltételezem, hogy a vibrátor által kibocsátott valódi jel egy alapharmonikus ($l=0$) és több felharmonikus komponensből áll össze:

$$v^s(t) = \sum_{l=0}^{N-1} v_l(t). \quad (1.2)$$

A képletekben $s(t)$ a geofonjel, $v^s(t)$ a vibrátor valódi jele, $v_l(t)$ az egyes harmonikus komponensei, $e(t)$ a föld impulzusra adott válasza, $w(t)$ minden egyéb szűrőhatás összefoglaló jele, t az idő. A konvolúciót a $*$ jelenti.

1.1.1. Harmonikus komponensek elkülönítése

Ahhoz, hogy a harmonikus komponenseket vizsgálhasam, olyan eljárás kell, amely az időben és frekvenciában elkülönülő jeleket szétválaszthatóvá teszi. A megoldásra számos megközelítés ismeretes az irodalomból.

A legegyszerűbb módszereket leírhatjuk úgy is, mint például különböző középfrekvenciájú keskenysávú szűrések ismételt alkalmazását (MFT — Multiple Filter Technique), vagy futó időablakban elvégzett Fourier-transzformációt (STFT — Short-Time Fourier Transformation). A két módszer nagyon hasonló egymáshoz, hiszen amíg az előbbinél először a frekvenciákat választjuk szét és így a jelek időbeli összefüggései is megmutatkoznak, addig a második módszernél előbb időben, és azután frekvenciában szeparáljuk az adatokat.

A szintén idő-frekvencia analízist lehetővé tevő elemihullám-transzformáció teremt meg azt a tárgyalási módot, amely az előbbi módszerek speciális megközelítését általánosítja. Az elemihullám-transzformáció és speciális elemi hullámmal való alkalmazásának tárgyalásához itt csak az alapképleteket közlöm, részletesebb tárgyalása megtalálható a hivatkozott publikációkban.

Az $s(t)$ jel elemi hullám transzformáltja

$$WT(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int g^* \left(\frac{t-b}{a} \right) s(t) dt, \quad (1.3)$$

ahol g^* az a -val skálázott, illetve b -vel eltoló elemi hullám komplex konjugáltja. Itt csak a pozitív értékeivel foglalkozom, mert csak a pozitív frekvenciák lesznek érdekesek.

A $g(t)$ függvényre egy egyszerű, általánosan használt verzió a Morlet-féle elemi hullám [MORLET et al. 1982]:

$$g(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} e^{i2\pi ct}. \quad (1.4)$$

Az i az imaginárius egység, c középfrekvencia és σ az időablak szélességét szabályozza.

Az elemihullám-transzformáció megteremti annak a lehetőségét, hogy az egyes harmonikus komponenseket időben és frekvenciában elválaszthassuk, ha a szétválasztandó események időben és frekvenciában nem túl közeli, illetve nem fedik egymást az adott tartományban. Bár egy kísérlet során sok mindent lehetne úgy alakítani, hogy a probléma egyszerűsödjék és a feltételezések teljesüljenek, most azonban az is cél, hogy a jövőbeni szeizmikus reflexiós mérési módszert minél jobban megközelítve, egy széleskörűen alkalmazható eljáráshoz jussak.

1.1.2. A vizsgált hullámtípus

A hagyományos reflexiós szeizmikus méréseknél a szétválaszthatóság feltételei általában nem teljesülnek. Egy reflexiós felvételen sokféle beérkezés megtalálható, amelyek mind időben, mind pedig frekvenciában átfedik egymást. Nyilvánvalóan a reflexiós beérkezések lennének vizsgálataim tárgyai, hiszen az azokban megjelenő forrásjelek eltávolítása a végső cél. Viszont a reflexiós jelek a leggyengébb beérkezések közé tartoznak, így a véletlen és koherens zajok (például zavarhullámok) elnyomják őket. Egy korrelálatlan terepi felvételen általában a direkt hullámok és a refrakciós hullámok dominálnak. Ezek képezik az első beérkezéseket, így időben jól definiáltak. Azokat megelőzően csak a mesterséges jelgerjesztéssel nem összefüggő zajok hatása észlelhető. A későbbi beérkezések már időben átfedésbe kerülnek velük, viszont nem csoportosított rezgékeltés és észlelés esetén az első beérkezések energiája nagyságrenddel nagyobb, mint a reflexiós beérkezéseké. Energiában a zavarhullámok vetekedhetnek velük, viszont azok megjelenése csak a kisfrekvenciájú tartományban jelentős. Sebességük sokkal kisebb, mint a direkt hullámoké és a refraktált hullámoké, így időben elhatárolhatók.

Analizáló módszeremet és kutatásaimat tehát a direkt hullámokra koncentrálok, mert azok nagyságrendileg erősebb beérkezést produkálnak, mint más hullámok és időben is jól elhatárolható tartományban jelentkeznek. A többi beérkezés vizsgálataim eredményét zajként befolyásolja, viszont az amplitúdók lényeges különbözősége miatt hatásukat elhanyagolom. A kísérleti elrendezésben nem használok csoportosítást sem a forrás, sem az észlelés oldalán, hogy az általuk létrejött sebességszűrés se csillapítsa a direkthullámokat, és a csoport tagjainak hatása se zavarja egymást.

1.1.3. Konvolúciós hatások eltüntetése

A direkt hullámok alap- és felharmonikus komponenseit az elemihullám-transzformált tartományban szeparálom. Az egyes komponenseket szétválasztva, rajtuk külön-külön Fourier-transzformációt végzek el.

Fourier-transzformáció után

$$WT^F(a, f) = \int \left[\frac{1}{\sqrt{a}} \int s(t) g^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \right] e^{-i2\pi fb} db, \quad (1.5)$$

$$WT^F(a, f) = \int \frac{1}{\sqrt{a}} [s(b) * g^*(b, -a)] e^{-i2\pi fb} db, \quad (1.6)$$

$$WT^F(a, f) = \frac{1}{\sqrt{a}} S(f) G^*(-a, f). \quad (1.7)$$

Az elemihullám-transzformált jel Fourier-transzformációja a frekvenciatartományban egyszerű szorzással kapható. Ha az analizáló elemi hullám páros függvény, akkor a Li [1997] által kapott speciális eredményt is visszaadja az általánosabb (1.7) képlet.

Bár az elemihullám-transzformáció, majd az azt követő Fourier-transzformáció alkalmas a direkt hullámok harmonikus komponenseinek szétválasztására, amplitúdó- és fázisviszonyainak vizsgálatára, a direkt hullámok — terjedésük és észlelésük során — számunkra ismeretlen konvolúciós hatásokat szenvednek. A forrás valódi, tényleges jele még nem kapható meg, ezért további lépésekre van szükség.

Az (1.7) képlet alapján, a már eltolási időben szeparált harmonikus komponensek Fourier-transzformációja után, képezhető a következő hányados:

$$R_{m,n}^V(a, f) = \frac{V_m(f)W(f)E(f)G^*(-a, f)}{V_n(f)W(f)E(f)G^*(-a, f)} = \frac{V_m(f)}{V_n(f)} \quad (1.8)$$

és $\frac{c}{a} = f$.

A nagybetűk az egyes függvények Fourier-transzformáltjait jelölik, f a frekvencia, m és n a különböző harmonikus komponensek indexei. A hányados csak az egymást átfedő frekvenciatartományokban értelmezhető. A skálázó paraméter (a) és a frekvencia (f) között az elemi hullám középfrekvenciájával (c) teremtünk kapcsolatot.

Látható, hogy a szeizmikus jel konvolúciós komponensei közül a szűrőhatás és a föld átvitele is kiesik, hiszen a hányadost azonos jelcsomag azonos frekvenciáinak azonos körülmények közötti terjedése során észlelt, de idő–frekvencia tartományban szétválasztott komponenseinek transzformáltjaiból képeztem. Az elemihullám-transzformáció analizáló hulláma se módosítja az eredményt, így maradék gyanánt a vibrátor tényleges jelének harmonikus komponensei viszonyairól kapok információt, az ismeretlen hatások nem zavarják vizsgálódásaimat.

A terepi méréskor természetesen mégis kell ismeretlen zavaró hatásokkal számolni, viszont egy mérés során több tíz, vagy több száz geofon jelének egyidejű észlelése történik. Az egyedi csatornák analizálásával kapott adatok még javíthatók a különböző észlelési távolságú geofonokból nyert adatok valamilyen átlag, medián, vagy leggyakoribb értékének képzésével [STEINER 1990]. Munkámban a medián érték számításával csökkentem a zajhatás mértékét.

1.2. Terepi adatok analízise

A felvázolt analizáló módszerhez az adatokat egy olajkutató ipari mérés során, a mérési elrendezés általam meghatározott módosítása után történt felvételezéssel nyertem. A mérés megegyezik a csoportosított jelgerjesztés szeparációs vizsgálataihoz kivitelezett méréssel [SCHOLTZ 2003c].

1.2.1. Kísérleti mérés

A vibrátor gyorsulási adataiból számított földerőközelítés és az általam javasolt analizáló eljárás szolgáltatott adatok összehasonlításához a vibrátoron elhelyezett gyorsulásmérők jeleinek tárolását a vibrátorokon elhelyezett rögzítő berendezések végezték. A középplöveses pontforrás tesztelését az érzékelő oldalon egy helyre „összehúzott”, egymástól 25 méterre elhelyezett, 200 db geofoncsoport mint pontszerű érzékelő támogatta. Egy forráspozícióban egy-egy egyedi rezgéskeltést végeztek. A vibrojel 8–100 Hz-es tartományban és 15 másodperc hosszban, lineárisan változó pillanatnyi frekvenciával került kibocsátásra. A felvételek rögzítése nyersen, korrelálatlanul történt.

A kísérleti mérés adatai lehetővé teszik, hogy az elemihullám- és a Fourier-transzformáción alapuló analizáló eljárást alkalmazzam. Az alap- és felharmonikus hullámkomponensek amplitúdó- és fázisviszonyait meghatározom mind a vibrátoron mért gyorsulásmérő jeleken, mind pedig a geofonterítésen észlelt direkt hullámokon.

Az eredmények összevetésével vizsgálom az HFVS módszer egyik alapjának, a vibrátor által kibocsátott jelnek a számított földerőjellel való közelítésének érvényességét is.

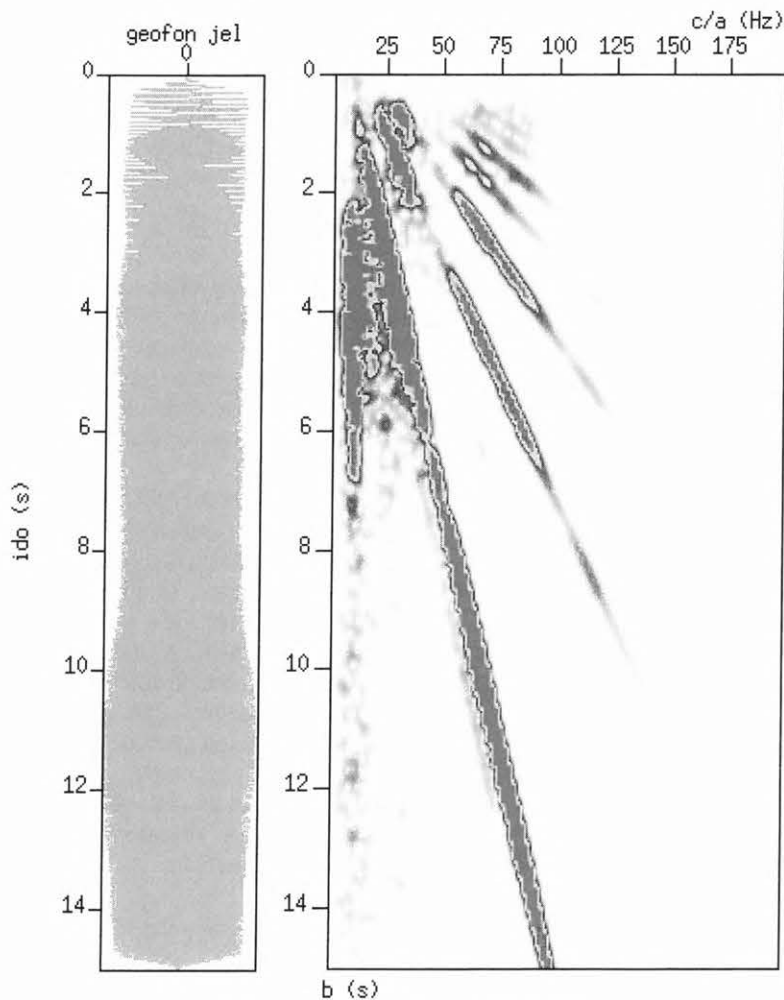
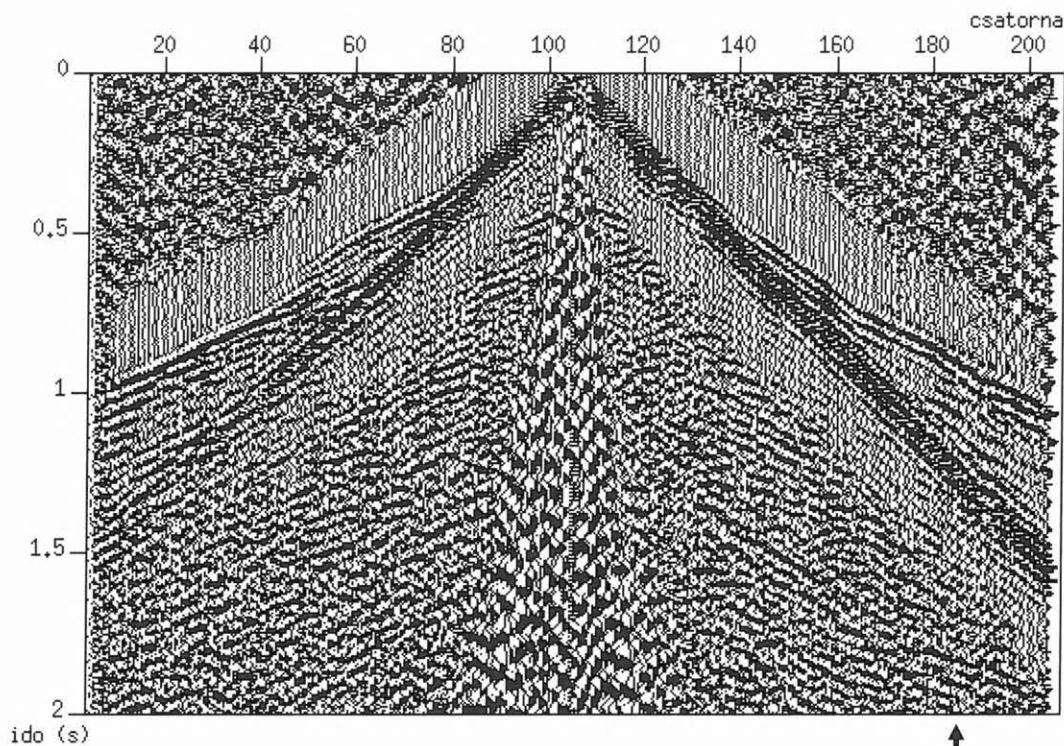
1.2.2. Tipikus felvétel

Az 1.1. ábrán elméleti vibrojellel korrelált, automatikus erősítésszabályozás utáni felvétel látható. A korrelációt, illetve az erősítésszabályozást azért végeztem el, hogy a korrelálatlan felvételeken felismerhetetlen beérkezések követhetővé váljanak. A forrás- és az érzékelőcsoportok használata nélküli felvételezés miatt nem történik sebességszűrés.

Egy-egy csatornán belül a domináns energia a direkthullám-beérkezésekben ölt testet, melyek időben is jól elkülöníthetők. Számottevő energiával még a távolabbi csatornák első beérkezéseit adó refraktált hullámok és a közeli csatornákon a kisfrekvenciával és kis terjedési sebességgel jellemezhető zavarhullámok rendelkeznek. A direkthullám-, a refraktált hullám- és a zavarhullám-beérkezések amplitúdói mintegy 30 decibel mértékben meghaladják más, most zajnak tekintett beérkezések amplitúdóit. Az idő- és frekvenciabeli elhatárolhatóság, valamint az amplitúdókülönbség teszi lehetővé, hogy a direkt hullámok beérkezéseit önmagukban analizálhassam, a majdan számított értékeket más beérkezések ne befolyásolják jelentősen.

1.2.3. Geofon- és gyorsulásmérő jelek elemihullám-transzformációja

Az 1.2. ábra egy, a vibrátorhoz közel eső geofon időben csonkított korrelálatlan jelét és elemihullám-transzformációja által nyert idő–frekvencia amplitúdó képét tartalmazza.



1.1. ábra. Elméleti vibrojellel korrelált tipikus felvétel AGC művelet utáni képe

Fig. 1.1. Typical field record correlated by the pilot sweep (AGC applied for display purposes)

1.2. ábra. Egy vibrátorhoz közel eső geofon korrelálatlan jele (balra) és elemihullám-transzformációja által nyert amplitúdókép az idő-frekvencia síkon (jobbra)

Fig. 1.2. A near-vibrator geophone signal without correlation (left) and its wavelet transformation based amplitude picture in the time-frequency plane (right)

Az adott keretek között a geofonjel ábrázolhatósága a felbontóképesség miatt korlátozott, de így is érzékelhető az amplitúdó változása. A geofonjel nyers állapotában minden

beérkezést tartalmaz, de itt csak a direkthullám-beérkezés számottevő.

Az elemihullám-transzformáció által nyújtott képen a direkt hullám akár hét harmonikus komponense is megfigyelhető. Jelentkezik még a zavarhullám energiája is időben és frekvenciában elhatárolhatóan, de annak képén már nem különülnek el a felharmonikusok. Megfigyelhető a vibrátor–talaj rezgőrendszer, illetve a hullám terjedése és az érzékelő együttes hatása miatt az eredetileg frekvenciában egyenletes menetűnek tervezett jel erősödése és csökkenése. Ezek a rezonanciajelenségek dominánsan a vibrátor–talaj rezgőrendszer viselkedése miatt lépnek fel. A nagyobb frekvenciák csillapodásában viszont a hullám terjedése során jelentkező abszorpció játszik lényeges szerepet.

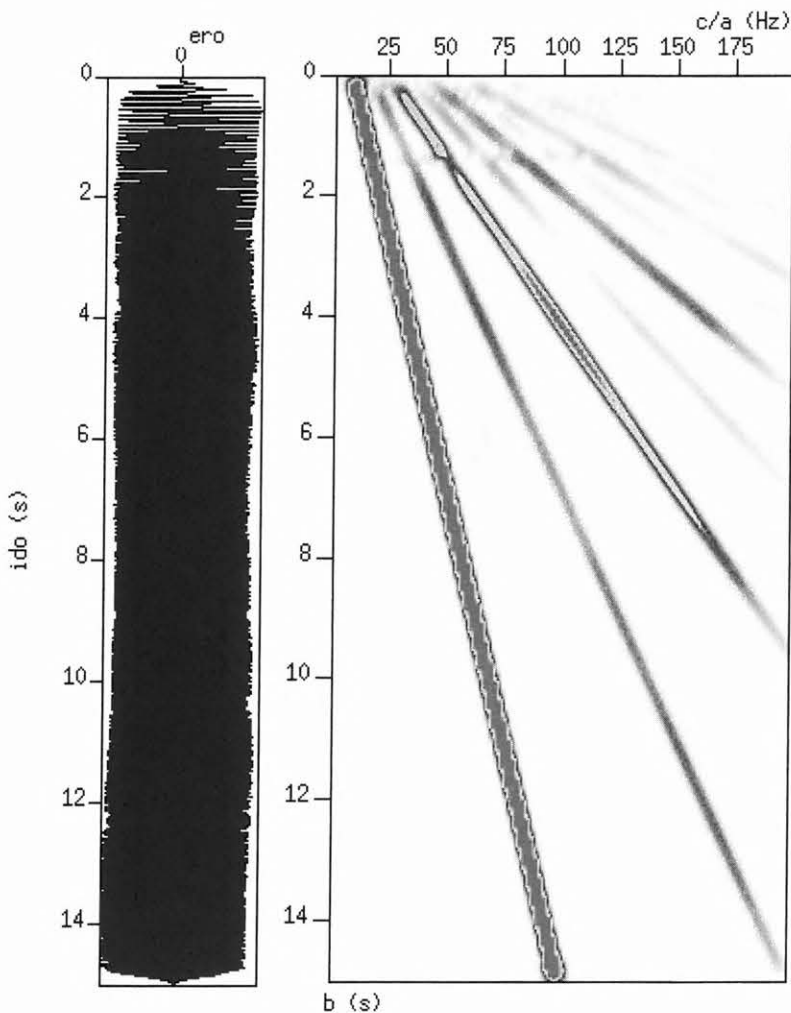
A vibrátorokban elhelyezett berendezések rögzítették minden egyes vibráláshoz a referencia vibrojelet, a vibrátor talpán elhelyezett gyorsulásmérő jelét, a reaktív tömegre szerelt gyorsulásmérő jelét, valamint a megadott tömegadatokból és a gyorsulási értékekből számított földelőközelítés idősrátát is. A vibrátoros mérések fejlődése során

kezdetben a talpi gyorsulást, majd a reaktív tömeg gyorsulását, végül a tömeggel súlyozott összegüket, vagyis a földerőt tekintették arányosnak a geofonon mérhető jellel.

Az 1.3. ábra a vibrátor talpán és reaktív tömegén elhelyezett gyorsulásmérőjelek, a talp és reaktív tömeg tömegével súlyozott összegéből származtatott földerőjel és elemi hullám transzformációja által nyert idő–frekvencia sík amplitúdóképét mutatja.

A ma elterjedt gyakorlat szerint ez a jel vezérli a vibrátor visszacsatolási elektronikáját, illetve ennek a jelnek az időbeli deriváltját tekintjük a geofonon mérhető részecskeelmozdulási sebességgel arányosnak és fázisban lévőnek, eltekintve a terjedési idő okozta különbségtől [BAETEN, ZIOLKOWSKI 1990].

Az ábrán itt is elkülöníthetők a különböző harmonikus komponensek, amelyek egyenletesebb lefutásúak a súlyozás és összegzés előtti egyedi gyorsulásjelek görbéihez képest.



1.3. ábra. A vibrátor talpán és tömegén elhelyezett gyorsulásmérőjelek tömegükkel súlyozott összegéből származtatott földerőjel (balra) és elemi hullám transzformációja által nyert amplitúdókép az idő–frekvencia síkon (jobbra)

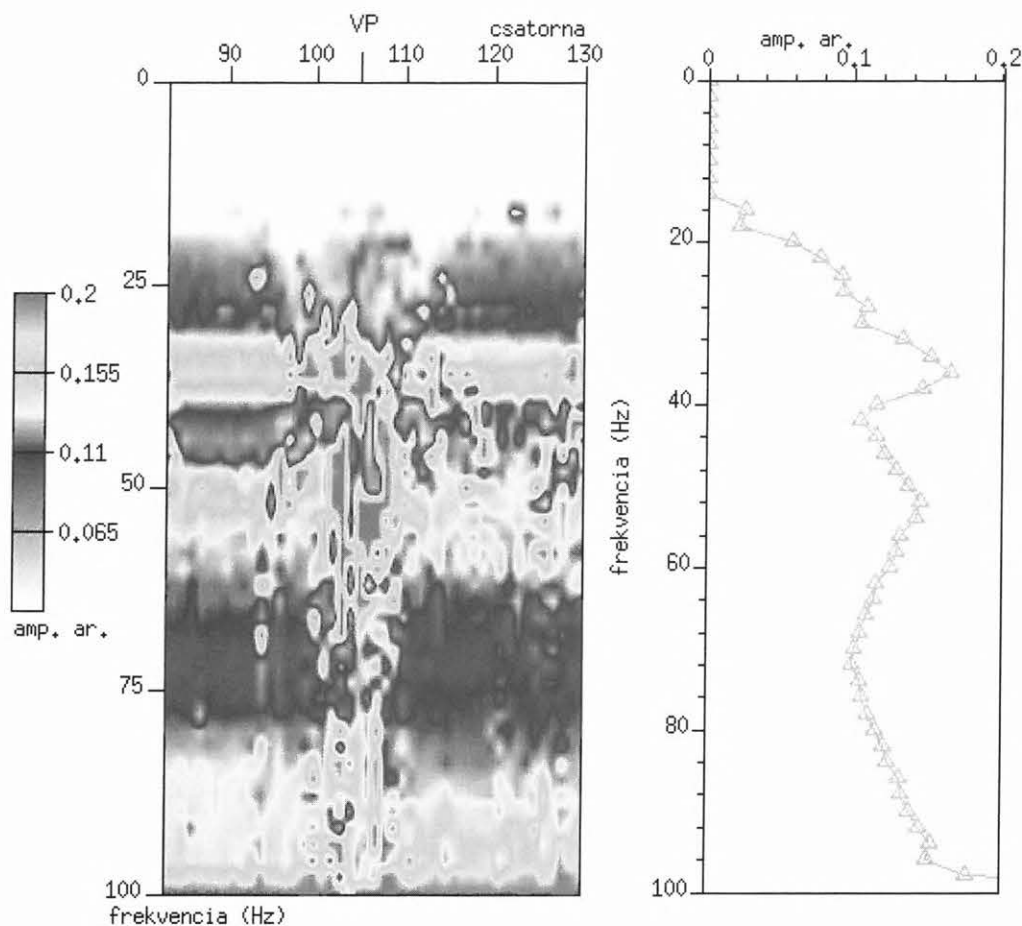
Fig. 1.3. Mass weighted accelerometer (vibrator base plate and reaction mass mounted) data based ground force signal (left) and its wavelet transformation based amplitude picture in the time–frequency plane (right)

1.2.4. Geofonjel harmonikus komponenseinek amplitúdó-viszonyai

Az 1.4. ábrán kapott helyet az első felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdóarányának képe. Az elemihullám-transzformáció által nyújtott idő–frekvencia tartományban a harmonikus komponensek egyszerű időkapuzással elválaszthatók. Egy-egy harmonikus komponens

komplex értékeinek Fourier-transzformációját számoltam, majd az (1.8) képlet alapján az első és az alapharmonikus hányadosát képeztem.

Természetesen csak az egymást átfedő frekvenciatartományban van értelme az osztásnak (jelen esetben ez 16–100 Hz). Sajnos az első felharmonikusból az alapharmonikus frekvenciájánál nagyobb frekvenciáinak információtartalmát így elvesz.



1.4. ábra. Az első felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdóaránya szerint színezett frekvencia-észlelési pozíció összefüggés egy felvétel részletén (balra) és a mediánszámítással származtatott eredmény (jobbra)

Fig. 1.4. Amplitude ratio of the first upper harmonic and the fundamental component of the near-source traces in the frequency–offset plane (left) and the median calculation based result (right)

Az 1.4. ábra baloldalán a felvétel egy részletének képe látható: az amplitúdóarány szerint színezett frekvencia-észlelési pozíció összefüggés. A felvétel vibrátorhoz közel eső geofonjai kerültek ábrázolásra, hiszen a direkthullám-beérkezések itt könnyen szeparálhatók időben, energiájuk kiugró, vagyis sem a refrakciós, sem a zavarhullám-beérkezések — különben hasonló nagyságrendű — amplitúdói nem érvényesülhetnek. A zaj hatásától eltekintve az eredmény nem függ az észlelési távolságtól. Ezzel azt látom bizonyítva, hogy a harmonikus komponenseket érő szűrőhatások valóban kiesnek számításaimból. A terítés két oldala között csekély mértékű aszimmetria figyelhető meg, ami a forrás irányfüggését is jelentheti. Munkámban a hatást elhanyagolom, de elemzését további kutatásra érdemesnek tartom. A végeredmény a forrás tényleges jelének harmonikus komponenseiből kapható amplitúdóarány.

Ahhoz, hogy egyetlen frekvenciafüggő függvényt kapjak (hiszen egy felvételhez a feltevés szerint egyetlen forrásjel tartozik), felhasználhatom a terítés számos geofonja által szolgáltatott adatokat. Jelen esetben a kieső értékek elhagyása után minden frekvencián, az észlelési távolsággal változó adatok medián értékét számítottam.

A jobboldalon ábrázoltam a már észlelési távolságtól független amplitúdóarány görbét a terítés geofonjaiból számolva. Bár a konkrét értékekkel munkám kevésbé foglalkozik, megjegyezhető, hogy 16 Hz után lassú amplitúdó-

arány-növekedés észlelhető egy 36 Hz-nél kialakuló 18%-os csúccsal, 42 Hz-nél egy lokális minimum, majd 52 Hz-nél újabb maximum következik be. A 10% feletti értékek azt jelentik, hogy számottevő energia koncentrálódik a felharmonikus komponensben.

Sajnos az 50 Hz-es frekvenciánál a mérés közelében húzódó elektromos hálózat, ha csekély mértékben is, de zavarta az észlelést, így minden közölt amplitúdó eredmény-nél a kiugró 50 Hz-es amplitúdó értékeket a 48 Hz-es és az 52 Hz-es frekvenciához tartozó értékek átlagával helyettesíttem. A zavaró hatás mértéke csak a gyenge harmadik és negyedik felharmonikusnál volt számottevő. Amennyiben a digitális geofonok alkalmazása elterjed, ez a hatás jelentősen csökkenhet. Korrektebb, de bonyolult eljárás lehet, ha az 50 Hz-es értéknél található időtől független jeleket ott határozom meg, ahol nincs más beérkezés. Ennek mértékét kiterjesztem oda, ahol a harmonikus komponenseket regisztrálom és értékét levonnám belőlük.

A 72 Hz-es frekvenciánál a görbének lokális minimuma van, majd a 100 Hz-es végfrekvencia felé növekedés tapasztalható. A 100 Hz körüli hirtelen megugrás az analízis módjának és a jel végének együttes hatása által keletkezett, hiszen ott az alapharmonikus komponens eltűnik, viszont az első felharmonikus még 200 Hz-ig él.

Hasonlóan adhatók meg a további relatív felharmonikus amplitúdóarányok is, amelyek részletes elemzésétől itt

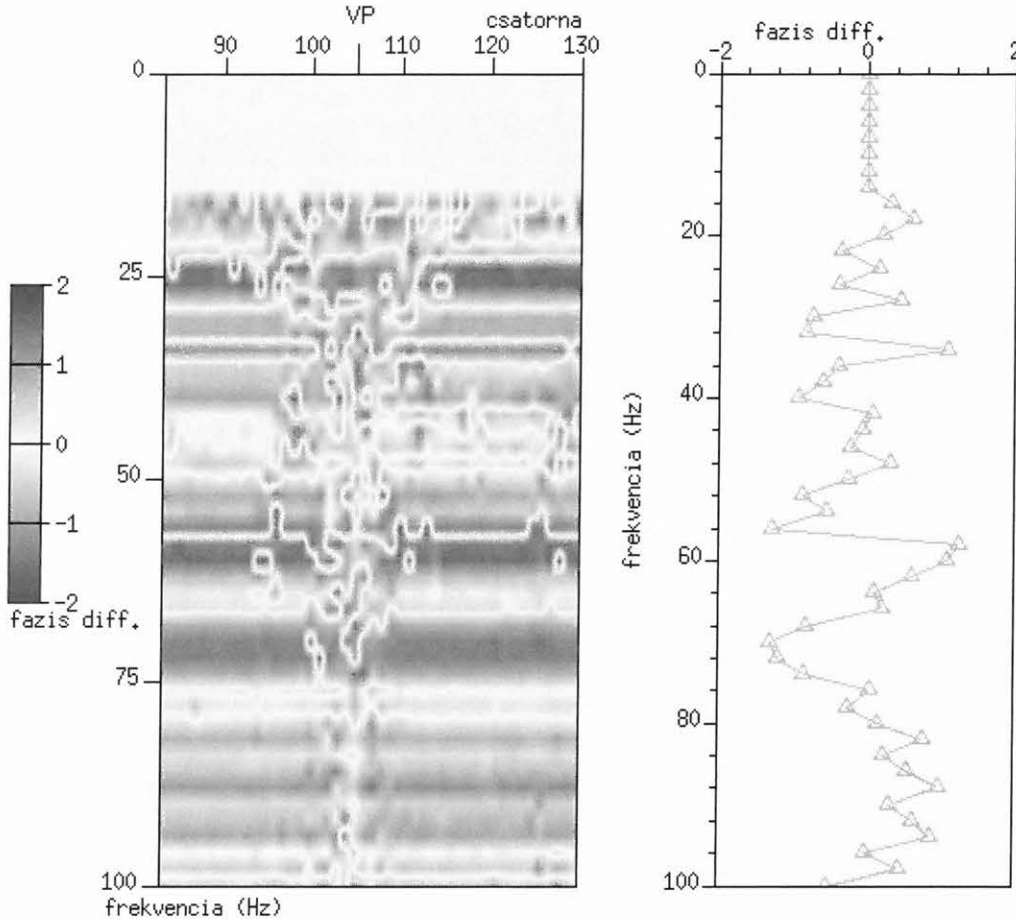
eltekintek, de megtalálhatók doktori dolgozatomban [SCHOLTZ 2003a].

1.2.5. Geofonjel harmonikus komponenseinek fázisviszonyai

A konvolúciós hatások kiszűrését lehetővé tevő analízáló eljárás nemcsak az amplitúdó-, hanem a fázisviszonyokról is szolgáltat adatokat. A számítás nem okoz nehézséget, viszont a származtatott frekvencia- és fázisérték összefüggések értelmezése már nem olyan egyszerű. A harmonikus komponensek frekvenciatartományban történő osztásakor

kapott komplex értékek fázisa nem más, mint a komponensek fáziskülönbsége. A harmonikus komponensek fáziskülönbségét alapvetően az azonos frekvenciájú részek közötti jelentős (akár másodperc nagyságrendű) időkülönbség határozza meg. A fáziskülönbségre csak $-\pi/2$ és $+\pi/2$ között kapunk adatokat.

Az 1.5. ábra baloldalán bemutatott kép elkészítéséhez, hasonlóan az amplitúdóarányokhoz, az eddig is analízált felvétel részletén csatornáról csatornára meghatároztam a direkthullám-beérkezés első felharmonikusa és alapharmonikusa közötti fáziskülönbséget.



1.5. ábra. Az első felharmonikus és az alapharmonikus fáziskülönbsége szerint színezett frekvencia-észlelési pozíció összefüggés egy felvétel részletén (balra) és a medián számítással származtatott eredmény (jobbra)

Fig. 1.5. Phase difference of the first upper harmonic and the fundamental component of the near-source traces in the frequency–offset plane (left) and the median calculation based result (right)

Megállapítható, hogy a fázisviszonyok alakulását sem befolyásolja a vibrátor és az érzékelő közötti észlelési távolság, hiszen az egyes frekvenciákhoz az észlelési távolságtól független, közel azonos érték tartozik. A konvolúciós hatások az arányképzés által kiestek és csak a tényleges forrásfüggvény fázisviszonyai érvényesülnek. Aszimmetria nem jelentkezik. A zajhatások csak a vibrátor környezetében lévő geofonokon számottevők.

A jobboldalon ábrázoltam a mediánszámítás utáni fáziskülönbség-függvényt, mely csak a 16–100 Hz-es tartományban érvényes.

A további felharmonikus komponensek fázisviszonyait sem befolyásolja a forrás és az érzékelő közötti észlelési

távolság, a konvolúciós hatások az arányképzés által kiesnek és csak a tényleges forrásfüggvény fázisviszonyai érvényesülnek. A fáziskép a forrás mindkét oldalán azonos jellegű, így aszimmetria nem jelentkezik. A zajhatások csak a vibrátor környezetében lévő csatornák jeleit rontják le. Részletek ismét a SCHOLTZ [2003a] dolgozatban.

1.3. Következtetések

A kidolgozott elemihullám-transzformáció és frekvenciatartománybeli osztáson alapuló analízáló eljárás szétválaszthatóvá teszi a különböző frekvenciaváltozási sebességgel és beérkezési idővel rendelkező jeleket és kiszűri a szeizmikus hullámokat terjedésük és mérésük során érő

ismeretlen konvolúciós hatásokat. A módszer eredményeképpen a forrás harmonikus komponenseire jellemző tényleges amplitúdó- és fázisviszonyok válnak tanulmányozhatóvá. A terepi mérések során fellépő zajhatások csökkentésére minden frekvencián — a több észlelési pontban rögzített adatok felhasználásával — a medián érték meghatározását alkalmaztam.

Kialakítottam egy, a jövőbeni reflexiós mérésekhez közelebbi kísérleti elrendezést, ahol a geofonokon mérhető direkthullám-beérkezések szolgáltatnak adatokat a vibrátor által ténylegesen kibocsátott jelek vizsgálatához.

A kísérleti mérés adatainak feldolgozása alapján megállapítottam, hogy az analízis eljárás eltávolította a konvolúciós hatásokat és a direkthullám-beérkezések alkalmasak a valódi forrásfüggvény harmonikus komponenseinek amplitúdó- és fázisviszonyai meghatározására. Megfigyeléseim az alapharmonikus jelhez képest számított értékekre vonatkoznak, szűkítve a vizsgált frekvenciatartományt. A számítási módszer azonban kiterjeszhető a felharmonikusok közötti kapcsolatok feltárására is, ahol a nagyobb frekvenciák is szerepet kapnak.

Az amplitúdóviszonyok alapján kimutattam a vibrátor-talaj rezgőrendszer felharmonikus tartalom növekedést mutató frekvenciáit és meghatároztam a felharmonikus tartalom mértékét.

Bár a konkrét kísérletben lineárisan változó pillanatnyi frekvenciájú vibrojele szerepelt, de az analízis eljárás alkalmas a nemlineáris vibrojelek vizsgálatára is, hiszen a vibrátor által keltett felharmonikusok akkor is elkülöníthetők, az azonos frekvenciájú részek megfelelő hányadosainak képzésével pedig a konvolúciós hatások eltávolíthatók.

2. Vibrátoron és geofonon mért jelek összehasonlítása

A mai gyakorlat és elmélet szerint a vibrátor erőhatásának idő szerinti differenciálás utáni képe a geofonnal mérhető elmozdulási sebesség közelítését adja [BAETEN, ZIOLKOWSKI 1990]. A földterő kiszámításához a vibrátor talpán és reaktív tömegén elhelyezett gyorsulásmérők tömeggel súlyozott összege szolgál. Ennek bizonyítására számos kísérleti mérést végeztek. Az irodalomban fellelt munkák némelyike ugyan foglalkozott a felharmonikus tartalommal, de a megállapításaik általában csak az alapharmonikusra vonatkoztak. Mivel az (1.8) képlet alapján sikerült a direkt hullám szétválasztott harmonikus komponenseinek, pusztán a forrás tulajdonságait követő, relatív amplitúdó- és fázisviszonyait meghatározni, így itt is lehetőség nyílik arra, hogy a földterő deriváltját számítva összevetessem a kapott közelítő értéket a ténylegesen mért arányokkal.

2.1 A vibrátor gyorsulási adatainak analízis módszere

ALLEN, JOHNSON, MAY [1998] a csoportosított rezgés-keltés szeparációja során úgy írta fel a földterő- és a gyorsulásmérőjelek közötti viszonyt, hogy kapcsolatukat a földterőn ható valamilyen lineáris, minimum fázisú, ismeretlen átviteli függvény teremti meg. A lényegen nem változtatva azt feltételezem, hogy az $F(t)$ valódi földterő a $q_l(t)$ komponensekből áll, azaz

$$F(t) = y(t) * \sum_{l=0}^{N-1} q_l(t) = y(t) * \sum_{l=0}^{N-1} [m^{rl} a_l^{rl}(t) + m^{vl} a_l^{vl}(t)], \quad (2.1)$$

ahol m^{rl} a vibrátor reaktív tömegét, $a_l^{rl}(t)$ a vibrátor reaktív tömegének gyorsulását, m^{vl} a vibrátor talpának tömegét és $a_l^{vl}(t)$ a reaktív tömeg gyorsulásának harmonikus komponenseit jelöli. Az l a harmonikus komponensek indexe, N a száma. Az $y(t)$ pedig egy olyan szűrőfüggvényt jelent, mely a mérőeszközök és a vibrátor mechanikája által okozott, valamint egyéb ismeretlen konvolúciós hatásokat kívánja kifejezni.

Az általam vizsgálandó kérdés az, hogy $F(t)$ deriváltja hogyan viszonyul $v^s(t)$ -hez, mellyel az (1.2) képletben a vibrátor által kibocsátott valódi jelet jelöltem és később harmonikus komponenseinek relatív viszonyait határoztam meg direkt hullámokból.

$$\frac{dF(t)}{dt} \Leftrightarrow v^s(t) = \sum_{l=0}^{N-1} v_l(t). \quad (2.2)$$

Mivel a geofonjeleken csak az alapharmonikusokhoz képest sikerült meghatározni az amplitúdó- és fázisviszonyokat, így a földterő deriváltjaira is aktualizálom az (1.8) egyenletet:

$$R_{m,n}^q(a, f) = \frac{i2\pi f Q_m(f) Y(f) G^*(-a, f)}{i2\pi f Q_n(f) Y(f) G^*(-a, f)} = \frac{Q_m(f)}{Q_n(f)} \quad (2.3)$$

és $\frac{c}{a} = f.$

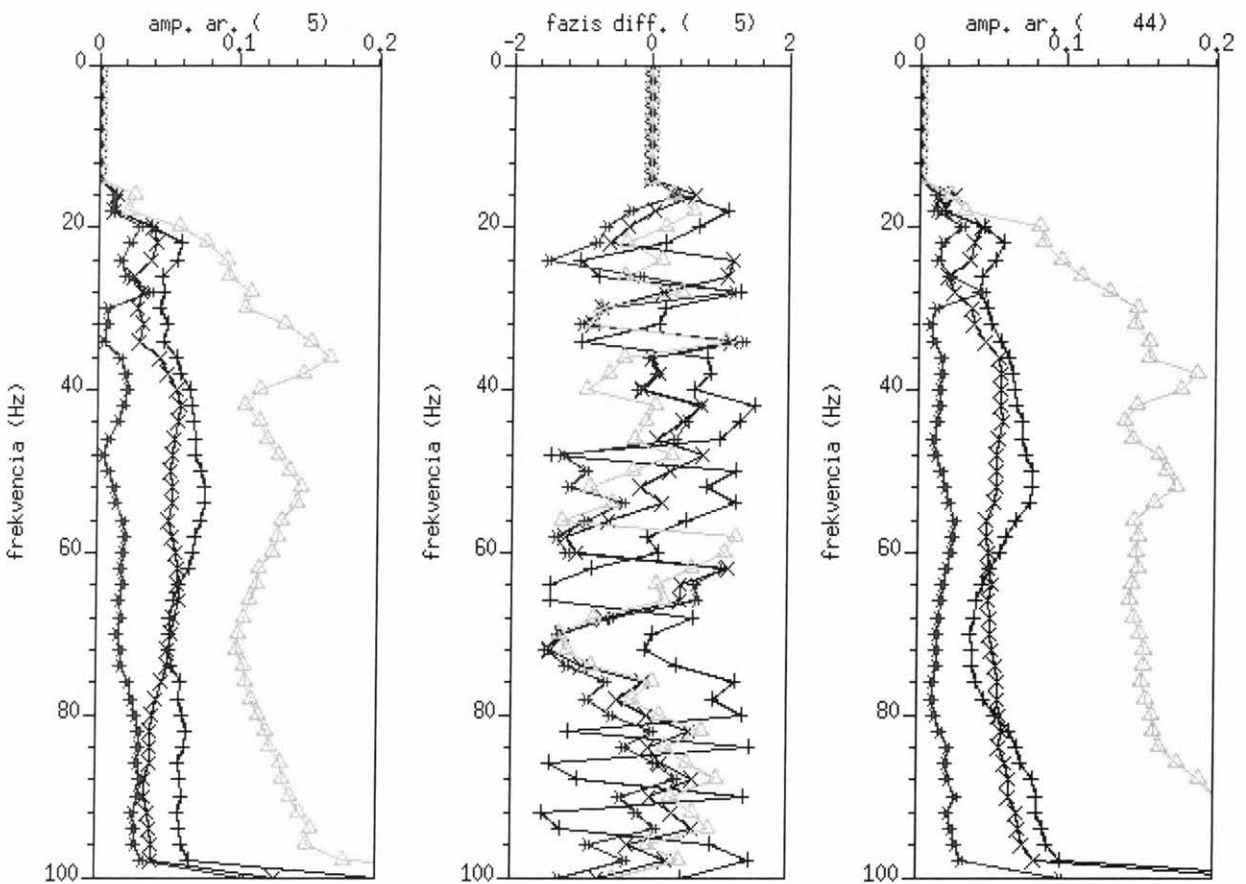
A nagybetűk a megfelelő időfüggvények Fourier-transzformáltjai, az $i2\pi f$ szorzás pedig az idő szerinti deriválást jelenti. Az ismert analízis elemi hullám, $g(t)$, az ismeretlen $y(t)$ függvény és a deriválás is kiesik számításomból. A maradék hányados már csak a konvolúciós hatásoktól megtisztított forrásfüggvény-közelítés harmonikus komponenseinek aránya.

2.2. Amplitúdó- és fázisviszonyok összehasonlítása

A kísérleti mérések során rögzítésre került mind a vibrátortalpon, mind pedig a reaktív tömegben mért gyorsulás és a belőlük számított földterő, így a (2.3) egyenlet alapján mindhárom jelre számítottam és ábrázoltam az amplitúdó- és fázisviszonyokat, az adott vibráláshoz tartozó terítés geofonjeleiből számítottakkal együtt. Vizsgálataimat számos vibrálás esetén elvégeztem, de terjedelmi okokból ábrákat csak két esetre közlök, a fázisviszonyokra pedig csak az egyikre, mivel jellegükben nem térnek el egymástól.

2.2.1 Az alap- és az első felharmonikus relatív amplitúdó- és fázisviszonyai

A 2.1. ábra a konvolúciós hatásoktól megtisztított első felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdó arányát, valamint a fáziskülönbségeket mutatja a terítés geofonjeleiből (Δ), a földterő (X), a reaktív tömeg ($*$) és a vibrátortalp ($+$) gyorsulásmérő jeleiből számolva. Az amplitúdóviszonyokat vizsgálva megállapítható, hogy egy adott vibráláshoz tartozóan egyik görbe sem hasonlít a másikra. A földterő-közelítés relatív első felharmonikus tartalma jelentősen kisebb, mint amit a geofonjelekből határoztam meg.



2.1. ábra. Nem egy pozícióban végzett két vibrálásához tartozó, a konvolúciós hatásoktól megtisztított első felharmonikus és alapharmonikus amplitúdóarány görbék (balra és jobbra), valamint a fáziskülönbségek (középen, a baloldali ábrarész vibrálásához tartozóan) a terítés geofonjeleiből (Δ) és a földerő (X), a reaktív tömeg (*), a vibrátortalp (+) gyorsulásmérő jelei alapján

Fig. 2.1. Amplitude ratio curves (left and right) and phase differences (middle; only given for the source position on the left) of the first upper harmonics and the fundamental components (filtering effects are removed) in two different source positions. The curves are calculated from the geophone (Δ), the ground force (X), the reaction mass (*) and the vibrator base plate (+) signals

A legrégebben visszacsatolási jelként is használt talpi gyorsulás mutatja a legnagyobb első felharmonikus tartalmat, a földerő ettől kisebb jelez és a reaktív tömeg gyorsulásjelében van jelen a legcsekélyebb súllyal. A geofonjából származtatott amplitúdóarány-görbe csúcsai a vibrátor jeleiben nem jelentkezik. Ha összevetem a két különböző vibrálási pozícióban számított amplitúdóadatokat, akkor látható, hogy a görbék jellege hasonló, bár a mértékek különbözők.

A fázisviszonyokra csak az egyik rezgéskeltés adatsorát közlöm (középen). A fáziskülönbség-görbék is azt jelzik, hogy a geofonon mérhető első felharmonikus tartalmat nem írja le megfelelően sem a földerő-közelítés, sem a számításhoz használt gyorsulásadat, bár a földerő-közelítés 60 Hz felett jó egyezést mutat a geofonon mérhető jelek fázisviszonyaival.

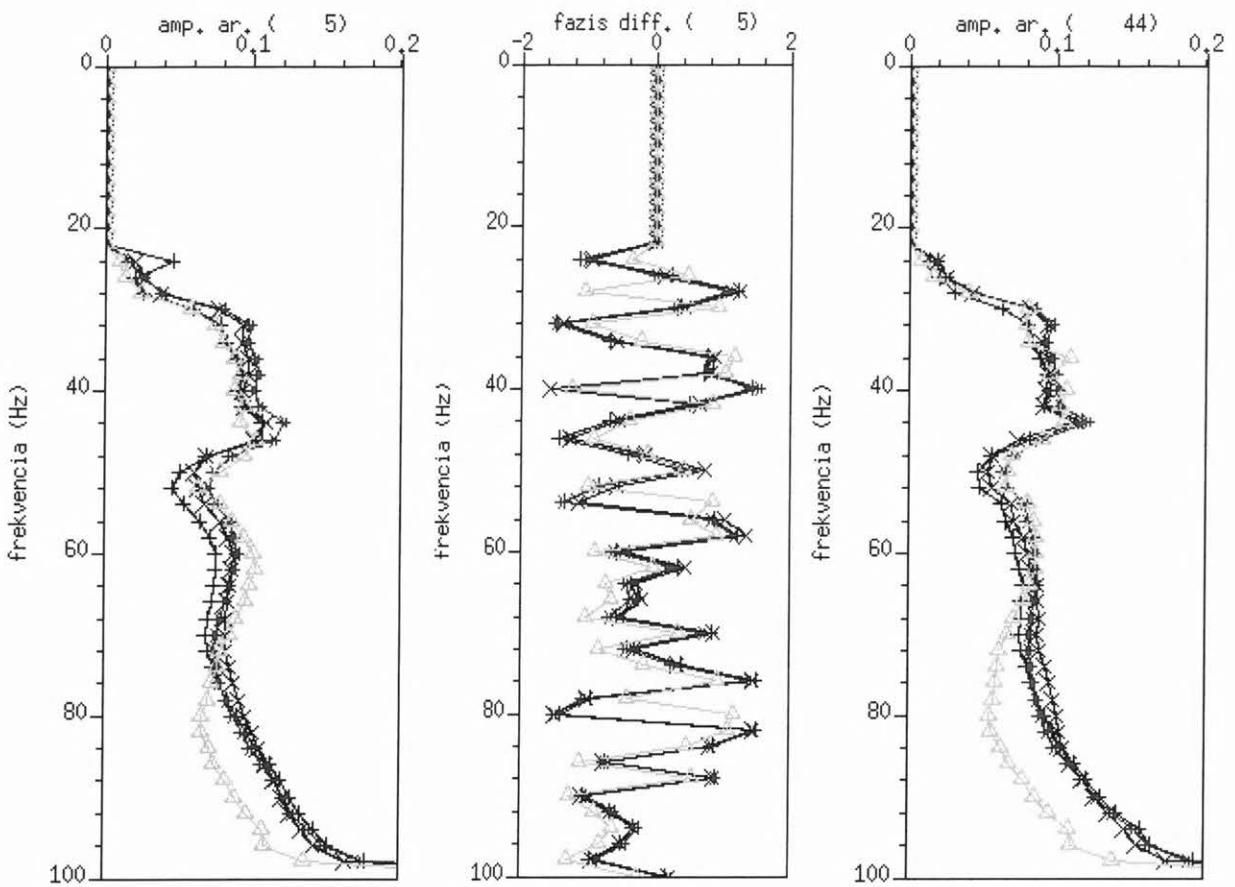
2.2.2. Az alap- és a második felharmonikus relatív amplitúdó- és fázisviszonyai

A 2.2. ábra a második felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdó arányát, valamint a fáziskülönbségeket mutatja a terítés geofonjeleiből (Δ), a földerő

(X), a reaktív tömeg (*) és a vibrátortalp (+) gyorsulásmérő jeleiből számolva. Az amplitúdóviszonyokat vizsgálva megállapítható, hogy egy adott vibrálásához tartozóan jellegeben mindegyik görbe hasonlít egymásra. A geofonjel relatív második felharmonikus tartalma 60 Hz felett némileg eltér attól, amit a földerő-közelítés alapján határoztam meg.

A régebben visszacsatolási jelként is használt talpi gyorsulás és a reaktív tömeg gyorsulásának második felharmonikusa relatív amplitúdóviszonyai megegyeznek a földerő jelével. A geofonjából származtatott amplitúdóarány csúcsai másolják a vibrátoron mért arányokat. A két vibrálási pozícióban számított amplitúdóadatokat viselkedése hasonló.

A fáziskülönbség-görbék szinte együtt futnak a 24–100 Hz-ig érvényes tartományban. A geofonon mérhető relatív második felharmonikus tartalmat megfelelően írja le a földerő-közelítés, sőt a számításhoz használt gyorsulásadatok is azzal megegyező eredményre vezetnek. Csak nagyobb frekvencián alakulnak csekély mértékben eltérően az amplitúdóviszonyok.



2.2. ábra. Nem egy pozícióban végzett két vibráláshoz tartozó, a konvolúciós hatásoktól megtisztított, második felharmonikus és alapharmonikus amplitúdóarány görbék (balra és jobbra), valamint a fáziskülönbségek (középen, a baloldali ábrarész vibrálásához tartozóan) a terítés geofonjeleiből (Δ) és a földerő (X), a reaktív tömeg (*), a vibrátortalp (+) gyorsulásmérő jelei alapján

Fig. 2.2. Amplitude ratio curves (left and right) and phase differences (middle; only given for the source position on the left) of the second upper harmonics and the fundamental components (filtering effects are removed) in two different source positions. The curves are calculated from the geophone (Δ), the ground force (X), the reaction mass (*) and the vibrator base plate (+) signals.

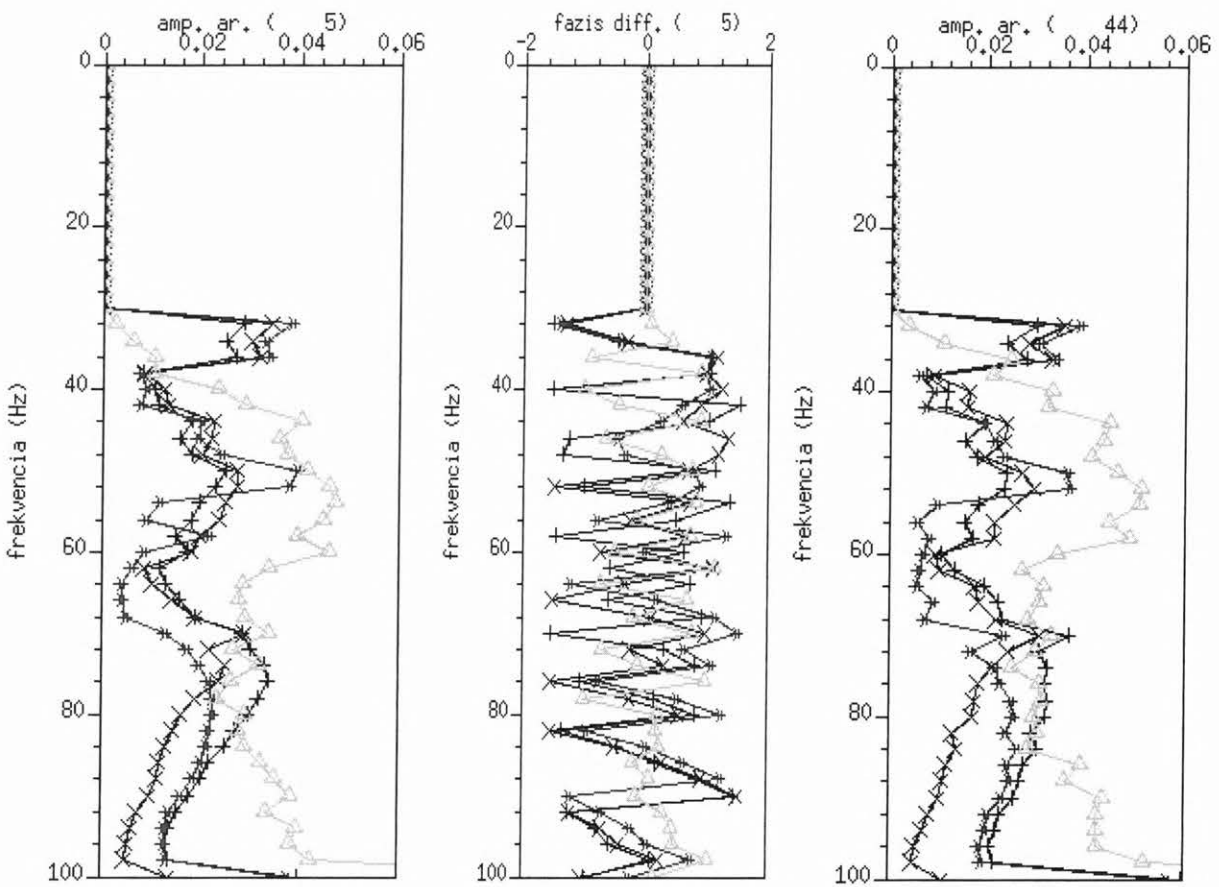
2.2.3. Az alap- és a harmadik felharmonikus relatív amplitúdó- és fázisviszonyai

A 2.3. ábrán mind az amplitúdó-, mind pedig a fázisviszonyokat vizsgálva megállapítható, hogy egy adott vibrálásához tartozóan egyik görbe sem hasonlít a másikra, különösen a geofonjeleken meghatározott arányok térnek el a vibrátor gyorsulási adataitól.

A földerő-közelítés relatív harmadik felharmonikus tartalma kisebb, mint amit a geofonjelekből határoztam meg. A korábban visszacsatolási jelként is használt talpi gyorsulás jellegeben a földerőhöz hasonló amplitúdóarányal rendelkezik. Az amplitúdóarány-görbe csúcsai mind a három, vibrátoron meghatározott jelben felismerhetők. Ha összevetem a két különböző vibrálási pozícióban számított amplitúdóadatokat, akkor látható, hogy a görbék jellege hasonló, csak a mértékek különböznek. A fázisviszonyokra csak egy adatsort közlök, ahol a fáziskülönbség-görbék is azt jelzik, hogy a geofonon mérhető harmadik felharmonikus tartalmat nem írja le megfelelően sem a földerő-közelítés, sem a számításához használt gyorsulási adatok.

2.2.4. Az alap- és a negyedik felharmonikus relatív amplitúdó- és fázisviszonyai

A 2.4. ábra a negyedik felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdóarányát, valamint a fáziskülönbségeket mutatja a terítés geofonjeleiből (Δ), a földerő (X), a reaktív tömeg (*) és a vibrátortalp (+) gyorsulásmérő jeleiből számolva. Az amplitúdó-viszonyokat vizsgálva megállapítható, hogy egy adott vibrálásához tartozóan jellegeben mindegyik görbe hasonlít egymásra. A geofonjel relatív negyedik felharmonikus tartalma 80–90 Hz környékén némileg eltér attól, amit a földerő-közelítés alapján határoztam meg. A két vibrálási pozícióban számított amplitúdóadatok viselkedése hasonló. A fáziskülönbség-görbék 50 Hz felett szinte együtt futnak az érvényes tartományban. A geofonon mérhető relatív negyedik felharmonikus tartalmat és a fázisviszonyokat megfelelően írja le a földerő-közelítés, sőt a számításához használt gyorsulási adatok is ahhoz közelítő eredményre vezetnek.



2.3. ábra. A harmadik felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdóarányai (balra és jobbra), valamint a fáziskülönbségek (középen, a baloldali ábrarész vibrálásához tartozóan) a terítés geofonjeleiből (Δ) és a földerő (X), a reaktív tömeg (*), a vibrátortalp (+) gyorsulásmérő jelei alapján

Fig. 2.3. Amplitude ratio curves (left and right) and phase differences (middle; only given for the source position on the left) of the third upper harmonics and the fundamental components (filtering effects are removed) in two different source positions. The curves are calculated from the geophone (Δ), the ground force (X), the reaction mass (*) and the vibrator base plate (+) signals

2.3. Amplitúdó- és fázisviszonyok összehasonlítása korreláció alapján

A 2.2. részben az összehasonlítást csak leíró jelleggel tettem meg, amit az együttes ábrázolás segített. A közölt hasonlósági megállapításokat most számszerűsíttem is a korreláció hagyományos definíciója alapján [STEINER 1990],

$$r(\xi_i, \xi_k) = \frac{\text{COV}(\xi_i, \xi_k)}{\sqrt{\text{VAR}(\xi_i)\text{VAR}(\xi_k)}}, \quad (2.4)$$

ahol az összehasonlítandó adatrendszerek kovarianciája és varianciája kap szerepet.

Meghatároztam a korrelációs értékeket minden harmonikus komponens arányra, külön-külön a frekvenciafüggő amplitúdó- és fázisgörbékre. Referenciajelként a földerőjel számított értéke szerepel, hiszen eredetileg azt tartják a távoli jel jó közelítésének.

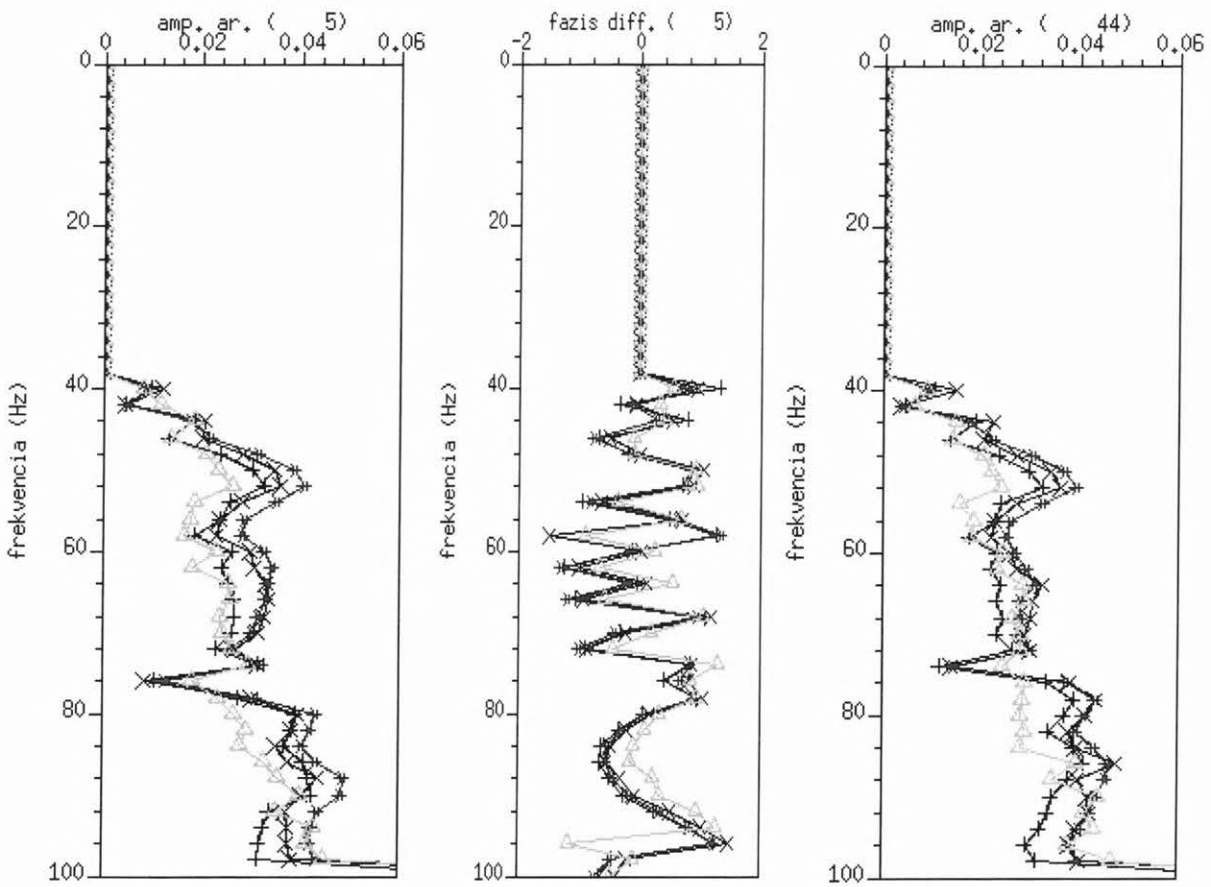
A 2.1. táblázatban szereplő korrelációs együtthatók értékei megerősítik a 2.2 részben leírt megállapításokat, hiszen magas pozitív értékeket a második és negyedik felharmonikus komponens esetében kaptam. Tehát a (2.1) képlet alapján számított földerő csak a második és negyedik, vagyis a páros sorszámú felharmonikusok amplitúdó-

és fázisviszonyait adja helyesen. A páratlan sorszámú felharmonikusokat nem írja le megfelelően.

2.4. Következtetések

A földerő és a geofonjelekből meghatározott, az alapharmonikusra vonatkozó relatív amplitúdó- és fázisviszonyok összehasonlításából azt a következtetést vonom le, hogy az adott kísérletben a második és a negyedik felharmonikus tartalom jó egyezést mutat, az első és a harmadik felharmonikus relatív amplitúdó arányai és a fáziskülönbségek pedig jelentősen eltérnek. Ez a megállapítás, ha csak egy megjegyzés erejéig is, de szerepel BAETEN et al. [2001] cikkében, vagyis a vibrátor jeleiből számított földerőjel nem mindig jó közelítés a vibrátor tényleges jelének felharmonikusaira.

A direkt hullámok vizsgálata során nyert adatok azt mutatják, hogy a páros sorszámú harmonikus komponensek a vibrátoron mérve jó közelítését adják a távoli jelnek, vagyis ezek a komponensek a vibrátor-talaj rezgőrendszerhez köthetők. A páratlan komponensek a vibrátoron és a geofonon másképpen jelentkeznek, a vibrátoron nem mérhető jól a ténylegesen kibocsátott páratlan sorszámú felharmonikus jel. A páratlan sorszámú komponensek megjelenését a vibrátor-talaj rendszerben a csatolás minősége és maga a talaj is módosítja.



2.4. ábra. A negyedik felharmonikus és az alapharmonikus amplitúdóarányai (balra és jobbra), valamint a fáziskülönbségek (középen, a baloldali ábrarész vibrálásához tartozóan) a terítés geofonjeleiből (Δ) és a földerő (X), a reaktív tömeg (*), a vibrátortalp (+) gyorsulásmérő jelei alapján

Fig. 2.4. Amplitude ratio curves (left and right) and phase differences (middle; only given for the source position on the left) of the fourth upper harmonics and the fundamental components (filtering effects are removed) in two different source positions. The curves are calculated from the geophone (Δ), the ground force (X), the reaction mass (*) and the vibrator base plate (+) signals

Korrelációs együtthatók	Első felharmonikus/alapharmonikus		Második felharmonikus/alapharmonikus		Harmadik felharmonikus/alapharmonikus		Negyedik felharmonikus/alapharmonikus	
	amplitúdó	fázis	amplitúdó	fázis	amplitúdó	fázis	amplitúdó	fázis
Geofonjel	0,4135	0,4587	0,7419	0,5975	-0,2103	-0,0876	0,8079	0,6727
Talp gyorsulás	0,7646	-0,3403	0,9539	0,8381	0,6228	0,3609	0,9526	0,7373
R. tömeg gyorsulás	-0,1078	0,6473	0,9667	0,8252	0,6415	0,4496	0,9713	0,7270

2.1. táblázat. Korrelációs együtthatók

Table 2.1. Correlation coefficients

A kísérleti mérés alapján az alapharmonikus komponens is a páros komponensekhez sorolom és a vibrátoron mért földerő alapharmonikusát a távoli jel jó közelítésének tekintem. A páros komponensek amplitúdóarányaira és fáziskülönbségeire nem kaphattam volna jó közelítést, ha a számított földerő alapharmonikusa, egy amplitúdó és egy fázis konstansból eltekintve, nem egyezik meg a geofonjeleken meghatározott amplitúdó- és fázisviszonyokkal.

Analízis eljárásom alkalmas minőségellenőrzési feladatok ellátására akkor is, ha a vizsgálatokhoz csak a vibrátoron elhelyezett gyorsulásmérők adatai állnak rendelkezésre. Ha összevetem a földerő, a talpi gyorsulás és reaktív tömeg gyorsulási adataiból számolt relatív értékeket, akkor azok lényeges különbsége a vibrátor-talaj rezgőrendszer aszimmetriája miatt megnövekedett páratlan sorszámú felharmonikus tartalmat jelez.

Összefoglalás

A forrás-, illetve érzékelőoldali csoportosítás együttes hatása nagymértékben rontja a reflektált jelek felbontóképességét, hiszen például a nagy változékonysággal jellemzett felszínközeli rétegek által a csoporton belül okozott perturbációk már nem távolíthatók el a mért jelekből a terepi összegzés miatt. Ezért foglalkoztam a vibrátoros rezgékeltetéssel és egyedi érzékelőkkel végezhető szeizmikus reflexiós mérések témakörében a csoportosított forrás jelének szétválasztásához is használt vibrátorjel analízisével, meghatározásának lehetőségeivel. A jelenlegi eljárások pontatlansága vagy nehézsége miatt kutatásaim célja egy olyan analízis eljárás kifejlesztése volt, amely a rutinszerű mérésekhez hasonlító elrendezésben is szolgáltat adatot a valódi forrásfüggvény amplitúdó- és fázisviszonyairól.

A jövőbeni gyakorlati mérésekhez közelítő kísérleti elrendezésben a felszínen elhelyezett geofonokon észlelhető direkthullám-beérkezések nyújtanak segítséget a vibrátor által ténylegesen kibocsátott jel analíziséhez, amihez kifejlesztésre került egy elemihullám-transzformáció és frekvenciatartománybeli osztáson alapuló eljárás. Segítségével eltávolítható a szeizmikus jeleket terjedésük és mérésük során érő konvolúciós hatások.

A mérés adatait vizsgálva megállapítható, hogy az analízis módszer kiszűrte a konvolúciós hatásokat. Geofonjelek alapján határoztam meg az alapharmonikus jelhez képest, a vibrátoros forrásra jellemző, a harmonikus torzítás által létrejött felharmonikus hullámok relatív amplitúdó- és fázisviszonyait és összehasonlítottam a vibrátor gyorsulási adatai alapján meghatározott földérőjel relatív amplitúdó- és fázisviszonyaival. Megállapítottam, hogy a felharmonikusok közül csak a páros sorszámú komponensek esetében érvényes a gyorsulási adatokból számított földérőjel jósága. A páratlanok jelentősen eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek, vagyis a vibrátoron nem mérhető a tényleges kimenő jel. A kutatómunka eredményeképpen lehetővé vált, hogy a tényleges kimenő jelet a megfelelő adatok kombinációjával közelítsem. A kidolgozott eljárást egy későbbi dolgozatban ismertetem.

Az eredmények hozzájárulhatnak a csoportosított vibrátoros mérések jelei szétválasztásának tökéletesítéséhez, a tényleges forrásjelet figyelembevevő dekonvolúciós technikák bevezetéséhez, biztosítva a szeizmikus mérések megnövelt felbontóképességét.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok az Országos Tudományos Kutatási Alapnak, hogy a kutatási témát a *Megnövelt térbeli mintavételezésű szeizmikus reflexiós mérések feldolgozása* című, T 042552 számú pályázat keretében támogatja.

Köszönetet mondok a GES Kft.-nek a kísérleti mérés elvégzéséért és az adatok rendelkezésemre bocsátásáért.

A programok megírásához, a számítások elvégzéséhez, illetve az ábrák elkészítéséhez a Seismic Unix programrendszert [COHEN, STOCKWELL 2000] használtam.

- ALLEN K. P., JOHNSON M. L., MAY J. S. 1998: High Fidelity Vibratory Seismic (HFVS) Method for Acquiring Seismic Data. SEG Expanded Abstracts
- BAETEN G. J. M., BELOUGNE V., DALY M., JEFFRYES B., MARTIN J. E. 2001: Acquisition and processing of point source measurements in land seismic. SEG Expanded Abstracts
- BAETEN G., ZIOLKOWSKI A. 1990: The Vibroseis Source. Elsevier Science Publishing Co.
- COHEN J. K., STOCKWELL Jr. J. W. 2000: CWP/SU: Seismic Unix Release 34: a free package for seismic research and processing. Center for Wave Phenomena, Colorado School of Mines
- LERWILL W. E. 1981: The amplitude and phase response of a seismic vibrator. *Geophysical Prospecting* **29**, 503–528
- LI X.-P. 1997a: Decomposition of vibroseis data by the multiple filter technique. *Geophysics* **62**, 3, 980–991
- MORLET J., ARENS G., FOURGEAU E., GIARD D. 1982: Wave propagation and sampling theory – Part II: Sampling theory and complex waves. *Geophysics* **47**, 2, 222–236
- SALLAS J. J. 1984: Seismic vibrator control and the downgoing P-wave. *Geophysics* **49**, 6, 732–740
- SCHOLTZ P. 2000: Összetett geofonjel szétválasztásán alapuló szeizmikus mérési és feldolgozási módszer. A Magyar Geofizikusok Egyesülete és a Magyarhoni Földtani Társulat közös Vándorgyűlése, Szolnok
- SCHOLTZ P. 2001: Szintetikus és terepi példák a wavelet transzformáción alapuló diszperzió analízisre (ÁDÁM O.: Felszíni szeizmikus zavarhullámok II. c. T 026415 OTKA jelentésben) 8–20
- SCHOLTZ P. 2002a: Geofizikai módszerfejlesztés: Szeizmikus feldolgozás. ELGI Jelentés. ELGI adattár
- SCHOLTZ P. 2002b: Amplitude analysis of harmonics on vibrator generated direct waves. 64th EAGE Conference, Extended Abstracts P083, Florence
- SCHOLTZ P. 2003a: Vibrátorjelek analízise megnövelt felbontóképességű reflexiós szeizmikus mérések adatfeldolgozásához. Doktori értekezés, Miskolci Egyetem
- SCHOLTZ P. 2003b: Constructing an output signal estimate of a vibratory source. 65th EAGE Conference, Extended Abstracts P233, Stavanger
- SCHOLTZ P. 2003c: A vibrátor tényleges erőhatásának rögzítése által lehetővé tett mérési, feldolgozási módszerek vizsgálata. Nemzetközi Geofizikai-Földtani-Fluidumbányászati-Környezetvédelmi Vándorgyűlés, Konferencia és Kiállítás, Szolnok
- SCHRODT J. K. 1987: Techniques for improving Vibroseis data. *Geophysics* **52**, 4, 469–482
- SERIFF A. J., KIM W. H. 1970: The effect of harmonic distortion in the use of vibratory surface sources. *Geophysics* **35**, 2, 234–246
- STEINER F. 1990: A geostatistika alapjai. Tankönyvkiadó, Budapest
- VAN DER VEEN M., BROUWER J., HELBIG K. 1999: Weighted sum method for calculating ground force: an evaluation by using a portable vibrator system. *Geophysical Prospecting* **47**, 251–267
- WALKER D. 1995: Harmonic resonance structure and chaotic dynamics in the earth-vibrator system. *Geophysical Prospecting* **43**, 487–507

EM INDUKCIÓS KONFERENCIÁK AZ IUGG 2007. ÉVI ÁLTALÁNOS ÜLÉSSZAKÁN PERUGIÁBAN (OLASZORSZÁG)

A perugiai nagy világrendezvény, az IUGG (Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió) 4 évente megrendezésre kerülő általános ülészakájának értékelését, részletes statisztikai mutatókkal a Magyar Nemzeti Bizottság elnöke — úgy is, mint nemzeti képviselőnk — ÁDÁM József akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár (BME) a Geodézia és Kartográfiaiban (2007/10-11) megírta. Ennek ismétlésétől eltekintek. Annyit azonban — a fenti beszámolóval összhangban — meg kell jegyezni, hogy a szervezőbizottság enyhén szólva nem állt helyzete magaslatán. Pl. a több mint 4000 résztvevő elszállásolása különösen sok kívánnivalót hagyott maga után. Egyesek csak a szomszédos településeken kaptak szállót és utazásuk nagy költséggel járt. Az igen nagyszámú előadásról csak rosszul szerkesztett újságokból értesültünk, amelyek az előadások címein kívül mást nem tartalmaztak. Számos előadás el is maradt a jól ismert okok miatt: a potenciális előadó az előadás bejelentésével hiába remélt utazási és egyéb támogatást, így nem is érkezett meg. A tartalmi kivonatoknak még a CD-jét sem kaptuk meg, így nehéz volt a választás az előadások kavalkádjában. A poszterek többségét a nyomott levegőjű, a tömegetől átforrósodott, szűk, folyosószerű Rocca Paolina-ban szervezték, ahol a kiszáradás veszélyével kellett szembenéznie a résztvevőknek, mert a szolgáltatások minimuma (pl. víz) is hiányzott. Megérkezésünkkor még a regisztrációs helyiség helyét sem tudtuk. Mindez találmányra ment. Perugia gyönyörű, nagy múltú umbriai település, de a meredek utcák naponta többszöri „megmászása” az idősebb generáció részére igen kimerítő volt. Elég a panaszból: nagy konferenciát ilyen feltételek mellett, pláne gyakorlatlan szervezőkkel, nem szabad vállalni. A perugiai konferencia a gyenge szervezés példája volt.

Az IAGA legtöbb rendezvénye július első hetében volt, így a számomra fontos EM indukciós konferenciák is, amelyek a következők voltak:

- Július 4-én: (JAS002) Large scale imaging of the continental and oceanic lithosphere. Conveners: HARINARAYANA T., Key KERRY;
- Július 5-én: (JAS003) Distribution of water and heat in the crust: indication from EM studies. Convener: OGAWA Yasuo;
- Július 6-án: (JAS004) Methodology in EM studies: Theory, modelling and inversion. Convener: KUVSHINOV Alexei.

Annak ellenére, hogy az IAGA 1.2 EM indukciós munkacsoportja 1972 óta két évente egy egyhetes workshopot (munkaülést) rendez, a felsorolt rendezvényeken bőven volt figyelemre méltó előadás, eredmény. Ezek célzott bemutatását elősegítette a JASPEI-jel (Szeizmológiai és

Földbelsőfizikai Asszociáció) való közös rendezés. Ezek közül szeretném néhányra a figyelmet felhívni, természetesen szubjektív szempontok alapján.

A fenti első rendezvény áttekintő (reviewer) előadását H. BRASSE német kutató tartotta. Előadását azzal kezdte, hogy rengeteg új adat van, nagy és változatos területeken folyik a kutatás. Így felsorolásában a következő földtanilag érdekes területek, témák szerepeltek: kéregbeni törések; szubdukció, kollízió; középóceáni hátságok; vulkánok; litoszféra; a felső köpeny komponensei, hőmérséklet, diszkontinuitások.

A szerző mint a dél-amerikai Andok kutatója megállapította, hogy hiányoznak a jólvezetők (CA) közvetlenül a vulkánok alól. Ezek az ívmögötti medencék alatt alakultak ki — ugyanakkor a japánok a Taupo vulkán alatt a közép-kéregben CA-t észleltek.

A töréses zónák legklasszikusabb példája a Szent András törésvonal. Sok kolléga kereste a CA kapcsolatát a földrengekkel és megállapították, hogy a földrengek a CA-k alatt keletkeznek (l. később OGAWA összefoglalóját).

A törésekből gyakran hélium (He) szivárog a felszínre. Ennek a forrását 40 km mélyre becsülik.

A mély kéregben lévő folyadék jólvezető csatornákat képezhet. Ilyent találtak Észak- és Kelet-Tibetben.

A közép-óceáni hátságokban a tengeri (offshore) MT mérések kimutatták a magmakamrát.

Jelentős erőfeszítések történtek annak megállapítására, hogy a TTZ-n (Teyseire-Tornquist Zone) keresztül a paleozoos és prekambriumi Európa határán milyen lényeges szerkezeti változások történnék a felső köpenyben (asztenoszférában) (EMTESZ projekt). Egyértelművé vált, hogy Németország paleozoos területein az asztenoszféra lényegesen kisebb mélységben van. A szerző az indukciós vektorral szemben előnyben részesítette a földmágneses átviteli (transzfer) függvényt.

A törésekben lévő CA-k más szerzők eredményeiben is megjelentek, így az indiai Narmada Tapti Lineament-ben HARINARAYANA 3 CA-t is kimutatott a MOHO felett, összefüggésben a területen mért nagy ($>70 \text{ mWm}^2$) hőárammal és hőforrással („hot spring”).

Nagyon érdekes megállapításokat tett Freund FRIEDMAN („Szükségünk van-e grafitra, sós oldatra, vagy kőzetolvadásra ahhoz, hogy megmagyarázzuk a kéregben az elektromos vezetőképesség-változást?”). A szerző ún. alvó hatásokról (effektusok) beszélt. Ilyen természetesen a nyomás és a hőmérséklet, amelyek jelentősen megváltoztatják az elektromos vezetőképességet. Ez szerinte egy „plusz” hatás az eddigiekhez képest. Megállapítja, hogy ezáltal hatalmas áramok keletkezhetnek a földkéregben.

Ebben a szekcióban érdekes előadás hangzott el az 1 Hz körüli szeizmikus felületi hullámok (L_q coda) Q jósági tényezőjének meghatározásáról Eurázsia területén és kapcsolatáról a litoszféra fejlődésével, a belső hőmérséklettel, a folyadékfeláramlással stb. A Rayleigh-sebesség is kisebb ott, ahol a jósági tényező kicsi (M. BRIAN előadása). A legkisebb Q értéket Kamcsatkán, Indiában és Ny-Anatóliában észlelték. Nagy a Q a platformokon. Mágneses anomáliák alapján vizsgálódott Arkani-Hamed JAFAR a Marson és proterozoikus típusú tektonikára következtetett. Megállapította, hogy 4 milliárd éve nem volt lemeztektonika, csak felszíni mozgás. Különböző is az 50–60 km vastag kéreg ellentmondásban van a lemeztektonikával. Nincs magból származó mágneses tere, helyette remanens mágneses tere van. Magyarázatot keresett az előadó az aszimmetrikus felszíni mágneses téreloszlásra, és a Mars-felszín egy részének lemágnesezésére a lökéshullámok révén.

Ismét, mint sokadszor, vita tárgya volt a MOHO indikációja a magnetotellurikus mérésekkel. Az indiai K. K. ROY a Proterozoikus Keleti Ghat mobilis övét — mint tektonikai ablakot — vizsgálta a Singhbhum Archaikus Kratonnal együtt és 20–30 km mélyen észlelt jólvezető alsó határként adta meg a MOHO-t. Módszertani megállapítása szerint a TM módusú fázis — fázis pszeudoszervény — jobban detektálja az anomáliákat.

Ezzel a szekcióval kapcsolatban mutattuk be posztereinket a Periadriai–Balaton Vonal és a Közép-magyarországi Vonal MT, AMT és MV indikációiról, valamint a *Másodrendű mágneses fázisátalakulás a kéregben: realitás vagy fikció* című poszterünket KISS János első szerzőségével.

Több poszter is foglalkozott azoknak a nemzetközi együttműködésben végzett sűrű MT szondázásoknak az eredményeivel, amelyek a Trans-European suture zone (ÉNy-Lengyelország és ÉK-Németország) litoszférájának meghatározását célozták, azaz a TTZ-nál jelentkező nagyarányú litoszféra-változással.

A másik jelentősebb konferencia Y. OGAWA szervezésében (JAS003) a folyadék és a hő kéregbeni eloszlásával foglalkozott.

Ez a témakör számomra három jelentős előadásban csúcsosodott ki. Az elsőt MONZELLA Adele (Olaszország) tartotta arról a bonyolult, de igen eredményes magnetotellurikus kutatásról, amelyet a toszkánai geotermikus energiatermelés (790 MW) elősegítése végzett végeztek. Az MT mérések nehézségei Olaszországban az egyenáramú vasúti vontatás zavaraiából származnak. E zavarok kiküszöbölése végett dolgozta ki LARSEN (USA) az általánosan használt programjait. Ennek ellenére nagy az adatvesztés.

A hőforrás (~600 °C) itt 10–12 km mélyen levő batolit, a rezervoár pedig 2–3 km mélyen a gránitos kőzet (nem vulkanit) hasadérendszerében (350–400 °C) van. A kutatás célja a folyadék útvonalának a meghatározása e repedésrendszerben. Jó korrelációt kaptak a kísérleti adatokkal a termelő területen, ahol a folyadék cirkulációja van. Ez utóbbi vizsgálatára 3D szeizmikát is használnak, a kőolajkutatáshoz hasonlóan. A fajlagos ellenállást jelentős mértékben csökkenti az agyag jelenléte is, a folyadék sótartalma (salinity) és telítettsége mellett. Az agyag többnyire a vulkáni kőzetek alterációjából származik. A gőz közvet-

nül nem kutatható, mivel a fajlagos ellenállásra nincs hatással. Ezért az ilyen produktív töréseket az MT módszerrel közvetlenül nem lehet kimutatni.

Nagy figyelmet keltett Y. OGAWA előadása: *Az elektromos ellenállás-szerkezet, a szeizmicitás és a deformáció néhány japán esettanulmány alapján* címmel. Bevezetőjében ő is megállapította az általunk is jól ismert tény, hogy míg a szubdukciós terület (interplate) földregészviszonyai jól ismertek, addig — mint a Pannon-medence is — a lemezeken belüli (intraplate) földregések keletkezésének helye, várható ideje nem eléggé jól tanulmányozható. Megerősítette azt a megállapításunkat is, hogy a földregések a jólvezető képlékeny anomáliák (egyben kissébességű zónák — LVL) határán pattannak ki (l. pl. a berhidai földregés esetét ÁDÁM és ZALAI cikkében a Magyar Geofizika 2000. évi 2. számában). OGAWA ezen megállapítását korábban már részletesen és általánosabban tárgyalta a japán D. ZHAO et al. (PEPI, 2002, Oct. 15) és jól ismert e megállapítás a kínai LIU Guodong tanulmányaiból is. További összefoglaló megállapítása volt, hogy a jólvezető formációban (folyadék) aszeizmikus csúszás (slip), azaz csak képlékeny deformáció lehetséges, de földregés nem. A jólvezető és a nagyobb ellenállású terület között történik a feszültségfelhalmozódás és kezdődik a törési alakváltozás.

Az olaszok részletes vizsgálatokat végeznek a vulkanizmus jellegzetességeinek megismerése végett. Eerre adtak kiváló példákat FINIZOLA Anthony és munkatársai: Multidiszciplináris közelítésük a nagy feloldóképességű fajlagos ellenállás tomográfia, sajátpotenciál, a hőmérséklet és a talaj CO₂ kigázósodása közötti összefüggésre irányult a Strombolin és a Volcano Islands-en. Ennek keretében beszámolt a 200 m behatolási mélységgel végzett sokelektrodás elektromos szondázásaikról, amely révén mindenütt a vulkánon igen kis ellenállást (5–10 Ωm) mértek a folyadék hatására történő agyagos mállás (ún. argilisation) révén. Érdekes lefutása van az SP szelvénynek, amely a vulkán peremén negatív hurkokkal jelentkezik, míg a kráter felett átvált pozitívrá. A szerzők elektrokinetikai potenciállal magyarázzák a jelenséget (ún. hydrate system).

A témakörbe tartozó poszterek egy része török szerzők kutatásának eredményeit ismertette országuk földregéses területein végzett MT és AMT kutatásokról, amelyek OGAWA előadásával csengenek egybe, továbbá vulkánok, geotermikus rezervoárok területén történt mérések eredményeiről adtak számot.

A harmadik nagy, egész napos konferencia az elektromágneses indukciós kutatások módszereivel foglalkozott. Ennek keretében az inverziók különböző kombinációival, finomításaival, lokális és globális alkalmazásával, gerjesztett EM térrel végzett (CSEM) mélytengeri kutatások eredményeinek feldolgozásával a hidrátok kutatásában, a jerkek terjedésével stb. ismerkedhettünk meg. Ezeknek az eredményeknek kvalitatív összefoglalása nehéz lenne, mivel többnyire bonyolult matematikai apparátusokról van szó. Mindenesetre a szaktársadalom egy tekintélyes része buzgólkodik az EM módszerek pontosságának növelésén, amelyre a gyakorlati kutatást végzőknek is oda kell figyelniük.

Rendkívül változatos témákról hallgathattunk előadásokat az uniós rendezvények keretében. A csúcstéma termé-

szetesen a globális felmelegedés volt, amelynek keretében sorra vették a különböző területeken elérhető vagy javasolt technikák alkalmazását. A Sarki Év évfordulója kapcsán hallhattuk, hogy a sarki jég és hó (Antarktisz) vastagságának meghatározásában milyen óriási fejlődés van az egykor alkalmazott (lassú) szeizmikától napjaink légi radar mérésig és a műholdas glaciológiáig stb. Természetesen az IAGA témái is szerepet kaptak az uniós előadások között, így pl. a sugárzási övek múltja és jövője, a szoláris hatások a globális klímában stb.

A fentieket összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a geotudományok a világon egyre nagyobb jelentőséget

kapnak, amelyeknek hazai vetületükben is meg kell jelenüniük.

Ezt bizonyára elő fogja segíteni az a tény, hogy 2009-re hazánk kapta az IAGA általános ülészsaka megrendezésének lehetőségét Sopronban, amelynek támogatását valamennyi érdekelt fórumtól, hatóságtól kérjük. (A rendezvény fő szervezője az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron, vezetője pedig SZARKA László fősztályvezető.)

Ádám Antal

CENTENÁRIUMI ÜNNEPSÉGEK A GEOFIZIKAI INTÉZETBEN

1906 szeptemberében a Nemzetközi Földmérési Szövetség (Internationale Erdmessung) Budapesten tartott kongresszusa, ismerve EÖTVÖS Loránd eredményeit a torziós ingával és meggyőződve a gravitációs mérések gyakorlati felhasználhatóságáról, avval a kéréssel fordult a magyar kormányhoz, hogy EÖTVÖS kutatócsoportját állandó költségvetési támogatásban részesítse. APPONYI Albert vallás- és közoktatásügyi miniszter 1907. május 15-én kelt levelében rögzítette, hogy a kutatócsoport évi 60 000 korona államsegélyben részesül, amelyet terepi geofizikai mérésekre, valamint módszer- és műszerfejlesztésre kell fordítani, utólagos beszámolási kötelezettség mellett.

Jelenlegi tudásunk szerint ezt a levelet tekinthetjük a Geofizikai Intézet alapító levelének, hiszen ez a kornak megfelelő módon rögzítette a szervezet feladatát, a rendelkezésére álló anyagi erőforrást, irányítási szintjét, beszámoltatási módját, valamint utasítást tartalmazott önálló eszközléltár felfektetésére (jelenlegi alapító leveleinkben sincs sokkal több információ). Emiatt tűztük ki célunk, hogy megünnepeljük a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet centenáriumát.

A világ első gyakorlati geofizikai kutatóintézetének száz évéről az első méltató cikk VERŐ László tollából a *First Break* 2007. júniusi számában jelent meg (a szépen illusztrált és emelkedett stílusú cikk másolata az ELGI honlapján is olvasható a www.elgi.hu/elgi100 rovatban). Lapunk legutóbbi számában (48. évfolyam 3. szám, 81. oldal) BODOKY Tamás ünnepi visszatekintését olvashattuk az ELGI történetéről.

Az Intézet százéves fennállását az ELGI vezetése és kollektívája olyan rendezvénysorozattal kívánta megünnepelni, amely méltó az Intézet tekintélyéhez és nemzetközi pozíciójához, megfelel az ELGI közszolgálati és közönségszolgálati elkötelezettségének. A következőkben az eddig megvalósult eseményekről számolunk be a *Magyar Geofizika* olvasóinak.

2007 november 8: centenáriumi ünnepség

Az Intézet konferenciatermében tartott rendezvényre meghívót kaptak a szakmánkkal és az ELGI tevékenységével kapcsolatban álló minisztériumok vezetői, az ünnepségen részt vettek társintézményeink és az egyetemek vezetői, kedves kollégáink. Nagy megtiszteltetés volt számunkra, hogy erre az ünnepségre eljött és köszöntőt mondott SZILI Katalin, az Országgyűlés elnök asszonya, aki az

Országgyűlés arany emlékérmét adományozta FANCSIK Tamás igazgatónak az ünnepi alkalomból (a centenáriumi ünnepségről néhány fotó látható az Országgyűlés elnökének honlapján a

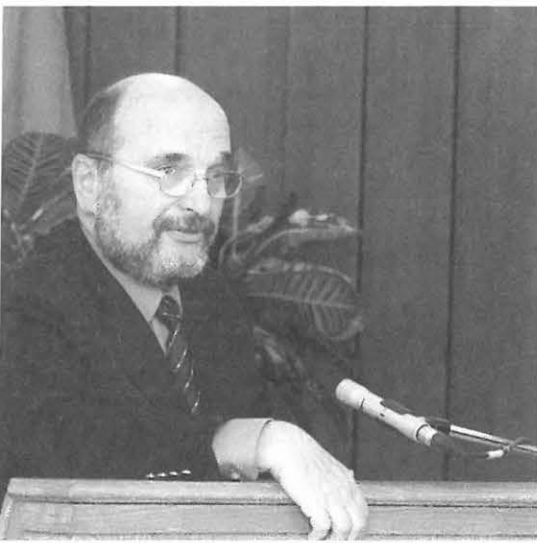
www.szilikatalin.hu/galeria/ELGI/default.htm címen).



SZILI Katalin, az Országgyűlés elnök asszonya átadja az Országgyűlés arany emlékérmét FANCSIK Tamásnak

BODOKY Tamás történeti áttekintése és SZILI Katalin köszöntője után BOJÁR Gábor, a Graphisoft elnöke beszélt az Intézetben eltöltött éveiről és arról, hogy mit jelentett szakmai és üzlettemberi fejlődésében az ELGI szellemisége. SZABADOS Gábor, a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal elnöke és FANCSIK Tamás az Intézet feladatáról és küldetéséről beszélt. Az ünnepséget egy rézfúvós kvartett és KUBIK Anna színművésznő tette még színesebbé, aki EÖTVÖS Loránd beszédéből és levelezéséből olvasott fel részleteket.

Az ünnepség végén állófogadáson láttuk vendégül a résztvevőket, emellett vendégeink az egész napon át látogathatták kutatóhelyeinket, megnézhatték poszter kiállításunkat. A média érdeklődését két televíziós forgatócsoport és (a sajtóközpontban) több újságíró jelenléte tükrözte.



BOJÁR Gábor beszél az Intézetben eltöltött éveiről



Az eső miatt a földradarral az Intézet folyosóján mértek a gyerekek

2007 november 9: nyílt nap az ifjúságnak

Sokan gondolják úgy közülünk, hogy az Intézetnek kötelessége a tudományos ismeretterjesztés és a tanulóifjúság természettudományos nevelése is (mert e téren sok a teendő, és saját szakmánkhöz mi értünk igazán). A centenáriumi ünnepségre következő napon az ifjúságé volt az Intézet: a nyílt nap installációit kihasználva, négy általános iskolából és három gimnáziumból több mint száz diák volt vendégünk (ehhez járult még az ELTE geofizikus hallgatóinak csapata). A gyerekcsoportok dobbantásversenyt rendeztek (mert így lehet szeizmikus hullámokat generálni), GPS-sel keresték az udvaron elrejtett csokoládét, segítettek mérni egy Eötvös-ingával, megismerkedtek a mágneses műszerekkel, gravitációs hatószámítást próbáltak ki, látták mikroszkópon a bükkábrányi cédrusok szövetét, régi szakkönyveket csodáltak meg a könyvtárban és tudják már, hogy mire való az ország gravitációs térképe. Legnagyobb sikere a földradarnak volt, mert azt minden gyerek szívesen tologatta az udvaron és a folyosókon egyaránt.



Sikerült a gravitációs hatószámítás! — Kís Márta a Szent Angéla Gimnázium tanulóinak tart bemutatót

2008 február 28: konferencia az Intézet nemzetközi kutatási projektjeiről

Azt gondoltuk, hogy egy tudományos intézet nem ünnepelheti úgy a 100. évfordulóját, hogy tudományos eredményeit ne mutassa be a szakmai közönségnek. Ezért 2008. február 28-ára tudományos konferenciát szerveztünk, melyre meghívtuk külföldi és belföldi projekt-partnereinket és a Magyar Geofizikusok Egyesületének minden tagját. Úgy döntöttünk, hogy azokat a kutatásokat mutatjuk be, melyek nemzetközi együttműködésben, nemzetközi pályázatok finanszírozásában folynak, ezért a konferencia nyelve az angol volt. A konferencia hat témaköre:

- A széndioxid felszín alatti tárolása,
- Szennyeződések elterjedésének kutatása geofizikai módszerekkel,
- Paleomágneses kutatások,
- Soknyelvű geofizikai adatbázisok fejlesztése (GEOMIND projekt),
- Fejlett szeizmikus kutatás (ASAP),
- Litoszférakutatás.

Mind a 6 témakörben 3–3 előadás hangzott el, a hét országból érkezett társkutatók is bemutatták eredményeiket (az előadások tartalmi kivonatát a résztvevők CD mellékletként megkapták, a konferencia teljes anyagát a Geofizikai Közlemények különszáma fogja közölni).

A konferencia megnyitásként (vendégeink részére) BODOKY Tamás foglalta össze az ELGI történetét, majd a szakmai témák következtek. A nagy érdeklődés miatt az ELGI konferenciaterme zsúfolásig megtelt, és bár az utolsó előadás délután 5 órakor hangzott el, a teremben szép számmal voltak érdeklődők, akik kitarítottak egész nap. A jelenléti íven 104 aláírást számoltunk össze. Az ide látogató hazai és külföldi partnerek számos szakmai együttműködésre tettek javaslatot az előadások meghallgatása után.

Az ELGI külkapcsolatai nemcsak szakmai partnereinket érdekelték. Az ELGI és az USGS (Egyesült Államok Geológiai Szolgálat) több évtizedes együttműködését April H. FOLEY, az Egyesült Államok Budapestre akkreditált nagykövete értékelte hozzászólásában (és saját témájának érezte

a széndioxid-elnyelés kutatását is); kíséretében volt Samuel KOTIS, a nagykövetség környezetvédelmi, tudományos-technikai és egészségügyi attaséja. A Kínai Népköztársaságot XIE Gaofeng első titkár képviselte, aki egy külön találkozó keretében ismerkedett meg az ELGI ötven évvel ezelőtti kínai expedíciójával és POSGAY Károly erre vonatkozó tapasztalataival. Neda MILIŠIĆ, a horvát nagykövetség attaséja a délutáni ülészenon vett részt, és találkozott horvát kollégáinkkal. Vendégeink közt természetesen köszönthettünk több egyetemi tanárt, tudományos kutatót, az NKTH felelős vezetőit, minisztériumi tisztségviselőt, a Külügyminisztérium képviselőjét.

Terveink a centenáriumi évben

A 100. születésnap alkalmából még több eseményen szeretnénk bemutatni, hogy az ELGI dolgozik és szép eredményeket ér el továbbra is. Április 17. és 20. között a Magyar Természettudományi Múzeumban lesz a Föld Bolygó Nemzetközi Éve eseménysorozatának központi rendezvénye — az Intézet ott is méltóképpen szeretne bemutatkozni az ifjúságnak és a nagyközönségnek. Május 23-án a Kolumbusz utcai székházában (jobban mondva az udvaron felállítandó háromszáz személyes sátorban) tervezük megrendezni az ELGI összes volt dolgozóinak találkozóját. Reméljük, nagy öröm lesz ez mindenkinek, aki részese volt az elmúlt idők történéseinek (az intézet honlapján a „Centenáriumi találkozó” rovatban már olvasható a találkozó hírlevele, és ott gyűjtjük régi kollégáink jelentkezését). Az utolsó eseményt ebből az alkalomból szeptember végén az EAGE rendezi, a CO₂ föld alatti tárolásának témakörében rendezendő konferencia színhelye az MTA székháza lesz (1. Rendezvénytáblánkat). Az a tervünk, hogy egy múzeumlátogatás erejéig elhozzuk a konferencia résztvevőit az Intézetbe, és reméljük, hogy addigra bemutatható lesz a geofizikai műszerek gyűjteménye is.



FANCSIK Tamás fogadja April H. FOLEY nagykövetet és Samuel KOTIS attasét



VASS Ilona (középen), a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal elnökhelyettese a konferenciát hallgatja



Neda MILIŠIĆ, a horvát nagykövetség első titkára HEGEDŰS Endre bemutatóját hallgatja

A centenáriumi rendezvények szervezésében az Intézet öregje-fiatalja nagy lelkesedéssel és ügyeszeretettel vett részt. Öröm volt látni a különböző feladatokkal ellátott csoportok szakszerű munkáját, e beszámoló írója e helyen is szeretné köszönetét (és elismerését) kifejezni a kollégáknak. Végül köszönjük minden tisztelőnknek az évforduló alkalmából küldött jókívánságokat, az érdeklődést, a részvételt ezeken a megemlékezéseken, és reméljük, hogy mindezek a rendezvények jó alkalmat adtak-adnak az Intézet megismertetésére, szakmánk közönségbefolyásának növelésére.

Kakas Kristóf

I. ORSZÁGOS FÖLDTUDOMÁNYI DIÁKKÖRI KONFERENCIA

A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar és az MFT rendezésében került sor a konferenciára 2007. november 9–10-én. A konferenciának két része volt. Az első részben a plenáris ülésen — amelyet az MTA X. Osztálya részéről megisztelt NAGY Béla tudományos titkár — BÖHM József, a Kar dékánja köszöntötte a megjelent középiskolás diákokat és kísérő tanárokat. Majd BREZSNYÁNSZKY Károly tartott ismertető előadást a Föld Bolygó Nemzetközi Éve alkalmából. Beszélt annak általános célkitűzéséről, a kapcsolódó programokról, előadását gyönyörű szép „földtani jellegű” vetített képekkel illusztrálta. Ezután FÖLDESSY János professzor, az Ásványtani-Földtani Intézet vezetője a saját életútján keresztül mutatta be a pálya minden szépségét és romantikáját. Úgy éreztem, a hallgatóságnak olyan élményben lehetett része, amely minden bizonnyal saját életük alakítására is befolyással lesz. A plenáris ülés végén egy korábbi, a Műszaki Földtudományi Kar által szervezett energetikai-földtudományi vetélkedőn (szintén elsősorban középiskolások számára) részt vett hallgató mesélt a vetélkedőről, majd a díjazottak számára tartott szakmai kirándulásról. Erről profi módon készített vetített képes előadást néztünk és hallgattunk. Érezni lehetett, hogy milyen fontosak lehetnek a diákok számára a földtudományokkal kapcsolatos tanulmányok és közvetlen élmények.

Délután, valamint szombaton egész nap összesen 4 szekcióban a diákok saját eredményeikről tartottak 10–15 perces előadásokat. Én a klasszikus földtudományi szekció (földtan, geofizika, csillagászat, hidrogeológia, talajtan ...) szekció előadásait hallgattam végig. Az előadásokat zsűri értékelte (az egyes szakterületeket képviselő, vezető oktatókból álló zsűri vezetője ORMOS Tamás egyetemi docens volt) és értékes díjakat kaptak a győztesek és helyezettek a másnapi eredményhirdetésen.

A zsűri szigorú volt és persze rendkívül nagyra értékelte a szárnyaikat bontogató, a földtudományok talán jövőbeli szakembereinek előadásait. A projektorral vetített, színes előadások mindnyájunknak sok-sok kellemes meglepetést okoztak. Igazi élmény volt látni a csillogó szemű diákokat és a velük együtt, értük izguló tanárokat. Sok-sok tehetséges fiatallal és lelkes tanárkísérővel találkozhattunk az előadásokon. Ezután látogatták meg a vendégek a Műszaki Földtudományi Kar tanszékeit, közöttük a Geofizikai Tanszéket is. Az Eötvös-inga közelében, a CSÓKÁS professzorról elnevezett előadóban ért az igazi meglepetés bennünket. Egész napos konferencia után az estébe nyúló, több mint egy óras beszélgetést alig tudtuk befejezni a nagy érdeklődés miatt. Itt látszott, milyen nagyszerű ötlet volt ezt a konferenciát megszervezni. Ebben a legnagyobb személyes érdeme FÖLDESSY professzornak és HARTAI Éva docens asszonynak volt.

A másnapi eredményhirdetésen nagyok sok díj átadására került sor a támogatók jóvoltából. Közöttük voltak az MGE által felajánlott pénzjutalmak, ill. ajándékok. Szerencsére sok diák kaphatott értékes díjat és jutalmat. Például az MTA Földtudományi Osztályától a Szádeczky-Kardoss Elemér Alapítványból a három legkiválóbb hallgató kapott jelentős értékű különdíjat.

Nagyszerű ötlet volt, hogy az MGE csatlakozott a rendezvény támogatóihoz, így részese volt a Föld Éve rendezvénysorozat egyik első, de igen fontos eseményének, ami igazi ünnepet jelentett.

*Gyulai Ákos,
a Kar Tudományos Diákköri Tanácsának
elnöke,
az MGE Észak-magyarországi Csoportjának
elnöke*

EÖTVÖS LORÁND FIZIKAI TANULMÁNYI VERSENY CELLDÖMÖLKÖN

2007. május 17-én, immár 17. alkalommal, került megrendezésre a fizika tanulmányi verseny a Vas megyei általános iskolák VII. és VIII. osztályos tanulói számára a celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskolában.

A tanulmányi verseny előkészítését, lebonyolítását az eddig hagyományosan végző celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola mellett idén az Apáczai Kiadó is segítette. Külön köszönet illeti ezért a kiadót.

A versenyre a megye 11 iskolája nevezett. Összesen 39 tanuló vett részt a megmérettetésen. A részt vevő iskolák: Celldömölkről a Berzsényi Dániel Gimnázium (6 osztályos), az Eötvös Loránd Általános Iskola, a Gayer Gyula Általános Iskola, a Szt. Benedek Katolikus Általános Iskola; Gércéről a helyi Általános Iskola; Hegyfaluból a Széchenyi István Általános Iskola; Ostffyasszonyfáról a Petőfi Sándor Általános Iskola; Répcelakról a Móra Ferenc Általános Iskola; Sárvárról a Gárdonyi Géza Általános Iskola; Szombathelyről a Neumann János Általános Iskola és a Váczi Mihály Általános Iskola.

A feladatokat MOLNÁR László, a szombathelyi Berzsényi Dániel Tanárképző Főiskola tanára, az Apáczai

Kiadó fizika tankönyveinek szerzője állította össze. A feladatok között idén szerepelt olyan is, amelynek megoldása azt jelentette, hogy a tanulók megfigyelés alapján írták le és magyarázták a bemutatott kísérletet.

A tanulmányi verseny győztesei és helyezettjei az alábbi tanulók voltak:

VII. osztályosok:

1. TÓTH Szabolcs (sárvári Gárdonyi Géza Általános Iskola),
2. NAGY Ákos (répcelaki Móra Ferenc Általános Iskola),
3. KONDOR Árpád (hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola);

VIII. osztályosok:

1. DIENES Attila (hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola) és holtversenyben
1. GERGYE Mihály (hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola),
2. SÜLE Dávid (szombathelyi Váczi Mihály Általános Iskola),
3. HORVÁTH Eszter (hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola).

Külön kiemelendő az egyébként évek óta eredményesen szereplő hegyfalui Széchenyi István Általános Iskola idei teljesítménye. Gratulálva a sikeresen szereplő tanulóknak, ki kell emelni SÁTORI Károly igazgató úr, fizikatanár eredményes és színvonalas felkészítő munkáját.

A verseny jó hangulatban zajlott le. Az eredményhirdetést követően a rendezők nevében ROZMÁN László igazgató (celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola), VIOLA István fizikatanár (Apáczai Kiadó), és MOLNÁR László tanár (szombathelyi Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola) a részt vevő tanárok és tanulók jelenlétében megkoszorúzták a versenynek helyt adó iskola névadójának, EÖTVÖS Lorándnak az iskola dísztermében elhelyezett domborművét.

A Magyar Geofizikusok Egyesülete és az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány eddig minden évben képviseltette magát a tanulmányi versenyen. Az idei esztendőben a személyes képviseletet nem tudtuk megoldani. GOMBÁR László elnök és PÁLYI András titkár levélben köszöntötte a verseny rendezőit és résztvevőit. Gondoskodtak továbbá arról, hogy a magyar geofizikusok nevében a verseny győztesei és helyezettjei idén is megkaphassák az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány által felajánlott szakmai jellegű ajándékokat.

A magyar geofizikus társadalom nagy örömmel fogadta és folyamatosan támogatta azt a lelkes tevékenységet, amely EÖTVÖS Loránd tudományos munkásságának és szellemiségének ápolásában, a celldömölki hagyományápolásban több évtizede élő módon van jelen.

Nagy tisztelettel emlékezünk DALA József helytörténészre, aki közel 40 éve indította el az Eötvös-hagyományok ápolását és tette azt mindmáig élővé Celldömölkön. Ugyanúgy tisztelettel emlékezünk HEGYI Dániel és

KOVÁCS Károly tanár urakra, akik kezdeményezése alapján 1991-ben elindulhatott a megyei szintű Eötvös Loránd fizikai tanulmányi verseny, a kiemelkedő tudós nevét 1972 óta viselő celldömölki iskolában.

Nagy szeretettel gondolunk ROZMÁN László magyar nyelv- és irodalomtanárra, aki 2007 augusztusáig a celldömölki Eötvös Loránd Általános Iskola igazgatójaként több mint tíz éven át lelkes motorja volt kimagasló elődünk szellemiségének ápolásában Celldömölkön és környékén. Munkája és a velük együtt dolgozó tanárok, szülők, segítők törekvése bizonyítja, hogy napjainkban is lehet pozitív példaképek felmutatásával eredményes oktató-nevelő tevékenységgel fejleszteni fiataljaink szellemi-lelki képességeit. Nagyrabecsülésünk és köszönetünk mindannyiuké.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének tárgyalótermének faláról EÖTVÖS Loránd nagyméretű arcképe tekint mindazokra, akik ott megfordulnak, dolgoznak. Természetes számunkra, hogy nap mint nap az ő felügyeletében, szellemi kontrolljában élünk. Érthető tehát, hogy különösen érzékenyen érintett minket a hír, hogy Celldömölk két szomszédos iskoláját, az Eötvös Loránd Általános Iskolát és a Gayer Gyula Általános Iskolát 2007 szeptemberétől összevont, de — tudomásunk szerint — név nélküli iskolaként üzemelteti tovább az önkormányzat. Reméljük, hogy a Ság hegy és vidéke fővárosában EÖTVÖS Loránd szellemisége tovább él egyrészt a tanulmányi verseny megmaradásában, másrészt az új iskola majdani elnevezésében is. Egyesületünk és alapítványunk örömmel ad meg minden tőle telhető segítséget az új iskolai vezetésnek is.

*Pályi András,
az MGE titkára*

HUNGEO–2008

Magyar földtudományi szakemberek IX. világtalálkozója

A FÖLD ÉVE–2008

A földtudományok az emberiségért a Kárpát-medencében

2008. augusztus 20–24.

<http://www.foldtan.hu>

<http://lazarus.elte.hu/hun/hungeo>

Helyszín: ELTE FFI, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

A Nemzetközi Földtudományi Unió (IUGS) és az UNESCO kezdeményezésére az ENSZ a 2008. évet „A Föld Évé”-vé nyilvánította, ennek jegyében kívánjuk megrendezni a HUNGEO Tudományos és Oktatási Program IX. Világtalálkozóját. Ezzel kívánunk hozzájárulni a FÖLD NEMZETKÖZI ÉVE programsorozathoz.

A találkozó házigazdája az ELTE FFI.

A találkozó rövid programja:

2007. augusztus 20. (szerda)	Érkezés, regisztrálás, beköszöntő parti, tűzijáték
2007. augusztus 21. (csütörtök)	Megnyitó, plenáris ülés
2007. augusztus 22. (péntek)	Szekcióülések, poszter bemutató

Szekciók:

„A”	A Föld mint globális rendszer (lito-, hidro-, atmo-, bioszféra)
„B”	Erőforrások, veszélyforrások
„C”	Települések és életminőség
„D”	A Föld és az élet — a Föld és az egészség
„E”	Földtudományi oktatás, ismeretterjesztés és élethosszig tartó tanulás
„F”	Az emberiség szolgálatában: alkalmazott földtudományok

2007. augusztus 23–24. (szombat–vasárnap)

Szakmai terepbejárás: A belső-kárpáti vulkáni koszorú

„A” kirándulás:

Augusztus 23. (szombat)

Budapest–Dobogókő–Esztergom–Visegrád–Szentendre–Budapest

„B” kirándulás:

Augusztus 23–24. (szombat–vasárnap)

1. nap: Budapest–Dobogókő–Esztergom–Párkány–Bény–Mohi–Léva

2. nap: Léva–Garamszentbenedek–Körmöcbánya–Selmezbánya–Ipolyság–Vác–Budapest

Jelentkezési lap és további információk a fenti honlapcímeken!

In Memoriam:

DR. SZABÓ GÉZA LEVENTE

1938–2007



2007. július 9-én tragikus hirtelenséggel elhunyt dr. SZABÓ Géza Levente, a Mecseki Ércbányászati Vállalat egykori kutatómérnöke, a Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar I. Belgyógyászati Klinikájának közel másfél évtizeden keresztül volt tudományos munkatársa, a Hevesy György és Zipernowsky Károly szakiskolák egykori informatika szakos tanára, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Fizikai-Kémiai Tanszéke, később Technológiai Tanszéke, a Nemzetvédelmi Egyetem Nukleáris Tanszéke, a Veszprémi Műszaki Egyetem és a Paksi Atomerőmű Zrt. szerett és nagyra becsült külső munkatársa.

SZABÓ Géza Levente 1938. február 25-én értelmiségi családban született Tiszacsegén. Édesanyja tanítónő, édesapja jogász volt. Általános iskolai tanulmányait Poroszlón végezte, érettségi bizonyítványát a hatvani gimnázium állította ki. A gyermek- és ifjúkori kollégiumi élményeihez kapcsolható egyszerű, egyenes gondolkodásmódot, a finom népies ízű humorral vegyített, mindig segítőkész, építő jellegű bíráló szellemét haláláig megőrizte. Az érettségét követően egy évet az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben dolgozott. Ezt követően a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem hallgatója lett. Itt a geológiai jellegű tárgyakon kívül öt félév matematikát (OBÁDOVICS tanítványaként), több félév fizikát, kémiát, geofizikát, elektrotechnikát, hat félév mechanikát is hallgatott — ezen tárgyakból is sikeresen szigorlatozott. 1962-ben bányageológus-mérnöki diplomát szerzett. Még ez évben családot alapított, felesége INCZE Judit. Két gyermekük született: leánya, Judit a református lelkészi pályát választotta, fia, Levente pedig apai indíttatás következtében mérnök lett. Gyermekei pályáját haláláig atyai szeretettel, odaadó gondoskodással követte figyelemmel, életpasztalatával, fia esetében kutatói tapasztalatainak kamatoztatásával is támogatta. Józan élet-szemlélete, nagy általános műveltsége lehetővé tette, hogy leánya pályáját — amely gyökeresen eltér az apjától — is sikeresen, nagy odaadással egyengesse.

1962-től 1991-ig, azaz a vállalat felszámolásáig a Pécsi Uránércbánya Vállalat (későbbiekben Mecseki Ércbányászati Vállalat) Kísérleti-Kutató és Automatizálási Üzem Radiometriai-Geofizikai Laboratóriumának főállású kutatómérnöke volt. Itteni tevékenysége gazdag, szerteágazó kutatói pályát mutatott. Nevéhez fűződik többek között az automatikus ércosztályozó „léptetett több mérőfejes mérőlánc és automatika” tervezése, kifejlesztése és egy új geometriájú, rácsos-ionizációs alfa-spektrometriás kamra megalkotása. Ez utóbbi eszközt rendkívüli érzékenysége, stabilitása miatt az újabb technikák (PIPS, PES-GC) mellett ma

is használja a nukleáris ipar, így a Paksi Atomerőmű Zrt. is. Eme alkotása és az alfaspektrumok számítógépes értékelése területén elért eredményeit összegző disszertációjának elismeréseként 1993-ban a Budapesti Műszaki Egyetem az „egyetemi fizikai kémia doktora” címet adományozta. Itteni tevékenységét fémjelzi számos új ipari uránelemzési és geofizikai eljárás (geo-áramok mérése és értékelése, emanációs együttható helyszíni mérése, ultrahangos közetvizsgálat, a felületi zárórteges és iondiffúziós detektorok alkalmazása a bányászat és ércfeldolgozás területén stb.) bevezetése, az alacsony aktivitásokat hordozó minták gamma-spektrometriás mérőmódszereinek honosítása és továbbfejlesztése is.

Az 1980-as években eleinte külső munkatársként, majd a 90-es években mint főállású kutató kapcsolódott be az I. sz. Belgyógyászati Klinikán folyó gyógyszerfejlesztési kutatómunkába. Számítástechnikai tevékenysége a klinikán átvált a számítástechnika Ti-59 korszakától, a Commodore korszakon keresztül, a Pentium IV. korszakig. Ez idő alatt szinte észrevétlenül a gyógyszervizsgálatok biometriai, kinetikai értékelésének avatott, nemzetközileg is elismert szakértőjévé vált. Nevéhez fűződik a LAN (Local Area Network) hálózat kifejlesztése és üzemeltetése, a BAR code-os biológiai mintagyűjtés és azonosítás kidolgozása, ill. meghonosítása a gyógyszervizsgálati programokban, analitikai műszerek számítógépes ellenőrzés alá helyezése (HPLC automatikus adatgyűjtés és értékelés, TRICARB teletype számítógépes kapcsolat), interface-ek tervezése és megalkotása. Munkáját fémjelzi számos farmakokinetikai, radio-farmakokinetikai, biohatékonysági vizsgálati értékelő szoftver megalkotása. Az itt eltöltött idő alatt tucatnyi gyógyszervizsgálat értékelésében vett rész aktívan. Napra kész szakmai tudása, alaposága, ügyeskedése következtében elvülhetetlen érdemei vannak a vizsgálóhely és laboratórium SOP (Standard Operation Procedure) rendszerének kialakításában, a vizsgálóhely akkreditálási eljárásának előkészítésében.

Az I. sz. Belklinikán elvégzett klinikai farmakológiai vizsgálatok farmakokinetikai eredményeinek az értékeléséhez hazánkban szinte egyedül értett. Megdöbbentő volt látni, hogy az óriási adattömeget milyen nemes egyszerűséggel szelídítette meg olyan adatsorokká, amelyet már a klinikus is meg tudott érteni. A legutolsó fázis I vizsgálat, amelyben részt vett és kinetikáját kiszámolta, az a szomatostatin antagonistá vegyület volt (amelyet éppen egyetemi kutatások alapoztak meg), e vegyületet a humán fázis II vizsgálat után a magyar kutató csoport – pénzügyi hiányok miatt – kénytelen volt külföldre eladni. Európában és

Amerikában minden szakember csodálkozott ezen kinetikai vizsgálatok kifogástalan elvégzése miatt. Így vált ő klinikánkon a klinikai farmakológiai vizsgálatok nélkülözhetetlen szakemberévé.

Elkötelezett oktató volt. Oktatói pályafutását a mindennapi óraadói tevékenységen túl (amelyet soha nem végzett előzetes, napi felkészülés nélkül) egyetemi jegyzet, jegyzetek lektorálása, TDK-dolgozatok és doktori iskolai konzulensi, valamint disszertációk rendszeres előbírálói tevékenysége, új oktatási és szemléltetési technikák bevezetése fémjelzi. Diákjai szerették. Gyakran felkeresték problémáikkal. Tudták, remélték, hogy a Tanár úr az ő személyes szakmai problémájuk területén is napra kész tudással rendelkezik. Gyakran így is volt. Ellenkező esetben a másnapi konzultáción oldódott meg a probléma. Növendéke nem is sejtette, hogy a megoldás előzménye egy átvirrasztott, át-olvasott éjszaka.

Szerény, magát soha nem előtérbe toló, sokoldalú, nagy általános műveltséggel, szakmájában napra kész tudással rendelkező, nyelveket tudó embernek ismertük. Kritikai megnyilvánulásai mindig jobbító szándékúak, de soha nem sértők voltak, amit sajátos népies humor is jellemzett egyúttal. Mint kolléga mindig maximálisan segítőkész volt. Üres székére tekintve felrémlik, amint mérőműszerrel, forrasztópákával a kezében egy elektronikus egységben matat, vagy egy hosszú print outban elmélyülten javítja a számítógépes programot. Ha ilyenkor kérdést intézett hozzá valaki, visszazökkentve őt a környező világba, azonnal készségesen igyekezett az illető problémájára megoldást találni. Néha a kérdező — rájőve, hogy illetlenül megzavarta a munkájában — szabadkozva mondta, hogy tulajdonképpen nem is olyan fontos a kérdés, csak csinálja tovább azt,

amibe belemerült. Erre szelíden mindig azt válaszolta, hogy dehogyan, nem fontos. Noked fontos, hisz azért kérdezted. És a konzultáció folyt tovább. Egy neki köszönhető sikert, vagy kimunkált invenciózus ötlet nyomán született megoldást honoráló munkatársi ujjongó gratulációt mindig, hangját fel sem emelve, a következőkkel hártotta el: „Ne vicceljete! Mintha ezért kapnám a fizetésemet, ezért alkalmaz a munkahelyem”.

Szerteágazó érdeklődésére jellemző, hogy fiatal korában aktívan birkózott, később az Ércbányásznál tekézett, ugyancsak az Ércbányász Egyesületben sakkozott. Olvasmányjaiban jól megfért a Nucleonics, a Nature, a Zavodszkaja Laboratorija mellett néhány rendszeresen megjelenő irodalmi folyóirat, történelmi, vagy hadtörténeti munka, zenei kiadvány is.

A halála előtti napokban még egy GLP konform laboratóriumi ellenőrző szoftver tervezésén, kivitelezésén dolgozott korát meghazudtoló lelkesedéssel és lendülettel. Terveinket egy, a zebrán felelőtlenül átbogó kisteherautó véglegesen tönkrezúzta. Ez a munka már nem készül el!

Kollégánk, barátunk! Emléked megőrizzük!

Emléked továbbra is fennmarad azokban az örök értékekben, amelyekben hittél, amelyeket hirdettél: a tisztességes, alapos munka becsületében, a napra kész szaktudás és széleskörű általános műveltség szükségességében, az önzetlen segítőkészségben, a nem megalkuvó, de mindig építő kritikai szellemben, amikor mi, akik ismertünk, szeretünk, becsültünk, már nem leszünk.

*Dr. Mózsik Gyula egyetemi tanár
Dr Past Tibor ny. tud. főmunkatárs*

PETŐCZ VIKTOR

(1930–2007)



2007. október 6-án hosszantartó, türelemmel viselt, súlyos betegsége megálljt parancsolt egy olyan kollégának, akit hite, szakmaszeretete mindig arra készítette, hogy sose álljon meg, sose adja fel, amíg az elkezdett munkát nem fejezte be. Utána jöttek az újabb feladatok, az újabb vállalások, de alapos tudással, nagy felkészültséggel minden rábízott kutatás–fejlesztési feladatot eredményesen zárt le.

Kollégánk 1930-ban született Pozsonyban, Csehszlovákiában. Sokoldalú képzettségének megfelelően először a Műszeripari Kutatóintézetben (MIKI), majd a Geofizikai Műszerek Gyárában (GMG) dolgozott tudományos munkatársként, illetve gyártmányvezetőként.

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetbe 1968-ban került, és a mélyfúrás–geofizikai elektromos műszerfejlesztés egyik meghatározó egyénisége lett. Részt vett és vezető szerepet játszott a spektrumfrekvenciás karotázisberendezés, a különböző laterolog szondák és indukciós műszerek fejlesztésében, a mérési eljárások kidolgozásában. E területeken végtett munkájának elismeréseként többször felteremtelt kitüntetést kapott.

Részt vett a kínai olajkutatási expedícióban, ezért 1958-ban Barátság Érdemrendet kapott, majd 1959-ben a CSU En-laj miniszterelnök által adományozott állami kitüntetés birtokosa lett.

Az ELGI-ben végzett kiváló kutató–fejlesztő munkájáért, amely nemcsak a hazai földtani kutatást, hanem a környező volt szocialista országokét is szolgálta, a Földtani Kutatás Kiváló Dolgozója kitüntetést kapta.

PETŐCZ Viktor emberi értékét az is mutatja, hogy nem volt haragosa, rosszakarója. Csapatmunkás volt, s vezetőként sem érezte hatalmát, hiszen mindent szolgálatként fogadott el.

Csendes, szerény ember volt, aki készségesen nyújtott segítséget kollégáinak.

Nyugdíjazása után sem szakadt el a szakmától.

Sokat segítette a volt baráti országok mélyfúrás geofizikusait az ELGI által korábban szállított műszerek, szondák működőképességének fenntartásában.

Szakmai elhivatottságát bizonyítja, hogy kutató–fejlesztő tevékenységét életének szinte utolsó napjáig folytatta.

Kedves Viktor!

Tisztelettel és nagyrabecsüléssel emlékezünk rád, nem felejtünk el.

Volt kollégáidként őszinte szívvel búcsúzunk és kívánjuk: nyugodj békében!

Dr. Baráth István

Rendezvénynaptár

2008. március		
2008. március 28–29.	Ifjú Szakemberek 37. Ankétja MFT–MGE közös rendezvény (www.isza2008.fw.hu)	Baja, Hotel Duna
2008. április		
2008. április 10. 14 óra	A magyar EAGE csoport klubnapja: dr. Csáková Dénes előadása az Európai Unió energiaellátottságáról	Budapest, ELGI
2008. április 13–18.	EGU European Geosciences Union, 2008. évi közgyűlés (meetings.copernicus.org/egu2008)	Bécs, Ausztria
2008. április 17–20.	A Föld Bolygó Nemzetközi Éve rendezvénye: a földtudományok bemutatkozása a nagyközönségnek	Budapest, MTTM (Ludovika)
2008. április 25. 11 óra	Eötvös Loránd sírjának hagyományos megkoszorúzása	Budapest, Fiumei úti temető
2008. április 25. 14 óra	A Magyar Geofizikusok Egyesületének évi rendes közgyűlése	Budapest, MTTM (Ludovika)
2008. április 28–29.	Inverziós Ankét	Miskolc, ME
2008. június		
2008. június 9–12.	EAGE, 70. évi közgyűlés és műszerkiállítás (www.eage.org)	Róma, Olaszország
2008. augusztus		
2008. augusztus 20–24.	HUNGEO-2008: a magyar földtudományi szakemberek IX. világtalálkozója	Budapest, ELTE
2008. szeptember		
2008. szeptember 15–17.	Near Surface 2008 — 14th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, EAGE – NSGD (www.eage.org)	Krakkó, Lengyelország
2008. szeptember 16–19.	Nemzetközi olaj- és gázipari konferencia, kiállítás (OMBKE, MOL Nyrt., SPE)	Siófok, Hotel Azúr
2008. szeptember 29–30.	EAGE, 1st CO ₂ Geological Storage Workshop (nemzetközi konferencia a széndioxid földtani környezetbe való eltemetéséről)	Budapest, MTA székház
2008. október		
2008. október 5–8.	Geofizika válaszüton — a Balkan Geophysical Society 5. kongresszusa	Belgrád, Szerbia
2009		
2009. június 8–11.	EAGE, 71. évi közgyűlés és műszerkiállítás (www.eage.org)	Amsterdam, Hollandia
2009. augusztus 23–30.	IAGA kongresszus (www.ggki.hu)	Sopron

MGE: Magyar Geofizikusok Egyesülete; MFT: Magyarhoni Földtani Társulat; GGKI: MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet, Sopron; EAGE: European Association of Geoscientists and Engineers; MTTM: Magyar Természettudományi Múzeum; NSGD: EAGE Near Surface Geoscience Division; IAGA: International Association of Geomagnetism and Aeronomy; EGU: European Geosciences Union; OMBKE: Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület

További részletek, referenciák a honlapról érhetők el (www.mageof.hu).

Kakas Kristóf

A 48. évfolyamban közölt szakcikk lektorainak névsora ABC szerint:

BODOKY Tamás
FALUS György
FANCSIK Tamás
GÖNCZ Gábor
GYÖRGY Lajos
GYULAI Ákos
KIS Károly
MÉSZÁROS Ferenc
PETHŐ Gábor
STEINER Ferenc
SZABÓ Zoltán
SZARKA László
SZÜCS Péter
TÓTH József
TÖRÖK Kálmán
ZILAHY-SEBESS László ifj.

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
