

Tisztelt Kollégák !..... 253

MGE

Az MGE közgyűlése elé —A Magyar Geofizikusokért alapítvány beszámolója az 1995. évi gazdálkodásról..... 256

EAGE

Változások a PACE-nél..... 260

SZAKCIKKEK

A geofizikai inverzióval nyert paraméterhibák meghatározása
Steiner Ferenc, Hajagos Béla..... 261

A szeizmikus mérések laterális felbontásának vizsgálata
Sípos József..... 279

A visegrádi királyi palota — egy archeomágneses esettanulmány
Márton Péter, Buzás Gergely, Szőke Mátyás..... 283

Refrakciós időadatok, felületi hullám diszperziós adatok és egyenáramú geoelektromos adatok joint inverziója
Kis Márta, Ahmed Amran..... 289

CIKKEK

Erőfeszítések a földrengések előrejelzésére — *Szeizdovitz Győző*..... 297

A geofizika alkalmazásának története a magyar vízkutatásban —
Draskovits Pál..... 304

HÍREK, BESZÁMOLÓK

Az ELGI 1995. évi költségvetési tevékenységének rövid összefoglalása
— Az MTA CLVII. rendes közgyűlése — Megalakult a Környezet-
védelmi és Mérnökgeofizikai Társaság európai szekciója — Beszámoló
a EEGS 1. konferenciájáról — Konferencia-hírek..... 310

36. évfolyam 4. szám



1995

CONTENTS

| | |
|---|------------|
| Foreword of the Editors..... | 253 |
| MGE (Association of Hungarian Geophysicists) | |
| News..... | 256 |
| EAGE (European Association of Geoscientists & Engineers)..... | 260 |
| Geophysical Papers | |
| Determination of the parameter errors <i>F. Steiner, B. Hajagos</i> | 261 |
| Investigation of the lateral resolution of seismic measurements <i>J. Sípos</i> | 279 |
| The Royal Palace of Visegrád — an archeomagnetic case history <i>P. Márton, G. Buzás, M. Szőke</i> | 283 |
| Joint inversion of refracted travel times, dispersion data of surface waves and DC geoelectric data sets <i>M. Kis, A. Amran</i> | 289 |
| Papers | |
| Efforts to predict the earthquakes — <i>Gy. Szeidovitz</i> | 297 |
| Historical review of the Hungarian water prospecting — <i>P. Draskovits</i> | 304 |
| News and Reports | 310 |

A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, illetve közölhetőségéért a felelősséget kizárólag a szerzők viselik.

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Eötvös Loránd Geofizikai Intézet

1145 Budapest, Kolumbusz u. 17–23.

Telefon: 252–4999

Felelős kiadó: dr. Bodoky Tamás igazgató

Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász Péter



Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél 1371 Budapest, Pf. 433., Telefon: 201–9815
Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer.

| |
|----------------------|
| Index: 26 507 |
|----------------------|

HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás

Szerkesztő: Tóth Lajos

Szerkesztőbizottság: dr. Ádám Oszkár, dr. Ferenczy László, Kakas Kristóf, dr. Kis Károly,
Verő László, Zelei András

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

Telefon: 201-9815

Tisztelt Kollégák !

**A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
ELNÖKSÉGE**

*Regena Lajosnak
a földtudomány doktorának*

KIEMELKEDŐ TUDOMÁNYOS ÉLETMŰVE ELISMERÉSÉUL
AZ 1992. ÉVBEN ALAPÍTOTT

Eötvös József koszorút

ADOMÁNYOZZA,
ÉS FELJOGOSÍTTJA A „LAUREATUS ACADEMIAE” CÍM VISELÉSÉRE

BUDAPEST, 1995. szeptember 3.



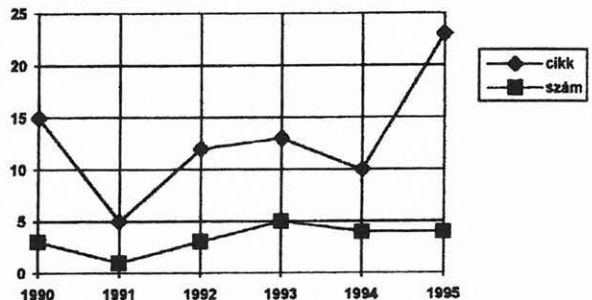
Ursányi Örnagy
ELNÖK

Őszintén gratulálunk!

EGY KIS STATISZTIKA

A 1994. évi soproni tudományos anketon, majd 1994 végén a Magyar Geofizikában többször próbálta szerkesztőségünk az Egyesület tagságát a Magyar Geofizika adta publikációs lehetőségek intenzívebb kihasználására bírni. Most, egy év múlva, az 1995-ös adatok birtokában örömmel jelenthetjük, hogy nem hiába! A vizsgált időszak, 1990–1995 során először fordult elő, hogy szerkesztőségünknek a szakcikkek bősége okozott — örömmel vállalt — gondot. Engedjék meg ezért, hogy újra közreadjuk az 1994. évi 4. számban közölt statisztikákat, immáron az 1995-ös adatokkal kiegészítve.

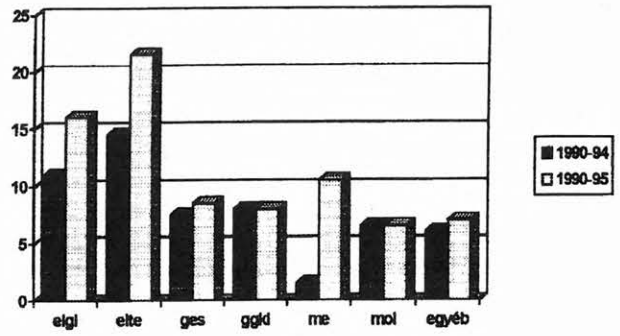
Hány szakcikk, illetve hány szám jelent meg a vizsgált periódusban?



Ez hat év alatt összesen 78, évi átlagban 13 (az 1994-es 11-gyel szemben) és számonkénti átlagban 3,9 (az 1994-es 3,43-mal szemben) megjelent cikket jelent. Egyesületünk taglétszáma jelenleg 600 körül mozog (a korábbi 800-zal, majd 700-zal szemben), így a tagok éves publikációs produktivitásának átlaga a Magyar Geofizikában a vizsgált hat év alapján megközelíti már a 0,02 cikk/tagtárs/év értéket (az 1994-es 0,016-dal szemben, korrekcióba véve a taglétszám változását is). Vagyis, ha tagtársaink átlagosan 40 évet töltenek el aktívan a szakmában, akkor 1996-ban *prognosztizálható átlagos életművük 0,8, azaz négyötöd magyar nyelvű szakcikk*. Ez az érték persze most sem éppen lenyűgöző, de a tavalyi 0,63-as értékhez képest örömteli javulást mutat.

Kik írják a szakcikkeket?

Ismét érdekes összehasonlítani a publikálási kedv (vagy lehetőségek!) alakulását a vizsgált időszakban a szakcikk lehetséges forráshelyei között. Nyilvánvaló, hogy a pálmát az egyetemi kutatóhelyek viszik el, az 1995-ös év során legtöbb cikket publikáló Miskolci Egyetem például egyetlen év alatt a diagram utolsó helyéről a harmadikra ugrott, míg az ELTE biztosan tartja vezető pozícióját továbbra is.



Az egyetemek jó statisztikájában azonban — és ezt szeretném hangsúlyozni — *jelentős szerepe volt az MGE Ifjúsági Bizottságának*, illetve az Ifjúsági Bizottság vezetőinek, akik megszervezték, hogy az Ifjúsági Ankét erre érdemes előadásai valóban elkészüljenek cikk formájában is. Ezt a Szerkesztőség nevében köszönjük nekik.

Őszintén remélve, hogy az 1995-ös lendület nem törik meg a következő évben sem, kívánunk kedves tagtársainknak jó szerencsét! A Szerkesztőség nevében

Bodoky Tamás

MEA CULPA,

Mea maxima culpa...

1995. évi harmadik számunkban, FANCSIK Tamás cikkében „sikerült” bebizonyítani, hogy még mindig nem vagyunk védettek a hibák ellen. Sőt, amire még nem volt példa, „rajzos” Mea culpával kell kollégánktól elnézést kérni.

Tehát szépen sorjában haladva:

- A 216. oldal bal oldali hasábjának alján szereplő három sornyi képletet némileg áttördeltük. A két képlet helyesen:

$$(\lambda + 2\mu)\text{grad}\Delta\varphi = \text{grad}[(\lambda + 2\mu)\Delta\varphi] - \Delta\varphi\text{grad}(\lambda + 2\mu)$$

$$\text{rot}(\text{grad}\varphi \times \text{grad}\mu) = \text{grad}\varphi\Delta\mu - \text{grad}\mu\Delta\varphi + (\text{grad}\mu, \text{grad})\text{grad}\varphi - (\text{grad}\varphi, \text{grad})\text{grad}\mu.$$

- A 217. oldalon, a (11a) képlet környékén nem ismertük föl, hogy az ott szereplő φ -k bizony Φ -k. Ezért a (11) képlet utáni rész helyesen: „A fázist $\Phi(x)$ -szel jelölve — ugyanarról a hullámról lévén szó — a $v(x)$ és $r(x)$ függvényekre

$$\begin{aligned} v &\approx e^{i\Phi(x)} \\ r &\approx e^{i\Phi(x)} \end{aligned} \quad (11a)$$

összefüggések érvényesek, ahonnan nulladik közelítésben

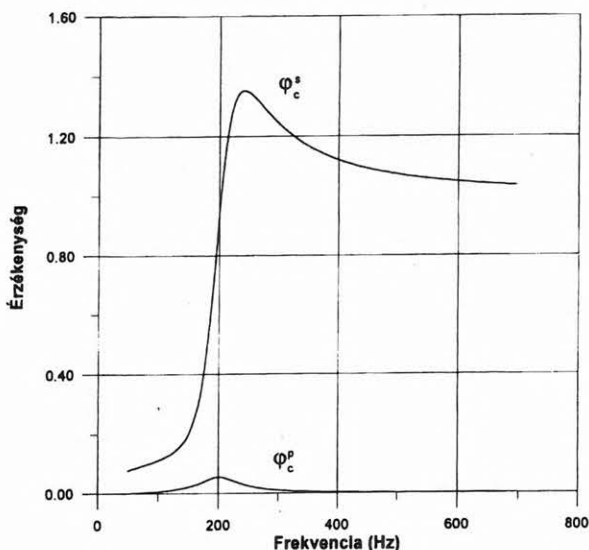
$$\begin{aligned} \frac{1}{w} \left(\frac{d^2 w}{dz^2} + \omega^2 s_\alpha^2 w \right) &= \left(\frac{d\Phi}{dx} \right)^2 = \omega^2 s^2(x) \\ \frac{1}{u} \left(\frac{d^2 u}{dz^2} + \omega^2 s_\beta^2 u \right) &= \left(\frac{d\Phi}{dx} \right)^2 = \omega^2 s^2(x) \end{aligned}$$

egyenletek adódnak.” (Tovább változtatlan.)

- A 218. oldalon a (15) képlet helyesen:

$$\Lambda_{n+1}(d_n)\mathbf{Q}_{n+1}\vec{v}_{n+1} = \Lambda_n(d_n)\mathbf{Q}_n\vec{v}_n, \quad (15)$$

- Végezetül, az egész megkoronázásaképpen: A 4. ábrára valamiért pikkelhettünk, mert a jó aláírás fölé megismételtük a 3. ábrát (ami tehát kétszer is szerepel, a 4. pedig egyszer sem). Íme tehát a jó 4. ábra, a hozzá tartozó aláírással:



4. ábra. Fázissebesség érzékenysége a telep transzverzális (φ_c^s) és longitudinális (φ_c^p) hullámsebességeire

Fig. 4. Parameter sensitivity in the case of shear (φ_c^s) and longitudinal (φ_c^p) velocity

Tisztelt Kollégák, ez négy fekete pont, azt hiszem, egész szép gyűjtemény. Ezek azok a hibák, amelyeket beletettünk, de nem vettünk ki. (Hiszen amiket — többé-kevésbé időben — észrevettünk és kijavítottunk, azokról már nem szól a krónika.) Jó lenne ezt a szép termést hosszú időre beosztani. A minél távolabbi Mea culpa reményében bízva kérünk még egyszer elnézést a szerző FANCSIK Tamástól és valamennyi Olvasónktól.

Tóth Lajos

ÁLLÁSLEHETŐSÉG FIATAL SZAKEMBEREKNEK

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI, 1145 Budapest, Kolumbusz utca 17-23., telefon: 252-4999) az olyan frissen vagy néhány éve végzett szakemberek számára, akik szívesen dolgoznának az obszervatóriumi munkákat is magukban foglaló általános geofizikai kutatások, illetve az esetenként terepi munkával is járó alkalmazott geofizikai kutatások terén,

álláslehetőséget kínál.

Az alkalmazás feltétele szakirányú — geofizikusi, geofizikus mérnöki, geológusi, fizikusi, matematika-fizika szakos tanári stb. — diploma. Előnyt jelent doktori képzésben történt részvétel, idegen nyelvből, illetve nyelvekből szerzett állami nyelvvizsga és a diplomát kiadó egyetem, illetve tanszék jó véleménye.

Az Intézet költségvetési szerv, alkalmazottai közalkalmazottak, így kutatói kereseti lehetőségeit a közalkalmazotti bértáblázat határozza meg.

Az érdeklődők keressék JÁNVÁRI Jánost, a Kutatásszervezési Főosztály vezetőjét (184-2113), HEGYMEGI Lászlót, a Földfizikai és Obszervatóriumi Főosztály vezetőjét (184-3302), és/vagy TAKÁCS Ernőt, a Geofizikai Kutatási Főosztály vezetőjét (183-6533).

AZ MGE KÖZGYŰLÉSE ELÉ

1996. április 12-én a Magyar Geofizikusok Egyesülete nemcsak egy egyszerű éves közgyűlést tart, hanem az éves beszámolón túl mód van egy hosszabb, hároméves ciklusra is visszatekinteni. Az alapszabályunknak megfelelő, háromévenként esedékes tisztségviselő-választások lebonyolítása után vagyunk, remélhetőleg tagságunk és az új vezetőség hasznosítani tudja a megfogalmazandó észrevételeket, tapasztalatokat, következtetéseket. Beszámolómat a szakosztályok elnökeinek részletes jelentései alapján állítottam össze, ehhez igyekeztem hozzátenni saját gondolataimat.

A geofizikus szakma és az egyesületi tevékenység helyzete

Közhelyszerűen hangzik, hogy szakmánk nincs könnyű helyzetben. Az utóbbi években számos bányára zárta be kapuit, ennek következtében sok, nyersanyagkutatással kapcsolatos munkahely szűnt meg. Jelentős átszervezések, illetve leépítések voltak a földtannal, geofizikai kutatással kapcsolatos egyéb intézményeknél, vállalatoknál is. Számos kollégánk vált munkanélkülivé, sokan kényszerültek a pálya ideiglenes vagy végleges elhagyására. A talpon maradt cégek is keserves küzdelmet folytatnak fennmaradásukért a nyílttá és kíméletlenné váló piaci viszonyok között. Reméljük, hogy ilyen körülmények között felértékelődik az egyéni tudás, kezdeményezőképeség, kreativitás és vállalkozói készség. Nyilvánvaló, hogy a szakma műveléséhez ezekre az erényekre fokozódó mértékben szükség lesz és remélhető, hogy ez hosszabb távon pozitív szelekciót fog eredményezni. Büszkék lehetünk rá ugyanakkor, hogy több magyar geofizikai szerviz vállalat tudott külföldi munkákat megszerezni, és a múlt évben Magyarországon megjelent külföldi olajvállalatoktól is nyertek el és kiviteleztek jelentős munkákat a megrendelők megelégedésére, ezzel is öregbítve a magyar geofizika jó hírnevét.

A vázolt körülmények hatással voltak egyesületünk életére is, mely különféle helyzetben levő cégek zömmel geofizikus alkalmazottainak szakmai

képviselőjét van hivatva ellátni. A tagság egyesületi aktivitását természetesen korlátozza a munkahelyi feladataik ellátása, de a színvonalas egyesületi munka a munkaadókkal is beláttathatja: nem engedhetik meg maguknak azt, hogy alkalmazottaikat szakmai fejlődésükben gátolják és ne engedjék el őket az egyesületi rendezvényekre... A tagság létszáma és aktivitása az elmúlt években némileg csökkent, de ez a folyamat lassulni látszik és remélhetőleg a tendencia nem folytatódik. Reméljük, hogy az új körülményeknek megfelelően kialakul egy új egyensúlyi állapot. A statisztikai adatokat itt nem részletezem, de a nehézségek ellenére a területi csoportokban és szakosztályokban a munka az elmúlt időszakban is rendszeresen folyt és a nagyobb rendezvények is kifejezetten sikeresek voltak. Öröndetesen bővültek tagtársaink külföldi kapcsolatai és sokan voltak aktívak egyéb társegyesületek rendezvényein is. Az egyesületi és külföldi rendezvényeken kifejtett aktivitásukért elsősorban az ELGI és a MOL Rt. geofizikusait illeti dicséret.

Az egyesületi tevékenység egyik legnagyobb lehetséges haszna a határos szakterületek integrálása és a köztük folyó információáramlás segítése. E területen ki kell emelni a Szénhidrogén Szakosztály tevékenységét, mely számos nagy látogatottságú, sikeres rendezvényt mutatott fel az elmúlt néhány év alatt.

Pályakezdő fiatalok helyzete

Szomorú tény, hogy a Miskolci Egyetemen és az Eötvös Loránd Tudományegyetemen végzett geofizikusok közül viszonylag kevesen tudnak elhelyezkedni a szakmán belül. Az még szomorúbb, hogy sok esetben az ilyen cégeknél kapott szerény anyagi elismerés az, ami nem kellően vonzó... Nem az akkori viszonyokat kívánám idealizálni, de szeretném megemlíteni édesapám esetét, aki a harmincas évek derekán, friss általános mérnöki diplomájával két évig „inséges mérnökként” illetmény nélkül dolgozott, mielőtt státuszt és fizetést kapott volna. Ezt a mai szemmel talán mosolyogtatóan hangzó esetet

azért mondom el, mert egyáltalán nem vicc. Általánosságban igaz, hogy ha a nehéz körülményekhez való alkalmazkodásról és az egzisztencia kemény munkával való megalapozásáról esik szó, akkor reményei és esélyei elsősorban a most pályakezdő fiataloknak lehetnek...

Az évente megrendezett Ifjúsági Ankétjaink mindegyikére sikeresek és ez elsősorban az egyetemek jó munkáját dicséri. A 80-as évektől kezdve jelentősen nőtt annak lehetősége, hogy a fiatal szakemberek külföldi szakmai gyakorlatot szerezzenek. Elmondhatjuk, hogy ilyen tapasztalatok itthon is javítják az elhelyezkedési esélyeket. A jövőt viszont nem feltétlenül érdemes (csak) nagy cégek alkalmazotataként elképzelni, elsősorban a környezeti geofizika területén remélhető, hogy kis cégek is számos szakembernek fognak tudni munkát adni.

Nyugdíjas kollégáink helyzete

Nem akarok közhelyeket ismételni, a nyugdíjasok helyzete közismert. Arra buzdíthatjuk kollégáinkat, hogy nyugalomba vonulásuk után maradjanak az Egyesület tagjai. A rendezvények látogatásával megőrizhetik, ápolhatják emberi és szakmai kapcsolataikat. Több egyesületi rendezvény és kirándulás kifejezetten az ő számukra szerveződik. Dicsekvés nélkül elmondhatjuk, hogy ezek a rendezvények kellemsre, jóra szoktak sikerülni. Végül, de nem utolsósorban említtem meg, hogy az Egyesület Magyar Geofizikusokért Alapítványa — ha szerény mértékben is — de képes anyagilag is segíteni idősebb vagy nehéz helyzetben levő kollégáinkon. Megható, hogy sok idős és tényleg nagyon nehéz körülmények között élő tagtársunk emberi tartásból és büszkeségből nem hajlandó magától kérni és igénybe venni ezeket a lehetőségeket. Minden tagtársunkat kérem, hogy ha ilyen rászorult kollégáról vagy hozzátartozójáról tud, tartsa kötelességének az Alapítvány informálását.

Az egyesületi munkáról, további teendőkről

Az Egyesület munkájának értékelésénél minde-

nekelőtt a területi csoportok és szakosztályok munkáját kell kiemelni. Látnunk kell, hogy az Egyesület legfontosabb feladata a szakmai közélet és a szakmai ismeretterjesztés fenntartása, és ez éppen a szakosztályi rendezvényeken, konferenciákon és nem utolsósorban az Egyesület lapjának, a Magyar Geofizikának a kiadásában valósul meg. Az információáramlás és szakmai továbbképzés fontosságára az világít rá a legjobban, hogy az elmúlt években minden ilyen tanulási és továbbképzési lehetőség jelentősen megdrágult, illetve a piaci szférába került. A jövőben tudatosabban kell törekednünk az Európai Geofizikai Egyesület (EAGE) ilyen célokra megkapható támogatásainak elnyerésére, és a hazai cégek teherbíró képességének megfelelő „önköltséges” alapú továbbképzések szervezésére.

Végül szeretném hangsúlyozni, hogy a szakma korábban említett nehézségei ellenére sem szabad elvesztenünk önbecsülésünket, sőt, még szívósabban kell dolgoznunk azon, hogy a közvélemény is megtudja és elismerje, hogy a jólétünk számára nélkülözhetetlen nyersanyagokat csak a mindenkori csúcstechnológiákat alkalmazó kutatással lehet megtalálni.

Ezúton szeretném megköszönni minden tagtársunk, választott tisztségviselőnk és alkalmazottunk részvételét az Egyesület munkájában. További, minél aktívabb részvételükhöz jó erőt, egészséget kívánok. Külön köszönetet mondok a befizetett egyéni tagdíjakért és az egyesületük munkáját jogi tagdíjjal támogató intézményeknek, a MOL Rt.-nek, a GES, Geoinform és Geopard Kft.-knek.

Kérem, hogy tagtársaink minél nagyobb számban tiszteljék meg jelenlétükkel az Egyesület közgyűlését, és azt a szakmai-emberi közösséget, melynek maguk is tagjai. Ne gondolják soha, hogy saját (köz)ügyeinket valaki más is elintézi helyettünk. Arra is buzdítanék minden tagtársunkat, hogy szóban vagy írásban jelezzék, ha az Egyesület segíthet valamilyen szakmai-munkahelyi problémájuk megoldásában.

*Késmárky István
leköszönő elnök*

A MAGYAR GEOFIZIKUSOKÉRT ALAPÍTVÁNY BESZÁMOLÓJA AZ 1995. ÉVI GAZDÁLKODÁSRÓL

Kedves Kollégák!

Ismét egy választási ciklus végére értünk. Ezért engedjék meg, hogy a szokásos évi beszámolón túl egy kicsit áttekintsük az Alapítvány 6 éves történetét, eredményeit. Az Alapítványt a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1990. április 6-án hozta létre 300 000 Ft-os alaptőkével. Mint ismeretes, az alapító szándéka szerint elsősorban a fiatal kutatók tudományos fejlődését és a szociális problémákkal küzdőket kívánjuk támogatni. A Kuratórium, amelyet hároméves ciklusokra választanak, ezt a feladatot igyekezett teljesíteni. Jóleső érzéssel mondhatjuk, hogy a feltételeknek megfelelő pályázatok közül eddig még egyet sem kellett elutasítani pénzhiány miatt. A szociális támogatások kezelésénél először is megkíséreltük felderíteni a rászorulókat. Ez nem könnyű feladat, mert egyrészt a mi egyesületünknek sokszor tisztességben megőszült, sok esetben egykor vezető beosztású és köztisztviselőként álló „szegényei” az országos átlagnál sokkal szerényebbek, szembemesebbek és így csak közvetítők segítségével szerezhetünk tudomást szomorú sorsokról. Másrészt tudjuk, hogy a segítség nagyobb is lehetne, de itt a pénzügyi lehetőségeken túl figyelniünk kell a törvényekre is, mert adómentes szociális segélyben csak a létminimum alatt élőket részesíthetjük. Mindezek mellett most is, ezen a helyen is kérjük tagtársaink figyelmességét, segítségét a rászorulókat felderítésében.

Az Alapítvány anyagi helyzetének alakulását illetően szeretnénk néhány adatot közölni.

Kezdetben az alaptőkének, azaz az alapítványi célokra befizetett támogatásoknak az alakulását igyekeztünk követni, hiszen az alapító szándéka és a Kuratórium „működési szabályzata” szerint a tőke hozadéka osztható fel évente. A hozadékot az elmúlt hat év során általában nem merítettük ki, így „vagyunkunk” ma nagyobb, mint az Alapítványba befizetett támogatások összege. Ennek ellenére azért mégis jellemző adat az Alapítványba a természetes és jogi személyek által befizetett támogatások összegének alakulása. Ez tehát a következő:

| | |
|-----------------|-----------|
| 1991. januárban | 2,75 MFt |
| 1992. januárban | 5,75 MFt |
| 1993. januárban | 6,51 MFt |
| 1994. januárban | 6,83 MFt |
| 1995. januárban | 7,23 MFt |
| 1996. januárban | 7,59 MFt. |

Az adatokból az látszik, hogy 1993 óta a növekmény szerényebb, mert a geofizikusokat foglalkoztató intézmények helyzete is nehéz lett vagy ellehetetlenült, ezenkívül az állami intézmények számára a törvény is tiltja az alapítványok támogatását. A növekmény az utóbbi években elsősorban a Magyar Geofizikusok Egyesületétől és magánemberektől származik.

A magas kamatoknak és a teljesen ki nem merített éves hozadékoknak megfelelően az alaptőkéjénél jóval magasabb a tényleges pénzkészlet.

Erre jellemző az utolsó három év adata is, amely szerint a támogatások és a kamatok együttes, (bankban, pénztárban elhelyezett) ténylegesen létező pénzüsszege a következőképp alakult:

| | |
|---------------|------------|
| 1994. január | 10 MFt |
| 1995. március | 11,5 MFt |
| 1996. január | 12,48 MFt. |

Az Alapítvány vagyona tehát jobban növekedett az eddig eltelt hat évben, mint az Alapítványba befizetett támogatások összege.

A bevételekről és a kiadásokról minden évben részletesen is beszámoltunk. Engedjék meg, hogy most megtegyük ezt az 1995-ös évre vonatkozóan is.

AZ 1995. ÉVI BEVÉTELEK

1. Támogatások:

| | |
|--------------------------------|------------|
| Magyar Geofizikusok Egyesülete | 300 000 Ft |
| KÉSMÁRKY István | 30 000 Ft |
| dr. VINCZE Tamás | 13 000 Ft |
| dr. SZALÓKI István | 12 000 Ft |
| SOMFAI Attila | 6 000 Ft |
| BEKE Balázs | 2 500 Ft |
| Anonim személy | 10 000 Ft |
| Összesen: | 373 500 Ft |

2. Kamatbevételek:

| | |
|-------------------------------|--------------|
| Értékpapírok után | 2 630 603 Ft |
| Folyószámla után | 490 805 Ft |
| Összesen: | 3 121 408 Ft |
| 1995. évi bevételek összesen: | 3 494 908 Ft |

1995. ÉVI KIADÁSOK

| | | |
|--|-----------|----|
| Szociális támogatás | 615 000 | Ft |
| Ösztöndíj (UNGER Zoltán) | 140 000 | Ft |
| Ifjúsági Ankét | 107 500 | Ft |
| Legjobb szakcikkek | 45 000 | Ft |
| Konferencia támogatások | | |
| — Zürich GAP találkozók (egyetemisták) | 83 116 | Ft |
| — IUGG XXI. konf. : PAPP Gábor | 107 940 | Ft |
| — IUGG XXI. konf. : ZIEGER Bertalan | 107 040 | Ft |
| — Strassbourg: GERNER Péter, BADA Gábor | 100 000 | Ft |
| — Torino (EGS): SÓRÉS László, CSALAGOVITS Imre | 59 066 | Ft |
| — DGG Vándorgyűlés: PLANK Zsuzsa | 40 000 | Ft |
| Szenior kirándulás és klub-délután | 80 834,50 | Ft |
| Bankköltség, bizományosi jutalék | 71 888 | Ft |
| Egyéb költségek (posta, adminisztráció stb.) | 97 517 | Ft |

1995. évi kiadások összesen: 1 654 901,50 Ft

Ezt a kiadást összevethetjük egyrészt a tervezett kiadásokkal, amelyet a Kuratórium 1995. I. negyedévi ülésén határozott meg és ami a Magyar Geofizika 1995. évi 1. számának 7. oldalán láthatóan 2 207 000 Ft volt. Ebből tehát megállapíthatjuk, hogy megtakarítást értünk el. A megtakarítás első sorban abból származik, hogy az 1 MFt-ra tervezett konferencia-költségeknek csak közel a felét használtuk fel. Itt egy olyan tendencia figyelhető meg, hogy a szakma a nagy létszámcsökkentések és intézmények megszűnése következtében „előregszik”. A mi esetünkben egyre több az olyan igény, amit a 35 éves korhatár miatt kell elutasítanunk. Meg kell jegyeznünk, hogy ezzel a problémával az „alapító” Egyesületünk foglalkozott és szerette volna módosítani az Alapító Okiratot. A jelenlegi törvények szerint azonban erre nincs mód.

Másrészt 1995. évi kiadásainkat összevethetjük 1994. évi kamatbevételünkkel, ami 1 817 341 Ft volt, hiszen lényegében ez az, amit szigorúan véve szétoszthattunk volna.

Ez a szám szintén azt mutatja, hogy megtakarításunk van.

Szólnunk kell arról is, hogy Kuratóriumunknak tudatos törekvése is volt, hogy a bankokban elhelyezett pénzeszközökkel úgy gazdálkodjon, hogy az alaptőke lehetőleg növekedjen, hiszen ha az infláció mérséklődik és a kamatok kisebbek lesznek, akkor a felhasználható keretösszeg is csökken. Gondoljunk bele, hogy ha a kamatok 5%-ra csökkennének, a jelenlegi törzstőke mellett a hozadék alig több mint 0,5 MFt lenne csak, ami az 1995. évi utazási igényeket fedezhetné, de egy fillér sem jutna szociális támogatásra, vagy fordítva.

Az 1996-os évre az 1995. évi kamatbevételek 3,1 MFt kiadás tervezését teszik lehetővé, amit az előbbi indokok miatt talán nem lenne célszerű mind felhasználni. A Kuratórium jelenlegi tagjai azonban úgy gondolják, hogy az 1996-os költségek megtervezésére az újonnan megválasztandó Kuratóriumnak lenne erkölcsi alapja, akiknek így a megalakulásuk utáni egyik első feladata éppen az 1996. évi költségvetés elkészítése lesz.

Befejezésül a Kuratórium leköszönő tagjai — dr. ACZÉL Etelka, dr. HORVÁTH Ferenc, dr. MÁRCZ Ferenc, MIKLÓS Gergely, NAGY Zoltán, dr. NEMESI László, PAULIK Dezső, RENNER János és dr. TAKÁCS Ernő — megköszönjük az Önök bizalmát, aminek szerettünk volna megfelelni. Köszönjük az Önök nevében is az adományozók áldozatkészségét, ami a mai gazdasági körülmények között különösen figyelemre méltó.

Végül engedjék meg, hogy felhívjuk szíves figyelmüket az Egyesületünk Titkárságán kapható csekkekre, amelyeken az Alapítvány céljaira befizethetnek. Reméljük, lesznek olyan új, szárnyaikat bontogató geofizikai kft.-k, vállalkozások és magán-személyek is, akiknek módjuk lesz adományokra.

Ezeken túl, nyilvánvalóan az új Kuratórium is szívesen veszi majd javaslatokat, kritikájakat, hiszen közvetve vagy közvetlenül az Önök pénzével gazdálkodik.

Budapest, 1996 februárjában

Nemesi László,
a leköszönő Kuratórium elnöke

VÁLTOZÁSOK A PACE-NÉL

Az egykori EAEG PACE alapítványának első hároméves ciklusa és kuratóriumának megbízatása 1996. február 5-én lejárt. Az új egyesület — az EAGE — anyagi megfontolásokból az alapítványt ezenkívül az EAGE egy bizottságaként kívánja tovább működtetni. Az EAGE elnöksége a bizottság vezetésével a következő három évre Gerd ZUNKE-t bízta meg, bizottsági tagként való részvételre pedig

az általunk 1985 óta jól ismert Wim GOUDSWAARD-ot és BODOKY Tamást, a geofizikai divízió távozó elnökét kérte fel.

A pályázók számára az alapítvány bizottsággá alakulása a jövőben semmi változást nem jelent, a támogatások rendszere változás nélkül működik tovább.

Bodoky Tamás

KÖNYVISMERTETÉS

Kázmér Miklós: Angol-magyar geológiai szótár
(Eötvös Kiadó, 1995. 420 oldal)

A valóban hézagpótló könyv 17 207 szót és szókapcsolatot tartalmaz. Beosztása nagyon célszerű: az angol—magyar részt magyar—angol mutató követi; ennek segítségével a könyv magyar—angol szótárként is használható. Van még a kötetben — a bevezetés, tájékoztató és a forrásmunkák jegyzéke mellett — egy angol betűszó-dekódoló, ez is igen hasznos.

Úgy vélem, hogy igazán korszerű, gondos munka. Jó, hogy nem sokat magyaráz, szakembernek szól, a *moho* magyarul is *moho* és nem a Mohorovičićről elnevezett szeizmikus diszkontinuitás a kéreg—köpeny határon, a *moldavite* nem tektit-féleség, hanem magyarul is moldavit. A könyv kiállítása is jó, nem fog szétesni hosszabb használat után sem.

Néhány kisebb megjegyzés:

- Némileg pontatlanok: *reflectivity* (ez nem *reflexió*), *terrane* (a *fragmentum* és a *terrénum* fordítások nem fejezik ki a *terrán* földtani fogalmát), *metakaolinite* és *metakaolin* (magyarul nem lehet azonosan *metakaolinit*), *artesian water* (ez nem mindig *rétegvíz*, hanem *artézi víz*. A *rétegvíz* = *confined water*

vagy *connate water*, továbbá a *connate water* nem pontos a *fosszilis víz*.)

- Hiányzanak: *földi ellipszoid*, *water regime* (*balance van*), *stishovite*, *primitive pyrolite*, *fractal*, *exposure age*, *aspect ratio*, *merkurometria*, *borometria*, *scintillometria*, *metallometria*. Ha szerepel a DFG, akkor több más fontos szervezet (*Science Foundation*, *PHARE* stb.) is kell. *Bright spot*, *delay time*, *ghost* és több más szeizmikus szakkifejezés hiányzik, de azért a geofizika kellőképpen reprezentálva van.

- Feleslegesnek tűnő szavak: *geothermal energy*, *soil science*, *Milankovich theory*, *Coriolis effect* (nem ide való), *world ocean*, *meta-* (=meta-), *meta-autonite*. A *COCORP*, *DECORP* helyett az általánosabb *DSS* (és *DSP*) kellene, ez viszont hiányzik.

E megjegyzések inkább azt tükrözik, hogy milyen nehéz volt némi kritizáló anyagot kigyűjtenem.

Jó könyv. Érdemes megvenni.

Stegena Lajos

A geofizikai inverzióval nyert paraméterhibák meghatározása, ha az inverziót egyrészt tetszőleges mérési hibatípus esetére, másrészt a reziduálok tetszőleges normája abszolút minimumhelyének globális optimalizációval történő meghatározásával hajtjuk végre¹

A módszer részletes bemutatása gravitációs környezetgeofizikai modellre, a mérések Tarantola-hibájára és a P_C -norma alkalmazására történik

STEINER FERENC², HAJAGOS BÉLA²

Az univerzális gravitációs állandó különböző munkacsoportok által meghatározott értékeinek különbsége egy egész nagyságrenddel is nagyobb lehet, mint az egyes szerzők által a saját mérési eredményükre becsült hibák. Különös élességgel veti fel ez a körülmény azt, hogy az inverzió hibaviszonyainak vizsgálatát megelőzően mindenekelőtt olyan hibajellemző alkalmazásában kell megállapodnunk, amely hibatípustól függetlenül megbízhatóan alkalmazható. Az elővezetett 12 lehetőség közül a Q interszextilis félterjedelem több szempont szerint is megfelelőnek mutatkozik (és ráadásul a Gauss-hibatípus esetén értéke csaknem azonos a szórás értékével, így a megszokott klasszikus statisztikához ezzel a köldökzsinórral csatlakozik).

A tetszőleges reziduál-norma globális minimalizálásával, tetszőleges mérési hibatípusú környezetben végrehajtott geofizikai inverzióknak az eredményei (pl. gravitációs modell geometriai paraméter értékei) nyilván hibával terheltek, azonban az adott premisszák esetére jelenleg a matematika még nem szolgáltat olyan elegáns lehetőséget a modellparaméter-hibák meghatározására, mint az L_2 -normára épülő klasszikus statisztika nyújt a szokásosan elfogadott (de ritkán teljesülő) premisszák mellett. A dolgozat szerzői jól definiált Monte Carlo-módszert javasolnak a meghatározott paraméter értékek hibáinak a meghatározására, a fenti értelemben felfogott általános geofizikai inverzió esetére.

F. STEINER, B. HAJAGOS: Determination of the parameter errors (demonstrated on a gravimetric example) if the geophysical inversion is carried out as the global minimization of arbitrary norms (demonstrated by the P_C norm)

It seems to be unavoidable to accept leastways in the geosciences a new error-characteristic instead of the scatter (standard deviation) to exclude e.g. in the practice of inversion such crass contradictions (see Fig. 1) which are at least partly due to the error determination method of the classical statistics. From the presented 12 possibilities the semi-intersextile range (Q) was chosen and used by the authors for characterize the errors of model parameters gained by general statistical inversion methods. As for the errors of the gravimetrically measured g_i values Tarantola type (i.e., Cauchy type) was supposed (Tarantola: "the Cauchy function"... "seems to be adequate for modelling suspected outliers by an unknown amount"), the global minimization of the P_C norm of the X_i residuals was applied as inversion method. The nowadays not yet reachable measuring accuracy figuring in the paper has no influence to the conclusions but the authors strived after such presentation of the proposed method and of the results which are as simple as possible, see e.g. the extreme simplicity of expression (11) which is to be minimized in such circumstances. Unfortunately, for arbitrary type of measuring errors and for arbitrary residual norms as yet not any mathematical method is available (to make clear the difficulties: even the error distribution types of the estimates for different model parameters figuring in a single inversion can differ from each other significantly). The Monte Carlo method proposed by the authors for the error determination of inversion results is generally applicable.

¹ Elhangzott a MGE Általános Geofizikai Szakosztálya Tudományos Anktáján, Miskolcon 1995. december 12-én. (A szerzők a tisztelt olvasó kollégák megértését kéri azért, hogy a dolgozaton néhol túlságosan érezhető az előadásszöveg jelleg, mivel nem tettünk elegendő lépést annak érdekében, hogy a dolgozatok — pardon: dolgozataink — szövegezésének egyébként megszokott szűrkeségi szintjét elérjük.)

² Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

A gravitációs körökben közismert BARTA és HARJÓSY [1985, 1986] cikk egyik elgondolkodtató ábráján ugyanarra az univerzális állandóra (nevezetesen az általános tömegvonzás konstansára) három szerzőtől látunk eredményeket, hibaintervallumokkal együtt. A három hibaintervallumnak egyetlen közös pontja sincs, amiből megrendülten értesülünk, statisztikai szemszögből értékelve a situációt, hogy a konvencionális hibaszámítást elfogadva teljesen abszurd helyzetekkel is szembesülhetünk. VARGA Péter igazgató úr jóvoltából, aki egyik szakmai konzultációnk során újabb mérési eredmények leleghelyére, CHEN és COOK [1993]-ra hívta fel figyelmet, módomban van most egy analóg, és még részletesebb ábra bemutatására, négy szerző eredményei alapján, akik ugyancsak az általános tömegvonzás állandójának meghatározását tűzték ki célul (1. ábra). Az 1. ábra alapján könnyű megállapítani,

Az 1. ábrán eredményeikkel szereplő kutatók vagy csapatok nyilván levezetett mennyiségként számították az univerzális gravitációs állandó értékét. Ennek leg egyszerűbb esetében az y levezetett mennyiséget a közvetlenül mért $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_r$ mennyiségekből valamely $g(x_1, \dots, x_r)$ függvény segítségével számíthatjuk, azaz

$$y = g(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_r). \quad (1)$$

Ha az összes x_j -t Gauss-típusú (ún. normáloszlású) hiba terheli, akkor a jól ismert formulával az y leszámított mennyiség σ_y szórását a következő formula szolgáltatja:

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{j=1}^r \left(\frac{\partial g}{\partial x_j}\right)^2 \cdot \sigma_{x_j}^2}, \quad (2)$$

ahol a parciális deriváltak értékei természetesen az x_j -k meghatározott értékeivel számítandók, a σ_{x_j} pedig az x_j szórása.

Tekintettel arra, hogy a Gauss-eloszlásra vonatkozóan a q interkvantilis félterjedelem a $q=0,6745 \cdot \sigma$ összefüggés szerinti érték, a q_y számítása nyilván a következő összefüggés alapján történik:

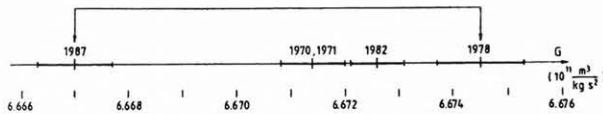
$$q_y = \sqrt{\sum_{j=1}^r \left(\frac{\partial g}{\partial x_j}\right)^2 \cdot q_{x_j}^2}. \quad (3)$$

Itt q helyett bármely interkvantilis félterjedelemre, pl. a Q interszextilis félterjedelemre is áttérhetünk volna; utóbbi esetben a Gauss-eloszlásra érvényes $Q=0,9674 \cdot \sigma$ összefüggést idéztük volna. (A q -ra és Q -ra vonatkozóan emlékeztetőül ld. a 2. ábrát.)

A (3) kifejezés általánosítható, mégpedig arra az esetre, amikor az x_j -k hibái nem Gauss-típusúak, hanem valamely más szimmetrikus, ún. stabilis eloszlást követnek, azaz sűrűségfüggvényük az

$$f_\alpha(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \exp(-t^\alpha/\alpha) \cdot \cos(tx) dt \quad (0 < \alpha \leq 2) \quad (4)$$

formulával írható le standard esetben [ld. pl. STEINER 1990]. (Bizonyára emlékezünk arra, hogy a stabilitás fogalma a következőt jelenti: valamely α -val jellemzett típusú valószínűségi változókat összegezve az eredmény is ugyanazzal az α típusparaméterrel jellemzett stabilis eloszlás lesz.) Ezek után lássuk a (3) tetszőleges szimmetrikus stabilis eloszlásra érvényes, általános alakját. Íme:



1. ábra. Ugyanazon mennyiségre végzett mérések eredményei között egy nagyságrenddel is nagyobb lehet az eltérés, mint amilyen hibát a szerzők (feltehetően a klasszikus statisztika formuláival számolva) megadtak saját adatuk bizonytalanságának a jellemzésére

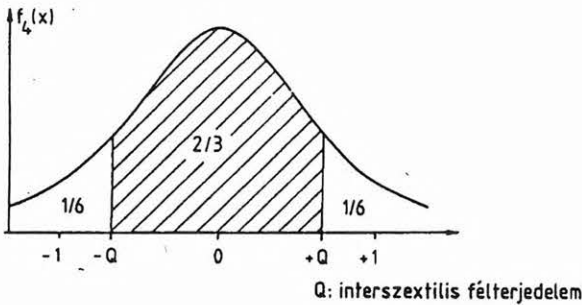
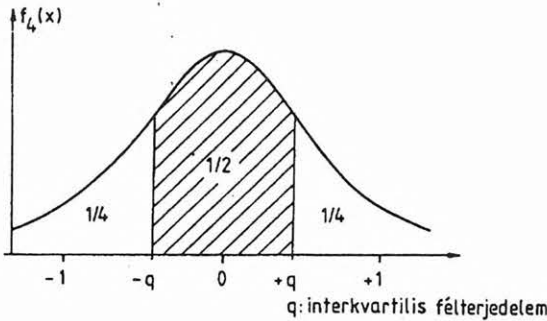
Fig. 1. Real differences can be by an order larger than the estimated errors. This contradiction can be (at least partly) due to the mechanical application of the results of the classical statistics

hogy ugyanarra az univerzális állandóra meghatározott értékek különbségei egy egész nagyságrenddel is nagyobbak lehetnek, mint a szerzők által jóhiszeműen, a klasszikus statisztika alapján megadott, azaz vélhetően empirikus szórásként számított hibaértékek. Azt hiszem, egyetértünk, hogy BECKETT és IONESCO drámáin, az abszurdítás mértékét illetően, ez az 1. ábra messze túlsz.

Az okok egyikére STEINER et al. [1996] már rámutatott, hogy ti. nagyobb valószínűséggel kaphatunk a σ szórás valódi értékére szignifikáns mértékben optimista becslést (azaz a valóságosnál jelentősen kisebb értéket, mint amilyen valószínűséggel annál nagyobb), ha a közvetlenül mért mennyiségek szokásosan korrigált empirikus szórását számítjuk a σ szórás becsléseként. Legyen szabad a következőkben egy másik lehetséges, szintén statisztikai jellegű okra felhívnom a figyelmet.

$$q_y = \left[\sum_{j=1}^r \left| \frac{\partial g}{\partial x_j} \right|^\alpha \cdot q_{x_j}^\alpha \right]^{1/\alpha} \quad (5)$$

(ld. újra az imént idézett könyvet). Az $\alpha=2$ -vel a (3) formulaként közölt (Gauss-típusú hibára vonatkozó) kifejezést kapjuk valóban vissza, azaz az (5) valóban a (3) általánosítása.



2. ábra. A q interkvartilis, ill. a Q interszeptilis félterjedelmek definíciói (a törtszámok valószínűségek)

Fig. 2. The definition of the semi-interquartile (q) and semi-intersextile (Q) ranges

Ritkán hivatkozunk tekintélyekre, de most (és a dolgozat további részeiben is) fogadjuk el az inverzió egyik pápájának, TARANTOLÁnak a felfogását arra vonatkozóan, hogy Cauchy-eloszlású hibát feltételezve egyúttal már az outlier-előfordulásokat is modelleztük. Legyen szabad ezt TARANTOLA [1987] 303. oldaláról szó szerint is idéznem: „the Cauchy-function...seems to be adequate for modeling suspected outliers by an unknown amount”. A leszámított hiba szemszögéből persze édes mindegy, hogy az x_j -k hibái milyen effektusok eredőjeként adódtak Cauchy típusúaknak. Ismeretes másrészt, hogy az $\alpha=1$ típusparaméterhez tartozó stabilis eloszlás azonos a Cauchy-eloszlással, amikor is az általános (5) formula a következő, igen egyszerű alakot ölti:

$$q_y = \sum_{j=1}^r \left| \frac{\partial g}{\partial x_j} \right| \cdot q_{x_j} \quad (6)$$

Jó lenne tudni, hogy azonos q_{x_j} primer hibákhoz q_y -ra ez az utóbbi, vagy a klasszikus (3) szolgáltat-e nagyobb eredményeket. Egy teljesen általános vizsgálat bonyodalma elkerülendő, radikálisan egyszerűsítő feltevessel élünk: feltesszük, hogy mindegyik x_j hibája azonos mértékben járul hozzá a q_y hibájához, azaz fennáll, hogy

$$\left| \frac{\partial g}{\partial x_1} \right| q_{x_1} = \left| \frac{\partial g}{\partial x_2} \right| q_{x_2} = \dots = \left| \frac{\partial g}{\partial x_j} \right| q_{x_j} = \dots = \left| \frac{\partial g}{\partial x_r} \right| q_{x_r} \quad (7)$$

Ekkor (6) egyszerűen

$$q_y = r \cdot \left| \frac{\partial g}{\partial x_1} \right| q_{x_1} \quad (8)$$

alakban, a klasszikus (3) formula pedig így írható:

$$q_y = \sqrt{r} \cdot \left| \frac{\partial g}{\partial x_1} \right| q_{x_1} \quad (9)$$

A két formula összehasonlításából az következik tehát, hogy a leszámított mennyiségnek a Tarantola-feltevésnek megfelelő (8) formulából számítható, *reális* q_y hibaértékéhez képest a klasszikus (9) formula négy közvetlenül mért mennyiség esetén csak feleakkora, kilenc közvetlenül mért mennyiség esetén csak harmadakkora értéket szolgáltat. A Tarantola-feltevés negligálása, azaz a klasszikus (2) formula használata a leszámított mennyiség hibájának meghatározására ahhoz vezethet tehát, hogy a valószínűs hibánál 50%-kal, 67%-kal vagy akár ennél is nagyobb mértékben, — mindenesetre, ha a (7) szerinti egyszerűsítés jó közelítéssel teljesül —, általában $100 \cdot \sqrt{r}$ %-kal csökkentett hibaértéket kaphatunk eredményül még akkor is, ha a (2)-ben a közvetlenül mért mennyiség σ_{x_j} hibájának valódi értéke szerepel. (Persze nem felejtettük közben el, hogy ezekre is többé-kevésbé, de esetenként irreálisan optimista becsléseket alkalmazunk a klasszikus statisztika gyakorlatában, STEINER et al. [1996] szerint.)

A jelen dolgozat szerzői nem gondolják, hogy az 1. ábrán nyilvánvalóvá tett ellentmondások egészükben statisztikai eredetűek, de már maga az is megdöbbentő, hogy a konvencionális módon nem kezelhető hibatípusokra a klasszikus statisztikát mechanikusan alkalmazva *elvileg lehetséges az, hogy ezek az ellentmondások kizárólag statisztikai okokra legyenek visszavezethetőek.*

Mindezeket átgondolva (és esetleg még egyszer egy pillantást vetve a hibát illetően félelmetes mértékű bizonytalanságokat tükröző 1. ábrára) talán kimondhatjuk, hogy ha a szórás helyett újabb hibajellemzőt keresünk, *megengedhető, hogy az már a*

definícióját tekintve is valamennyire, mondjuk 15–16%-os mértékben bizonytalan legyen. Különbösen is, az inverzióval meghatározandó mennyiségek hibáit általános esetben aligha várhatjuk lényegesen kisebbnek, mint mondjuk 5%-osnak, s így ha a hiba hibája 20%-os lenne is, ez maximálisan 1%-ot jelent a hiba meghatározott értékében.

A tisztelt olvasó már kezdhet jogosan aggódni, hogy a dolgozat végül révbe ér-e abban az értelemben, hogy valamilyen gravitációs inverzió hibaviszonyainak bemutatásáig sikerül-e eljutni. De ezzel a kérdéssel nem foglalkozhatunk addig, míg valamely javaslattal nem élünk és meg nem állapodunk az alkalmazandó hibadefiníciót illetően, amely tehát kielégítően működik a Tarantola-féle hibamodell esetében is, és nem mutatja a szórásnak, általában a klasszikus statisztikának az imént egy kicsit közelebb-ről is megismert, hibaszámításra vonatkozó veszélyeit.

A hibadefiníciók kiválasztásához bemutatok egy táblázatot 13-féle hibát bemutatva (mint egy étlapot ld. az I. táblázat felső részét, amelyet HAJAGOS és STEINER [1993] dolgozatából vettünk át), amelyek öt jól ismert hibaeloszlás-típus standard eseteit jellemzik. A táblázat alsó része megadja ennek az ötféle sűrűségfüggvénynek az analitikus alakját is.

Időhiány miatt lehetetlen most 13-féle hibával foglalkoznunk. Az I. táblázat utolsó két oszlopában az interkvartilis (q) és interszextilis (Q) féltérjedelmek állnak (ezek — főleg az utóbbi — definíciójára vonatkozóan legyen szabad újra a 2. ábrára utalnunk).

Az ε dihézióának a táblázat utolsó sorában másodikként feltüntetett egyenletnek kell eleget tennie. Itt X_i a teljesen általános értelemben vett eltérés vagy másképpen fogalmazva: reziduál (mért mínusz számított érték, akárhány ismeretlen paraméter szerepeljen is a számított érték meghatározási algoritmusában). Ugyanezekkel az X_i -ekkel definiált (ugyanezen sor elején) a P_k -norma, amelyet $k=3$ esetén P_J -vel, $k=2$ esetén index nélküli P -vel, $k=1$ -et választva P_C -vel, végül $k=1/2$ -nél $P_{1/2}$ -vel jelölünk (legyen szabad ezúttal mellőznünk a jelölések indokolását). Ugyanezeket az indexeket kapják a P_k -normák minimális értékei is, amelyeket határozatlanság-jellemzők lévén, U_J -vel, U -val, U_C -vel és $U_{1/2}$ -vel jelölünk. A határozatlanságot jelentő „uncertainty” szó első betűjéből származnak a határozatlanságok U -jelölései, valamint az U_j^* , U^* , U_C^* és $U_{1/2}^*$ jelölések is, amelyek az itt nem definiált P_k^* -normák minimális értékei (közelebbit ezekről HAJAGOS és STEINER [1993] közöl), és így szintén határozatlansági jellemzők.

Mivel leggyakrabban a P norma minimalizálásával dolgoznak e dolgozat szerzői az ismeretlen regressziós vagy modellparaméterek meghatározásakor, szorítkozzunk most a 8-féle U_k , ill. U_k^* közül csak egyetlenegyre: az U -ra.

A II. táblázat jelentősen csökkentti ugyan a hibák számát (az I. táblázatban szereplő 13 helyett 6-ra): a d átlagos eltérést, a σ szórást, az U határozatlanságot, mint rendre az L_1 -norma, az L_2 -norma, valamint a P -norma minimális értékeit hagytuk csak meg a hibák első csoportjából. (Az utóbbi esetben, azaz U -nál, teljesülnie kell az ε dihézióra az I. táblázat utolsó sorában szereplő feltételnek; ugyanitt szerepeltettük a P_k -norma formuláját is.)

A hibák számának csökkenésével ellentétben a hibaeloszlások típusválasztéka a II. táblázatban jelentősen megnövekedett: háromféle szupermodell típusai szerepelnek a táblázatban; a T hely-, ill. S skálaparaméterre vonatkozóan standard alakban e szupermodellek sűrűségfüggvényeinek általános analitikus alakjait is feltünteteti a II. táblázat.

A II. táblázat a típusparaméterek (az a , p vagy α) bizonyos értékeire adja meg az immár csak hatféle hibát. Kérdés, hogyan értékeljük ezt az így is tengernyi adatot?

Legjobb a kályhától elindulni: a jól ismert és megszokott, (már-már a vérünkben levő) Gauss-eloszlás 1 értékű szórásától a legkevesebb eltérésre vezető hibadefiníciót fogadjuk el. Látjuk, hogy az 1-es értékhez a Gauss-típusnál legközelebb a Q interszextilis féltérjedelem értéke áll, mindössze 3,26%-os eltéréssel. Ha tehát a továbbiakban a Q interszextilis féltérjedelmet tekintjük hibajellemzőnek, akkor ez a Gauss-eloszlásnál majdnem pontosan ugyanarra a hibaértékre vezet, mintha a szórást számolnánk (persze utóbbi esetben pontosan, azaz extrém nagy n mintaelemszám és outlier-mentesség esetén).

A táblázat utolsó oszlopai a nagy Q -ra vonatkoztatott hibaarányokat adják meg d -re, σ -ra, U -ra és e -ra. Emlékezve arra a megállapodásunkra, hogy 15–16%-os eltéréseket hibák definíciói esetében még megengedhetők tartunk, érdemes áttekinteni az arányok oszlopait, hogy ez a feltétel milyen típusstartományokra teljesül. Ami az U/Q arányt illeti, csak a két túszerűen hegyes, Eiffel-torony-szerű f_p -eloszlásnál nem teljesül ez a feltétel — ld. az U/Q -arányok értékeire bekeretezéssel végrehajtott (és csak két adatot elhagyó) markírozást a II. táblázatnak ebben az oszlopában. A kimaradt hibamodellekkel (azaz 1-nél kisebb p -kkel) azonban aligha dolgozunk a földtudományokban. Konklúziónk végül az, hogy a Q interszextilis féltérjedelem és a

| a hiba eloszlás-típusa | Elméleti hibaértékek néhány eloszlástípusra | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---|----------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|-----------------|--------|--------|
| | normaminimumok | | | | | | | | | | egyéb jellemzők | | |
| | d | σ | U_J | U | U_C | U_k | U_J^* | U^* | U_C^* | U_k^* | ε | q | Q |
| Laplace | 1.0000 | 1.4142 | 0.9008 | 0.9790 | 1.2419 | 1.7975 | 1.2528 | 1.0974 | 0.9302 | 0.9662 | 0.8072 | 0.6931 | 1.0986 |
| Cauchy | ∞ | ∞ | 1.3333 | 1.5000 | 2.0000 | 2.9853 | 3.2278 | 2.2401 | 1.4641 | 1.3382 | 1.0000 | 1.0000 | 1.7320 |
| geostatistical | 0.5000 | 0.7071 | 0.5223 | 0.5585 | 0.6875 | 0.9739 | 0.5444 | 0.5005 | 0.4698 | 0.5327 | 0.4818 | 0.3704 | 0.5496 |
| Jeffreys | 0.3125 | 0.4083 | 0.3575 | 0.3796 | 0.4615 | 0.6480 | 0.3081 | 0.2981 | 0.3015 | 0.3577 | 0.3347 | 0.2498 | 0.3640 |
| Gaussian | 0.7979 | 1.0000 | 0.9784 | 1.0327 | 1.2421 | 1.7303 | 0.7141 | 0.7170 | 0.7740 | 0.9587 | 0.9254 | 0.6745 | 0.9672 |

Hibaeloszlástípusok sűrűségfüggvényei
standard esetben

| | |
|----------------|--|
| Laplace | $\frac{1}{2} e^{- x }$ |
| Cauchy | $\frac{1}{\pi} \frac{1}{1+x^2}$ |
| geostatistical | $\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{(1+x^2)^2 \cdot \sqrt{1+x^2}}$ |
| Jeffreys | $\frac{35}{32} \cdot \frac{1}{(1+x^2)^4 \cdot \sqrt{1+x^2}}$ |
| Gaussian | $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$ |

$$P_k = \varepsilon \cdot \left\{ \prod_{j=1}^n [1 + (X_j/k\varepsilon)^2] \right\}^{1/2n}; \quad \varepsilon^2 = 3 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{X_i^2}{[\varepsilon^2 + X_i^2]^2} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{[\varepsilon^2 + X_i^2]^2}$$

I. táblázat
Table I

P -norma minimális értéke egyaránt javasolható hibajellemzőként. Az utolsó előtti oszlop bekeretezett részeinek bizonyága szerint ez a Q -val való „felcserélhetőség” (az elfogadott bizonytalansági intervallumon belül), ismételjük, az $f_a(x)$ supermodell összes feltüntetett típusára teljesül; az L_1 minimális

értékére: d -re azonban a d/Q arányok az $1 \pm 16\%$ feltételt ugyanazoknak az $f_a(x)$ -típusoknak csak kb. a felére teljesítik.

Hogy elfogultsággal ne legyünk vádolhatók (hiszen az U határozatlanságnak, mint hibajellemzőnek a használatát a miskolci Geofizikai Tanszék statisztici-

$$f_a(x) = \Gamma(a/2) \left\{ \sqrt{\pi} \Gamma[(a-1)/2] \right\}^{-1} \cdot (1+x^2)^{-a/2} \quad (a > 1)$$

Az $f_a(x)$ szupermodell hibajellemzői

| a | $\frac{1}{a-1}$ | q | Q | d | σ | U | ε | d/Q | σ/Q | U/Q | ε/Q |
|---|-----------------|--------|--------|----------|----------|--------|---------------|----------|------------|--------|-----------------|
| 2 | 1.0000 | 1.0000 | 1.7320 | ∞ | ∞ | 1.5000 | 1.0000 | ∞ | ∞ | 0.8660 | 0.5774 |
| 2.2 | 0.8333 | 0.8523 | 1.4170 | 3.6043 | ∞ | 1.2693 | 0.9117 | 2.5437 | ∞ | 0.8958 | 0.6434 |
| 2.4 | 0.7143 | 0.7518 | 1.2166 | 1.9954 | ∞ | 1.1174 | 0.8418 | 1.9954 | ∞ | 0.9184 | 0.6919 |
| 2.8 | 0.5556 | 0.6221 | 0.9742 | 1.1711 | ∞ | 0.9258 | 0.7374 | 1.2021 | ∞ | 0.9503 | 0.7569 |
| 3 | 0.5000 | 0.5774 | 0.8944 | 1.0000 | ∞ | 0.8605 | 0.6974 | 1.1181 | ∞ | 0.9621 | 0.7797 |
| 3.2 | 0.4546 | 0.5407 | 0.8306 | 0.8831 | 2.2361 | 0.8070 | 0.6627 | 1.0632 | 2.6921 | 0.9716 | 0.7978 |
| 4 | 0.3333 | 0.4416 | 0.6642 | 0.6366 | 1 | 0.6628 | 0.5616 | 0.9584 | 1.5055 | 0.9979 | 0.8455 |
| 5 | 0.2500 | 0.3703 | 0.5497 | 0.5 | 0.7071 | 0.5585 | 0.4818 | 0.9096 | 1.2864 | 1.0161 | 0.8765 |
| 6 | 0.2000 | 0.3250 | 0.4787 | 0.4244 | 0.5773 | 0.4916 | 0.4281 | 0.8866 | 1.2060 | 1.0269 | 0.8943 |
| 8 | 0.1429 | 0.2688 | 0.3927 | 0.3395 | 0.4472 | 0.4081 | 0.3588 | 0.8646 | 1.1388 | 1.0392 | 0.9136 |
| 10 | 0.1111 | 0.2342 | 0.3408 | 0.2910 | 0.3780 | 0.3564 | 0.3149 | 0.8540 | 1.1092 | 1.0459 | 0.9241 |
| 40 | 0.0256 | 0.1090 | 0.1568 | 0.1303 | 0.1644 | 0.1669 | 0.1492 | 0.8305 | 1.0481 | 1.0641 | 0.9512 |
| standard Gauss ($a \rightarrow \infty$) | 0 | 0.6745 | 0.9674 | 0.7979 | 1 | 1.0327 | 0.9254 | 0.8248 | 1.0337 | 1.0675 | 0.9565 |

$$f_p(x) = p^{1-1/p} \cdot \{2 \cdot \Gamma(1/p)\}^{-1} \cdot \exp(-|x|^p/p)$$

Az $f_p(x)$ szupermodell hibajellemzői

| p | $1/p$ | q | Q | d | σ | U | ε | d/Q | σ/Q | U/Q | ε/Q |
|----------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|---------------|--------|------------|--------|-----------------|
| 0.5 | 2 | 0.7042 | 1.3102 | 1.5000 | 2.7386 | 0.7774 | 0.4780 | 1.1449 | 2.0902 | 0.5933 | 0.3648 |
| 0.7 | 1.4286 | 0.6996 | 1.1939 | 1.1933 | 1.6591 | 0.8994 | 0.6694 | 0.9994 | 1.3896 | 0.7533 | 0.5607 |
| 1.0 | 1 | 0.6932 | 1.0986 | 1.0000 | 1.4142 | 0.9785 | 0.8065 | 0.9102 | 1.2873 | 0.8907 | 0.7341 |
| 1.5 | 0.6667 | 0.6833 | 1.0150 | 0.8641 | 1.1261 | 1.0237 | 0.8960 | 0.8514 | 1.1094 | 1.0086 | 0.8828 |
| 2 | 0.5 | 0.6745 | 0.9674 | 0.7979 | 1 | 1.0327 | 0.9254 | 0.8248 | 1.0337 | 1.0675 | 0.9566 |
| 3 | 0.3333 | 0.6593 | 0.9124 | 0.7290 | 0.8812 | 1.0221 | 0.9334 | 0.7990 | 0.9658 | 1.1202 | 1.0230 |
| 5 | 0.2 | 0.6356 | 0.8575 | 0.6666 | 0.7858 | 0.9861 | 0.9109 | 0.7774 | 0.9164 | 1.1500 | 1.0623 |
| 10 | 0.1 | 0.5989 | 0.7992 | 0.6075 | 0.7060 | 0.9256 | 0.8600 | 0.7601 | 0.8834 | 1.1582 | 1.0761 |
| ∞ | 0 | 0.5000 | 0.6667 | 0.5000 | 0.5774 | 0.7727 | 0.7198 | 0.7500 | 0.8661 | 1.1591 | 1.0798 |

$$f_\alpha(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^\infty \exp(-t^\alpha/\alpha) \cdot \cos(tx) dt \quad (0 < \alpha \leq 2)$$

Az $f_\alpha(x)$ szupermodell néhány hibajellemzője

| α | q | Q | σ | U | ε | σ/Q | U/Q | ε/Q |
|----------|--------|--------|----------|-------|---------------|------------|--------|-----------------|
| 2 | 0.6745 | 0.9674 | 1 | 1.033 | 0.9254 | 1.0337 | 1.0678 | 0.9566 |
| 1.8 | 0.6924 | 1.0044 | ∞ | 1.057 | 0.9266 | ∞ | 1.0524 | 0.9225 |
| 1.5 | 0.7394 | 1.1051 | ∞ | 1.124 | 0.9353 | ∞ | 1.0171 | 0.8463 |
| 1.2 | 0.8432 | 1.3443 | ∞ | 1.273 | 0.9610 | ∞ | 0.9470 | 0.7149 |
| 1 | 1.0000 | 1.7320 | ∞ | 1.500 | 1.0000 | ∞ | 0.8661 | 0.5774 |

II. táblázat

Table II

kai teamje javasolta először), a továbbiakban a nagy Q -kkal dolgozunk, feltüntetve azonban a megszo-
kottabb kis q -kat is. (Mondhatnánk, bizonyos ér-
telemben megfelelve a valóságnak, hogy ez utóbbit
egyrészt a BESSEL iránti tiszteletből tesszük, aki még
egyszerűen „valószínű hibának” nevezte ezt a hiba-
jellemzőt; lényegesen kacifántosabban, de ma már
egységesen „interkvartilis félterjedelemnek” —
„semiinterquartile range”-nek — nevezik ezt a kis
 q -t.) Persze lehetne úgy is gondolkodni — de most
nem tesszük ezt, — hogy a σ szórás az L_2 -norma
minimális értéke volt, s ezért konzekvensebben
járnánk el, ha az új hibajellemzőt szintén norma-
minimumként definiálnánk; emlékezünk, hiszen az
imént említettem, hogy az U hibajellemző, (amit
határozatlanságnak neveztünk el,) a P -norma mini-
mális értéke. Még egyszer rápillantva azonban a II.
táblázatban a bekeretezéssel kiemelt U/Q értékekre,
csak megismételhetjük, hogy gyakorlatilag (azaz
 ± 15 – 16% -on belül) nincs különbség a két de-
finícióval adódó értékek között.

Végre eljutottunk tehát odáig, hogy a gravitációs
inverzióval, pontosabban az inverzió hibaviszonyai-
val foglalkozunk. Az eredményeket a következő,
környezetgeofizikai jellegű modellre mutatjuk be:
talajvízszint fölötti, $2,6 \text{ t/m}^3$ sűrűségű kőzetbe kör
keresztmetszettel vajt vízszintes vágatpárra vonat-
kozóan a mélységeket, a vágatsugarakat és a víz-
szintes elhelyezkedést, azaz 6 modellparamétert
kell graviméteres mérések eredményeiből kiindulva
meghatározni. A 3. ábra alsó fele a valóságos vi-
szonyokat mutatja be, az ennek megfelelő, hibátlan
 g -szelvényt a 3. ábra felső részén sima görbe vonal-
ként láthatjuk. Utóbbi szelvény értékeit a mérési
pontokban nullkörök jelzik (a 3. ábra ezeket szám-
értékeként is feltünteti). Biztos vagyok benne, hogy
olvasóim közül többen emlékezetből is felírnák a
vízszintes hengerre vonatkozó g -hatásnak a formu-
láját, amelyből modellünkre a következő egyszerű
képlet származtatható:

$$g_i = -41,9 \cdot 2,6 \cdot \left[\frac{R_1^2 \cdot m_1}{m_1^2 + (y_i - t_1)^2} + \frac{R_2 \cdot m_2}{m_2^2 + (y_i - t_2)^2} \right] \mu\text{Gal} \quad i = y_i = 0; 1; 2; \dots; 17; 18. \quad (10)$$

(Az y_i ugyanúgy méterben értendő, mint a modell-
paraméterek számértékei.)

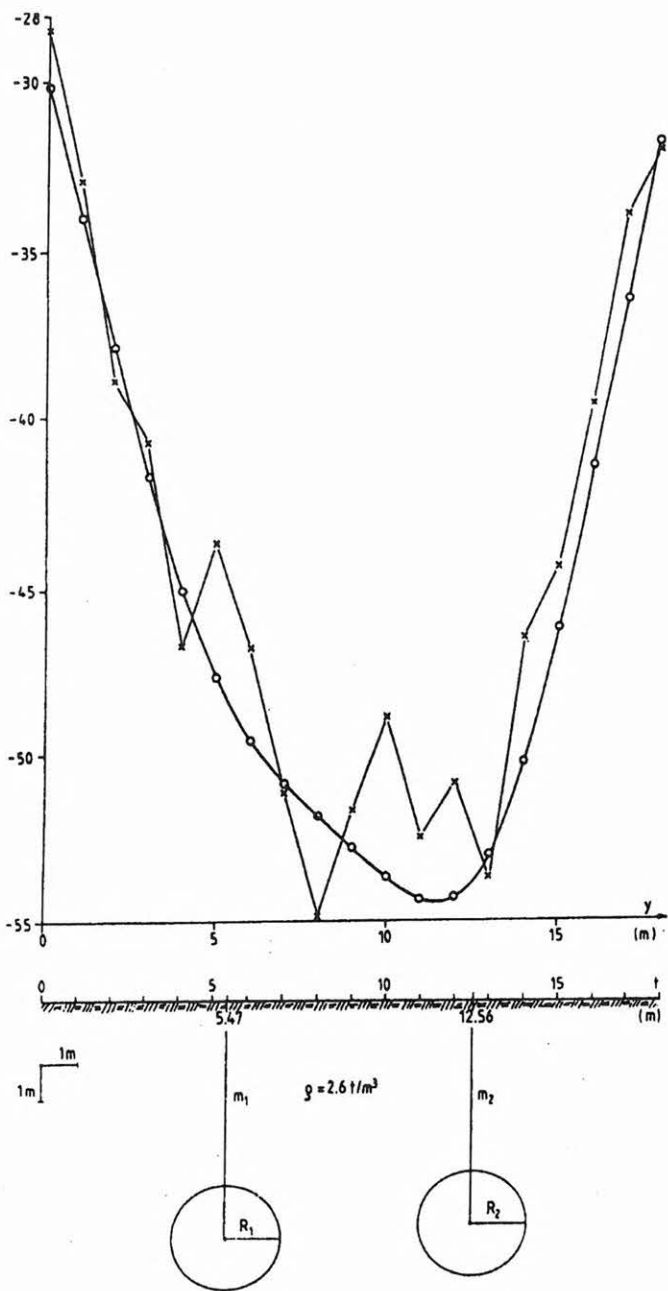
A formula egyszerű ugyan, de az ismeretlen pa-
raméterekben nem lineáris. Ez a körülmény az in-
verzió végrehajtását, azaz a modellparaméterek
meghatározását megnehezítő körülménynek számí-
tott még nem is olyan régen. A globális (azaz abs-
zolút) minimumot egyre inkább gazdaságosan szol-

gáltató algoritmusok, ill. programok megjelenésével
azonban az inverzió feladata ún. „optimalizációs”
feladattá egyszerűsödött; döntenünk csak arra vonat-
kozóan kell ilyenkor, hogy a reziduálok melyik
normáját akarjuk minimalizálni.

Nyár elején Miskolcon volt a középiskolai fizi-
katanárok országos ankétja, amikor is az inverzió
lényegét ezzel a modellel mutattam be, $3 \mu\text{Gal}$
szórású Gauss-hibát szuperponálva a hibátlan g_i ada-
tokra. Ekkor természetesen a reziduálok L_2 -normáját
minimalizáltuk; az eredményül kapott hat modell-
paraméter-érték eltérése a valódi értékektől 6; 6; 9;
2; 2, ill. 3%-os volt.

Az alább bemutatandó vizsgálati eredmények az
OTKA által támogatott tudományos kutatás kere-
tében születtek, amikor is illik a *jövő* (persze a nem
túl távoli jövő) várható mérési és számítástechnikai
lehetőségeiből kiindulni. Jól tudjuk, hogy a mikro-
graviméter-mérések Q hibáját $3 \mu\text{Gal}$ -nál kisebb
értékre *jelenleg* gyakorlatilag nem lehet lecsökken-
teni, de *nem tartjuk irreálisan távolinak azt az időt*,
amikor további műszerfejlesztésekkel (gondoljunk
pl. a Scintrex-mikrograviméterbe épített automa-
tikus mérésismétlőre, az eredmény sorozat azonnali
értékelőjére, mely utóbbit pontosabb eredményre
vezető algoritmussal lehetne működtetni akár már
ma is, ld. HAJAGOS és STEINER [1992]), valamint
a mérés-kivitelezés és a *korrekciószámítás további
tökéletesítésével* $\sqrt{3} \mu\text{Gal}$ -ra is le lehet majd szo-
rítani a mikrograviméter-mérések hibáját. Vizsgá-
latainkat tehát a hiba $Q = \sqrt{3} \mu\text{Gal}$ nagyságának a
feltételezésével végeztük, de ez nem érinti követ-
keztetéseinket: próbaképpen $Q = 2 \cdot \sqrt{3} \mu\text{Gal}$ (tehát
 $3 \mu\text{Gal}$ -nál nagyobb) hibával terhelt mérési adatokra
is végeztünk teljesen problémamentesen inverzió
sorozatokat azzal az egyáltalában nem meglepő ered-
ménnyel, hogy a paraméter-hibák is megkétsze-
reződtek.

A Monte Carlo-vizsgálatok túlnyomó többsé-
gében ezt a $Q = \sqrt{3} \mu\text{Gal}$ nagyságú hibát Tarantola-
hibaként szuperponáltuk a valóságos ható 19 pontban
mért hatásának tetszőleges pontossággal ismert érté-
keire. Ennek egyik realizációját a 3. ábra tört vonalú
szelvénye mutatja be. A példát — a könnyebb ábrá-
zolhatóság kedvéért — a viszonylag szelídebb esetek
közül választottuk, hiszen gyakran léptek fel a 19
pont közül 1, 2, 3 (vagy még több) pontban többször
 $10 \mu\text{Gal}$ abszolút hibával terhelt outlierok. Persze
látjuk, hogy még ebben a szelídek minősített eset-
ben sem ritkák a teljes g -változási tartomány 10%-
ánál is nagyobb eltérések: történetesen a pontok
37%-ában tapasztaljuk ezt az ábrázolt példa ese-
tében.



| i | g_i |
|-----|-------|
| 0 | -30.2 |
| 1 | -34.0 |
| 2 | -37.9 |
| 3 | -41.7 |
| 4 | -45.0 |
| 5 | -47.7 |
| 6 | -49.6 |
| 7 | -50.9 |
| 8 | -51.9 |
| 9 | -52.8 |
| 10 | -53.7 |
| 11 | -54.4 |
| 12 | -54.3 |
| 13 | -53.0 |
| 14 | -50.2 |
| 15 | -46.2 |
| 16 | -41.5 |
| 17 | -36.5 |
| 18 | -31.9 |

| |
|---------------|
| $R_1 = 1.5$ m |
| $m_1 = 7.5$ m |
| $t_1 = 5$ m |
| $R_2 = 1.5$ m |
| $m_2 = 6.5$ m |
| $t_2 = 13$ m |

3. ábra. Környezetgeofizikai jellegű gravitációs 2D-modell rajza (balra alul) a pontos modellparaméter-értékekkel együtt (alul jobbra). Felül ennek a modellnek a hibátlan g_i -hatásait jobbra számértékekkel, balra (sima vonallal összekötött) nullköröként adtuk meg. A tört vonalú szelvényt a Tarantola-hiba egy realizációjával kaptuk

Fig. 3. Gravity 2D-model with given geometrical parameters. The error-free values are given (as g_i -values as well as by a smooth curve). The zigzag line represents one single (and moderate) realisation of the measured profile if Tarantola type errors occur

Egy rövid kitérő: a mérési adatok Q_g hibáját miért választottuk ausgetippelt $Q = \sqrt{3} \mu\text{Gal}$ -nak? Nos, ez a nagyságú Tarantola-hibamodel azonos a Cauchy-típusú eloszlás standard változatával, amikor is a q interkvartilis félterjedelem és az ε dühöz is pontosan 1-gyel egyenlő, hozzájárulva a viszonyok valamivel jobb technikai áttekinthetőségéhez.

A továbbiakban ezt a Q_g hibát *a priori ismertnek* tekintjük, hiszen graviméterek esetében valóban nem irreális feltételezni a hiba előzetes ismeretét. Ha valamilyen okból ez a feltétel mégsem teljesülne, az inverzióval kapott paraméterekkel számított értékeket célszerű levonni a mért értékekből, és az így kapott reziduál adatrendszer empirikus Q értékét fogjuk Q_g -ként elfogadni. Mondhatná valaki, hogy

ez utóbbi eljárás pontossága megkérdőjelezhető. Ezzel a problémával azonban a P - és P_C -norma robusztussága miatt teljesen felesleges foglalkozni.

A $\sqrt{3}$ -választás formai egyszerűsítést tesz lehetővé a minimalizálandó formulát illetően: végül tehát csak a

$$\prod_{i=0}^{18} (1+X_i^2) \quad (11)$$

kifejezés minimumhelyét kell megkeresnünk.

Hogy azonos hibaviszonyok esetén hogyan viselkednek az egyes normák, ezzel a problémával SZŰCS [1995b] foglalkozott, nem kevesebb, mint 10 normára vonatkozóan. Nem tudom azonban megállni, hogy egyetlen ábrát (ld. 4. ábra) ne szenteljek a P_C - és L_2 -norma viselkedésének összehasonlítására a vizsgált gravitációs modellnél.

A megállapodásunk szerinti ($\sqrt{3}$ μGal -os Tarantola-) hibát szuperponáltuk 25-féleképpen a hibamentes g_i értékekre, és mind a 25 esetre elvégeztük a P_C -inverzió mellett az L_2 -inverziót is. A hat modellparaméter mindegyikére tehát 25-25 db értéket kaptunk, így az inverzióval kapott R_1, m_1, t_1, R_2, m_2 és t_2 értékek Q -hibáit mindkét normát illetően megtudtuk határozni, így a Q_{L_2}/Q_P arány is képezhető volt. Persze 25 adat még elég kevés ahhoz, hogy megbízható értékeket kapjunk, ezért az egész procedúrát 5-ször megismételtük; az így adódó 5 db Q_{L_2}/Q_P arányt mind a hat modellparaméterre a 4. ábra felső felén ábrázoltuk, mediánjaikat hosszabb vonallal. E mediánok legkisebb értéke 1,8 volt, a legnagyobbja 2,76, és amint azt az utolsó sorban látjuk, a mediánok mediánja kereken 2,4-nek vehető. Konklúzióink tehát az, hogy Tarantola-hibák esetén az L_2 -inverzióval nyert paraméterek hibái lényegesen (aktuális Monte Carlo-vizsgálatunk esetében 2,4-szeresen) nagyobbak a P_C -inverzióval nyert paraméterértékekhez viszonyítva.

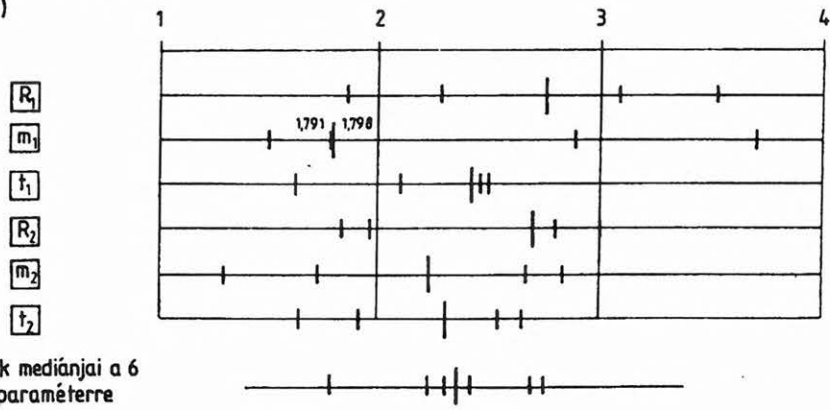
Mondhatná valaki, hogy ebben semmi meglepő nincs, hiszen a Tarantola-hibákhoz adekvát módon a P_C -inverzió tartozik. Fordítsuk meg ezért a szituációt: szuperponáljunk ugyancsak $Q_g = \sqrt{3}$ nagyságú, de Gauss-típusú hibákat a hibamentes g_i értékekre, egyebekben pedig szóról szóra ugyanazt hajtsuk végre, amit az előbbiekben tettünk: 5-ször megismételve a 2×25 db inverziót, a hat modellparaméterre vonatkozóan ugyanúgy a Q_{L_2}/Q_P hibaarányokat hordjuk fel (ld. a 4. ábra alsó felét), végül pedig (az utolsó sorban) a mediánokat. A mediánok mediánja most meglepően közel adódik 1-hez (pontos értéke 0,91), így Gauss-típusú hiba esetén gyakorlatilag mindegy, hogy L_2 - vagy P_C -in-

verziót alkalmazunk-e. Ez az eredményünk már aligha nevezhető triviálisnak, hiszen ez úgy is interpretálható, hogy az L_2 -normát még Gauss-típusú mérési hibák esetén sem kötelező alkalmazni, esetleg csak akkor, ha az outlier-mentesség és a kristálytisza Gauss-típus egyidejűleg abszolúte garantált. A P_C -norma alkalmazása pedig ez utóbbi, szinte sohasem előforduló esetre sem növeli 10%-nál nagyobb mértékben az L_2 alkalmazásakor jelentkező paraméterhibát.

A 4. ábra csak hibaarányokat tüntet fel, az egyes modellparaméterekre vonatkozó Q_P -k abszolút értékeit nem. Persze ami késik, az nem múlik, de legyen szabad először felvetnünk azt a kérdést, hogy az előzőekben fontos praktikus előnyökkel bírónak megismert P_C -inverzió esetén lehet-e valamilyen eredményünk arra, hogy ezeket a paraméterhibákat az L_2 -inverzióhoz hasonló módon, kellő matematikai megalapozással, elegánsan számíthassuk. Sajnos, nemleges a válaszuk. Megvizsgáltuk ugyanis a Tarantola-hiba 200-féle realizációjával azt, hogy a P_C -inverzióval nyert paraméterek milyen típusú hibaeloszlást mutatnak az $f_a(x)$ supermodellen belül (ilyen vizsgálatokhoz 25 adat nyilván kevés lenne). A vizsgálatokat megismételtük Gauss-típusú hibák 200-féle szuperponálásával is. Az 5. ábrán a $t=1/(a-1)$ típusparaméter-tengelyen hordtuk fel az adatokat azzal a meglepő eredménnyel, hogy a mélység- és vízszintes távolság-adatok (m_1, m_2, t_1 és t_2) típusa a $t=0,25$ -tel jellemzett *geostatistikus típus*hoz áll közel, az R_1 és R_2 hengersugár-adatok pedig jó közelítéssel *Gauss-eloszlásúaknak* ($t=0$) vehetők. (A típus-meghatározások STEINER és HAJAGOS [1995] szerint történtek.) Ebből az önmagában is érdekes eredményből — amelyre nézve érdemes volna még további vizsgálatokat is végezni, — most csak azt a következtetést vonjuk le, hogy egy elméleti megközelítésben jelentősen eltérő típusokat egy időben kellene kezelni tudni, s ezért vagyunk kénytelenek arra következtetni, hogy a közeljövőben elegáns matematikai eredményt a P_C -inverzióval nyert paraméterek hibáinak meghatározására aligha várhatunk. (Bár ne lenne igazam.)

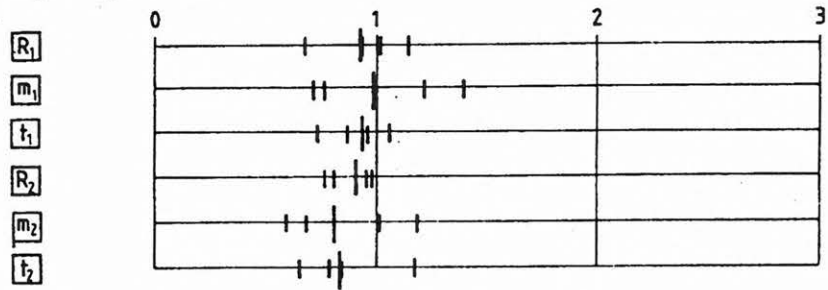
Adós vagyok még a P_C -inverzióval nyert paraméterek hibaértékeinek a megadásával. Ha a Q -arányok (ld. 4. ábra) elfogadható pontosságú meghatározására elegendőek voltak 25-elemű paraméterhalmazok (25-féleképpen szuperponálva Tarantola-hibát a hibamentes értékekre és L_2 -, valamint P_C -inverziót végrehajtva), akkor ez bizonyára itt is elegendő lesz; esetleg a procedúrát nem 5-ször, hanem, mondjuk, 10-szer fogjuk megismételni.

Q_{L_2}/Q_p -arányok a modellparaméterre
 $\sqrt{3}$ -as Q -jú Tarantola-hiba esetén
 (25-szörös ismétlés alapján meghatározott
 értékek 5 szériára)



a Q -arányok mediánjai a 6
 modellparaméterre

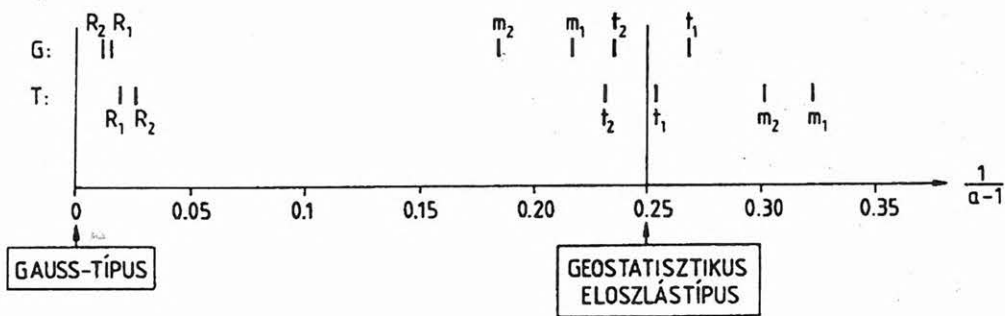
Q_{L_2}/Q_p -arányok a modellparaméterre
 $\sqrt{3}$ -as Q -jú Gauss-hiba esetén
 (25-szörös ismétlés alapján meghatározott
 értékek 5 szériára)



a Q -arányok mediánjai a 6
 modellparaméterre

4. ábra. Tarantola-hibájú g -adatrendszer inverziója az L_2 -normával kb. két és félszer nagyobb paraméterhibákra vezet, mint a Tarantola-hibának megfelelő P_C -normával végrehajtott inverzió, az utóbbi normával azonban Gauss-típusú mérési hibák esetében is az optimálisnál alig nagyobbak a modellparaméterek hibái

Fig. 4. The errors of the model parameter values gained by the L_2 -inversion are more than twice as great than by using P_C -inversion, if the measured values show Tarantola type error. In the contrary, both inversions lead to very near lying parameter error values, if the measured data have Gaussian error



5. ábra. A 3. ábra gravitációs modelljénél a geometriai paraméterekre vonatkozó becslések eloszlástípusa a Gauss-féléhez közelinek adódott a hengersizűgerek (R_1 és R_2) esetén, míg a mélység- (m_1 és m_2) és távolságparaméterek (t_1 és t_2) becsléseinek eloszlástípusa a geostatistikus eloszlástípushoz ($a=5$) adódott közelinek, attól függetlenül, hogy a méréseket Gauss-féle, vagy Tarantola-típusú hiba terhelte-e

Fig. 5. Independently of the type of the errors of the measured g -data, the estimates of two model parameters (R_1 and R_2) show nearly Gaussian type, in the contrary, the estimates for the other four model parameters (m_1 , m_2 , t_1 and t_2) are approximately geostatistically distributed

A 6a., 6b., 6c., 6d., 6e., és 6f. ábrák vonalpárjai rendre az R_1 , R_2 , m_1 , m_2 , t_1 és t_2 modellparaméterekre vastag vonallal az interszextilis intervallumot jelzik, ahol a mediánt és a kvartilisek értékeit is bejelöltük. Meghosszabítottuk továbbá — vékony vonallal — a hibákat jellemző, $2Q$ hosszúságú intervallumot az aktuálisan minimálisnak, ill. maximálisnak adódó paraméterértékig.

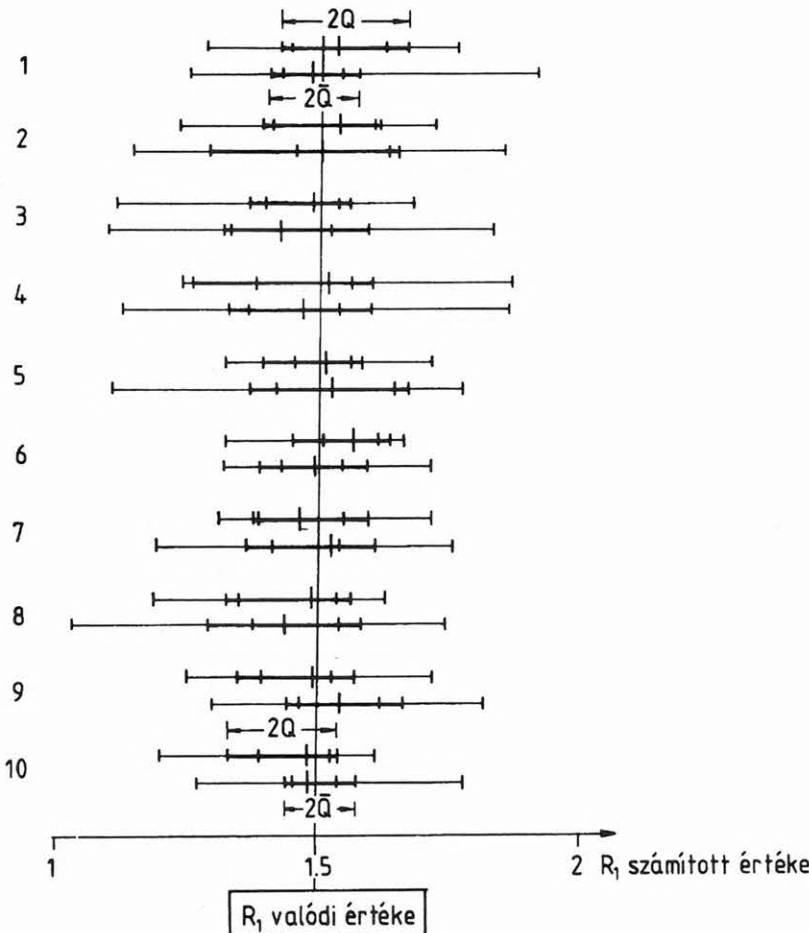
A vonalpárok közül a felső mind a hat paraméterre annak az esetnek felelt meg, amikor 25-féleképpen szuperponáltunk Tarantola-hibát a hibamentes értékekre. A tízszeres ismétléssel 9 cm-től 17 cm-ig terjedő 10 db Q hibaérték adódott az R_1 hibájára, amelynek mediánja 10,5 cm-nek, azaz 7%-osnak adódott. Ugyanezt a procedúrát végrehajtva R_2 -re 6,3%-os a meghatározott hiba; m_1 -re 8,5%-os, m_2 -re 6,9%-os hibát kaptunk. A t_1 -re és t_2 -re nyilván nincs értelme, hogy százalékosan adjuk meg a hibát, hiszen a t_1 és t_2 távolságot egy önkényesen felvett origótól számítottuk. A vízszintes távolságok Q_1 , ill. Q_2 abszolút hibaértékei meglepően kicsinyeknek: 39 cm-nek, ill. 25 cm-nek adódtak. A vázolt eljárás után szinte pillanatokon belül meg lehet adni a becslést a hibák (szintén Q értelemben felfo-

gott) hibájára is: ez az érték R_1 -re, R_2 -re, m_1 -re, m_2 -re, t_1 -re és t_2 -re rendre 14%-os, 21%-os, 16%-os, 17%-os, 27%-os és 33%-os értékűnek adódott.

És ezzel le is zárhatnám a paraméterek hibáira vonatkozó ismertetésemet, ha megelégednék elméleti tájékozódással, ill. tájékoztatással. Fülemben azonban a gyakorlati szakember felettébb jogos kérdése: uram, ez mind nagyon szép, de nekem nem 25 (vagy pláne 10×25), hanem csak egyetlenegy g_i adathalmazom van 19 elemmel, és ebből mind a hat paraméterre csak egyetlenegy értéket tudok meghatározni; ennek a mindössze hat paraméteradatnak a hibájáról szeretnék tájékozódni: mi ilyenkor a teendőm?

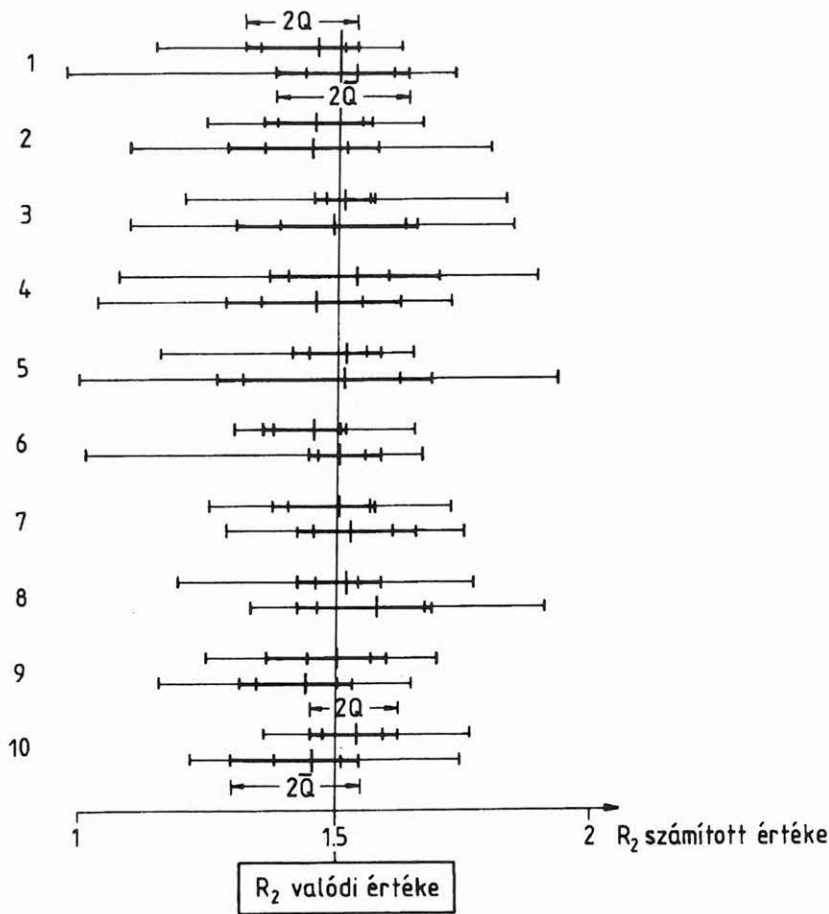
Indoklás nélkül ugyan, de válaszként azonnal megadom a receptet a feltételezett kérdezőnek: a mért (tehát hibával terhelt) adatokra szíveskedjék, mondjuk 25-ször, az eredeti hibával azonos, újabb hibákat szuperponálni, (ez idáig analóg az Arany János-féle szőlősgazda jégveréskor alkalmazott módszerével, amikor doronggal paskolván szőlejét, így kiáltott: „én uram-isten! csak rajta! hadd lám: mire megyünk ketten!”), — és az inverziót (az elsőn túl) még 25-ször elvégezve szíveskedjék megrajzolni

mindegyik modellparaméterre az interszextilis intervallumot. Az így kapott intervallumhossz feleként adódó \overline{Q}_{p_j} kétharmadával, mint felső vonás nélküli Q_{p_j} -vel kellő biztonsággal jellemezhető az első, egyetlen inverzió során kapott modellparamétereinek hibáit.



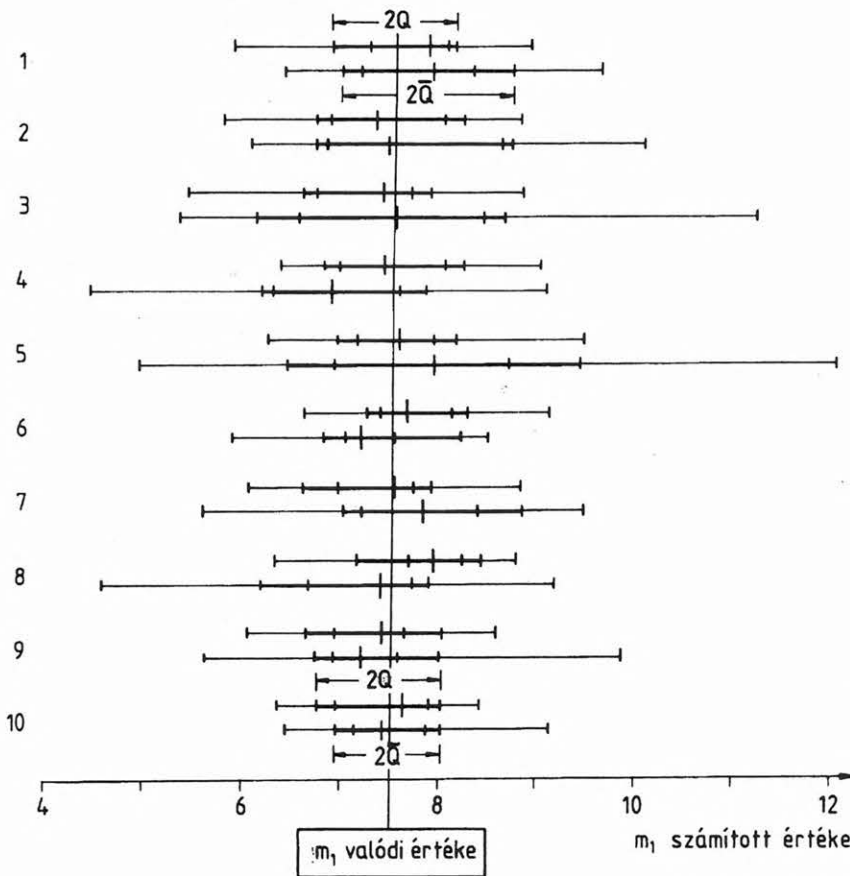
6a. ábra. 25-ször függetlenül generált 19 db Tarantola-hibának a gravitációs adatokra való szuperponálása után az R_1 becsült értékeinek bizonytalanságát a vastag vonallal rajzolt interszextilis intervallum félhossza (Q_{p_j}) jellemzi akkor, ha a szuperpozíció hibátlan adatokra történt (ld. a vonalpárok közül a felsőt). Ha már hibás mérési adatokra történt ugyanezen véletlen számok szuperponálása (10 esetre realizálva a primer módon hibás mérési adatokat), akkor az inverzióval kapott eredmények bizonytalanságait \overline{Q}_{p_j} , a vonalpárok közül az alsón vastagóh rajzolt vonalszakasz félhossza jellemzi

Fig. 6a. Figure to the proposed Monte Carlo method for the estimation of Q_{R_1}



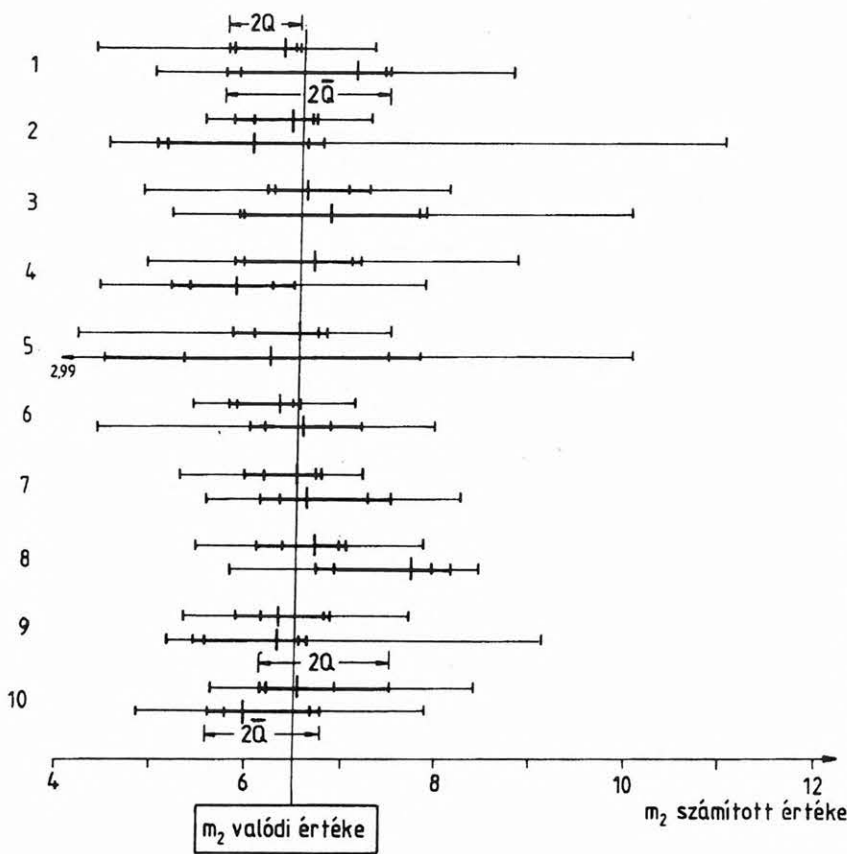
6b. ábra. 25-ször függetlenül generált 19 db Tarantola-hibának a gravitációs adatokra való szuperponálása után az R_2 becült értékeinek bizonytalanságát a vastag vonallal rajzolt interszextilis intervallum félhossza (Q_{p_i}) jellemzi akkor, ha a szuperpozíció hibátlan adatokra történt (ld. a vonalpárok közül a felsőt). Ha már hibás mérési adatokra történt ugyanezen véletlen számok szuperponálása (10 esetre realizálva a primer módon hibás mérési adatokat), akkor az inverzióval kapott eredmények bizonytalanságait Q_{p_i} , a vonalpárok közül az alsón vastagon rajzolt vonalszakasz félhossza jellemzi

Fig. 6b. Figure to the proposed Monte Carlo method for the estimation of Q_{R_2}



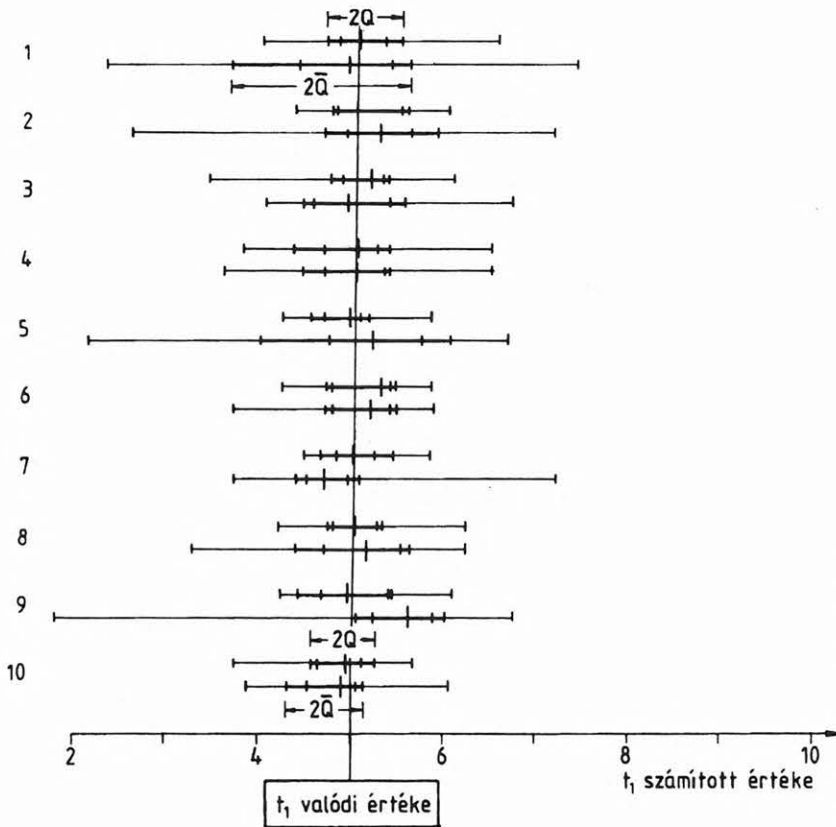
6c. ábra. 25-ször függetlenül generált 19 db Tarantola-hibának a gravitációs adatokra való szuperponálása után az m_1 becült értékeinek bizonytalanságát a vastag vonallal rajzolt interszextilis intervallum félhossza (Q_{p_i}) jellemzi akkor, ha a szuperpozíció hibátlan adatokra történt (ld. a vonalpárok közül a felsőt). Ha már hibás mérési adatokra történt ugyanezen véletlen számok szuperponálása (10 esetre realizálva a primer módon hibás mérési adatokat), akkor az inverzióval kapott eredmények bizonytalanságait Q_{p_i} , a vonalpárok közül az alsón vastagon rajzolt vonalszakasz félhossza jellemzi

Fig. 6c. Figure to the proposed Monte Carlo method for the estimation of Q_{m_1}



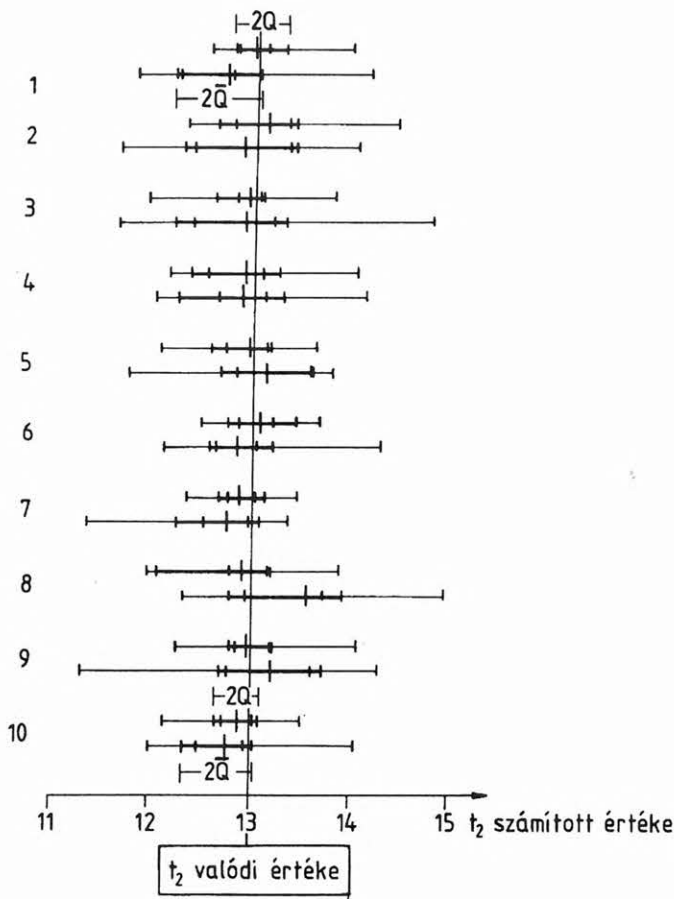
6d. ábra. 25-ször függetlenül generált 19 db Tarantola-hibának a gravitációs adatokra való szuperponálása után az m_2 becült értékeinek bizonytalanságát a vastag vonallal rajzolt interszextilis intervallum félhossza (Q_{p_i}) jellemzi akkor, ha a szuperpozíció hibátlan adatokra történt (ld. a vonalpárok közül a felsőt). Ha már hibás mérési adatokra történt ugyanezen véletlen számok szuperponálása (10 esetre realizálva a primer módon hibás mérési adatokat), akkor az inverzióval kapott eredmények bizonytalanságait Q_{p_i} , a vonalpárok közül az alsón vastagon rajzolt vonalszakasz félhossza jellemzi

Fig. 6d. Figure to the proposed Monte Carlo method for the estimation of Q_{m_2}



6e. ábra. 25-ször függetlenül generált 19 db Tarantola-hibának a gravitációs adatokra való szuperponálása után a t_1 becült értékeinek bizonytalanságát a vastag vonallal rajzolt interszextilis intervallum félhossza (Q_{p_i}) jellemzi akkor, ha a szuperpozíció hibátlan adatokra történt (ld. a vonalpárok közül a felsőt). Ha már hibás mérési adatokra történt ugyanezen véletlen számok szuperponálása (10 esetre realizálva a primer módon hibás mérési adatokat), akkor az inverzióval kapott eredmények bizonytalanságait Q_{p_i} , a vonalpárok közül az alsón vastagon rajzolt vonalszakasz félhossza jellemzi

Fig. 6e. Figure to the proposed Monte Carlo method for the estimation of Q_{t_1}



6f. ábra. 25-ször függetlenül generált 19 db Tarantola-hibának a gravitációs adatokra való szuperponálása után a t_2 becült értékeinek bizonytalanságát a vastag vonallal rajzolt interszextilis intervallum félhossza (Q_{pj}) jellemzi akkor, ha a szuperpozíció hibátlan adatokra történt (ld. a vonalpárok közül a felsőt). Ha már hibás mérési adatokra történt ugyanezen véletlen számok szuperponálása (10 esetre realizálva a primer módon hibás mérési adatokat), akkor az inverzióval kapott eredmények bizonytalanságait Q_{pj} , a vonalpárok közül az alsón vastagon rajzolt vonalszakasz félhossza jellemzi

Fig. 6f. Figure to the proposed Monte Carlo method for the estimation of Q_2

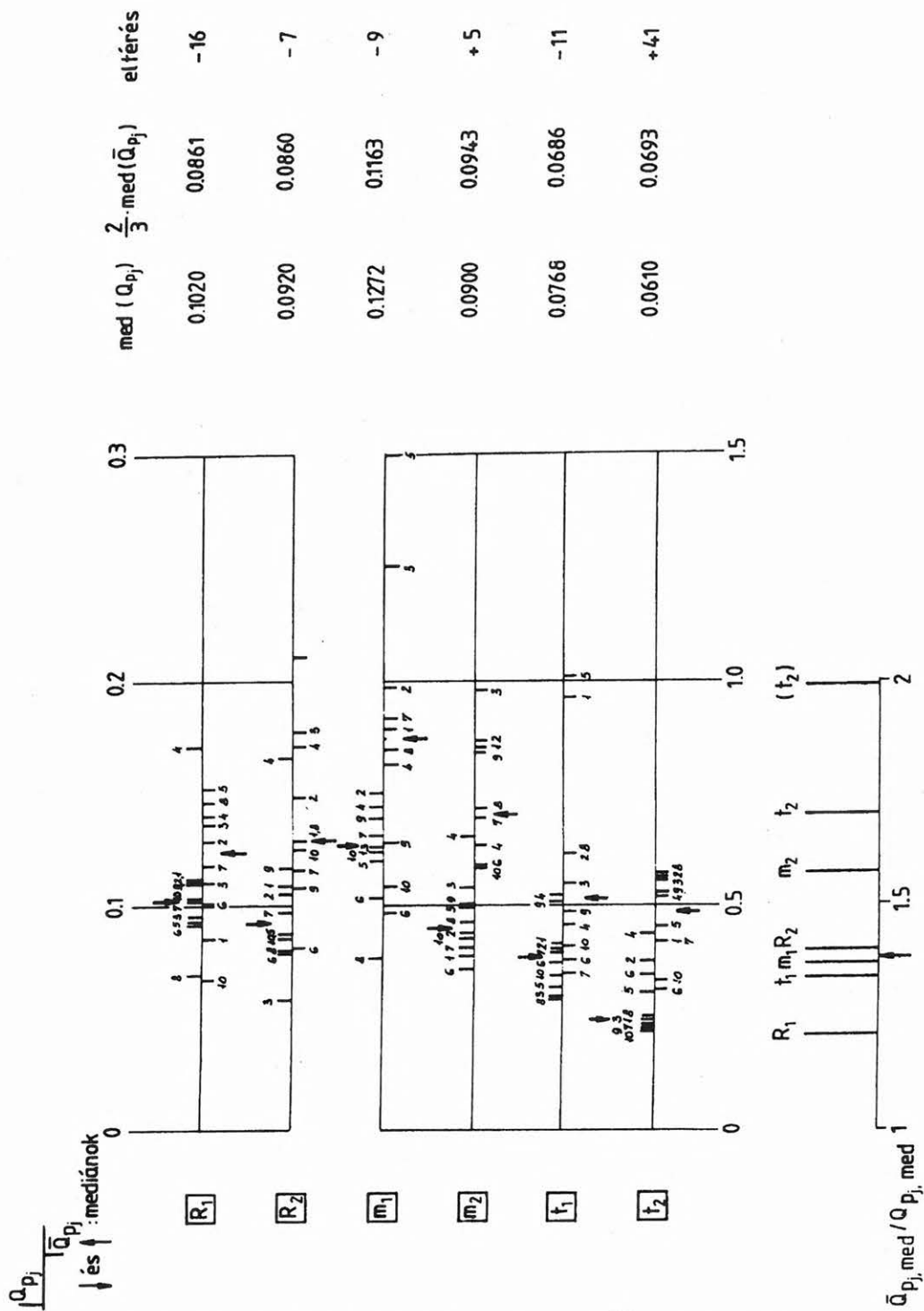
A fenti recepthez bizonyítékul először a 6a., 6b., ..., 6f. ábrákon szereplő vonalpárok közül az alsókat szíveskedjenek tekinteni: ezek úgy készültek, hogy 10 esetben egy-egy $Q_g = \sqrt{3}$ μGal -os Tarantola-hibát szuperponáltunk a hibamentes adatokra, majd ezeket rögzítetten tartva szuperponáltuk ugyanazt a 25-féleképpen realizált Tarantola-hibát, amelyek eredményeképpen a 6a.—6f. ábrák vonalpárjainak felső részén a már megtárgyalt, de a gyakorlat igényeit nem kielégítő módon a Q_{pj} -intervallumokat megszerkeszthettük.

Az összesen 60 vonalpár összehasonlítása ránézésre igazolja azt, hogy az ajánlott Monte Carlo-recept szerint adódó Q_{pj} -kel túlnyomóan felső becslést kapunk az egyetlen inverziókból származó modellparamétereink Q_{pj} hibájára. Ez teljesen érthető, hiszen a \bar{Q}_p/Q_p arányok egyrészt 1-nél biztosan nagyobbak, hiszen a Tarantola-hiba egy másik (igaz, hogy rögzített) Tarantola-hibával van növelve. Másrészt, ha mind a 25 esetben két független Tarantola-hiba összegét szuperponáltuk volna a hibátlan értékekre, akkor — a g_i hiba típusának stabilitásából és $\alpha=1$ -ből következően — pontosan kétszer akkora Tarantola-hiba terhelné mérésünket, amely — ahogyan arról már szó volt, — a paraméterhibákat is megkétszerezné. Ebből az következik, hogy

a \bar{Q}_p/Q_p arányok mindegyike 1 és 2 közé esik, így, kissé nagyvonalúan, 1,5-nek becsüljük ezt az arányt. Az ebből következő 2/3-os értékű korrekciós faktor használhatóságát a 7. ábrán feltüntetett táblázat értékpárjainak összehasonlításával ellenőrizhetjük. A 10 adatpár csak a t_2 modellparaméternél bizonyult kevésnek, a 2×10 adatsor furcsa eloszlását, és ezzel 41%-os felső becslést eredményezve. A többi öt modellparaméternél a dolgozatban javasolt módszerrel számolt és a valódi hibaértékek közötti eltérések nem haladták meg abszolút értékben a 16%-ot.

Itt tulajdonképpen most már valóban vége is lehetne a dolgozatnak, de befejezésül röviden legyen szabad még egyszer visszatérnem a paraméterhibák Monte Carlo-számítások nélküli, matematikai eredményekre támaszkodó elegáns számíthatóságára, ill. egy ilyen eljárás kidolgozásának a reménytelenségére, amely módszer tehát tetszőleges normára és bármilyen mérési hibatípusra alkalmazható lenne.

Mint láttuk az 5. ábrán, geostatistikai, ill. közel Gauss-eloszlású paraméter-eloszlásokat kaptunk ugyanazon inverzió során. A tisztán geostatistikus típust standard esetben a $Q=0,5496$, ill. a $\sigma = 1/\sqrt{a-3} = 1/\sqrt{2} = 0,7071$ hiba jellemzi; σ/Q tehát 1,29. Emlékezzünk, hogy a Gauss-eloszlásra ez az arány mindössze 1,03 volt, azonos Q -hoz



7. ábra. Előzetes Monte Carlo-igazolás a $Q_{p_j} = 2/3 = \bar{Q}_{p_j}$ összefüggéshez
 Fig. 7. Preliminary Monte Carlo verification to the equation $Q_{p_j} = 2/3 = \bar{Q}_{p_j}$

tehát pusztán típuskülönbségből származóan 60%-os variancia-eltérések tartozhatnak. Talán ez az egyetlen adat is érzékelteti azt, hogy már a paraméterhibák típusainak különbözősége is milyen mértékben teheti az eredmények minősítését bizonytalaná. Ami az elméletet magát illeti, a klasszikus statisztikára támaszkodó, a modellparaméterek hibáira

vonatkozóan jól kidolgozott minősítési módszerek az általánosítása tetszőleges mérési hibatípusok és különböző normák eseteire a fentiek szerint matematikailag e pillanatban szinte megvalósíthatatlannak látszik. Szerencsére azonban a statisztika nem más, mint *matematika + számítástechnika*, és ahogyan azt korábban láttuk egy egyszerű gravitációs inverziós

modell hibaviszonyainak vizsgálatával kapcsolatban, a számítástechnika (a maga hosszadalmas Monte Carlo-vizsgálataival) hozzásegíthet a megoldáshoz bennünket akkor is, amikor az egyébként olyannyira elegáns matematika egyelőre csődöt mond.

Végül, ámbár korántsem utolsósorban, de valószínűleg feleslegesen hívjuk fel tisztelt olvasóink szíves figyelmét arra, hogy a gravitációs modellpéldán e dolgozatban részletesen bemutatott Monte Carlo-eljárás általában, *elvileg bármilyen inverzió esetén alkalmazható a paraméterhibák meghatározására*. A Q_{p_i} / \bar{Q}_{p_i} -arányra általános stabilis eloszlás, mint mérési hibatípus-modell esetén $2/(1+2^{1/\alpha})$ a becsült érték, így a dolgozatban ismertetett Monte Carlo-procedúrával nyert \bar{Q}_{p_j} -ből a

$$Q_{p_i} = \frac{2}{1+2^{1/\alpha}} \bar{Q}_{p_i} \quad (12)$$

formulával becsülhetjük valamely mérési adatrendszer inverziójával nyert geofizikai modellparamétereink hibáit.

Még egy utolsó megjegyzés: ha mérési hibáink típusát az $f_a(x)$ szupermodell egy elemével szeretnénk modellezni, a (12)-vel (némi további közelítéssel ugyan, de) továbbra is dolgozhatunk, mivel nemcsak azt tudjuk már régebről (kvalitatíve ld. pl. a STEINER [1990] 247. oldalán levő ábrát), hogy az $f_a(x)$ eloszlástípusokhoz a Gauss-Cauchy típusstartományban a stabilis eloszlások nagyon hasonlóak, de újabb eredményként kvantitatíve is meg tudjuk adni [HAJAGOS és STEINER 1995], hogy adott α -jú $f_a(x)$ -típushoz milyen α -val jellemzett stabilis eloszlástípus áll a legközelebb. Világos, hogy e közelítések (beleértve a (12) faktorát is) még további, sokoldalú vizsgálatot követelnek, de ezek a számértékek szignifikáns változására semmiképpen nem fognak vezetni.

A szerzők köszönetet mondanak az OTKA támogatásának, amely nélkül a dolgozatban javasolt módszer tesztjeit (pl. több ezer sokváltozós globális minimumhely-meghatározást) nem állt volna módjukban végrehajtani.

HIVATKOZÁSOK

- BARTA GY., HAJÓSY A. 1985, 1986: New procedure for determination of the gravity constant. pp. 5–12. Annales Univ. Sci. Budapestiensis, Sectio Geophysica et Meteorologica, Tomus I-II
- CHEN Y.T., COOK A. 1993: Gravitational experiments in the laboratory. Cambridge University Press, Cambridge, Table 8.1
- HAJAGOS B., STEINER F. 1992: „Built-in” statistics in geophysical instruments. Acta Geod. Geoph. Hung. 27 (2–4), 293–300
- HAJAGOS B., STEINER F. 1993: Determination of fault's position in mines using different norms in inversion. Annales Univ. Sci. Budapestiensis, Sectio Geophysica et Meteorologica 9, 101–146
- HAJAGOS B., STEINER F. 1995: Symmetrical stable probability distributions nearest lying to the types of the supermodel $f_a(x)$. Acta Geod. Geoph. Hung. 30 (2–4), 463–470
- STEINER F. 1990: A geostatistika alapjai. Tankönyvkiadó, Budapest, 363 p.
- STEINER F., HAJAGOS B. 1995: Determination of probability distribution types on ground of samples. Acta Geod. Geoph. Hung. 30 (2–1), 449–461
- STEINER F., HAJAGOS B., HURSÁN G. 1996: MFV-corrected variances. Geophysical Transactions (in press)
- SZÜCS P. 1995a: Theoretical and practical consequences of the global optimization methods. Acta Geod. Geoph. Hung. 30, 301–312
- SZÜCS P. 1995b: Áttekintés néhány olyan eltérésnormáról, amelyek minimalizálása inverziós algoritmus kidolgozását teszi lehetővé. Előadás. Elhangzott az MGE Általános Geofizikai Szakosztálya által rendezett, Geofizikai inverzió c. Országos Tudományos Anketon. Miskolc-Tapolca, 1995. december 12.
- TARANTOLA A. 1987: Inverse Problem Theory. Elsevier, Amsterdam, 613 p.

KÖZKELETŰ TÉVEDÉSEK A ROBUSZTUS STATISZTIKA ELMÉLETÉBEN ÉS GYAKORLATÁBAN

Steiner Ferenc

A statisztikai algoritmus hatásfokának anyaeloszlástípustól való jelentős függetlensége, azaz robusztussága, azonos az outlierekre (durva hibájú adatokra) való érzéketlenséggel, azaz

1 ROBUSZTUSSÁG = REZISZTENCIA.

A rezisztencia pusztá tényének ellenőrzése (akár csak néhány tetszőleges járulékos adat szerepeltetése a mérések valódi értékei mellett, és az így kapott inverzió eredményének egybevetése az outliermentes inverzió eredményeivel) tehát elegendő a robusztusság fokának a megítéléséhez.

A P_k - és P_k^* -normák minimalizálásán alapuló algoritmusok, közös nevükön MFV-eljárások a legkisebb négyzetes elv (azaz az L_2 -minimalizálás) speciális iteratív súlyozással megvalósított variánsai, azaz

2 MFV-ELJÁRÁSOK = SPECIÁLIS IRLS-MÓDSZEREK.

(IRLS: iteratively reweighted least squares, MFV: most frequent value).

3 MFV-ELJÁRÁSOK = SPECIÁLIS ML-MÓDSZEREK

(ML: maximum likelihood)

4 A SKÁLAPARAMÉTER-FORMULA MEGVÁLASZTÁSA CSEKÉLY FONTOSSÁGÚ A HELYPARAMÉTER TULAJDONSÁGAINAK (PL. ROBUSZTUSSÁGÁNAK) A SZEMSZÖGÉBŐL.

5 A REZISZTENCIA VIZSGÁLATOKOR ELHAGYHATÓK A KLASSZIKUS KATASZTRÓFAPONT- (BREAKDOWN BOUND) VIZSGÁLATOK.

(Az utóbbi fogalom definíciójára nézve ld. Andrews et al. immár csaknem negyedszázaddal ezelőtt megjelent, "Robust Estimates of Location" c. könyvét).

MEGJEGYZÉSEK A FENTI TÉVEDÉSEKHEZ

Ad. 1: A robusztusságot ma már kvantitatív mérőszámmal illik jellemezni. Ennek meghatározásában outlierok egyáltalában nem játszanak szerepet, így a robusztusság mértéke a rezisztencia mértékétől teljesen független lehet abban az értelemben, hogy két, A1-gyel és A2-vel jelölt statisztikai algoritmus (hibatípusok valamely várt gyakoriságára vonatkozó) r robusztusságára fennálló $r(A1) > r(A2)$ relációval egyidejűleg (valamely, szintén valószínűnek ítélt outlier-modell

esetén) a rezisztencia mértékére akár éppen a fordított reláció is teljesülhet.

Ad. 2: Az első (kezdetől fogva több ismeretlen mennyiség statisztikai jellegű számítására megfogalmazott) MFV-eljárás 1965-ben norma-extrémumhely keresésként definiáltatott, amelyben semmiféle iteratív súlyozás nem szerepel. A paramétereiktől való lineáris függés speciális esetében valóban sokáig kényelmes volt az MFV-eljárások normaminimum-kereséseit kész least

squares programokkal végrehajtani, de a fent említettek világossá teszik, hogy ezek az utóbbi esetek tekintendők az általános P_k - és P_k^* -normákra épülő statisztikus eljárások speciális eseteinek és nem megfordítva.

Ad. 3: A T helyparaméter (vagy paramétervektor) és az S skálaparaméter meghatározása minden elméletileg megalapozott statisztikai eljárásnál egyetlen algoritmuson belül, szimultán történik. Márpedig kimutatható, hogy ennek skálaparaméter meghatározásra vezető részalgoritmus (a klasszikus Gauss-eloszlás hipotézisét, mint egyetlen kivételt figyelmen kívül hagyva) sohasem vezet azonos formulával megadható feltételre a skálaparamétert illetően, ha egyszer az információvesztéséget minimalizáljuk (azaz MFV-eljárásokkal dolgozunk), máskor pedig a likelihood-függvény S szerinti parciális deriváltjára nézve követeljük szokásosan meg, hogy az zérus legyen. (Ez az utóbbi követelmény egyébként nem is vezethet rezisztens eljárásra, már magából a ML-elvből következően sem). Mivel a (T, S) értékpárt egyetlen algoritmus egyidejűleg szolgáltatja, a 3 tévedésben az egyenlőségjel akkor sem tehető ki, ha az algoritmus T -re vonatkozó

részalgoritmus betűről betűre megegyezik az MFL és az ML esetekre.

Ad. 4: A helyparaméter meghatározás robusztussági mérőszáma lényegesen különbözhet azonos T -meghatározási formula esetén is, ha a skálaparaméter formulák különbözők.

Ad. 5: Szükséges tudni az alkalmazni kívánt módszerekről, hogy azok maximum hány százaléknyi outliert tolerálnak még az eredmények szignifikáns változása nélkül. Kuriózum, de megemlítenő, hogy ez az n_{out}/n arány (n_{out} az outlierek száma, n az összes adatok száma) érdekes módon még a 0,5-öt is meghaladhatja bizonyos P_k , ill. P_k^* normák alkalmazása esetén (egy gravitációs inverzió analízisével kapcsolatban SZÜCS P. mutatott be erre példát az 1995 decemberében Miskolcon tartott „Geofizikai inverzió” témájú országos tudományos ankéton).

Megjegyzés: A tisztelt olvasónak, akit részletek, ill. bizonyítások is érdekelnek, annak a két dolgozatnak az áttanulmányozását ajánlom, amelyek a Geophysical Transactions 38. kötetében (1993-ban) a 193. oldaltól a 230. oldalig jelentek meg (HAJAGOS B. és a szerző tollából).

A szeizmikus mérések laterális felbontásának vizsgálata¹

SÍPOS JÓZSEF²

Elméleti áttekintést adunk a Fresnel-zóna fogalmáról és méretének meghatározásáról szeizmikus összeg- és migrált szelvények esetére.

Kiszámítjuk a laterális felbontást a PGT-1 szeizmikus szelvényen a medencealjzatra és a nagyobb mélységben látható jellegzetes szerkezeti formákra.

J. SÍPOS: Investigation of the lateral resolution of seismic measurements

A brief survey is offered of concept of the Fresnel zone and calculation of its measurement in case of seismic stacking and migrated sections.

The lateral resolution for the basement and typical structural forms observed at bigger deep on the seismic section PGT-1 is calculated.

Bevezetés

A harmadidőszaki medence aljzatából és a litoszférából a szeizmikus mérések során több helyen a környezetükből kiemelkedő, nagy energiájú beérkezéseket kaptunk. Ezek értelmezése külföldön és itthon egyaránt problematikus. Fontossá vált a nagy energiájú beérkezések és a különböző szerkezeti formák horizontális kiterjedésének vizsgálata, mivel ezek a beérkezések akkor értelmezhetők, ha méretük meghaladja a laterális felbontásból levezetett méretet, amelyet az első Fresnel-zóna mérete határoz meg.

A Fresnel-zóna fogalma és méretének meghatározása

Az akusztikus hullámteret leíró hullámegyenlet megoldását a Kirchhoff-integrál adja. Az a reflektált tér, melyet a Kirchhoff-integrállal számolunk, különbözik attól a tértől, melyet a geometriai optika segítségével határozunk meg. A geometriai optikában egy pontról történő reflexiót tételezzük fel, míg a Kirchhoff-elméletben felület szerepel. A geometriai optikában azt tételezzük fel, hogy az energia a forrásból a felvevőhöz olyan út mentén terjed, melyre a terjedési időnek minimuma van a lehetséges szomszédos utakhoz képest. A Kirchhoff-elméletnek megfelelően egy reflexióhoz tartozó energia terjedési útjaihoz azok az utak tartoznak, melyekre a

terjedési idő a minimálistól $1/2 f$ -nél kevesebbel tér el (f a hullámtér felső határfrekvenciája). Ez határozza meg a Fresnel-zóna sugarát s ez korlátozza a laterális felbontást.

Az első Fresnel-zóna egy reflektornak az a része, amelyről a reflektált energia a reflexió első fél periódusán belül éri el a felvevőt. Az erről a zónáról származó visszaverődések azonos előjellel összegződnek. A második Fresnel-zónáról az energia egy fél periódussal késleltetve érkezik meg és ellenkező előjellel adódik az első zónáról származó energiához. A harmadik Fresnel-zónáról származó energia az első Fresnel-zónáról származó energiához hasonló előjellel adódik az előző összeghez és így tovább. Ha az összes Fresnel-zónáról származó energiát összegezzük, sík reflektor esetén a reflexió energiája az első Fresnel-zónáról származó energia másfélszerese lesz. Így gyakorlatilag elegendő az első Fresnel-zónát vizsgálni [RAYNAUD 1988].

A Fresnel-zóna meghatározásánál különbséget kell tenni aszerint, hogy a beeső hullámok sík- vagy gömbhullámok-e [SHERIFF 1980]. Először az első Fresnel-zóna sugarát a gömbhullámokra határozzuk meg arra az esetre, ha a forrás és a felvevő helye egybeesik és a hullám terjedési sebessége állandó (1. ábra).

Az 1. ábra jelölései alapján a Pythagoras tételt alkalmazva:

$$(z + \lambda / 4)^2 = z^2 + R^2,$$

ahol

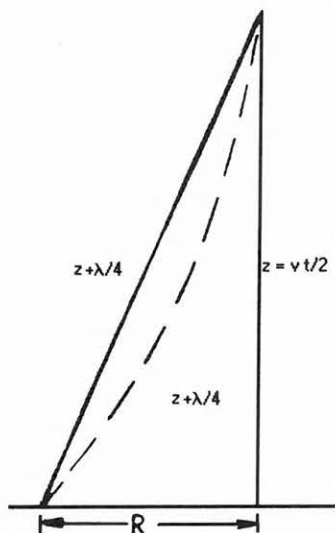
z — a reflektor mélysége,

λ — a hullámhossz,

R — az első Fresnel-zóna sugara.

¹Beérkezett: 1995. november 20-án

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



1. ábra. Gömbhullám esetén az első Fresnel-zóna meghatározásának geometriája. A szaggatott vonal mutatja a mélységtől függő sebesség esetét. R —az első Fresnel-zóna sugara; z —a reflektor mélysége; λ —a hullámhossz; v —sebesség; t —beérkezési idő

Fig. 1. Geometry for determining the first Fresnel zone for spherical waves. Dashed line shows the case of depth-dependent velocity. R —radius of first Fresnel zone; z —depth of reflector; λ —wavelength; v —velocity; t —arrival time

Mivel a λ^2 tag elhanyagolható, írhatjuk:

$$R = \sqrt{\left(\frac{\lambda z}{2} + \frac{\lambda^2}{16}\right)} \approx \sqrt{\frac{\lambda z}{2}}$$

Felhasználva, hogy $z = vt/2$ és $\lambda = v/f$, ahol f a frekvencia, v a sebesség, és t a beérkezési idő, R kifejezhető a következő összefüggéssel:

$$R \approx v/2 \sqrt{t/f}$$

Ha v mélységfüggő, akkor z és λ kifejezésében nem ugyanaz a v sebesség szerepel. A z kifejezésébe az átlagsebességet (\bar{v}), míg λ kifejezésébe a pillanatnyi sebességet kell beírunk, melyet az intervallumsebességgel (v_i) közelíthetünk (1. ábra, szaggatott vonal), így

$$R \approx \sqrt{\frac{v_i z}{2f}} \approx \frac{1}{2} \sqrt{\frac{v_i v t}{f}}$$

Egy szeizmikus elemi hullámhoz nem egy diszkrét frekvenciaérték, hanem egy frekvenciasáv rendelhető, ezért az előző összefüggések kiszámítását a csúcshullámfrekvenciával szokták elvégezni.

Beeső síkhullám esetén csak a visszaverődési úton alakul ki a fáziskülönbség, az 1. ábrán $z + \lambda/4$ helyett $z + \lambda/2$ írandó, így

$$R = \frac{v}{2} \sqrt{\frac{2t}{f}}$$

azaz $\sqrt{2}$ -ször nagyobb lesz az R , mint gömbhullám esetén.

A Fresnel-zóna mérete a migrációs eljárás után

Tekintsük a hullámegyenletet az (x, z, ω) tartományban, ahol z a mélységkoordináta, x a szelvény menti koordináta, ω a körfrekvencia. A megoldás ω körfrekvenciájú összetevőjét $z = z_0$ mélységben a következőképpen írhatjuk fel:

$$P(x, z_0, \omega) = \sum_m W(x, \Delta z_m, \omega) S(x, z_m, \omega) + N(x, z_0, \omega),$$

ahol

$$\Delta z_m = z_m - z_0$$

$N(x, z_0, \omega)$ — a zaj ω frekvenciájú összetevője;

$P(x, z_0, \omega)$ az ω frekvenciájú monokromatikus jel válaszfüggvénye a z_0 szinten;

$S(x, z_0, \omega)$ — a reflexiók együtthatók eloszlása z_m szintnél;

$W(x, \Delta z_m, \omega)$ — a térbeli szeizmikus elemi hullám.

Ez azt jelenti, hogy a szeizmikus adatokat a reflektivitás függvény és a térbeli elemi hullám konvolúciója adja, $W(x, \Delta z_m, \omega)$ a terjedési hatásokat határozza meg z_m és z_0 között [BERKHOUT 1985].

A szeizmikus adatok laterális felbontása a térbeli szeizmikus elemi hullám hosszától függ. Két fontos összefüggést kell kiemelni:

1. A térbeli szeizmikus elemi hullám hossza nő $\Delta z_m = z_m - z_0$ növekedésével. Így a szeizmikus adatok laterális felbontása csökken a mélység növekedésével.
2. A térbeli szeizmikus elemi hullám hossza nő ω csökkenésével, így a szeizmikus adatok laterális felbontása kisebb a kis frekvenciáknál.

A W térbeli szeizmikus elemi hullámot minimumhelyeivel jellemezhetjük. Bebizonyítható, hogy a fő minimumhely és a mellék-minimumhelyek meghatározzák a Fresnel zónákat [BERKHOUT 1985]. Nulla észlelési távolságú adatok esetén az első Fresnel-zóna mérete megegyezik a térbeli szeizmikus elemi hullám fő minimumhelyei közötti távolság felével.

A laterális felbontást javíthatjuk a térbeli dekonvolúcióval. A W szerinti térbeli dekonvolúció azt

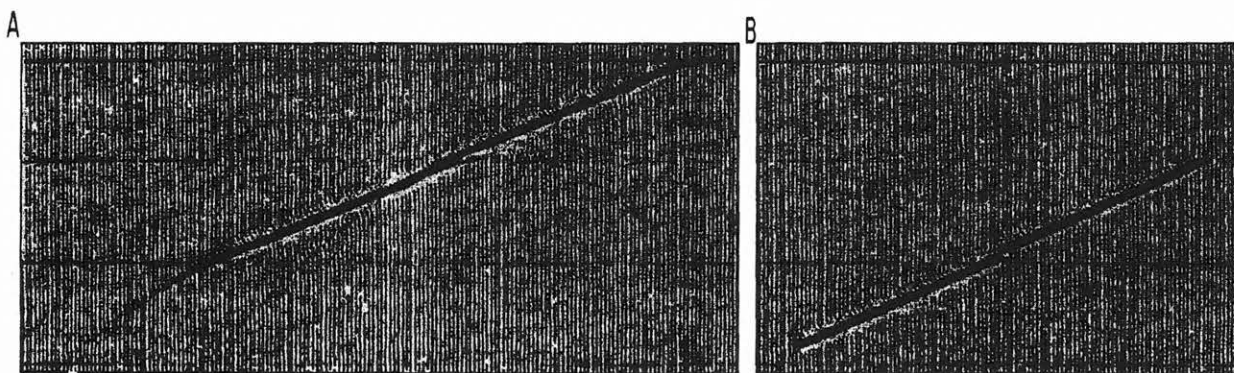
jelenti, hogy kiküszöböljük a terjedési hatásokat és így megkapjuk a reflexiók együttthatók nagy felbontású, torzítatlan képét. A térbeli dekonvolúció után az első Fresnel-zóna mérete $R = v/2f_c$ lesz, ahol f_c a térbeli szeizmikus elemi hullám csúcsfrekvenciája és v a középnyégzetes sebesség. Ez a maximális laterális felbontás.

A térbeli dekonvolúciót migrációval valósíthatjuk meg. A laterális felbontás migráció utáni növekedésére mutatunk példát a 2. ábrán. A laterális felbontás az időszelvényen (A) lényegesen gyengébb, mint migráció után (B). A maximális laterális felbontás elérését migráció után két tényező korlátozza: a

terális méretük kb. 1000 m. Hogy helyesen értelmezhesük ezeket, meg kell határoznunk a laterális felbontás értékét. A számításhoz felhasznált adatok: kétszeres terjedési idő (t_0) 7,8 s; átlagsebesség (\bar{v}) 5676 m/s; intervallumsebesség (v_i) 7200 m/s; mélység ($z = vt_0/2$) 22 136 m; csúcsfrekvencia (f_c) 7,5 Hz.

A Fresnel-zóna mérete az időszelvényre a fenti képletekkel számítható: állandó sebességgel 2894 m, változó sebességgel 3260 m. Láthatjuk, hogy a Fresnel-zóna sugara háromszorosa a szerkezet méretének, így az időszelvényen 1000 m-es laterális kiterjedésű szerkezet nem értelmezhető.

A migrált szelvényen a Fresnel-zóna számított



2. ábra. A. Dőlő reflektor szeizmikus válasza. A laterális felbontás kicsi. B. Migráció után a reflektor képe. A laterális felbontás lényegesen javult [BERKHOUT 1985]

Fig. 2. A. Seismic response of a dipping reflector. The lateral resolution is small. B. The same reflector after migration. The lateral resolution significantly improved [BERKHOUT 1985]

mintavételezés és a migrációs eljárás dőléshatára. Ha ψ a migrációs algoritmus dőlésátviteli korlátja, akkor a laterális felbontás:

$$R = \frac{v}{2f_c \sin \psi}$$

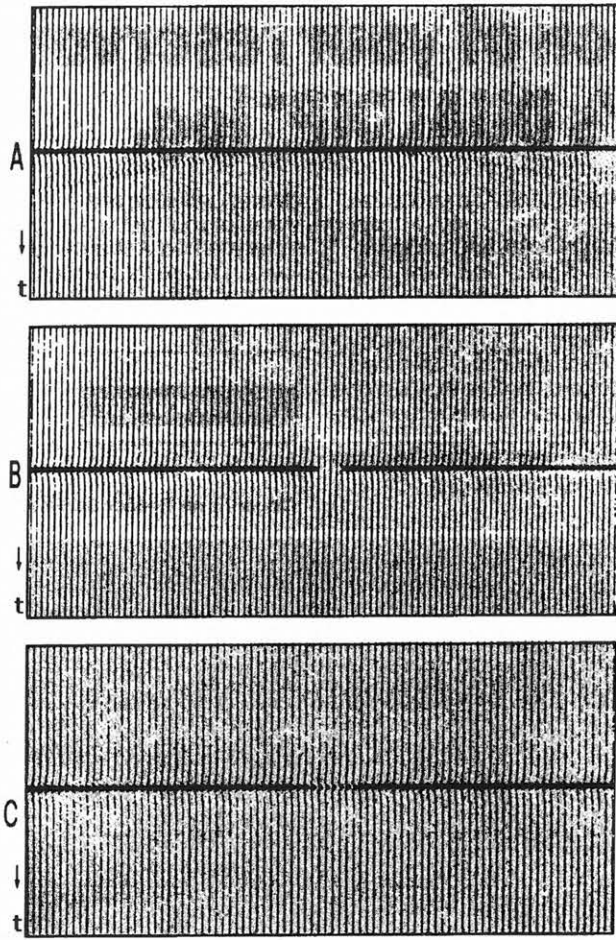
A szögkorlát hatását mutatjuk be a 3. ábrán. Az időszelvény (A) jelentős reflektivitás-változást mutat. A B ábrán a szögkorlát nélküli, a (C) ábrán a $\psi = 15^\circ$ -os migráció eredménye látható. A (C) ábrán a felbontás jelentősen (negyedére) csökkent a (B) ábrán látottakhoz képest.

Laterális felbontás a PGT-1 szeizmikus szelvényen

Példaként vizsgáltuk a laterális felbontást a PGT-1 szeizmikus szelvényen [POSGAY et al. 1991]. A 83 000 és a 97 300 m-es szelvénypontoknál 7,8 s körül jellegzetes szerkezeti formák láthatók. La-

mérete 90° -os dőléskorlással 378 m, 45° -os dőléskorlással 535 m, 15° -os dőléskorlással 1462 m. Mi a 45° -os dőléskorlátú migrációs eljárást alkalmaztuk. Ekkor a Fresnel-zóna sugara megközelítőleg fele a szerkezet méretének, tehát a migrált szelvényen látható kb. 1000 m horizontális kiterjedésű szerkezetek értelmezhetőek. A számítások alapján látható, hogy a laterális felbontás mértékét lényegesen befolyásolja az alkalmazott migrációs eljárás algoritmus.

A számítást elvégeztük a medencealjzatra is. A laterális felbontás mértékét az 59 000 m-es szelvénypontnál 3,2 s körül található, kb. 1000 m laterális méretű jellegzetes szerkezeti formára határoztuk meg. A számításhoz felhasznált adatok: kétszeres terjedési idő 3,2 s; átlagsebesség 3000 m/s; intervallumsebesség 4000 m/s; mélység 4800 m; csúcsfrekvencia 8,5 Hz. A Fresnel-zóna mérete az időszelvényen 920 m (állandó sebességgel) és 1063 m (változó sebességgel), azaz kb. azonos méretű, mint a vizsgált szerkezet, mely így nem értelmezhető.



3. ábra. A. Egy reflektivitás-változást mutató vízszintes reflektor szeizmikus válasza. B. A szelvény térbeli dekonvolúció (90°-os migráció) után. C. 15°-os migráció után [BERKHOUT 1985]

Fig. 3. A. Seismic response of a horizontal reflector displaying reflectivity change. B. The section after spatial deconvolution (migration with 90° dip limitation). C. After migration with 15° limitation [BERKHOUT 1985]

A migrált szelvényen a Fresnel-zóna mérete 176 m, 250 m, illetve 682 m a 90°-os, a 45°-os, illetve a 15°-os migrációnak megfelelően. Mivel a Fresnel-zóna sugara 45°-os migrációnál kb. negyede a szerkezet méretének, a vizsgált szerkezet a *migrált szelvényen* már értelmezhető.

Köszönetnyilvánítás

A fenti vizsgálatokat az 1875 sz. OTKA projekt keretében végeztük el. A szerző köszönetét fejezi ki a támogatásért.

HIVATKOZÁSOK

- BERKHOUT A. J. 1985: Seismic resolution. A key to detailed geologic information. *World Oil* **201**, 7
- POSGAY K., HEGEDŰS E., TÍMÁR Z. 1991: Szeizmikus reflexiós kutatás a Pannon Geotraverz mentén. *Az ELGI 1990. Évi Jelentése*
- RAYNAUD B. 1988: Diffraction modelling of 3-D lower-crustal reflectors. *Geophysical Journal* **93**, 1
- SHERIFF R. E. 1980: Nomogram for Fresnel-zone calculation. *Geophysics* **45**, 5

A visegrádi királyi palota — egy archeomágneses esettanulmány¹

MÁRTON PÉTER², BUZÁS GERGELY³, SZŐKE MÁTYÁS³

A visegrádi királyi palota területén 1934 óta folynak ásátások. Ezek nyomán több olyan objektum került napvilágra, amelyek archeomágneses vizsgálatra kínálkoznak még mai, esetleg részleges műemléki helyreállítás utáni állapotukban is. Összesen kilenc objektumon (három kemence, öt kandalló és egy szemeskályha maradvány) végeztünk ilyen vizsgálatokat, amelyek során egyrészt adatokat nyertünk az egyes objektumok eredetiségére, illetve rekonstrukciós állapotára, másrészt a földmágneses tér irányára vonatkozóan, nevezetesen az 1323–1366. és az 1544–1570. periódusokban.

P. MÁRTON, G. BUZÁS, M. SZŐKE: The royal palace of Visegrád — an archaeomagnetic case history

Excavations in the Royal Palace of Visegrád have been carried out since 1934. Several archaeological structures have come to light which lend themselves to archaeomagnetic studies even in their present state some of them after partial reconstruction. Such studies were carried out on a total of nine structures (three ovens and six fireplaces) as a result of which data were obtained for the full direction of the local geomagnetic field for two periods, namely 1323–1366 and 1544–1570 AD, as well as the geomagnetic inclination alone probably for the fourteenth century.

Bevezetés

A visegrádi királyi palota a XIV.—XV. századi magyar királyok egyik legfontosabb lakóhelye volt. A kor történelme és művészettörténete szempontjából oly nagy fontosságú épületegyüttes maradványainak minden részletét régészeti ásátások tárták fel. Az 1934 óta folyó ásátások kutatástörténetét, a feltárt épületek leírását, az építés és pusztulás történetének rekonstrukcióját, valamint a leletanyagot bemutató monográfiák közül egyelőre az első készült el, amely a palota kápolnájával és északkeleti épületével foglalkozik [BUZÁS 1994]. A délkeleti és az északnyugati épületek monografikus feldolgozása (még) folyamatban van.

A palota régészeti feltárásai során több „in situ” kandalló- és kemencemaradvány került napvilágra. Ezek részben a helyi vulkáni kőzetekből, andezitből, andezittufából, részben habarcsba vagy agyagba rakott téglákból és cserépedény-töredékekből készültek.

Ezen objektumok archeomágneses vizsgálatára azért kerítettünk sort, mert szerettük volna látni,

hogy jelenlegi állapotukban — némelyik részleges műemléki helyreállítás után — tartalmazznak-e még ma is olyan mágneses jegyeket, amelyek az illető tűzhely rendeltetésszerű használata idején rögződtek, tehát az egykori (XIV.—XV. századi) földi mágneses tér irányára adhatnak felvilágosítást.

Termoremanens mágnesezettség

A keresett információt az ún. termoremanens mágnesezettség (TRM) hordozhatja.

Termoremanens mágnesezettsége (TRM) a természetes tűzi eredetű kőzeteknek van. Ilyen pl. az a miocén korú andezit, amelybe a visegrádi palota néhány épületét belevágták. A TRM a magmás kőzet nagy hőmérsékletről közönséges hőmérsékletre történő hűlésekor jön létre a kőzetben, a hűlés idején ható földi mágneses tér irányával párhuzamosan. A TRM közönséges hőmérsékleten stabilis mágnesezettségi forma, azaz hosszú ideig változatlanul megmarad. Méréssel így képet alkothatunk a földi mágneses tér irányáról, illetve annak változásairól minden olyan földtani időben, amelyet a felszínen magmás kőzetek reprezentálnak.

A TRM mint fizikai tulajdonság szerencsére nem korlátozódik a tűzi eredetű kőzetekre, hanem velejárója szinte minden, eredetileg agyagból készült tárgynak, eszköznek, objektumnak, amelyet vala-

¹Beérkezett: 1996. január 22-én

²ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

³Mátyás király Múzeum, H-2025 Visegrád, Fő u. 23.

mikor kiégették, sőt azoknak is, amelyek pl. egy tűzvészben esetleg véletlenül égtek ki. Ilyenek egy-egy régészeti ásatás nyomán tömegesen kerülnek napvilágra. Ezen leletek közül a legértékesebbek a helyben maradt objektumok, objektum részletek, mivel ezek TRM-jének iránya közvetlenül azonosítható az egykori földmágneses tér irányával. A hazai archeomágneses adatok szinte teljes mértékben a különféle rendeltetésű kemencék és tűzhelyek TRM-jeinek mérésével keletkeztek [MÁRTON 1995]. Egy ilyen, kettős tapasztású sütőfelülettel rendelkező kemence Visegrádon is előkerült és a beszámolóban szerepelni fog. A következő említésre méltó csoportot a különféle rendeltetésű téglák alkotják. A téglák eredeti TRM-jüket a kiégetést követő hűlés idején nyerték. A maitól nem nagyon eltérő alakú téglákat valószínűleg az egyik hosszú élükre állítva égették ki és utólag bárhová is kerültek beépítésre, az égetés nyomán keletkezett TRM-jüket mindaddig megőrizték, amíg hasonló felmelegítés hatásának nem voltak kitéve. Más kérdés, hogy téglák esetében a földmágneses tér irányát közvetlenül csupán a téglák éleihez képest tudjuk rekonstruálni. A Visegrádon feltárt kandallók, és a fürdő kemencéi is részben vagy teljesen téglából épültek. Az objektumok használatakor a tűztérben nagy hőmérsékletet tartottak fent. Ha a hőmérséklet elérte a téglák eredeti égetési hőmérsékletét, akkor azok korábbi TRM-jüket teljesen elfelejtették és az egész struktúra új TRM-et vett fel a használat idején ható mágneses térben. Amennyiben a használat során a hőmérséklet a kemence vagy kandalló belsejében mindig kisebb volt, mint a téglák égetési hőmérséklete, akkor az égetéskor nyert TRM-nek azon része helyébe, amelyet a téglák az eredeti égetést követően e hőmérséklet alatt vettek fel új, ún. parciális TRM lépett. Pl. egy kandallóba épített téglá esetében, amelyet eredetileg nagy hőmérsékleten ($T_1 \geq 600 \text{ °C}$) égették ki, majd a kandalló használatára csupán $T_2 = 400 \text{ °C}$ -ig hevült fel, a téglá ma mérhető TRM-je ($T_0 = 20 \text{ °C}$ -on) egyenlő lesz az eredeti égetéskor 600 °C és 400 °C között rögződött, valamint a használat nyomán 400 °C és 20 °C között felvett parciális TRM-ek vektori összegével. A parciális TRM-ek additivitása teszi lehetővé ezek szétválasztását és azonosítását. Ha a vizsgált mintát $T_2 \leq T_1$ hőmérsékletre hevítjük, majd a földi mágneses tér kizárásával szobahőmérsékletre lehűtjük, akkor a minta TRM-jének T_2 és 20 °C között felvett részét elveszti, míg a T_1 és T_2 között képződött részt megtartja. Ha a kísérletet kellően sok lépésben végezzük és a T_2 hőmérsékletet fokozatosan emeljük, vagyis

$$T_0 < T_2^1 < T_2^2 < \dots < T_2^n = T_1 (= 600 \text{ °C}),$$

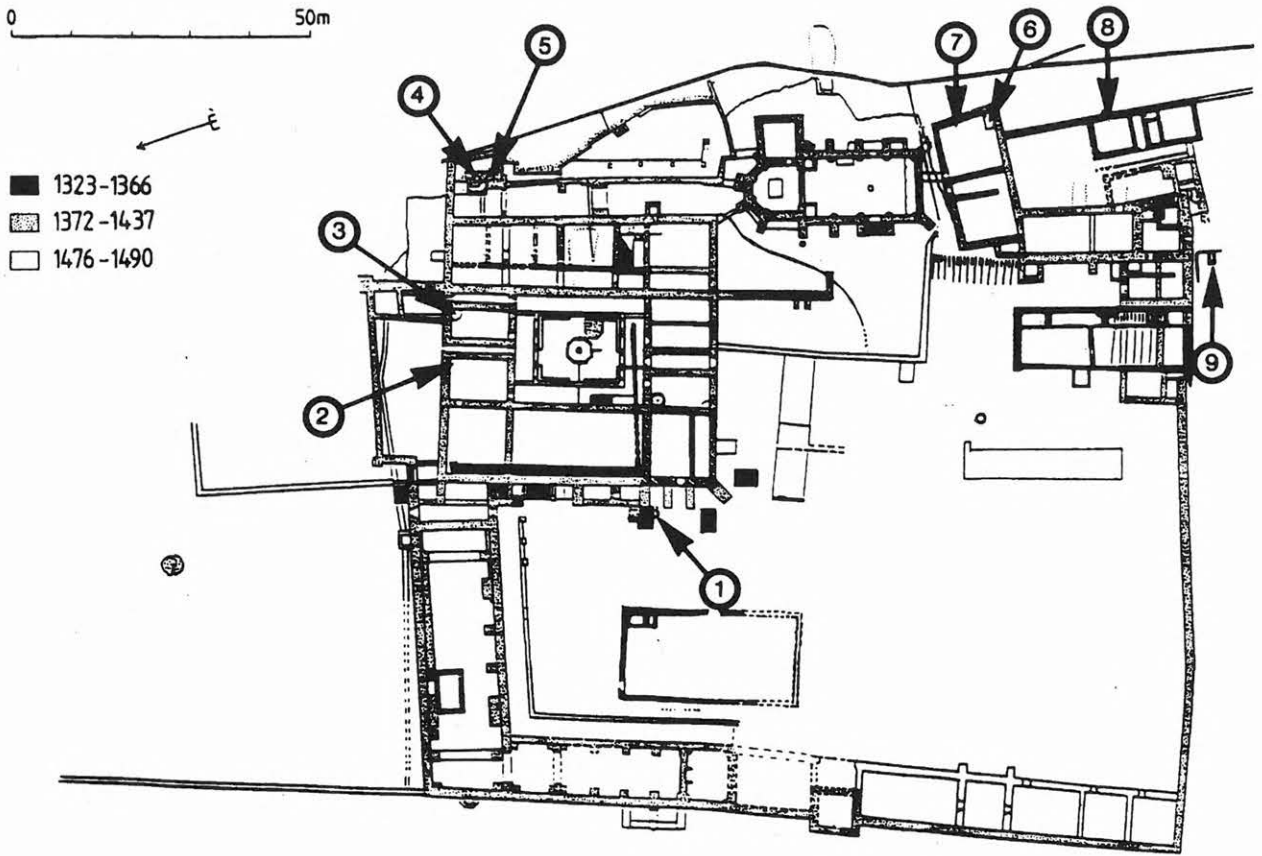
akkor a teljes TRM spektrum feltárható, illetve kedvező esetben a parciális TRM-ek irányai is meghatározhatók. Példánkra visszatérve világos, hogy a $T_2 \leq 400 \text{ °C}$ -ig eltávolított komponens iránya az utolsó használatkor ható földmágneses tér irányával azonosítható, a 400 °C fölött megmaradó komponens pedig a téglá eredeti kiégetésével került a mintába. Következtetéseinket objektumonként, több minta vizsgálatára alapozzuk. Az eredményeket, vagyis az azonosított TRM komponens(ek) átlagos irányát az ún. földmágneses koordináta-rendszerben a deklináció és az inklináció szögekkel adjuk meg. A deklináció (D) a TRM vízszintes komponensének északi iránnyal bezárt szöge, az inklináció (I) a TRM irányának vízszintessel bezárt szöge. Minthogy egy-egy izolált és azonosított TRM párhuzamosnak vehető az indukáló (létrehozó) földmágneses tér irányával, ezek a szögek egyben az egykori földmágneses tér irányának becslését is jelentik. A becslés statisztikai jellemzésére FISHER [1953] nyomán a pontosságot (k), illetve a szögek 95 %-os megbízhatósági intervallumait használjuk ($\pm dD^\circ$, $\pm dI^\circ$). A statisztikát egy-egy csoporton belül a függetlenül orientált minták számára alapozzuk. A $N = 6/12$ jelölésben az első ezt a számot mutatja, a törtvonal utáni szám pedig azt, hogy hány mintán végeztünk részletes méréseket.

Mintavétel

A visegrádi palota területén feltárt kemence és kandalló maradványok közül archeomágneses mérések céljából kilenc darab került megmintázásra; öt az északkeleti, négy a délkeleti palota területéről. A minták orientálását minden esetben mágneses tájolóval végeztük el.

Az északkeleti palota területén a következő maradványokból vettünk mintákat (*I. ábra*):

1. Kb. 1,5 m átmérőjű kenyérsütő(?) kemence tapasztott sütőfelületei. A felső, megújított sütőfelületből 6, az alsó, edénytöredékekre épített sütőfelületből 11 mintát vettünk. A kemencét 1323 és 1366 között használhatták.
2. Sarokkandalló az É/1 (ld. [BUZÁS 1994] 48. old.) helyiség északkeleti sarkában. Eredetinek látszó vakolatban rögzített 8 db téglaminta plusz 1 db vakolatba ragadt andezitminta a kandalló északi függőleges falából. A kandallót 1470 és 1490 között szüntették meg.



1. ábra. A visegrádi királyi palota periodizált alaprajza az archeomágneses mintavételi helyekkel. A számozott nyilak a mintavételi helyekre mutatnak

Fig. 1. Periodized plan of the Royal Palace of Visegrád with the archaeomagnetic sampling sites. Arrows point to the sampled objects

3. Sarokkandalló az É/3 (1. [BUZÁS 1994] 48. old.) helyiség északkeleti sarkában. Padkáját egy műemléki helyreállítás alkalmából felújították. Az első mintavételkor a padkából (3 tégl), valamint a felmenő falakból eltávolítható andezit (2 db) és téglamintákat (3 db) gyűjtöttünk, majd amikor ezek közül négy minta eredménytelennek bizonyult, akkor az újabb mintavételt a keleti falnak egy $0,3 \times 0,5$ m-es szakaszára koncentráltunk, amelyből 5 db, eredetinek látszó vakolatban rögzített téglamintát távolítottunk el. A kandallót a palota pusztulásáig használhatták, amely 1544 és 1570 közé keltezhető.
4. Kerek alaprajzú, téglából épített vízmelegítő kemence. A Fürdő északi kemencéje. Jelenleg 14 téglasor látszik. Mintáinkat a nyílástól eltekintve, körben egyenletesen elosztva az alulról számított 2.—12. téglasorokból gyűjtöttük, összesen 19

darabot. A kemencét a palota pusztulásáig használhatták.

5. Szabálytalan téglalap alakú, téglából épített kemence. A Fürdő déli kemencéje. Jelenleg 12 téglasor látszik. Mintáinkat az alulról számított 2.—12. téglasorokból a hegyoldali (keleti) (5 db) és vele szemben lévő (nyugati) (3 db) falból vettük. A kemencét a palota pusztulásáig használhatták.

Mintavétel a délkeleti palota területén:

6. Sarokkandalló az északi, ún. Kandallós terem délkeleti sarkában. A kandalló téglából készített padkájából 8 db mintát gyűjtöttünk. A kandallót a palota pusztulásáig használhatták.
7. Kandalló az északi, ún. Kandallós terem keleti falának középső részén. Az Anjou-korban működhetett. 1390 után lerombolták és levakolták.

A 7 falból kivett mintából 2 andezit, a többi pedig téglá.

8. Kandalló a felső udvar déli épületéből. A kandalló padkája habarcsba rakott téglákból áll. A téglák alatt mintegy 2 cm vastag habarcsréteg található. A habarcs alatti föld is vastagon átégett. Mintáinkat (6 db) a padkából vettük. A kandallót a palota pusztulásáig használhatták.
9. XIV. századi 3 periódusú nagy szemeskályha maradványai. Az utolsó megújítás tűztér alatti tégláépítményéből vettünk 8 db mintát. A struktúra pusztulása a XIV. század végére tehető.

Az archeomágneses vizsgálat eredményei

A mintavételi helyek sorrendjét tartva, a következő eredményekre jutottunk.

1. A kemence mindkét sütőfelülete megőrizte a használat idején felvett mágnesezettségét. A megújított, azaz a felső sütőfelület kevésbé égett át, mint az eredeti, alsó réteg. Ennek köszönhető, hogy az alsó réteg a felső használat idején nem mágneseződött át. Az alsó réteg TRM-je 300 °C (500 °C-ig) után

$$N=11/11, D=16,3\pm 2,9^\circ, I=59,1\pm 1,5^\circ, \\ k=874,$$

a felső rétege 200 °C, illetve 130 °C után

$$N=6/12, D=10,7\pm 4,5^\circ, I=59,5\pm 2,5^\circ, \\ k=713.$$

A deklináció kismértékű időbeli csökkenése összhangban van eddigi ismereteinkkel, noha a két sütőfelület használata között nem sok idő telhetett el.

2. Sarokkandalló, É/1 terem. A téglaminták közül egyedül a legfelső mutat olyan, viszonylag kis hőmérsékletű mágnesezettségi komponens, amely a kandalló használatához kapcsolható. A többi téglaminta mágnesezettségét nem a kandalló működésének idején vette fel, hanem valószínűleg még a téglák eredeti kiégetésekor, ui. mindegyik TRM-je gyakorlatilag egyetlen komponensből áll, ami nagy hőmérsékletű felmelegítés hatására sem változtat irányt. Ugyanakkor az „in situ” mágnesezettségi irányok egymástól és a földi mágneses tér várható irányától is nagymértékben eltérnek. Az andezit-minta mágnesezettsége kétkomponensű, azonban a kandallóhoz köthető kis hőmérsékletű összetevő a

mágnesezettség zömét adó geológiai (harmadkori) komponenshez képest olyan kicsiny, hogy pontos meghatározására nincs mód. Mindezek alapján állítható, hogy a kandalló a megmintázott falszakaszon ásatás utáni rekonstrukció. A felhasznált téglák eredeti égetésekor felvett TRM-jei konzisztensek és korábbi középkori, (korai Anjou?) kiégetésre utalnak:

$$N=8/8, D=\text{ismeretlen}, I=54,9\pm 2,9^\circ, \\ k=728.$$

3. Sarokkandalló, É/3 terem. A mérések egyértelművé tették, hogy a padkából vett téglaminták valóban műemléki helyreállításakor kerültek a helyükre és valószínűleg az egyik, falban lévő téglá is. A többi minta TRM-je kétkomponensű. A használathoz köthető összetevő az

$$N=9/18, D=10,4\pm 5,6^\circ, I=66,7\pm 2,2^\circ, \\ k=548$$

paraméterekkel jellemezhető. Ez a komponens a téglában 100° és 400 °C között, az andezitekben 400—500 °C-ig maradt meg. A téglák égetési komponensével irányát nem analizáltuk, miután a mintavételkor a téglák éleit nem tudtuk egyértelműen orientálni.

4. Kerek alaprajzú kemence, fürdő, északi medence. A kemence keleti feléből kilenc téglamintát vettünk. E minták közül három kétkomponensű TRM-et hordoz. A nagy hőmérsékletű komponens a téglák égetésekor blokkolódott. A kis hőmérsékletű, használati komponens viszont tisztán csak két mintában volt elkülöníthető 100° és 300 °C között. A további hat mintában a TRM egyetlen komponensből áll, ami oly mértékű használati felmelegedésről tanúskodik, hogy az eredeti égetési komponens teljesen felülíródott. A kemence nyugati oldalából vett 10 téglaminta közül háromnak olyan a mágnesezettsége, hogy sem az eredeti égetéssel, sem a használattal nem hozható kapcsolatba. E minták az égetés után a jelenlegitől eltérő helyen és pozícióban kerültek újból felmelegítésre. A többi hét mintát viszont mai helyükön vagy egyáltalán nem érte hőhatás, vagy csak jelentéktelenül kicsiny. Úgy tűnik tehát, hogy a nyugati oldal archeomágnesesen vizsgált középkori téglái műemléki helyreállítás során kerülhettek a kemencébe.

Így a használati TRM a kemence keleti oldalára kapott eredmények figyelembevételével

$$N=8/8, D=6,2\pm 7,7^\circ, I=67,7\pm 2,9^\circ, \\ k=362,$$

az égetési komponens pedig két nyugati oldali és nyolc keleti oldali rekonstrukciós téglaminta alapján

$$N=10/10, D=\text{ismeretlen}, I=58,1\pm 2,5^\circ, \\ k=2776.$$

5. Szabálytalan téglalap alakú kemence. Fürdő, déli kemence. Használati TRM komponens egyetlen, a kemence alsó részéből (2 sor) vett mintában nyomozható. Ebben és további öt mintában viszont konzisztens égetési TRM-et mértünk, amely az

$$N=6/6, D=\text{ismeretlen}, I=58,2\pm 3,5^\circ, \\ k=2270$$

adatokkal jellemezhető. Itt újra — ugyanúgy, mint a kerek kemence nyugati oldalán — műemléki helyreállítás nyomaival állunk szemben, amelynek mértékéről további részletes mintavétellel és archeomágneses méréssel szerezhetünk bővebb információt.

6. Sarokkandalló az északi ún. Kandallós terem délkeleti sarkában. A kandalló használatához minden mintában a 130° és 420 °C között távozó TRM-komponens rendelhető, amely a következő:

$$N=8/8, D=7,2\pm 8,0^\circ, I=66,5 \pm 3,2^\circ, \\ k=303.$$

A 420 °C felett megmaradó TRM mintánként változó erősségű égetési komponens lehet, de ennek analizálására nincs mód, mivel mintavételkor a téglák éleinek orientációját a padkában nem rögzítettük.

7. Kandalló az északi, ún. Kandallós terem keleti falának középső részén. A két andezitminta eredeti, geológiai TRM-jét a kandalló használata alig érintette. Annyira biztosan nem, hogy a használati komponens egyértelműen definiálható legyen. A téglák közül kettő rekonstrukciós, a maradék három viszont egy 100 °C és 500 °C között eltávozó konzisztens TRM-et hordoz, amelynek paraméterei

$$N=3/6, D=5,2\pm 8,0^\circ, I=68,8\pm 2,9^\circ, \\ k=1848.$$

E mágnesezettség eredetére nézve mind az utolsó használat idején felvett TRM, mind pedig a palota pusztulását előidéző 1544-es tűzvész hatására létrejövő TRM szóba jöhet (1. Értékelés).

8. Sarokkandalló a déli terem északkeleti sarkában. Három mintában 300 °C alatt, a többiben — amelyek a használat során jobban átégtek — 300 °C és 500 °C között lehetett ugyanazt a TRM komponens izolálni, amelynek paraméterei

$$N=6/8, D=5,0\pm 8,0^\circ, I=65,7\pm 3,3^\circ, \\ k=423.$$

Az elsőnek említett három mintában a nagyobb hőmérsékletű komponens nyilván az égetéskor jött létre, de ennek irányát, miután a téglák éleit mintavételkor nem orientáltuk, nem tudjuk reprodukálni.

9. XIV. századi három periódusú nagy szemeskályha maradványai. Összhangban azzal, hogy a kályha maradványa a tűztér alatti alépítmény, amely a használat folyamán nem melegedett fel, egységes kis hőmérsékletű TRM nem volt mérhető. 200 °C felett azonban minden mintában megmutatkozott az eredeti égetési TRM. Egyetlen, kissé kiugró adattól eltekintve ez az

$$N=9/9, D=\text{ismeretlen}, I=56,7\pm 2,7^\circ, \\ k=2604$$

paraméterekkel jellemezhető, míg az összes mintából

$$N=10/10, D=\text{ismeretlen}, I=55,5\pm 2,5^\circ, \\ k=911$$

statisztikailag azonos eredmény adódik.

Értékelés

A visegrádi archeomágneses vizsgálatok nyomán új földmágneses adatokat nyertünk, amelyek hasznosan egészítik ki a tér évszázados változására vonatkozó ismereteinket.

Az Anjou-kori kemence (1. mintavételi hely) archeomágneses irányai összhangban vannak a Csongrád-Várhát-i, 1300 körülre datált [LŐRINCZI G., szóbeli közlés] nagy téglaegető és az óbudai Clarissa-kolostor területén feltárt, 1350 körül műkö-

dő [ALTMANN J., szóbeli közlés] mészégető kemencék archeomágneses irányával.

Az, hogy a visegrádi kemence felső sütőlapjából meghatározott deklináció néhány fokkal kisebb, mint a korábban használt alsó sütőfelület mérésével kapott érték, szintén összhangban van a deklináció csökkenő trendjével a XIV. század folyamán.

A kemence után korban az 1390-ben megszüntetett kandalló (7. mintavételi hely) és nagy szemeskályha (9. mintavételi hely) következnek. A szemeskályha aljzatát képező téglák, amelyeken a méréseket végeztük, kiégetése ennél nyilván korábban történt; adataink a kiégetés időpontjára a palota építésének kezdetét sugallják. A kandalló archeomágneses inklinációja ($I \sim 69^\circ$) viszont túlságosan meredek ahhoz, hogy a XIV. század végére lenne keltezhető, de erre a kérdésre még visszatérünk.

A Mátyás-korban megszüntetett kandalló (2. mintavételi hely) megmintázott téglái akkor kerültek mai helyükre, amikor a kandallót már nem használták, és a tüzeléstől sérült hátfalát kijavították. A felhasznált téglák kiégetése a palota építésének kezdetére tehető.

Az eddig fel nem sorolt objektumokat (3., 4., 5., 6., 8. mintavételi helyek) a palota pusztulásáig használták, ami az 1544 és 1570-es évek közé tehető. Ezen kemencék és kandallók közül csak az 5. mintavételi helyen nem sikerült használathoz köthető TRM-et kimutatni, ami egy későbbi részletesebb mintavétellel valószínűleg orvosolható lesz. A 3., 4., 6. és 8. objektumok használati TRM irányai meglehetősen egyveretűek, tehát közel egyidejű keltezésre utalnak. Jellemzőjük a XIV. századinál mintegy 10° -kal meredekebb inklináció. Ennek alapján feltelezhető, hogy a 7. mintavételi hely mágneszettsége is a palota pusztulásával datálható és tűz-

vésznek köszönhető. Ez utóbbi öt objektum mágneszettségének átlagos irányát az

$$N=5, D=6,8 \pm 3,6^\circ, I=67,1 \pm 1,4^\circ, \\ k = 3026$$

paraméterek jellemzik, vagyis 1544 és 1570 között a földmágneses tér Visegrádon feltehetően ilyen irányú volt.

A fürdő téglából épített kemencéiben (4. és 5. mintavételi helyek) kimutatott eredeti égetési TRM inklinációja 58° -nak adódott, amely néhány fokkal nagyobb érték, mint az eddig említett égetési inklinációk. Az égetési komponens inklinációjának növekedésében korszakok tükröződnek; a nagyobb inklináció az égetést kissé későbbre keltezi.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a visegrádi romok, még mai — esetleg részbeni rekonstrukció utáni — állapotukban is tartalmaznak olyan objektumokat, amelyek archeomágneses vizsgálatra alkalmasak és amelyek gondos analizésével adatok nyerhetők egyrészt a földmágneses tér történetére, másrészt maguknak az objektumoknak az állapotára (eredeti vagy rekonstruált) vonatkozólag.

HIVATKOZÁSOK

- BUZÁS G. (szerk.) 1994: A visegrádi királyi palota kápolnája és északkeleti épülete. Visegrád régészeti monográfiái I. Visegrád 1994
- MÁRTON P. 1995: A földmágneses tér irányának változásai Magyarországon az archeomágneses mérések szerint. Magyar Geofizika **36**, 121–124
- FISHER R. A. 1953: Dispersion on a sphere. Proc. R. Soc. London, Ser. A. **217**, 295–305

Refrakciós időadatok, felületi hullám diszperziós adatok és egyenáramú geoelektromos adatok joint inverziója¹

KIS MÁRTA², AHMED AMRAN²

A dolgozat horizontálisan rétegzett földtani modellre vonatkozóan felszíni geoelektromos adatok, refrakciós futási idő adatok és Love-típusú felületi hullám diszperziós adatok egyedi és egyesített (joint) inverziójának eredményeit mutatja be. Vizsgálatainkban a legkisebb négyzetek módszere (LSQ) és a LAD (Least Absolute Deviation) módszer alkalmazásával az egyedi, illetve az egyesített (joint) inverzió eredményeinek összehasonlítását végezzük el.

M. KIS, A. AMRAN: Joint inversion of refracted travel times, dispersion data of surface waves and DC geoelectric data sets

This paper presents the results of independent and joint inversion of geoelectric data, refracted travel times and the dispersion data of Love surface waves for a horizontally layered near-surface media. Applying the LSQ and LAD methods we make a comparison between the results of independent and joint inversion.

1. Bevezetés

A geofizikai adatok inverziója során fellépő többértelműségi ekvivalencia és numerikus instabilitási problémák csökkentésére gyakran alkalmazzuk a különböző adatrendszereket egyesítő joint inverziót.

A geofizikai joint (egyesített) inverziót VOZOFF és JUPP [1975] vezette be MT és egyenáramú geoelektromos adatokra vonatkozóan. LINES et al. [1987] reflexiós, szónikus szelvényezési, VSP és gravitációs adatok joint inverzióját valósította meg. Bányabeli mérések VSP és geoelektromos adatainak joint inverzióját DOBRÓKA et al. [1991] dolgozták ki. HERING et al. [1995] felületi Rayleigh- és Love-típusú hullám, valamint egyenáramú geoelektromos joint inverziós algoritmusát fejlesztették ki. HERING és szerzőtársai vízszintesen rétegzett hullámvezető szerkezetet vizsgálva rámutattak, hogy az alsó féltér petrofizikai és geometriai jellemzőinek pontos meghatározásához nagyon alacsony frekvenciájú diszperziós adatok szükségesek, melyek viszont az in situ mérések diszperziós analíziséből nem származtathatók kellő pontossággal. Így ezen paraméterek meghatározása bizonytalansággal jár. Ez adta jelen dolgozatunk alap gondolatát, az egyenáramú geoelektromos és felületi Love-hullám diszperziós adat-

rendszer refrakciós időadatokkal történő kiegészítését.

A numerikus tesztek elvégzését horizontálisan rétegzett, rétegenként homogén izotróp modellre korlátoztuk.

2. Joint inverziós algoritmus

A különböző geofizikai módszerekkel mért adatrendszerek egymástól függetlenül végrehajtott inverziója során gyakran előfordul, hogy a probléma bizonyos ismeretlenek vonatkozásában alulhatározott, más paraméterekre viszont túlhatározott. Ennek oka lehet többek között az, hogy noha rendszerint lehetőség van több adat gyűjtésére, mint a meghatározandó ismeretlenek száma, az alkalmazott mérési módszertől függően lesznek olyan paraméterek, amelyekre nincsen elég információ az adatrendszerben (pl. két változónak csupán a szorzata szerepel a direkt feladatban). Ilyen esetekben gyakran alkalmazzuk a csillapított legkisebb négyzetek módszerét, amelyben a paramétervektor normájának minimalizálásával (mint mellékfeltétellel) választjuk ki a megoldást. A csillapítási faktor bevezetésével viszont — főleg nagy értékek alkalmazásakor — távol kerülünk a valódi megoldástól. Az ilyen és hasonló regularizációs eljárások helyett célszerűbb a fizikai eljárást alkalmazni pl. úgy, hogy több geofizikai módszer mérési adatrendszerét vonjuk be ugyanazon inverziós eljárásba, a különböző adatrendszerekből származó adatokat egy adatrendszerként dolgozva fel. Ez az eljárás az együttes (joint) inverzió,

¹Elhangzott Miskolcon, a Geofizikai Inverzió ankétján 1995. december 12-én

²Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

amellyel a numerikus problémák hatékonyan csökkenthetők.

ahol

$$\bar{P}_{s1} = \{h_1, \dots, h_{n-1}, v_{s1}, \dots, v_{sn}\}^T$$

A különböző geofizikai módszerekből származó mérési adatrendszerek joint inverziós eljárásban való egyesítése akkor előnyös, ha az egyes módszereknél a direkt probléma leírásában szereplő paraméterek egy része két (vagy több) adatrendszer meghatározásában is szerepet játszik. Feltételezve, hogy a különböző módszerek szempontjából a réteghatárok megegyeznek, a rétegvastagság paraméterek gyakran jelentik a kapcsolatot, melyen keresztül a különböző (fizikailag független) adatrendszerek egybe kapcsolódnak az inverzió során.

a szeizmikus Love-hullám modellparaméterek vektora (v_{si} az i -ik rétegre jellemző tranzverzális testhullám sebesség ($i=1 \dots n$)).

Vezessük be a kombinált modellparaméter vektort:

$$\bar{P} = \{h_1, \dots, h_{n-1}, \rho_1, \dots, \rho_n, v_{p1}, \dots, v_{pn}, v_{s1}, \dots, v_{sn}\}^T,$$

Az együttes inverziós eljárás szükségessé teszi a különböző módszerekkel mért adatok, ill. a módszerekhez tartozó válaszfüggvények egyesítését.

illetve a mérési adatok egyesített vektorát:

$$\bar{Y}^{obs} = \{\rho_{a1}, \dots, \rho_{aN_1}, t_1, \dots, t_{N_2}, S_{g1}, \dots, S_{gN_3}\}^T, \quad (4)$$

A geoelektromos előremodellezés során Schlumberger-elrendezésre GHOSH [1971] szűrőelméletét alkalmaztuk. A látszólagos fajlagos ellenállás értékeket a rétegek geoelektromos paramétereinek függvényeként állíthatjuk elő:

$$\rho_a = \rho_a(\bar{P}_e, r), \quad (1)$$

ahol N_1 a VESZ mérési pontok száma, N_2 a refrakciós észlelési pontok száma, N_3 azon frekvenciapontok száma, amelyeknél a diszperziós (Love-hullám) adatok ismertek; így az adatok teljes száma $N=N_1+N_2+N_3$.

Az (1), (2) és (3) képletek alapján az (4) adatvektorral azonos szerkezetben felírhatjuk a joint inverziós válaszfüggvények egyesített alakját:

ahol

\bar{P}_e a geoelektromos paramétereket tartalmazza,

$$\bar{P}_e = \{h_1, \dots, h_{n-1}, \rho_1, \dots, \rho_n\}^T,$$

r az elektród távolságokat jelöli, n a rétegek száma.

A refraktált hullámok futási ideje egyszerűen meghatározható a rétegek szeizmikus paraméterei ismeretében. Az ismert összefüggések alapján a

$$\bar{P}_{sr} = \{h_1, \dots, h_{n-1}, v_{p1}, \dots, v_{pn}\}^T$$

szeizmikus refrakciós paraméterektől és x forrástávolságtól függően a futási idők a

$$t = t(\bar{P}_{sr}, x) \quad (2)$$

függvény szerint adhatók meg.

A Love felületi hullám diszperziós relációi az irodalomból jól ismertek. A diszperziós görbe csoportsebesség adatait a DOBRÓKA [1987] által leírt módszerrel határoztuk meg, mely az $\bar{\omega}$ frekvenciától és az alkalmazott paraméterektől függ:

$$S_g^{(L)} = S_g(\bar{P}_{s1}, \bar{\omega}) \quad (3)$$

$$Y_i^{calc} = Y(\bar{P}, s_i) = \begin{cases} \rho_a(\bar{P}_e, r_i) & \text{ha } i \leq N_1 \\ t(\bar{P}_{sr}, x_i) & \text{ha } N_1 < i \leq N_1 + N_2 \\ S_g(\bar{P}_{s1}, \bar{\omega}_i) & \text{ha } N_1 + N_2 < i < N_1 + N_2 + N_3 \end{cases} \quad (5)$$

ahol s_i geoelektromos vizsgálatokban az elektród távolságot, refrakciós módszer alkalmazásakor a forrástól való távolságot, Love-hullám inverziós vizsgálatokban a frekvenciát jelenti.

Az (5) válaszgyenletekben megadott függvények a modellparaméterek nemlineáris függvényei. Ha a paraméterek kezdeti becslését \bar{P}_0 tartalmazza, a válaszfüggvényt sorba fejtvé \bar{P}_0 körül, lineáris közelítéssel élve

$$Y_i^{calc} = Y_i^{(0)} + \sum_{j=1}^M \left(\frac{\partial Y_i^{calc}}{\partial P_j} \right)_{P=\bar{P}^{(0)}} \cdot \delta P_j,$$

ahol M a modellparaméterek száma és $Y_i^{(0)} = Y(\bar{P}^{(0)}, s_i)$.

A mért, ill. a számított adatok különbségeként felírható a linearizált

$$\bar{e} = \bar{Y}^{obs} - \bar{Y}^{calc}$$

eltérésvektor.

Mivel különböző nagyságrendű és dimenziójú a-
datokat kezelünk együtt, célszerű az

$$\bar{f} = \frac{\bar{e}}{\bar{Y}^{(0)}}$$

relatív eltérésvektort bevezetni, vagy másként

$$\bar{f} = \bar{y} = \mathbf{G}\bar{x} \quad (6)$$

[DOBRÓKA et al. 1991], ahol

$$y_i = \frac{Y_i^{obs} - Y_i^{(0)}}{Y_i^{(0)}}, \quad x_i = \frac{\delta P_j}{P_j^{(0)}}, \quad G_{ij} = \frac{P_j^{(0)}}{Y_i^{(0)}} \left(\frac{\partial Y_i^{calc}}{\partial P_j} \right)_{P^{(0)}}$$

Gyakorlati példánál a relatív eltérésvektor nem
zérusvektor, emiatt (6) egyenletrendszer ellentmon-
dó. Ez nem jelenti azt, hogy az inverz probléma nem
oldható meg. Számos megoldás létezik, melyek ál-
talában az eltérésvektor valamely normájának mini-
malizálásán alapulnak.

Írjuk fel az \bar{f} vektor L_p normáját:

$$L_p = \left[\sum_{i=1}^N \left| y_i - \sum_{j=1}^M G_{ij} x_j \right|^p \right]^{1/p} \quad (7)$$

Ha a lineáris inverz feladat megoldását úgy de-
finiáljuk, mint a (7) kifejezést minimalizáló \bar{x} pa-
ramétervektort, akkor elegendő az

$$E_p = \sum_{i=1}^N \left| y_i - \sum_{j=1}^M G_{ij} x_j \right|^p \quad (8)$$

skalár szélső értékét vizsgálni, azaz a

$$\frac{\partial E_p}{\partial x_1} = 0, \quad (1 = 1, 2, \dots, M) \quad (9)$$

egyenletekkel adott egyenletrendszert megoldani. A
kijelölt műveletet elvégezve

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N \left| y_k - \sum_{j=1}^M G_{kj} x_j \right|^p &= \\ &= -p \sum_{k=1}^N |f_k|^{p-1} \text{sign}(f_k) \sum_{j=1}^M G_{kj} \delta_{j1} \end{aligned}$$

kifejezést kapjuk, ahol

$$\text{sign}(f_k) = \frac{f_k}{|f_k|}$$

Innen egyszerű átalakítással (9) alapján

$$\sum_{k=1}^N |f_k|^{p-2} \left[y_k - \sum_{i=1}^M G_{ki} x_i \right] G_{kl} = 0$$

egyenletet kapjuk, amely bevezetve a

$$R_{ks} = |f_k|^{p-2} \delta_{ks} \quad (10)$$

diagonális súlymátrixot a

$$\sum_{i=1}^M x_i \sum_{k=1}^N G_{ki} \sum_{s=1}^N R_{ks} G_{sl} = \sum_{s=1}^N G_{sl} \sum_k R_{ks} y_k$$

alakra hozható. Ezt az egyenletet mátrix alakban is
felírhatjuk és így a

$$\mathbf{G}^T \mathbf{R} \mathbf{G} \bar{x} = \mathbf{G}^T \mathbf{R} \bar{y} \quad (11)$$

normálegyenletet kapjuk [SCALES et al. 1988], ahol

$$\mathbf{R} = \text{diag}\{f_i^{p-2}\} \quad (12)$$

Az egyenletrendszer $p=2$ esetben az \mathbf{R} súlymátrix
egységmátrix, ekkor a legkisebb négyzetek mód-
szerének megfelelő

$$\mathbf{G}^T \mathbf{G} \bar{x} = \mathbf{G}^T \bar{y}$$

lineáris normál-egyenletrendszert kapjuk. $p \neq 2$ ese-
tében az eredményül kapott egyenletrendszer nem-
lineáris. Az iteratív újrasúlyozás módszerével
(IRLS—Iteratively Reweighted Least Squares) a
nemlineáris egyenletrendszer megoldásánál felme-
rülő numerikus problémákat megkerülhetjük. Az
eljárás során az \mathbf{R} mátrixot a k -ik iterációs lépésben
a megelőző $k-1$. iterációból származó adatokkal kö-
zelítjük. Így a k -ik iteráció jellemző lépése a lineáris

$$\mathbf{G}^T \mathbf{R}^{(k-1)} \mathbf{G} \bar{x}^{(k)} = \mathbf{G}^T \mathbf{R}^{(k-1)} \bar{y} \quad (13)$$

egyenletrendszer megoldása. Ez az egyenlet for-
mailag az \mathbf{R} mátrixszal súlyozott legkisebb négy-
zetek elvének megfelelő normálegyenlettel egyezik
meg. Az IRLS módszert leggyakrabban az L1 nor-

mán ($p=1$) alapuló LAD (Least Absolute Deviation) inverziós eljárás esetén alkalmazzuk. Ekkor

$$\mathbf{R} = \text{diag} \left\{ \left\{ \frac{1}{r_k} \right\} \right\} \quad \text{és}$$

$$r_k = \left| \delta Y_k - \sum_{i=1}^M G_{ki} \delta P_i \right|, \quad k=1 \dots N). \quad (14)$$

3. A paraméterbecslés megbízhatóságának jellemzése

A geofizikai mérési adatok elkerülhetetlenül tartalmaznak zajt is. Az inverziós eljárás során a mérési hiba az adattérből „leképződik” a paramétertérbe, így a modellparaméterek csak bizonyos pontossággal határozhatók meg.

A numerikus vizsgálatainkhoz definiáljuk az adattérbeli relatív távolságot

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{Y_j^{obs} - Y_j^{calc}}{Y_j^{obs}} \right)^2}$$

Mivel szintetikus vizsgálatokban előre meghatározott modelleken generálunk adatokat (rendelkezésre áll az egzakt modell), így tekinthetjük a modelltérben a közelített és az egzakt modell távolságát, a relatív modell-távolságot:

$$D^{(i)} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_j^{egzakt} - P_j^{közelített}}{P_j^{egzakt}} \right)^2}$$

Az LSQ (legkisebb négyzetek elvének megfelelő) inverziós vizsgálatainkban feltételezzük, hogy az adatrendszer kovariancia mátrixa

$$[\text{cov } \bar{y}] = \sigma^2 \mathbf{I}$$

alakú, az \mathbf{I} egységmátrix, σ^2 az adattérbeli variancia. Így a paramétertérbeli kovariancia mátrixot a

$$[\text{cov } \bar{x}] = [\mathbf{G}^T \mathbf{G}]^{-1}$$

alakban számítjuk. [SALÁT et al. 1982]

A mátrix diagonális elemei a modellparaméterek varianciáit tartalmazzák, a többi elem a paraméterek korrelációjának mértékét határozza meg. Ennek segítségével fejezzük ki a korrelációs mátrixot:

$$COR_{ij} = \frac{COV_{ij}}{\sqrt{COV_{ii} COV_{jj}}}$$

[MENKE 1984], melynek jellemzésére a skaláris korrelációs normát alkalmazzuk:

$$T = \sqrt{\frac{1}{M(M-1)} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (COR_{ij} - \delta_{ij})^2}$$

4. Szintetikus adatrendszerek generálása

A joint inverziós eljárás tesztelése szintetikus adatrendszerekkel történt. Az egyszerűség kedvéért az 1a. táblázatban látható háromréteges modellen végeztük el a számításokat.

Az egyenáramú VESZ elméleti adatait Schlumberger-elrendezés szerint 27, logaritmikusan egyenközű pontban számítottuk. A refrakciós futási időket 50 pontban számítottuk, ahol a geofonok közötti távolság 5 m, az első geofon távolsága a forrástól 5 m volt. A Love-típusú felületi hullám csoportse-

| thickness [m] | S-velocity [m/s] | P-velocity [m/s] | resistivity [ohmm] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------|
| 3.0 | 450.0 | 700.0 | 10.0 |
| 6.0 | 660.0 | 1500.0 | 50.0 |
| half space | 900.0 | 2300.0 | 100.0 |

1a. táblázat. Az egzakt modell
Table 1a. The exact model

| thickness [m] | S-velocity [m/s] | P-velocity [m/s] | resistivity [ohmm] |
|---------------|------------------|------------------|--------------------|
| 5 | 650.0 | 500.0 | 15.0 |
| 7 | 800.0 | 1300.0 | 40.0 |
| half space | 1000.0 | 2000.0 | 105.0 |

1b. táblázat. A startmodell
Table 1b. The start model

bességeket 1 Hz-enként állítottuk elő 10–140 Hz intervallumban.

A mérési adatok szimulálása érdekében az adatrendszereket

- (A) esetben 1%-os véletlenszerű Gauss-eloszlású zajjal,
- (B) esetben 5%-os véletlenszerű Gauss-eloszlású zajjal terheltük.

Nem Gauss-eloszlású hibával terhelt adatok létrehozása céljából

- (C) esetben 1%-os véletlenszerű Gauss-eloszlású zajjal és kiugró adatokkal,
- (D) esetben 5%-os véletlenszerű Gauss-eloszlású zajjal és kiugró adatokkal

terheltük az adatrendszereket. A kiugró adatok generálása során az adatok véletlenszerűen kiválasztott 25%-hoz további az alapzaj 20-szorosának megfelelő zajt adtunk.

5. Numerikus eredmények

Az LSQ inverzió eredményei

Az algoritmust az (A), (B), (C) és (D) adatrendszerekkel teszteltük. Az (A) eset eredményei az 1. ábrán, illetve a 2. táblázatban láthatók. A táblázat a paraméterbecslés pontosságának jellemzésére a relatív modelltavolságot (D), az adattérbeli eltérést (E) és a korrelációs átlagot (T) tartalmazza.

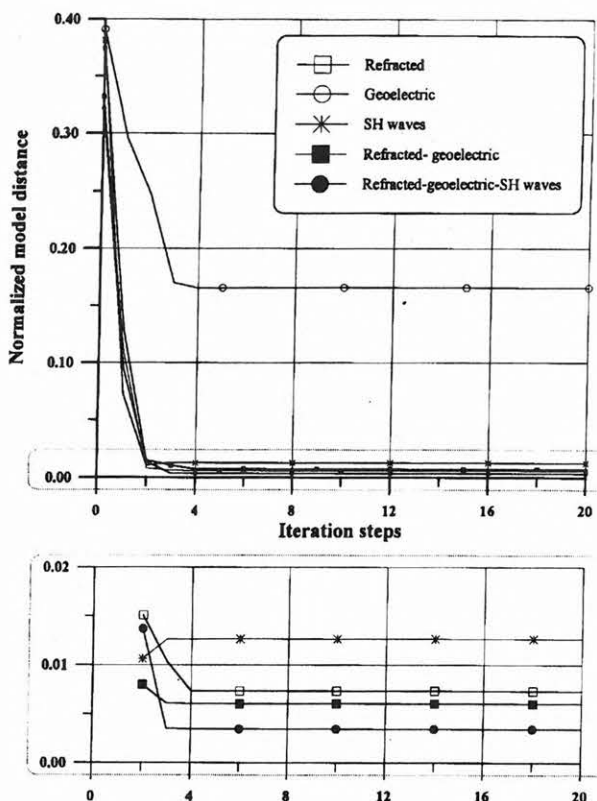
Az ábra alapján szembevetendő, hogy a geoelektromos, refrakciós és a Love-hullám adatok joint inverziója jobb eredményt ad, mint az egyedi inverziók.

Például a refrakciós adatrendszer bevonása, a rosszabb paraméterbecslést adó egyedi geoelektromos inverzió eredményét ($D=16,5\%$) nagymértékben javította, ahol a relatív modelltavolság értékét $D=0,6\%$ -ra csökkentette. Még nagyobb javulást érhetünk el, ha a Love-hullám diszperziós adatokat is egyesítjük a közös adatrendszerben. Ekkor a modelltavolság az induló 32%-os modelltavolságról 0,3%-ra esett vissza. A korrelációs átlag (T) is javul a joint inverzióknál, kisebb értékeket vesz fel, mint a független inverziós eredményeknél láhattuk.

| | Geoel. | Refr. | SH hullám | Geoel.-Refr. együttes | Geoel.-Refr.-Sh hullám együttes |
|---|--------|--------|-----------|-----------------------|---------------------------------|
| D | 0.1656 | 0.0073 | 0.0126 | 0.0060 | 0.0034 |
| E | 0.0122 | 0.0088 | 0.0094 | 0.0092 | 0.0093 |
| T | 0.5308 | 0.3131 | 0.5307 | 0.2242 | 0.2456 |

2. táblázat. Az 1%-os Gauss-eloszlású hibával terhelt adatrendszerek [(A) eset] LSQ inverziós eredményei

Table 2. Results of LSQ inversion of (A) data sets [containing 1% Gaussian noise]

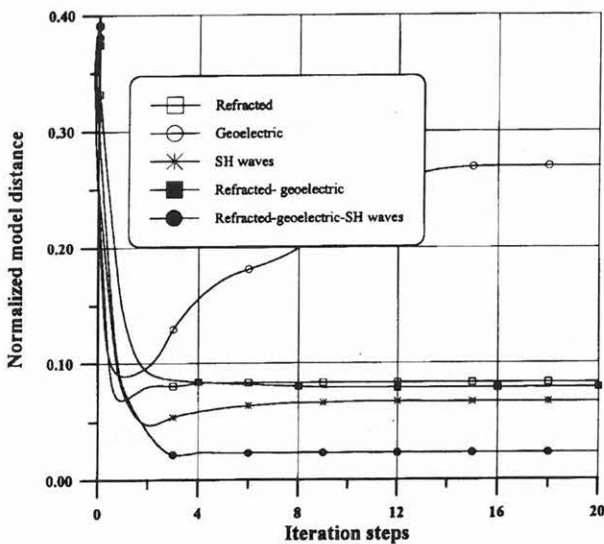


1. ábra. Az LSQ inverzió eredményei az 1%-os Gauss-hibával terhelt adatrendszerek esetén

Fig. 1. Results of LSQ algorithm (containing 1% Gaussian noise)

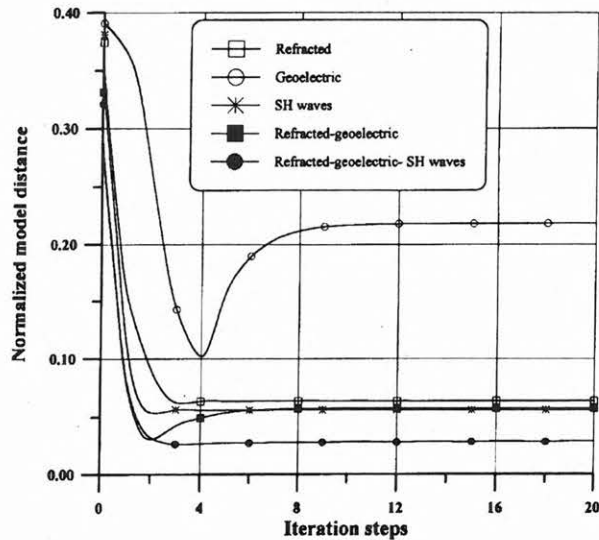
A (B) típusú 5%-os Gauss-hibával terhelt adatrendszerekkel kapott eredmények a 2. ábrán, ill. a 3. táblázatban tekinthetők meg. Látható, hogy a hiba növekedése romlást okozott a becsült modellparaméterek meghatározásában.

A (C) adatrendszerekhez tartozó eredmények a 3. ábrán, ill. 4. táblázatban találhatóak. Ezen eredményeket érdemes összehasonlítani az (A) eset 2. táblázatbeli eredményeivel. Az összehasonlításból kitűnik, hogy a pontosság nagymértékben csökkent. Ezt nem tekinthetjük meglepő eredménynek, mivel az LSQ algoritmus Gauss-eloszlású hibák esetén ad optimális eredményt. A kiugró adatok szerepeltetése az adatrendszerben bizonytalanságot okoz az LSQ inverzió paraméterbecslésében. Ennek el-



2. ábra. Az LSQ inverzió eredményei az 5%-os Gauss-hibával terhelt adatrendszerek esetén

Fig. 2. Results of LSQ algorithm (containing 5% Gaussian noise)



3. ábra. Az LSQ inverzió eredményei az 1%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek esetén

Fig. 3. Results of LSQ inversion (containing 1% Gaussian noise and outliers)

| | Geol. | Refr. | SH hullám | Geol.-Refr. együttes | Geol.-Refr.-Sh hullám együttes |
|---|---------------|---------------|---------------|----------------------|--------------------------------|
| D | 0.2696 | 0.0833 | 0.0669 | 0.0788 | 0.0236 |
| E | 0.0435 | 0.0513 | 0.0449 | 0.0510 | 0.0484 |
| T | 0.4783 | 0.3971 | 0.5677 | 0.3971 | 0.1920 |

3. táblázat. Az 5%-os Gauss-eloszlású hibával terhelt adatrendszerek [(B) eset] LSQ inverziós eredményei

Table 3. Results of LSQ inversion of (B) data sets [containing 5% Gaussian noise]

| | Geol. | Refr. | SH hullám | Geol.-Refr. együttes | Geol.-Refr.-Sh hullám együttes |
|---|---------------|--------|-----------|----------------------|--------------------------------|
| D | 0.2181 | 0.0639 | 0.0563 | 0.0574 | 0.0287 |
| E | 0.0549 | 0.0521 | 0.0514 | 0.0526 | 0.0523 |
| T | 0.5615 | 0.2187 | 0.5244 | 0.2263 | 0.1834 |

4. táblázat. Az 1%-os Gauss-eloszlású hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek [(C) eset] LSQ inverziós eredményei

Table 4. Results of LSQ inversion of (C) data sets [containing 1% Gaussian noise and outliers]

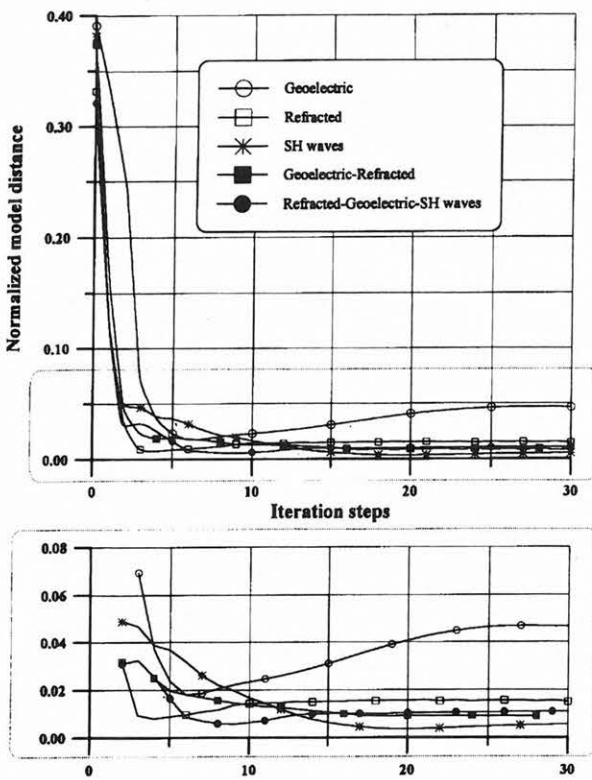
lenére itt is érvényes az a megállapítás, miszerint a joint inverziós algoritmus kedvezőbb, megbízhatóbb becslést szolgáltatott. Pl. a 3 adatrendszer joint inverziója 2,8%-os relatív modell-távolságot eredményezett, szemben az önálló inverziók pontatlan 21,8%, 6,3%, ill. 5,6%-os becslésével.

A (D) típusú, igen durva hibával terhelt adatrendszerek esetén az LSQ inverzió nem szolgáltatott megoldással.

A LAD inverzió eredményei

Az összehasonlítás végett most vizsgáljuk meg, hogy kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek esetén a LAD módszer milyen eredményekre vezet.

A (C) esetben a 4. ábrán, ill. 5. táblázatban látjuk, hogy a LAD algoritmus alkalmazásával közelebb kerültünk az egzakt modell paramétereire. Pl. a relatív modell-távolság (D) értéke az LSQ önálló geoelektromos inverziója esetén 21,8%-ot adott, amíg a LAD-nál D 4,6%-ra javult. Önálló refrak-



4. ábra. A LAD inverzió eredményei az 1%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek esetén

Fig. 4. Results of LAD algorithm (1% Gaussian noise and outliers)

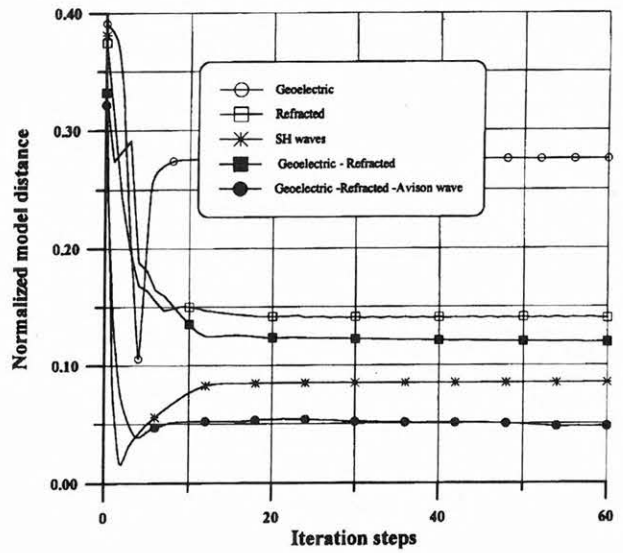
ciós esetben is nagymértékű javulást tapasztalhatunk: LSQ esetén 6,3%, LAD esetén 1,8%-os modell-távolságú paraméterbecslést kaptunk. A három módszer joint inverziója az LSQ esetén 2,8%, a LAD-nál 1,1%-os D-t eredményezett. Itt is

| | Geoel. | Refr. | SH hullám | Geoel.-Refr. együttes | Geoel.-Refr.-Sh hullám együttes |
|---|---------------|--------|-----------|-----------------------|---------------------------------|
| D | 0.0465 | 0.0184 | 0.0055 | 0.0151 | 0.0110 |
| E | 0.0600 | 0.0556 | 0.0576 | 0.0568 | 0.0571 |
| T | 0.9939 | 0.3789 | 0.7343 | 0.4491 | 0.3860 |

5. táblázat. Az 1%-os Gauss-eloszlású hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek [(C) eset] LAD inverziós eredményei
Table 5. Results of LAD inversion of (C) data sets [containing 1% Gaussian noise and outliers]

| | Geoel. | Refr. | SH hullám | Geoel.-Refr. együttes | Geoel.-Refr.-Sh hullám együttes |
|---|---------------|--------|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| D | 0.2722 | 0.1402 | 0.0850 | 0.1197 | 0.0371 |
| E | 0.1752 | 0.1976 | 0.1530 | 0.1816 | 0.1470 |
| T | 0.9052 | 0.5426 | 0.7099 | 0.2462 | 0.4787 |

6. táblázat. Az 5%-os Gauss-eloszlású hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek [(D) eset] LAD inverziós eredményei
Table 6. Results of LAD inversion of (D) data sets [containing 5% Gaussian noise and outliers]



5. ábra. A LAD inverzió eredményei az 5%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek esetén

Fig. 5. Results of LAD inversion (containing 5% Gaussian noise and outliers)

érvényes az, hogy a joint inverzió szembevető javulást okoz az egyedi inverziókhöz képest.

A (D) esetre vonatkozó eredményeket az 5. ábra és 6. táblázat foglalja össze. Az LSQ inverzióval szemben itt a durva hibák ellenére is stabil megoldásokat kaptunk. Ez a tény is világosan bizonyítja a LAD inverzió kiugró hibákra kevésbé érzékeny jellegét és stabilitását. Itt is érvényes az a tendencia, miszerint a joint inverziónál kisebb relatív modell-távolsággal jellemzett paraméterbecslést kapunk.

A refrakciós adatrendszerrel való együttes inverzió az önálló geoelektromos inverzió rossz, 27,2%-os becslését 11,97%-ra javítja. Még pontosabb eredményt kapunk a három módszer együttes inverziójánál, ahol a modelltávolság 3,7%-ra esett vissza.

HIVATKOZÁSOK

- DOBRÓKA M. 1987: Love-típusú telephullámok elmozdulás függvényei és abszorpció-diszperzió tulajdonságai, I. rész: horizontálisan homogén földtani szerkezet. *Magyar Geofizika* **1**, 20–33
- DOBRÓKA M., GYULAI Á., ORMOS T., CSÓKÁS J., DRESEN L. 1991: Joint inversion of seismic and geoelectric data recorded in an underground coal mine. *Geophysical Prospecting* **39**, 643–665
- GHOSH D. P. 1971: Inverse filter coefficients for computation of apparent resistivity standard curves for a horizontally stratified earth. *Geophysical Prospecting* **19**, 769–775

- HERING A., MISIEK R., GYULAI Á., ORMOS T., DOBRÓKA M., DRESEN L. 1995: A joint inversion algorithm to process geoelectric and surface wave seismic data. *Geophysical Prospecting* **43**, 135–156
- LINES L., SCHULTZ A. K., TREITEL S. 1987: Cooperative inversion of geophysical data. 57th SEG meeting, New Orleans. Expanded Abstracts, 814–816
- SALÁT P., TARCSAI GY., CSEREPES L., VERMES M., DRAHOS D. 1982: A geofizikai interpretáció információs-statisztikus módszerei. Tankönyvkiadó, Budapest
- MENKE W. 1984: *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press Inc.
- SCALES J. A., GERZTENKORN A., TREITEL S., LINES L. R. 1988: Robust optimization methods in geophysical inverse theory. 58th SEG meeting, Anaheim. Expanded Abstracts, 827–830
- VOZOFF K., JUPP D. L. B. 1975: Joint inversion of geophysical data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* **42**, 977–991

TANFOLYAM

A houstoni New World Horizon geofizikai szakmai továbbképző cég 1996. május 27–31. között *Reservoir Seismic methods* címmel, június 24–28. között pedig *Natural Gas Reservoir Engineering* címmel egyhetes, angol nyelvű tanfolyamot szervez Budapesten. Az első előadó dr. Robert E. SHERIFF, a téma nemzetközi szaktekintélye, az *Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics*, a *Reservoir*

Geophysics és sok más szakkönyv, szakcikk szerzője, társszerzője és szerkesztője.

Jelentkezni, részletesebb tematikát kérni a New World Horizon-nál az (1-713)773-9620 faxon, vagy BELLÉR Évánál (Magyar Geofizikusok Egyesülete, tel./fax: (1)201-9815) lehet.

Késmárky István

Erőfeszítések a földrengések előrejelzésére

Bevezetés

Eredetileg egy valamivel részletesebb — az alapfogalmakat ismertető — bevezetés után szerettem volna ezt a munkát egy szélesebb olvasótáborral megismertetni (Magyar Nemzet), de túlságosan nehéznek találták a témát a szerkesztők.

Nem titkolt célom volt a földrengések előrejelzésével kapcsolatos tévhitek eloszlatása. A minden alapot nélkülöző előrejelzések sajnos néha igen széles körben elterjednek, és a földrengés ügyekben tájékozatlan lakosság körében riadalmat kelthetnek.

Bizonyára sokan emlékeznek még a néhány évvel ezelőtti szóbeszédre, amely szerint a tudósok nagy földrengést prognosztizáltak Budapest környezetére. Ennek a rengésnek következtében a Gellért-hegy bele fog csúszni a Dunába. De hivatkozhatnék a legutóbbi várpalotai rengésre is, amikor felelőtlen elemek további nagy rengést jósoltak a városban, megadván a rengés keletkezésének időpontját(!) is (hajnali 4 óra). A földrengés ügyekben járatlan lakosság elhitte, és az éjszakát a szabadban töltötte.

Kollégáim javaslatára végül úgy döntöttem, hogy talán nem lesz érdektelen legalább a magyar geofizikus társadalmat megismertetni a földrengés előrejelzés néhány eredményével és nehézségével.

A következőkben látni fogjuk, hogy a sikeresnek tekinthető előrejelzések ellenére a végső megoldástól: a rengés keletkezési idejének, helyének és nagyságának megfelelő pontosságú prognózisától még

nagyon távol vagyunk.

A jelen munkában nem tekintem át az összes alkalmazott módszert, csupán igyekszem felvillantani néhány fontos és döntő mozzanatot, amelyek segítettek az előrejelzésben. Akik részletesebben kívánnak foglalkozni ezzel a témával, azoknak figyelmébe ajánlom a Tsuneji RIKITAKE szerkesztésében megjelent *Current Research in Earthquake Prediction* című munkát.

A következőkben a kínai, amerikai eredményeket és a hazai lehetőségeket kívánom röviden összefoglalni.

Kínai tapasztalatok és eredmények

Elsősorban a kínai sikeres földrengés előrejelzések (I. táblázat) hatására szeizmológus körökben optimista hangulat lett úrrá a hetvenes évek elején. Úgy tűnt, hogy csupán néhány év, és a nagy rengések keletkezési idejének, helyének és méretének elfogadhatóan pontos ismerete rendelkezésre fog állni az aktív területeken.

A kezdeti optimizmust lehűtötte a tangsani rengés, amely több száz ezer áldozatot követelt, és mint az I. táblázatból látható, ennek a rengésnek közvetlen előrejelzése nem volt. Igaz ugyan, hogy a területen intenzív kutatások folytak, de kellő időben a lakosságot nem sikerült riasztani.

Szomorú tény, hogy ennek a rengésnek az áldozata lett az a szeizmológusokból, geofizikusokból

| A LEGUTÓBBI NAGY KÍNAI FÖLDRENGÉSEK | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------|-------|-------|-----------|
| helység neve | tartomány | keletkezés időpontja | mérete M | előjelzés | | | |
| | | | | hosszú | közép | rövid | közvetlen |
| Haicseng | Lisoning | 1975. febr. 4. | 7,3 | x | x | x | x |
| Lungling | Jünnan | 1976. máj. 29. | 7,5 7,6 | x | x | x | x |
| Tangsán | Hopej | 1976. júl. 28. | 7,8 | x | x | x | o |
| Sungpan-Pingwu | Szecsuan | 1976. aug. 16–22. | 7,2 6,7 7,2 | x | x | x | x |
| Yen yuan | Jünnan-Szecsuan határán | 1976. nov. 1. 1976. dec.13. | 6,9 6,8 | x | x | x | x |

1. táblázat

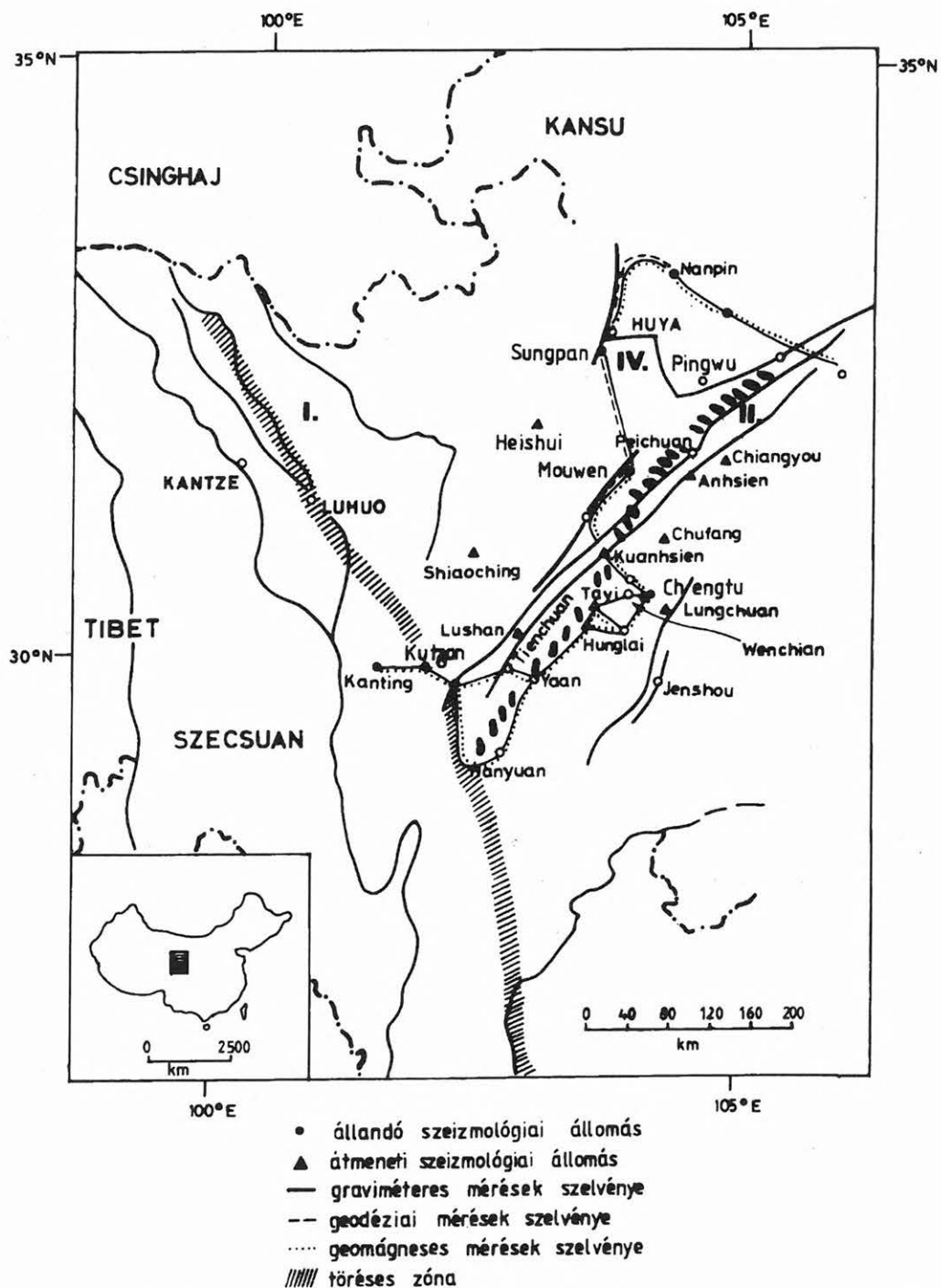
és geológusokból álló héttagú kutatócsoport is, amely a közeledő rengés előjeleit kutatva tartózkodott a majdani epicentrális területen. A rengés kiptartását megelőző napon a terepi megfigyelésekből visszatérve szállásukra, mind meghaltak szállodájuk romjai alatt.

A tangsani rengéssel egy időben Szecsuan tartományban is folytak vizsgálatok a földrengések előrejelzésére. A kínaiak ezeket az előrejelzéseket eredményesnek tekintették.

WALLACE R. R. és Ta Liang TENG kutatók a helyszínen járva megpróbálták kideríteni az alkalmazott módszereket, és az empirikus összefüggéseket, amelyek az előrejelzést lehetővé tették.

A jelen dolgozatban rövidített formában igyekszem végigkövetni azokat az alapvető méréseket, megfigyeléseket, amelyekről az amerikai kutatók írtak.

Szecsuan vizsgált területe (I. ábra) nagyon aktív volt a kutatót rengéseket megelőző időszakban is.



I. ábra. Kína Ny-Szecsuan tartománya „Y” alakú töréses zóna. Sungpan—Pingwu epicentrális terület

46 esetben figyeltek meg $M \geq 5$ -ös méretű földrengést a 636-tól 1975-ig terjedő időszakban. A földrengések töréses zónákhoz kapcsolódnak. Két különösen aktív periódust állapítottak meg az 1597–1760 és 1920–1926 közötti időszakokban.

A műszeres megfigyelések szerint a rengések fészkmélysége a vizsgált területen 10–25 km volt, csak néhány esetben számítottak 25–40 km közötti értéket.

A rengések tér- és időbeli eloszlása bizonyos sajátosságot mutatott. Megfigyelték, hogy valahányszor a II-vel jelölt zónában rengés keletkezett, hamarosan válasz-rengés pattant ki Sungpan környezetében (IV. zóna) és fordítva.

Miután Tayiban 1970. február 24-én egy $M=6,25$ -ös rengés keletkezett, várható volt egy rengés kipattanása a III-as zónában is.

Sungpan és Mouwen környezetében nagyszabású vizsgálatokat indítottak (gravitációs, mágneses mérések, új szeizmológiai állomásokat létesítettek, ismételt geodéziai és radon méréseket hajtottak végre).

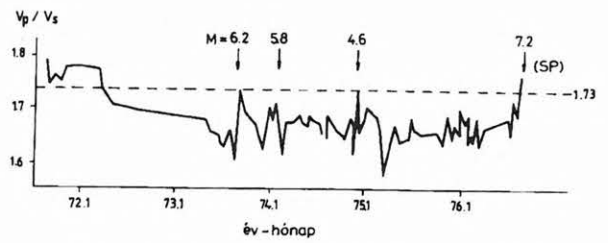
A mérések elemzése után 1975 novemberében a Szecsuani Szeizmológiai Hivatal (SZSZH) „földrengés tendencia” konferenciát tartott, amelynek végkövetkeztetése szerint egy $M \geq 6$ -os méretű rengésre lehet számítani Sungpan—Mouwen térségében a következő 6 hónapban.

Véleményüket a következő megfigyelésekre alapozták:

1. Szeizmicitás. A II. zónában 1920 és 1968 között három aktívabb időszak volt, ezek mindegyikében egy-egy $M \geq 7$ -es méretű rengés előfordult. Ezeket az aktív időszakokat 3–8 évvel megelőzte az I-es zónában egy fokozott szeizmicitás, szintén $M \geq 7$ -es rengéssel. A két törésvonal egy „Y” két ágát képezi és kapcsolatukhoz nem fér kétség.

1973. február 6-án egy $M=7,9$ -es méretű rengés keletkezett Luhuo-ban (I. zóna). Ezen nagyrengés után a II. zóna aktivitása megnövekedett, de Sungpan—Pingwu környezete (III. öv) nyugalomban maradt.

2. v_p/v_s anomáliákat (v_p a longitudinális, v_s a transzverzális hullámok sebessége) figyeltek meg (2. ábra). Az anomális időtartamból egy $M=6,5$ -ös méretű rengésre következtettek. Zárójelben jegyezték meg a hivatkozott amerikai kutatók, hogy nem volt elég hosszú a megfigyelési idő, és a Sungpan—Pingwui rengések után nem folytatták tovább a méréseket. Az sem derült ki, hogy hol mérték a sebességeket.

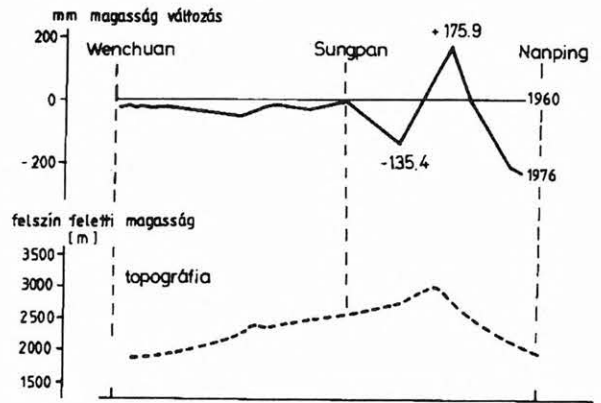


2. ábra. Longitudinális és transzverzális hullámok sebesség-arányának változása az epicentrális területen 1972-től 1976-ig

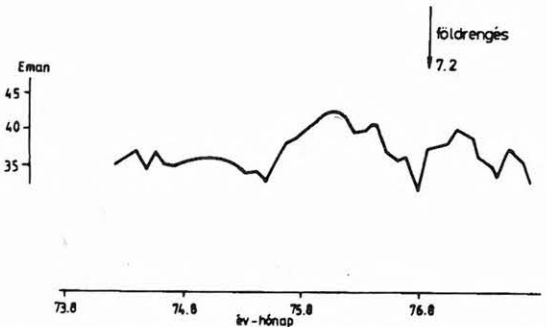
3. Ismételt geodéziai mérések 1961 és 1976 között Sungpan és Nanping között 20 mm/év változást állapítottak meg (3. ábra).

4. Radon koncentrációt 20–30 helyen mértek. A talajvíz radon koncentrációja a sungpani állomáson 1975 márciusában kezdett növekedni és 1975 végére 29%-kal meghaladta az átlagos szintet (4. ábra).

A kínai szakértők nagy különbséget állapítottak meg a radonmérő állomások között. Célszerűnek látták, ha néhány „kulcs”-állomásra hagyatkoznak. A különböző típusú anomáliáknak



3. ábra. Magasságváltozás Sungpan és Nanping között. A mérések 1960-ban és 1976-ban történtek



4. ábra. A sungpani radonmérő állomáson megfigyelt értékek

különböző értékelést adtak. A Sungpanban megfigyelt kút adatait közép-, a kutzanit rövid távú előrejelzésre használták.

5. Sungpan, Pingwu és Nanping területén, annak ellenére, hogy a lehullott csapadék átlagos volt, a talajvízszint csökkent. Néhány helyen a kutak kiszáradtak, a bambusz ültetvények károsodtak, a panda medvék élettere beszűkült.

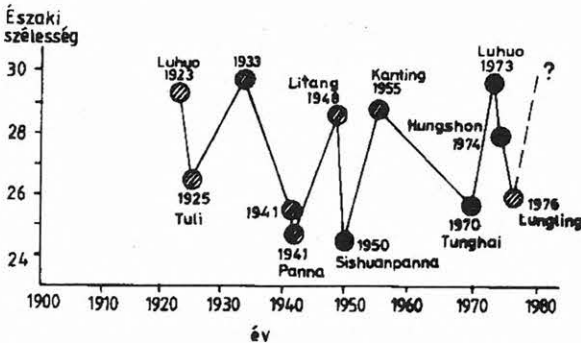
1976 márciusától bizonyos „makroszkopikus anomáliákat” figyeltek meg: A források vizének íze, szaga, színe megváltozott, némely helyen földgáz tört elő a közethasadékokból, begyulladt, nehéz volt eloltani. Egy kútban gázkitörést figyeltek meg, mintát vettek és elemezték. Az eredmény 25,1% CO₂, 72% N₂, 1,8% O₂ volt.

Állatok szokatlan viselkedését is megfigyelték április és május folyamán.

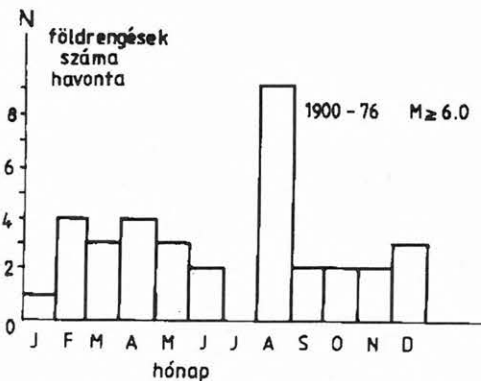
Időközben Lunglingben, Jünnan tartomány nyugati részében egy M=7,6-os földrengés keletkezett (1976. május 29.).

A kínai kutatók megállapították, hogy a nagyrengek váltakozva fordulnak elő az ország északi és déli részén (5. ábra). Feltételezhetjük, hogy a nagyszerkezeti egységek között kapcsolat lehet.

Nem találtak azonban magyarázatot arra, hogy miért keletkezett a nagyrengek többsége augusztusban (6. ábra).



5. ábra. A földrengések váltakozva fordulnak elő északon és délen



6. ábra. Nagyrengek havi gyakorisága

A SZSZH egy újabb földrengés tendencia konferenciát hívott egybe 1976. június 4-én. A konferencia eredményeképpen jelentést nyújtottak be a hatóságoknak, amely szerint a II-es zónában Peichuantól Kantingig, nagy valószínűséggel egy M=6-os méretű rengés várható a következő 1-2 hónapban.

1976 júniusában egy „nemzeti konferenciát” hívtak egybe, amelyen az a vélemény vált uralkodó, hogy II-es zóna déli részén (több száz kilométerre a majdani epicentrumtól) várható egy M=6-os méretű rengés. A jelentésben további vizsgálatokat szorgalmaztak Mienjang, Yaan, Wenchiang és Kantze térségében.

A szeizmológiai állomások számát megnövelték és a gravitációs, mágneses, tellurikus mezőt gyakrabban, több helyen mérték. A megfigyelésben részt vevő személyek száma 280-ról (1975) 4800-ra növekedett.

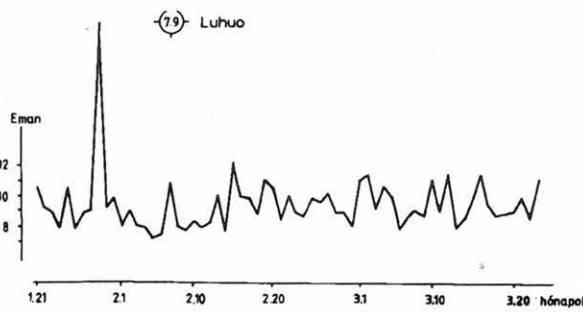
1976. július 16-án és 24-én két újabb jelentést adtak ki, amelyekben megerősítették a földrengés bekövetkezését.

Miközben hatalmas erőfeszítéseket tettek a szezsuan rengés előrejelzésére, a vizsgált területről keletre a tangsani katasztrófa közeledett (1976. július 28-án éjjel Tangsan romba dőlt, hivatalos kínai adatok szerint 240 000 ember meghalt, a sebesültek száma egymillió körülire becsülhető).

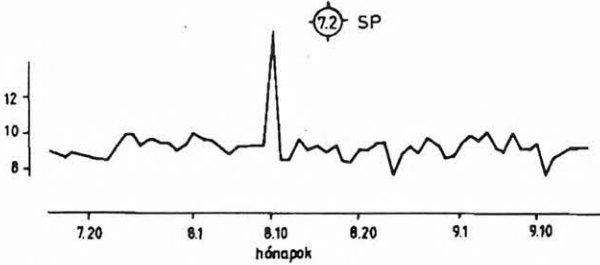
Augusztus 2-án és 7-én, főleg a makroszeizmikus megfigyelések elemzése, az SZSZH-t további két jelentés kiadására készítette, amelyekben augusztus 13-án, 17-én és 23-án egy M=7-es méretű földrengést prognosztizáltak, Mouwen—Peichuan vagy Kanting—Luting térségében. Ezt a következtetést tellurikus, geomágneses adatok, talajvízszint-változás és az állatok különleges viselkedése alapján vonták le. Az adatok értékelésére empirikus formulát használtak, de részleteket nem sikerült megtudni az idézett amerikai kutatóknak. Legvalószínűbb, hogy az „Y” alakú töréses zóna két ágának találkozási pontján lévő, Kutzan város meleg vizű forrásának radon koncentráció növekedése játszott döntő szerepet. Megfigyelték, hogy a kút vizének ugrásszerű radontartalom növekedése után 6—11 nappal az I. vagy a II. töréses zónában nagy rengés keletkezett (7/a., 7/b. ábrák).

A kutzani mérőállomáson megfigyelt ugrásszerű radon koncentráció után augusztus 17-én szükségállapotot rendeltek el. A II-es zóna 200—300 km-es hosszán evakuálták a lakosságot, főleg öregeket és gyerekeket.

Augusztus 16-án 22 óra 6 perckor M=7,2-es méretű rengés keletkezett a Huya (III.) törésvonal

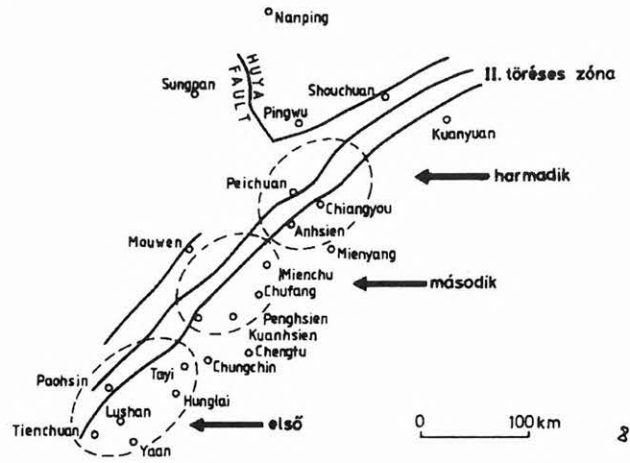


7a. ábra. Radon koncentráció változása a kuzhanyi állomáson a luho-i földrengés ($M=7,9$) előtt

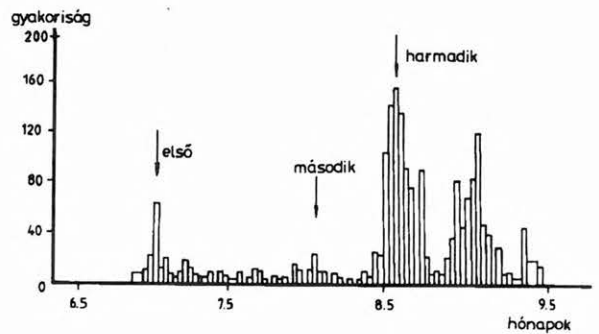


7b. ábra. Radon koncentráció változása a kuzhanyi állomáson a sungpan-pingwai ($M=7,2$) földrengés előtt

Július végére a nagyobb állatok viselkedése vált szokatlanná a fészkekhez közelebbi területen (8., 9. ábrák).



8. ábra. Makroszkopikus anomáliák migrációja. Elsősorban az állatok szokatlan viselkedését vették figyelembe



9. ábra. Makroszkopikus anomáliák változása

környezetében, meglehetősen távol a prognosztizált epicentrális térségtől.

Meglepő, hogy az augusztus 22-én és 23-án keletkezett rengéseket az SZSZH 12 órával előbb jelezte, tellurikus áramok, az állatok szokatlan viselkedése és a szeizmikus csend alapján (nem voltak utórengek).

Az amerikai kutatók megemlítették, hogy a három előrejelzett időpont jól megfelelt a három rengés keletkezési időpontjának. Bizonytalanok maradtak azonban annak a kérdésnek az eldöntésében, hogy a három időpont egy rengés három lehetséges idejét jelentette, vagy három különböző rengés kipattanási idejét.

A fentiekben csak utaltunk a rengéseket megelőző, nem műszeres megfigyelések fontosságára. Talán nem érdektelen ezeket jelenségeket egy kicsit részletesebben ismerni.

A földrengéseket megelőző néhány hét folyamán 1297 esetben jelentettek anomáliákat, amelyek részben az állatok szokatlan viselkedésében (fényképeket közöltek, amelyeken villanyoszlopon és villanydróton kapaszkodó patkányok, háztetőn lévő nyulak láthatók, sertések igyekeztek óljaikból kitörni) nyilvánult meg.

Bizonyos törvényszerűségeket figyeltek meg az állatok viselkedésében. 1976 júliusát megelőzően főleg kisebb állatok váltak nyugtalaná, a rengés keletkezési helyétől több száz kilométerre D-re!

A Sanghaji Biofizikai Intézetben kutatják az állatok különös viselkedésének okait. Megfigyeléseik szerint az állatok nyugtalaná válásának ideje fajspecifikus (2. táblázat).

A rengést megelőző néhány hét folyamán oszlop és labda alakú földrengés-fényeket is megfigyeltek.

Az epicentrumtól 75 km-re július 21-én három hivatásos szeizmológus társaságában levő tv-stáb egy 1 méter átmérőjű tűzgömböt látott, amely tőlük 100 m-re a földfelszíntől kb. 10–15 m magasra felszökött, miközben egy pingponglabda méretre zsugorodott, majd egy ívelt pálya mentén a föld felszínét elérve eltűnt.

A földrengéseket megelőzően 1000 esetben figyeltek meg tűzgömböt, egyetlen éjszakán ötvenet. Napközben kis füstlabdákat jelentettek. A tűzgömbök főleg folyómedrek és törészónák kereszteződésénél

| állat | földrengést megelőző idő |
|-------------------------|---|
| kutya | félóra—napok |
| csirke | 1—3 nap |
| patkány | 1—5 naptól két hétig |
| hal | néhány órától 10 napig |
| sertés | néhány órától egy napig |
| fácán | 1—2 nap |
| kígyó | 2—3 nap (kb. 10 nap, ha téli álomból ébred) |
| csikó, tehén, ló, birka | néhány órától egy napig |
| tigris | néhány óra |
| medve | néhány óra |
| papagáj, kanári, hattyú | 15 perctől néhány óra |

2. táblázat

keletkeztek. Gyakran kén- és fokhagymaszagot éreztek.

A tűzgömbök valószínűleg az ezen a területen lévő földgáz égéséből származtak. Földrengések előtt gázkitöréseket is tapasztaltak.

A kínaiak évszázadok óta megfigyeltek „földrengés hangokat”, amelyeket a helyi lakosság a „hegyek hangjának” nevezett. A rengés előtt néhány hónappal mély dübörgésekkel, majd a rengés keletkezésének időpontjához közeledve magasabb hangokat hallottak.

A földrengéshangok és az előrengések között gyakran nincs kapcsolat. Helyesebben szólva a szeizmogramokon nem láttak rengéseket, amikor a hangokat hallották.

Növények szokatlan növekedése, fonnyadása valószínűleg a talajvíz változásával hozható kapcsolatba. Érdekes, hogy a gyümölcsfák (alma, körte) 1976 tavaszán virágoztak, termést hoztak, majd júniusban és augusztusban újra virágba borultak.

A bambusznád nagyon érzékeny a talajvíz szintjének a változására, hamar fonnyad. A törés zónában volt a legszembetűnőbb a változás.

Összefoglalva:

A vizsgált területen, viszonylag hosszú idejű megfigyelési sorozat állt rendelkezésre. Az előrejelzett rengések mind nagyok voltak. A feszültség felhalmozódás során jelentős változások keletkeztek a majdani epicentrális területnél lényegesen nagyobb környezetben. Valószínűleg ez az egyik oka annak, hogy az epicentrális terület meghatározásában elég jelentős volt a hiba.

A földrengések keletkezését megelőzően sok a ma még meg nem magyarázott jelenség. Az empirikus összefüggések megbízhatóságáról keveset tudunk. Ugyancsak nem tisztázott az állatok szokatlan viselkedésének az oka.

Úgy tűnik, a közvetlen riasztás a legnagyobb gond és mindaddig az is marad, amíg a fészekben folyó feszültség felhalmozódás folyamatát nem tudjuk megbízhatóan ellenőrizni.

Földrengés előrejelzés a Szent András-törésvonal mentén

Talán nem kell indokolnunk, hogy miért foglalkozunk ennek a területnek a vizsgálatával.

Ez a törésvonal a Pacifikus lemezt választja el az Észak-atlanti lemeztől. E két lemez találkozásánál földrengésfészkek sűrűsödése figyelhető meg, vulkánok kíséretében.

A Szent András-törés környezetében várható földrengések méretének és keletkezési helyének becslését elsősorban az tette lehetővé, hogy ez a térség, földrengés előrejelzés szempontjából, a világ legjobban kutatott területe. Több száz szeizmográfal figyelik, és regisztrálják nemcsak a nagyobb, hanem az egészen kicsi, ún. mikrorengéseket is. Meghatározzák a rengések keletkezési idejét, helyét, méretét, térbeli eloszlását és egyéb paramétereit. Folyamatosan elemzik az eredményeket. A törés zóna aktivitásában bekövetkezett bármilyen változást azonnal jeleznek. Folyamatosan nyomon követik a terület geofizikai tereiben bekövetkezett változásokat, mérik a törésvonal két oldalának relatív mozgását.

Kimutatták, hogy a törésvonal egyes szakaszainak vízszintes mozgása eltérő. Egyik részen kúszás, lassú elcsúszás történik, másik részén centiméteres ugrások közben oldódik ki a feszültség. Néhány helyen azonban az elcsúszás gyors és több méteres lehet. Ilyen elmozdulások okozták az 1857-es és az 1906-os földrengéseket.

A különböző jellegű elmozdulások, elcsúszások, szeizmikus kúszások, földrengésekkel járó elmozdulások és rugalmatlan deformációk elemzéséből E. WALLACE meghatározta a törésvonal földrengés potenciálját. Az elmúlt 20 millió éves időtartam figyelembevételével kiszámította, hogy 50—200 évente nagy erejű földrengés várható a törés zónában. Ez a prognózis még túl sokat nem mond, egyedül az épületek méretezésénél lehet és kell felhasználni.

A fenti becslések megbízhatósága ellenőrizhető, ha a nagyon rövid megfigyelési időtartamot valamilyen módon meghosszabbítjuk. Különösen fontos ez Kaliforniában, ahol — Kínával ellentétben — az ismert okok miatt meglehetősen rövid múltra tekint a földrengések megfigyelése.

Abból indultak ki, hogy a már megfigyelt nagy rengések jól megfigyelhető nyomokat hagynak a felszínen és a felszínközeli rétegekben. A múltban keletkezett, ún. nagy paleorengések méretének, gyakoriságának vizsgálatára tehát van mód.

A legátfogóbb paleorengés kutatást Los Angeles-től 55 km-re északra Pallet patakánál K. E. SIEH hajtotta végre. Az egymást követő elcsúszások a törésvonal mentén többször megszakították a patakmederben lerakódott rétegeket, ugyanakkor elzárták a víz folyásának az útját. A széttöredezett rétegekre újabbak települtek és kialakult egy bonyolult földtani szerkezet. SIEH feltárta a területet és szénizotópos módszerrel meghatározta az egyes rétegek korát. Elemzése alapján megállapította, hogy az elmúlt 1400 év alatt legalább 9 nagy földrengés volt a vizsgált területen.

További vizsgálatok szerint a Szent András-törésvonal Mojave szakaszán 50—300 év telik el két nagy rengés között. Ezen a területen legutóbb 1857-ben figyeltek meg nagy erejű földrengést.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy még a Szent András törés zónában is a kutatók csak a nagyobb rengések gyakoriságára és várható keletkezési helyére tudnak becslést adni. A rengés keletkezésének időpontját, a kívánt pontossággal, még nem lehet prognosztizálni.

A magyarországi földrengések előrejelzésének nehézségei

Olyan méretű rengések, mint amelyeket Kínában előre jeleztek, hazánkban nem fordulnak elő. Ezt meglehetősen biztosan állíthatjuk, hiszen az ilyen nagyméretű rengéseknek nyoma marad a felszínen és a felszín alatti rétegekben. Ilyen paleorengésekre utaló nyomokat hazánkban nem találtunk.

Viszonylag hosszú megfigyelési időszakról (455-től) vannak ugyan feljegyzéseink, de csupán az elmúlt 300 év földrengéseinek történetét tekinthetjük megbízhatóbbnak.

A hazai földrengések keletkezése előtt szokatlan jelenségeket, néhány kivételtől eltekintve (az 1834-es érmelléki és az 1985-ös berhidai rengés), nem tapasztaltak.

Nem állnak rendelkezésre — néhány területtől eltekintve — olyan, a kisebb aktív zónák felderítésére vonatkozó mérési sorozatok (ismételt geodéziai és geofizikai mérések és folyamatos szeizmológiai megfigyelések), amelyekből tömeg átrendezési folyamatokra és a várható nagyobb rengés méretére és keletkezési helyére lehetne következtetni.

Hiányoznak olyan megfigyelések és empirikus összefüggések, mint amelyek Kínában sikerre vezettek. Nincsenek olyan paleorengésekre utaló nyomok, mint amilyeneket Kaliforniában megfigyeltek.

Úgy tűnik tehát, hogy a hazai rengések előrejelzésével kapcsolatban alig lehet valamit mondani.

Bizonyos megfontolások alapján a rengések keletkezési helyét, az adott forrásból várható legnagyobb méretű rengést néhány esetben becsülhetjük.

Abból az ismert tényből kell kiindulnunk, hogy a földrengések keletkezését megelőzően egy feszültség felhalmozási folyamat játszódik le. Az ismételt geodéziai mérések [JOÓ I. 1984] szerint a hazánk túlnyomó részére kimutatott, 1 mm/év-nél kisebb vertikális mozgások, valamint a negyedkor folyamán tapasztalt süllyedések és emelkedések [RÓNAI A.] mértéke bizonyítja, hogy a feszültség felhalmozódás folyamata hazánkban lassú.

A kőzetblokkok bonyolult mozgását létrehozó, a kéregre ható regionális erők csak lassan változnak. A mozgások létrejöttét a kőzetek szilárdsága, a töréses felületek közötti súrlódások akadályozzák, feszültségek halmozódhatnak fel, amelyek földrengések formájában is kioldódhatnak.

A földrengések keletkezésének zónái tehát bizonyos szerkezetekhez kötődnek és ezért stabilitást kell, hogy mutassanak.

Geomorfológiai, neotektonikai vizsgálatokkal eldönthető, hogy a mozgások stabilitása milyen hosszú időszakra érvényes (néhány ezer, vagy 1—2 millió év). Nyilván egy hosszabb idejű időszak azonos földrengéstörténete, több, hazai viszonylatban nagyobbak számító rengés együttes hatása — ha nem is hagy látható nyomot a felszínközeli rétegekben — esetleg már megmutatkozhat az ősföldrajzi kép változásában. Ez azért is valószínű, mert a sík területeken viszonylag kis mozgások is megváltoztathatják a folyók, patakok mozgásának irányát, folyóteraszok, hordalékkúpok jellegét.

A nagyobb rengések közötti időszakok természetesen nem tekinthetők rengésmentesnek, a feszültség felhalmozódás folyamata — különösen bonyolult földtani felépítésű fészkek esetében — nem zavartalan. A szeizmikus csendet kisebb rengések időnként megszakítják.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a rengések méretének csökkenésével exponenciálisan növekedik a rengések száma. Nyilván annál több kis rengés keletkezik, minél nagyobb és bonyolultabb a rengéseket generáló földtani szerkezet. A nagyobb rengések kialakulása előtt a főrengésnél kisebb rengésekből álló sorozat jelzi a feszültség felhalmozás folyamatának tényét.

A fent vázoltakat századunkban keletkezett legnagyobb rengéseink (Kecskemét 1911, Eger 1925, Várpalota 1927, Dunaharaszti 1956, Berhida 1985) fészkekaktivitása alátámasztotta. A felsorolt rengések 30 km-es környezetében a főrengést megelőző 200 évben is kisebb-nagyobb rengéseket figyeltek meg. Valószínűleg a 18-ik és 19-ik századi rengéseknél is hasonló a helyzet, csak nincs elegendő megfigyelés a rengések keletkezése előtti időszakból. Elképzeléseinket alátámasztja, hogy a komáromi, a móri, az érmelléki, valamint a jászberényi források a főrengést követő utórengések lecsengése utáni időszakában is kisebb-nagyobb rengésekkel jelezték a fészkek környezetében történő feszültség felhalmozódás folyamatát.

A potenciálisan rengésveszélyes területek közé tehát nemcsak azokat a fészkeket kell sorolni, amelyek már nagyobb rengéseket generáltak, hanem azokat a zónákat is, amelyek több kisebb ($I_0 \leq 5^\circ$ MSK) rengést gerjesztettek az elmúlt 300 év során.

A várható legnagyobb rengés méretére is adhatunk becslést. Abban az esetben, ha a statisztikai

értékelésre megfelelő — elegendően hosszú — megfigyelési időszak áll rendelkezésre, az M_{\max} számítható. M_{\max} becsülhető a gerjesztő törésfelület méreteiből, a törésvonal hosszából is, empirikus képletek segítségével.

Beszéltünk a különböző sebességgel mozgó blokkokról, amelyek mentén a feszültségek felhalmozódnak. Elvileg lehetőség lenne az aktív területeket kiterjeszteni a blokkhatárokra, ami azt jelenti, hogy ha két blokk között már megfigyeltünk rengéseket, akkor az egész peremzónában számítani kell rengésekre, függetlenül az addigi megfigyelések eredményeitől.

A földrengés fészkek területi elrendeződésében a táblarögök határa csak néhány esetben tükröződik. A földtani kutatások alapján bizonyított törésvonalak sem rajzolódnak ki az epicentrális területek eloszlásában. Az esetek többségében, a csak néhány adat alapján megrajzolt izoszeizták alakjából a töréses zóna térbeli helyzetét biztonsággal megállapítani nem lehet.

Az aktív területeken végrehajtott geomorfológiai, geofizikai, földtani és geodéziai kutatások a potenciális fészkek felderítésében segíthetnek. A hazai rengések keletkezési helyének és méretének megállapításával kapcsolatos nehézségek ismertetése után nem meglepő, ha a rengések keletkezési idejének a prognosztizálását egyelőre nem tartjuk megvalósíthatónak.

Szeidovitz Győző

A geofizika alkalmazásának története a magyar vízkutatásban

A vízkutatás (pontosabban: vízföldtani célú kutatás) során a geofizikai módszerek alkalmazása hazánkban viszonylag új keletű. Néhány évtizeddel ezelőtt a vízzel szemben támasztott mennyiségi és minőségi követelmények elég egyszerűen kielégíthetőek voltak, főleg morfológiai megfigyelések, geológiai és hidrogeológiai felvétel, valamint a korábbi tapasztalatok alapján. Ahogy azonban a társadalmi és technikai fejlődés során a vízigények egyre növekedtek, a víznyerési és vízfelhasználási helyek egyre kevésbé estek egybe, a felszíni vizek felhasználásához kapcsolódó víztisztítás pedig egyre

bonyolultabb és költségesebb feladattá vált és így a figyelem egyre inkább a felszín alatti (tisztább és védettebb) vízadók felé fordult, úgy növekedett fokozatosan a geofizikai módszerek szerepe. A magyarországi vízkutatás jellemző feladata általában nem az, hogy egyszerűen „vizet találjunk”. Az ország földtani felépítéséből következően a medence területeken egy taláalomra lemélyített fúrás nagy valószínűséggel találna vizet; hogy milyen minőségű vizet és mennyit, az persze már más kérdés. A fő cél (nem a geofizikai kutatás, hanem a vízkutatás, vízellátás fő célja) az, hogy a megfelelő minőségű és

mennyiségű ivóvizet hosszú távra tudjuk biztosítani a leggazdaságosabb módon.

Célszerű tisztázni két, talán apróságnak tűnő szóhasználati kérdést. Egyrészt a *víz szót ivóvíz* értelemben használjuk, ami minőségi kritériumokat is jelent. Itt szem előtt kell tartani az egyes tudományágak „illetékességi körét”: a kutakból kifolyó víz bakteriális állapota, vas-, arzén-, metán- stb. tartalma, keménysége és számos más paraméter geofizikai vizsgálatokkal általában nem tanulmányozható. Másrészt ebben a tanulmányban is hangsúlyozni kívánjuk, hogy a „*geofizikai vízkutatás*” az esetek túlnyomó többségében nem korrekt szóhasználat. A geofizikai módszerekkel ugyanis nem magát a vizet kutatjuk, hanem olyan földtani képződményeket vagy szerkezeteket, amelyek a vízvezetés, víztárolás szempontjából fontosak (porózus üledékek, törésvonalak, repedezett kőzetek, vagy éppen agyagos vagy tömör vízzárók). A geofizikai módszerek alkalmazásának lehetőségét az adja meg, hogy ezek az említett szerkezetek, illetve képződmények egy vagy több fizikai jellemzőjük tekintetében általában (néha igen nagy mértékben) különböznek a környezetüktől.

A geofizikai módszerek vízkutatásban történő alkalmazása jellegének (máshogyan fogalmazva a geofizika elé állított feladatok) szempontjából ez a több évtizedes folyamat — némi szubjektivitással ugyan — néhány, egymástól többé-kevésbé elkülönülő, ugyanakkor egymást át is fedő szakaszra bontható. Ezeket megkísérlem zömmel saját tapasztalataim és ismereteim, valamint az általam legjobban ismert ELGI munkái alapján szemléltetni. A rendelkezésünkre álló adatok és jelentések alapján a geofizikai módszerek és műszerek fejlesztése és alkalmazása terén az ELGI meghatározó szerepet játszott. Ugyanakkor mindenképp meg kell említeni a MÉV, a volt OKGT, a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke, az MTA GGKI (illetve jogelődje), az OFKFV, a KBFI, az FTV vízkutató geofizikai munkáit, vállalva azt is, hogy a teljességre még felsorolásszerűen sem törekedhettem, így lehetnek, akik kihagyottnak érzik magukat és ezt szóvá is fogják tenni.

1. A *legkorábbi szakaszban*, az ötvenes-hatvanas években a fő feladat többnyire egy-egy (vagy legföljebb néhány szomszédos) település, üzem vagy gazdaság önálló vízellátásának biztosítása volt. A kutatási területek és a mérési mennyiségek általában kicsik; a cél a település (gyár) közelében egy, legfeljebb néhány víztermelő kút optimális helyének meghatározása volt. A geo-

fizikai kutatások jórészt a VESZ módszeren alapultak, némi ellenállás-szelvényezés és kevés kis-mélységű szeizmikus refrakciós mérés mellett. A környezet még csak igen kis mértékben szennyeződött, így a viszonylag kis-mélységű vízbázisokat sem fenyegette a vízminőség romlásának veszélye. Ezért a kutatás a nagyobb mélységekre általában nem is terjedt ki, gazdaságossági szempontból pedig kifejezetten előnyös volt a kis-mélységű, ezért lényegesen olcsóbb fúrások telepítése. Ilyen kis volumenű kutatások jószerével országszerte történtek, ezeknek még csak a felsorolása is lehetetlen lenne. Kisebb számban ugyan, de már ekkor megjelentek azok az igények, hogy elsősorban a nagyobb települések ivóvíz-ellátásának biztosítása érdekében viszonylag nagyobb (50—100 km²) területek rendszeres megkutatásával nagyobb kapacitású vízművek hosszabb távú működését, esetleg a már létezők bővítését lehessen megalapozni. Az ilyen munkák közül példaként említhetjük a hatvanas évek végén a Rába bal partján Ikervár környékén végzett kutatást, amely a Szombathelyt és környékét is ellátó Kenéz—Pecöl vízmű megalapozását szolgálta [JÓSA 1970]. Célszerű továbbá megemlíteni, hogy a főváros vízellátására Budapest környezetében elég sok olyan kutatás történt, amelyek egyenként kis területet érintettek ugyan, de mégis egy nagy ellátó rendszerhez kapcsolódtak.

2. Bár az előzőkben jellemzett munkák gyakorlatilag napjainkig folynak, mégis voltak közöttük nagyobb térségi vizsgálatok, amelyek az átmenetet jelentették a *második szakasz* irányába. Ennek során a regionális vízművek előkészítése kapcsán a feladat nagy területek rendszeres regionális felmérése volt. A vízkivételi helyeket, illetve a településeket összekötő többszáz km hosszú vezetékhalózat kiépítésével biztosítható a szükséges mennyiségű és folyamatosan ellenőrzött minőségű ivóvíz. Az ilyen típusú munkák legjellemzőbb példája volt a Maros hordalékkúpjának regionális geofizikai kutatása, amely 1978-tól 1982-ig tartott [HOBOT et al. 1982]. Ez volt az első, pontosabban szólva sajnos mindmáig az egyetlen olyan, nagyberuházást megelőző komplex kutatási program, amelynek részeként igen nagy (mintegy 1500 km²) terület geofizikai megkutatása folyt több év rendszeres munkájával, közel egyenletes pontsűrűséggel. A csatlakozó részterületek kutatása során logikus sorrendben követhették egymást a felszíni geofizikai mé-

rések, a mélyfúrások, a karotázs vizsgálatok és néhány alapfúrásban a magminták folyamatos és igen részletes elemzése. E komplexitásnak köszönhetően az információk megbízhatósága lényegesen megnőtt. A rendszeres, kvázihálózatos kutatás eredményeként nemcsak a vízmű telepítésre legalkalmasabb körzeteket sikerült kijelölni (a porózus képződmények vízszintes és függőleges elterjedésének tisztázásával), hanem a nagytérségi utánpótlódási viszonyokat is megismerhettük. Ez a kutatás a területi vízföldtani értékelés mellett fontos geofizikai módszertani eredményeket is hozott. Az addig a néhány száz méteres mélységtartományban szinte kizárólagosan alkalmazott VESZ módszer mellett itt sikerült megalapozni a gerjesztett polarizációs mérések vízföldtani vizsgálatokban való alkalmazását. Ennek révén elsősorban a vízáadó képződmények rétegzettségére kaphatunk többletinformációkat. Ugyanezen program keretében történt a mesterséges gerjesztésű frekvencia-szondázás hazai bevezetése is.

A békési kutatások kapcsán meg kell említeni egyes felszín alatti vizek arzéntartalmát, illetve a DK-magyarországi vízminőség-javító programot. Az egyes rétegvizek arzéntartalmának kimutatása természetesen nem geofizikai eredmény. A kérdés komplex földtani vonatkozása az, hogy geológiai és vízkémiai módszerekkel kimutatták a Körös-hordalékok vizének természetes arzéntartalmát és a Maros-hordalékok vizének arzénmentességét (pontosabban az egészségügyi határértékek alatti arzéntartalmát). Geofizikai módszerekkel pedig sikerült elkülöníteni a Körös- és Maros-hordalékok felhalmozódási területét.

Hasonló jellegű, kisebb volumenű kutatások folytak a Sárvártól ÉK-re levő Rába-szakaszon, a Mohácsi-szigeten, a Mura és a Kerka allúviumán.

3. A földtani és vízügyi főhatóságok feladatainak és lehetőségeinek egyeztetése során a nyolcvanas évek közepe táján a fenti, kifejezetten vízműtelepítést előkészítő kutatásokat más jellegű munkák váltották föl. Ebben minden bizonnyal szerepet játszott a vezetéképítés magas költsége. Igen nagy területek konkrét nyersanyag megjelölés nélküli regionális komplex geofizikai előkutatása kezdődött, ami felölelte a felszíntől a medencealjzaton belüli képződményekig terjedő tartomány eltérő részletességű vizsgálatát. A jelen tanulmány szempontjából e vizsgálatok közül a közepes (néhány száz méteres) mélységtartomány

döntően elektromos módszerekkel történő felderítése lényeges, több okból is:

- Ez az a mélységtartomány, amely a korábbi rendszeres kutatásokból jószerével kimaradt: a sekélyvízföldtani, építőipari nyersanyag-kutatási stb. munkák szempontjából túl mély, a szerkezetkutató, főleg szénhidrogénekre irányuló vizsgálatok szempontjából pedig túl sekély volt.
- Az ország nagyobb részét alkotó medence-területeken ebben a mélységtartományban a víz az egyetlen előforduló és egyre fontosabbá váló haszonanyag.
- Jelentős területeken sem felszíni, sem parti szűrészű, sem karsztvíz beszerzésére nincs lehetőség, így ezeken a területeken csak a mélységi vizek alkothatják a jövő ivóvízbázisait.

A fentiekben körvonalazott jellegű komplex kutatás folyt a Kisalföld egészén 1982-től 1990-ig [HOBOT et al. 1991]. Ennek során sok érdekes és újszerű eredmény született a nagyobb mélységek, az aljzatszerkezet stb. vizsgálatára is, ebben a tanulmányban azonban csak a felszín alatti vizekkel kapcsolatos eredményekre térünk ki.

A regionális kutatásnak megfelelő pontsűrűség nem tette lehetővé konkrét vízbázisok kijelölését, lehatárolását vagy értékelését, azonban egy regionális előkészítés birtokában a részletező kutatások megalapozottabban, ésszerűbben és gazdaságosabban végezhetőek. Az itt végzett kutatás egyik lényeges módszertani újdonsága és eredménye az ellenállás és polarizálhatóság értékek alapján összeállított litológiai vázlatok. Ezekből az árammal átjárt térrész üledékeinek átlagos effektív szemcseátmérőjére lehet következtetni.

A kisalföldi terepi kutatások befejeződésével körülbelül egy időben kezdődött meg a háromoldalú, magyar—szlovák—osztrák DANREG (DANube REGional) program. Ennek feladata volt többek között a Szigetköz és a Csallóköz alatt található negyedkori értékes víztároló ösztlet minél pontosabb megismerése. A 90-es évek elején ugyanis magyar oldalon mindössze három mélyfúrás harántolta a kvarter üledékeket. A rendszeres (és a szlovák partnerekkel végig egyeztetett) kutatás alapján sikerült olyan képet alkotni a két országban található negyedkori üledékekről, amelynek alapján a VI-TUKI kellő megbízhatósággal tudta elkészíteni a tágabb terület hidrológiai modelljét. A rendelkezésre álló ismeretek szempontjából sajnos nagyon hasonló a helyzet az 1996-ban talán ténylegesen is meginduló TIBREG (TIsza—Bodrog—Latorca REGional)

program esetében is, ami szintén többoldalú együttműködés alapján folya. Mindezeket azért említjük meg, mert ellentétet látunk ott, hogy egyfelől a vízügyi szervek szerint a néhány száz méteres mélységtartomány vízföldtani szempontú regionális ismeretessége országos szinten megfelelő, másfelől viszont egy-egy konkrét probléma kapcsán elég gyorsan kiderül, hogy a legalább 2–300 m mélységet elérő fúrások egymástól meglehetősen távol vannak, korrelálásuk gyakorta bizonytalan, a közöttük levő területekről pedig alig van információ. Ilyen kevés földtani ismeret alapján sem a vízbázisok közelítő lehatárolása, sem azok védelme nem igazán oldható meg. Ugyanakkor meggondolandó, hogy mi az a problémakör, ami a különböző szintű önkormányzatok vagy a vállalkozói szféra feladatának tekinthető és mi az, aminek megoldásához ezek ereje kevés.

Az említett munkák befejezésével párhuzamosan hasonló jellegű hosszabb távú komplex regionális felmérés indult meg a Belső-Somogy és a Baranya-háromszög területén, valamint kifejezetten vízföldtani célból a Duna—Tisza közén. Anyagi okok miatt azonban új ismeretek megszerzésére évek óta egyik programban sincs lehetőség. Ez többek között azért is fájó, mert az utóbbi időkben már kialakulni látszik egy, a hagyományos VESZ-ből és a tranziens elektromágneses szondázásokból álló gazdaságos közepes mélységű elektromos kutatási módszeregyüttes.

4. *A legutóbbi néhány évben újabb feladatok válnak aktuálissá: a ma termelés alatt álló, viszonylag kisebb mélységű vízbázisok veszélyeztetettségének értékelése, illetve a még nem termelt távlati vízbázisok védelem alá helyezése.* Fontos gazdasági és szociális érdek, hogy a ma működő vízművek minél tovább szolgáltatassanak megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvizet, valamint, hogy el ne szennyezzük a jövőbeli igények kielégítését szolgáló vízbázisokat. A környezet, a legfelső talajréteg, a talajvíz folyamatosan szennyeződik; ennek hatása előbb-utóbb eléri a felszín alatti víztároló képződményeket, majd a szivattyúkat is. Hogy ez mennyi idő alatt következik be, az nagymértékben függ többek között a felső néhány száz méteres köztartomány földtani felépítésétől, szivárgási jellemzőitől. Ezért a védőterületek kijelöléséhez, a bizonyos tevékenységeket tiltó vagy korlátozó hatósági intézkedések megalapozásához elengedhetetlen a vízművek, vízbázisok és potenciális szennyező források szűkebb környezetében az említett mélységtartomány részletes és pontos ismerete. Fur-

csa és paradox helyzet, de tény, hogy a felső 50 m-t harántolta a legtöbb fúrás, de mivel ezekben nem volt kötelező a karotázs, erről a mélységtartományról az ismeretek hiányosak, kiegészítésre szorul(ná)nak, ami pedig van, az kevésbé megbízható. Az ilyen típusú vizsgálatokban a hagyományos módszerek mellett feltehetőleg egyre nagyobb szerephez jutnak a gyors, szelvényező jellegű kismélységű elektromágneses vizsgálatok, valamint az ELGI-ben kifejlesztett speciális mérnökgeofizikai szondázó módszer [FEJES, JÓSA 1990]. Ez a fajta földtani-geofizikai kutatási tevékenység néhány éve már megkezdődött és a közeli jövőben feltehetőleg bővülni fog. Ugyanakkor látni kell, hogy ezek egyrészt lokális, igen változatos és viszonylag kis volumenű kutatások, másrészt pedig az utóbbi években lezajlott társadalmi-gazdasági átalakulás következtében egyre több, ilyen vagy hasonló profilú kisebb cég, vállalkozás jön létre. Így ezek munkájának áttekintése egyre nehezebbé válik. Ez még inkább aláhúzza a bányatörvényben megfogalmazott kötelező adatszolgáltatás és egy olyan adattár (jelentéstár, információs központ stb.) fontosságát, amely megfelelően hozzáférhető módon tartalmazza minél több kutatás legfontosabb eredményeit.

Ezután a lehet, hogy kissé szubjektív időbeli szakaszokra bontás után következzen néhány területi vagy módszertani gondolat. Ezek ugyan kevésbé rendezettek, mint az előzők, de úgy vélem, hozzátartoznak a vízföldtani kutatások ha nem is teljes, de lehetőleg minél sokoldalúbb bemutatásához.

A magyarországi karsztos területeken már az ötvenes években felmerült a geofizika alkalmazása, elsősorban a bányászat vízveszélyessége kapcsán. Emellett — alárendelt mennyiségben — ivóvízellátás céljából is történtek geofizikai vizsgálatok, jobbra egy-egy karsztvízkút optimális helyének kijelölésére. Ugyanakkor az intenzív középhegységi szén- és bauxitbányászat miatt hatalmas vízmennyiséget emeltek ki a karsztrendszeréből. Ennek jelentős része hasznosítás nélkül folyt el.

A karsztos területeken feltételezhető nyersanyag-lelőhelyek felderítése céljából nagyon sok részletező geofizikai mérés történt. A medenceterületektől gyökeresen különböző földtani környezet miatt az alkalmazott módszer-együttes is más volt: nagyobb mennyiségben végeztek különböző elektromágneses szondázásokat és szelvényezést, szeizmikus és gravitációs kutatást. E mérések hidrogeológiai célú számbavétele és esetleges újraértelmezése révén a geofizika nagy-

mértékben hozzájárulhat a középhegységi karszt-vízrendszer modelljének felállításához, illetve tökéletesítéséhez. Ezzel párhuzamosan szintén igen fontos kutatási tevékenység a karszt fedőjének vizsgálata, vagyis a karszt sérülékenységének reális becslése, a legveszélyeztetettebb, illetve a különböző védettségű karsztos régiók elkülönítése, ami a karsztvízkincs megóvására irányuló intézkedések földtani alapja lehet [MÉSZÁROS, TÓTH 1991].

Talán feltűnt az Olvasónak, hogy eddig elég kevés szó esett a szeizmikus kutatómódszerről. Ennek fő oka, hogy a vízkutatás általában nem volt képes elviselni a szeizmikus kutatás magasabb költségeit, amit a fiatal üledékes összletekben nem nagyon sikerült lényeges többletinformációkkal kompenzálni. Más volt a helyzet ott, ahol a nem túl nagy mélységben levő alaphegységet, annak pl. repedezett zónáit kellett keresni. Az ilyen területeken általában a szeizmikus-elektromos komplexum volt eredményes. A geotermikusan anomális Pannon-medence kapcsán feltétlen szóba jövő termálvizek esetében pedig a szeizmika már meghatározó fontosságú lehet. Ismeretes, hogy termálkútjaink nem is kis része tulajdonképpen a szénhidrogén-kutatás „mellékterméke”. A kifejezetten termálvízre irányult geofizikai kutatás mennyisége eddig nem túl nagy. Ez lényegében véve nagymélységű szerkezetkutatás, amiben a gravitáció, a szeizmika és a tellurikus-magnetotellurikus komplexum a vezető módszerek [NEMESI et al. 1995].

Elsősorban idegenforgalmi fejlesztési céllal különböző önkormányzati és/vagy vállalkozói megbízások alapján jó ideje folynak olyan egyedi mélyvízföldtani kutatások, amelyekkel termálvíz beszerzésének lehetőségét kívánják tisztázni. Mivel azonban ezek általában igen kis területekre korlátozódó vizsgálatok, nem pedig egy megalapozott átfogó koncepció részei, nem kellő hatékonyságúak és gyakorta nem érik el a kívánt célt.

Az ország energia-koncepciójának esetleges módosítása kapcsán megindulhatnak, illetve megnövekedhetnek a termálvíznek (vagy gőznek) mint energiaforrásnak a hasznosítását célzó nagymélységű kutatások (geotermikus erőművek megalapozása). Az ELGI kutatói 1995-ben megkísérelték összefoglalni hazánk geotermikus potenciálját a ma rendelkezésre álló ismeretek alapján [NEMESI et al. 1995]. Az előadás fogadtatása és folyamatban levő publikálása a téma időszerűségét jelzi. Ugyanakkor tisztában kell lennünk azzal is: ez olyan hatalmas (és a legdrágább geofizikai módszerekre épülő, tehát igen költségigényes) feladat, ami csak nagyon alapos előkészület után kezdhető meg. Mindkét említett

hasznosítási változat esetén szigorúan és folyamatosan vizsgálni kell a hazai termálvíz-készlet további terhelhetőségét.

Ez a tanulmány mindenképpen féloldalas egy kis-sé, ugyanis *mélyfúrás geofizikai módszerekről* alig esett benne szó. Némi leegyszerűsítéssel azt mondhatjuk, hogy a felszíni geofizikai kutatások fő célja azt megállapítani, hová fúrjunk, a karotázs vizsgálatoké meg az, hogy a már elkészült fúrásban pontosan hol található és milyen tulajdonságokkal bírnak a víztároló, illetve vízzáró képződmények. Az évtizedek alatt ezen a területen is hatalmas műszer- és módszerfejlődés ment végbe; nyilván különböző fázisok különböztethetők meg, már csak azért is, mert voltak fúrásokban gazdag és szegény időszakok; karotázs vizsgálatokkal eldönthető, hogy egyes kuttak hozamcsökkenésének földtani vagy technikai-kivitelezési oka van, ami a feljavítás lehetőségeit vagy korlátait is meghatározza; a mélyfúrás vizsgálatok sajátos módon járulhatnak hozzá a környezet- vagy vízbázis-védelemhez stb. Mindezek miatt úgy gondolom, aktuális lenne egy hasonló tanulmány összeállítása a karotázs vizsgálatokról is, akár önállóan a vízzel kapcsolatban, akár más területekkel összevonva. Erre magamat nem érzem hivatottnak, de igen remélem, hogy a karotázssal foglalkozó kollégáim között lesz, aki érez ilyen készletet.

Végül néhány szó a *magyar geofizikusok külföldön végzett vízföldtani tevékenységéről*. Legnagyobb méretű kétségtelenül a több évtizedes mongóliai vízkutatás volt, amelynek célja egy-egy település lakóinak vízellátása, illetve az állattartáshoz szükséges víz biztosítása volt. Egymástól teljesen elkülönült területeken igen sok, egyenként kis volumenű kutatás folyt, főleg a VESZ módszer alkalmazásával. A hetvenes évek közepén egy rézlelőhely tervezett kiaknázásához szükséges nagy mennyiségű víz felderítése céljából többmódszeres komplex vízföldtani-geofizikai expedíció dolgozott sikeresen. A magyar kutatók eredményes munkáját Mongólia-szerte mintegy ezer produktív kút bizonyítja. A magyar geofizikusok ezenkívül számos kisebb-nagyobb vízkutató munkában vettek részt, főleg a Közel-Keleten és É-Afrikában (Libanon, Irak, Irán, Líbia, Tunisz, Algéria stb.). Noha ezek a kutatások zömmel sikeresek voltak, a magyar geofizika, sajnos, nem tudott tartós piaci jelenlétet biztosítani magának. Ezen a területen javítanunk kell komplexitásunkat, előkészítő, módszerfejlesztő, marketing munkánkat. Tapasztalataink szerint rengeteg, a magyar geofizikánál lényegesen gyengébb szakmai és műszeres színvonalon álló vállalkozás jól megél a vízkutatásból. E piacon lábunk megvetése nemcsak nyereséges mun-

kákat eredményezhet, hanem segíthet a — remélhetőleg csak átmeneti — látszólagos szakemberfeleslegünk problémájának kezelésében is.

IRODALOM

- JÓSA E. 1970: Geofizikai szakvélemény Pécél—Ikervár környékének vízföldtani viszonyairól. Budapest, ELGI Adattár
- HOBOT J., DRASKOVITS P., ifj. ZILAHÍ-SEBESS L., BODOKY T., CSÖRGEI J. 1982: A Maros-hordalékkúp geofizikai kutatása. Összefoglaló jelentés. Budapest, ELGI Adattár
- FEJES I., JÓSA E. 1990: The Engineering Geophysical Sounding Method: Principles, Instrumentation and Computerized Interpretation. *In: Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol. II: Environmental and Groundwater*, 321-331. So-

ciety of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma

- HOBOT J., DUDÁS J., FEJES I., NEMESI L., PÁPA A. 1991: Összefoglaló jelentés a Kisalföldön 1982—90 között végzett regionális komplex geofizikai kutatásról. Budapest, ELGI Adattár
- MÉSZÁROS F., TÓTH Cs. 1991: Vízrendszerek geofizikai kutatása. Összefoglaló tanulmány. Budapest, ELGI Adattár
- NEMESI L., VERÓ L., DRASKOVITS P. 1995: Nagy entalpiájú geotermikus rezervoárok kutatásának néhány szempontja a Kárpát-medencében. A Magyar Geofizikusok Egyesületének 24. Vándorgyűlésén elhangzott előadás

Draskovits Pál

HÍREK, BESZÁMOLÓK

A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI INTÉZET 1995. ÉVI KÖLTSÉGVETÉSI TEVÉKENYSÉGÉNEK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA



Alapítva 1919

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1993 óta az MGSZ keretében működő, szakmailag önálló kutatóintézet. Feladata a földtani jellegű állami feladatok geofizikai részének ellátása. Fela-

datainak ellátására 1995-ben 124,9 MFt költségvetési támogatást kapott és a költségvetés előírt számára további 161,6 MFt külső forrásokból történő előteremtését. Az Intézet csökkenő tendenciát mutató létszáma 1995-ben átlagosan 120 fő körül mozgott, ebből a költségvetésből finanszírozott létszám hivatalosan 87 fő volt.

Az Intézet 1995. évi szakmai tevékenysége hat témacsoportba — úgynevezett programba — sorolható:

1. Alkalmazott geofizikai alap kutatás

A programon belül a *litoszféra fejlődéstörténetének kutatása* egységes keretet szolgáltat a hazai földtani kutatások számára, lehetővé teszi a földfelszínen, illetve az annak közelében észlelt jelenségek mélyebb megértését. 1995-ben a korábban nemzetközi együttműködésben mért PGT-4 szeizmikus litoszféra-kutató szelvény feldolgozásának zárólépcséit, illetve a komplex kiértékelését végeztük el.

A területenként rendelkezésre álló földtani, geofizikai és geotechnikai adatokat gyűjti össze és értékeli egységesen, célra orientált szempontok szerint *Magyarország földrengés-veszélyeztetettségének vizsgálata*.

A *medenceanalízis* keretében az üledékes medencék keletkezésének, feltöltődésének körülményeit és a felhalmozódott üledékek tulajdonságait vizsgáljuk. 1995-ben a Dunántúli-középhegység előtereinek és a Derecskei medence geofizikai adatainak rendezésével és értelmezésével, valamint a véges elemes modellezés e célra történő alkalmazásának lehetőségével foglalkoztunk.

Magyarország tektonikai és neotektonikai elemzésének célja egy hiteles tektonikai modell ki-

alakítása, a kisebb részmedencékből felépített Panon-medence szerkezeti képeinek megismerése. Ennek keretében elkészült az ország jelentősebb mélymedencéire az üledékhatással korrigált gravitációs Bouguer-anomália térkép és Szolnok—Újszász—Kömlő környékének részletes tektonikai vizsgálata.

2. Földtani térképezés és regionális szintézisek

A földtani (geofizikai) térképezés célja az országos geofizikai alaptérképek, illetve térképsorozatok elkészítése. A program keretein belül 1995-ben befejeztük a *Kisalföld* több mint egy évtizede folyó geofizikai térképezési munkáit, és folytattuk a *Belső-Somogy—Baranya* kutatási terület korábban mért geofizikai adatainak feldolgozását.

A nemzetközi (osztrák—szlovák—magyar) együttműködésben folyó *DANREG* (Duna régió) projekt eredményeként kiadásra került a területről egy digitális geofizikai térképsorozat.

A *Bükk hegység előtereinek előkutatása* során az Ózdi medencében eddig mért szeizmikus vonalak újrafeldolgozása és értelmezése történt meg.

A *Dunántúli-középhegység* területén elsősorban a korábbi intenzív bauxit- és szénkutatás geofizikai adatainak összegyűjtése, rendszerezése és integrálása, vagyis alapvetően adatmentő tevékenység folyt.

A *TIBREG* (Tisza régió) projekt, amely egy szlovák—ukrán—magyar nemzetközi együttműködésben folyó munkának indult, a vízbázisok és a talaj védelmének biztosításához szükséges földtani adatok megismerését tűzte ki célul, központi támogatás hiányában itt is elsősorban a meglévő adatok — elsősorban a vizes fúrásokhoz kapcsolódó mélyfúrás geofizikai — összegyűjtését és rendszerezését végeztük.

A *légi geofizika és távérzékelés* projekt tevékenysége a sárospataki térképlapon a TIBREG, Szolnok környékén a tektonikai, a Balaton-felvidéken pedig a földtani természetvédelem projekt munkáihoz kapcsolódott.

A földmágneses térképeknek a szomszédos országokkal történő összedolgozását, amely a DAN-REG keretében Ausztria és Szlovákia felé már megvalósult, Románia irányában is terveztük és elő is készítettük, 1995-ben azonban csak az összeméréshez szükséges hazai mérések történtek meg.

3. Környezetvédelmi és mérnökgeofizikai kutatás

Az Alföld agrogeofizikai kutatása, amelynek célja a talajállapot kutatása, korábbi mérési anyagok talajtani feldolgozását és értelmezését végezte, az előző években kifejlesztett talajszelvényező berendezés terepi próbáira nem nyílt lehetőségünk.

A földtani természetvédelem a Balaton körzetében projekt keretében a Káli medence ürfelvételeinek feldolgozása és geofizikai értelmezése történt meg.

A veszélyeztetett vízbázisok hidrogeológiai értékelésének célja a határ menti régiók magyar oldali hidrogeológiai—geofizikai adatainak előkészítése a szomszédokkal való közös vízminőség-védelem kialakításához. A téma az 1995-ben Apostag körzetében végzett geofizikai méréseket, illetve azok feldolgozását és értelmezését tartalmazta.

Az ásványvagyon-potenciál felmérés célja az ismert, de kiaknázatlan, vagy részben ismert, illetve potenciális nyersanyag-előfordulások felmérése. Ennek a munkának az eredményei a koncessziós adatcsomagok kiadásában realizálódnak.

A mérnökgeofizikai kutatások célja az önkormányzatok hatáskörében jelentkező földtani problémák megoldására alkalmas módszerek kifejlesztése volt. 1995-ben elsősorban az ismeretlen föld alatti üregek felkutatására és az árvízvédelmi gátak minőségének a geofizikai eszközökkel történő vizsgálatára összpontosítottunk.

A Duna—Tisza közén végzett regionális vízföldtani kutatás projekt 1995. évi feladata az előző évi mérések feldolgozása és a jelentés kiadása volt.

4. Földfizikai kutatás

A földfizikai program tevékenysége globális — az egész világra kiterjedő — nemzetközi tudományos együttműködésekbe kapcsolja be az Intézetet. Az INTERMAGNET projekten keresztül folyamatosan szolgáltatjuk az adatokat az INTERMAGNET hálózat obszervatóriumainak és ugyanonnan kapjuk is őket. Az adatcserén túl részt veszünk az adatok feldolgozásában, a földmágneses viharok vizsgálatában és több nemzetközi tudományos szervezet munkájában.

A geodinamikai projekt keretében végzett földi árapály jelenségek megfigyelése 1962 óta folyik és az így több mint 30 éves megszakítatlan mérési adatsorunknak alig akad párja a világon. A továbbra is folyamatosan mért adatokból egy szélesebb értelemben vett kárpáti nemzetközi együttműködés keretében a Pannon-medence jelenkori nagytektonikai folyamatait igyekszünk nyomon követni.

Ugyancsak regionális nemzetközi együttműködés keretében folynak a paleomágneses kutatások. 1995-ben Szlovákiával, Szlovéniával és Ausztriával végeztünk közös kutatásokat az említett országok területén gyűjtött minták segítségével. A vizsgálatok célja a kontinensek, illetve kéregdarabok földtörténeti vándorlásainak nyomon követése.

A geodéziai gravimetria, amelynek célja a föld aktuális alakjának mennél pontosabb meghatározása és a geodinamikai, tektonikai folyamatok hatásainak tanulmányozása, 1995-ben folytatta az országos gravimetriai alaphálózat korszerűsítését és ezzel párhuzamosan a GPS és a Gravimetriai hálózat integrálását. Ugyancsak tovább folyt a nagy pontosságú méréseknél alkalmazott graviméterek abszolút módszerrel történő hitelesítése is. Ezekben a széleskörű nemzetközi összefogással folyó munkákban még az USA űrkutatásának Katonai Térképész Szolgálatára is részt vesz.

A Magyarország Gravitációs Alaphálózata című téma országos gravitációs alaphálózat karbantartási munkáit végzi.

5. Obszervatóriumi és laboratóriumi tevékenység

A Geofizikai Intézetnek jelenleg két obszervatóriuma van, a Tihanyi Földmágneses Obszervatórium és a budapesti Mátyáshegyi Barlang-obszervatórium. Ezek az obszervatóriumok a földfizikai kutatási tevékenység színterei, bár más, a földfizikai kutatásokhoz szorosan kapcsolódó munkákat is végeznek.

A Tihanyi Obszervatóriumban fejlesztették például ki azt a különleges konstans teret biztosító mágneses tekercset, amit Kanada és az Egyesült Államok földmágneses obszervatóriumaiban is rendszeresítettek.

A Kútgeofizikai Metrológiai Bázis egy nemzetközi hitelesítő állomás a mélyfúrás geofizikai eszközök hitelesítésére. Mélyfúrás eszközök és hitelesítő etalonok fejlesztésével foglalkozik.

A Radiometriai Laboratórium az országos geokémiai felvételekben és a felszín alatti vizek vizsgálatában vesz részt elemanalitikai szolgáltatásaival.

6. Információs szolgáltatások

Az Intézet tevékenységi körébe tartozik a meglévő geofizikai adatokról való gondoskodás, azok összegyűjtése, megfelelő adathordozókra történő átírása és tárolása, illetve az érdeklődők számára hozzáférhetővé tétele az úgynevezett szakmai adatbázisokban. A következő adatbázisok fejlesztésén dolgozunk:

- Országos gravitációs adatbázis,
- Országos földmágneses adatbázis,
- Országos geoelektromos adatbázis,
- Légi geofizikai adatbázis,
- Mérnökgeofizikai adatbázis,
- Szeizmikus adatbázis,
- Karotázs adatbázis.

Végül meg kell még említeni a *Geofizikai Könyvtárat*, ez az ország legnagyobb ilyen irányú szakkönyvtára, és az Intézet kiadványát a többnyire angol nyelven, negyedévenként megjelenő *Geofizikai Közleményeket*, vagyis a *Geophysical Transactions*-t.

Az Intézet tevékenységének szerves része még az önfinanszírozás céljait szolgáló *külső szerződéses tevékenység*, amely 1995 folyamán képes volt az államilag finanszírozatlan létszám és az állami feladatok hiányzó dologi költségeinek előteremtésére.

Az Intézet 1995. évi működését áttekintve úgy érezzük, hogy a Geofizikai Intézet rendkívül jó évet zárt és 1995-ben messze a számára a költségvetésből biztosított lehetőségeken túl teljesített.

Bodoky Tamás

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA CLVII. RENDES KÖZGYŰLÉSE

A Magyar Tudományos Akadémia 1995. december 18-án tartotta 157. rendes Közgyűlését az Akadémia Roosevelt téri épületének Dísztermében.

A közgyűlést KOSÁRY Domokos, az Akadémia elnöke nyitotta meg. A Közgyűlés elfogadta az Akadémia 1996. évi költségvetését, megvitatta az Akadémia vagyonhasznosítási szabályzatát és megválasztotta a Doktori Tanács 25 póttagját.

Az Akadémia főtitkára tájékoztatást adott az akadémiai kutatóhálózat korszerűsítésének főbb kérdéseiről, majd javaslatot terjesztettek elő a kutatóhálózat korszerűsítését előkészítő tevékenység metodikájára. Ezután tájékoztató hangzott el az 1996. évi parlamenti beszámoló előkészületeinek állásáról.

Az előterjesztéseket és a beszámolókat vita követte, majd a határozatok elfogadása zárta be.

A Közgyűlést megelőzően a köztestületi képviselők írásban is megkapták az előterjesztések, illetve beszámoló anyagait, az érdeklődők ezeket az anyagokat a Szerkesztőségben megtekinthetik.

Szintén megtekinthető egy Tájékoztató, amelyet a Magyar Tudományos Akadémia Köztestületének tagságáról adtak ki. A Tájékoztató szerint osztályunknak, a Földtudományi Osztálynak 349 köztestületi tagja van és ebből 19 az akadémikusok száma, ezzel a köztestületi tagok száma szerint az MTA 11 osztálya közül a miénk az utolsó előtti helyen, míg az akadémikusok száma szerint az utolsó helyen áll. Az Osztály nem akadémikus köztestületi tagjainak átlag életkora 56,9 év, ami 0,4 évvel meghaladja az Akadémia teljes köztestületének átlagéletkorát, de osztályonkénti sorrendben pont a középső, 6. helyre jó. (Ha mindezt még a magyar férfi lakosság átlagéletkorával is összehasonlítjuk, sok további érdekes következtetést vonhatunk le, mivel azonban magam sem sokkal maradok el a köztestületi átlagtól, inkább elállok a további fejtegetésektől.

Bodoky Tamás
köztestületi képviselő

MEGALAKULT A KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS MÉRNÖKGEOFIZIKAI TÁRSASÁG EURÓPAI SZEKCIÓJA (EEGS European Section)



Az *Environmental and Engineering Geophysical Society (EEGS)* kb. az

évtized elején az USA Colorado államában, Englewood székhellyel alakult meg. Újságjukról — *The EEGS Newsletter* —, illetve annak egyik cikkéről a Magyar Geofizika 36. évf. 1. számában olvashatunk, VERŐ László tollából.

Eredeti célkitűzésük szerint összefogják a környezetvédelmi, a geotechnikai és a bányászati geofizikával foglalkozók, az e módszereket alkalmazók és felhasználók körét. A nemes célkitűzés megvalósulása azonban kontinensen belül maradt, függetlenül attól, hogy nemcsak amerikai tagjai voltak a szervezetnek. — Hiába, ez nem az „olajbiznisz”, ahol a határok leomlanak, és az ipar szerény támogatása mellett is virágzanak a szakmai közösségek...

A helyi szervezetek jobb hatékonyságát felismerve alakult meg 1994 nyarán az Európai Tagozat, amely igen gyors fejlődésnek indult (köszönhetően agilis elnök asszonyának, Mrs. D. CHAPPELLIER lausanne-i professzornak). Első konferenciájukat 1995 szeptemberében tartották Torinóban. (Az ott elhangzott előadásokról és tapasztalatokról külön cikkben számol be DRASKOVITS Pál.) A kapcsolódó műszerkiállítást illetően feltűnő volt, hogy a 21 standon a többségben levő geofizikai műszerek mellett akadtak bőven talajmechanikai, kőzetfizikai eszközök is.

A határozott útkeresést mutatta, hogy már a megnyitó előadáson felvetődött az alkalmazott geofizika mérnöki gyakorlatának, illetve annak valamiféle szabványba történő besorolásának igénye. Szabványok helyett azonban csak az elfogadott gyakorlatot és ajánlásait rögzítették a francia szerzők egy vastkos kiadványban. Az ebben közölt adatokhoz kapcsolódási pontként az ISO 9001 és az EN 29001 sz. szabványok a mértékadók. A kötet elsősorban a nem geofizikus szakemberek részére készült, a geofizikusok továbbra is meglévő eszközeik lehetőségeinek kihasználására és saját találékonyaságukra vannak utalva. (Az ELGI megrendelte a kötetet.)

A további konferenciák menetrendjét már most meghatározták, mely szerint 1996-ban Franciaország (Nantes), 1997-ben Dánia, 1998-ban Spanyolország, 1999-ben Magyarország, 2000-ben Izrael lesz a házigazda.

Az európai szervezetnek jelenleg mintegy 220 tagja van, ebből 23 az itthon élő magyar. Célkitűzésünk, hogy mind több mérnök — nem feltétlenül geofizikus-geológus — is tagja legyen az egyesületnek, bővítvén ezzel a szakmai háttérrel. Az „anyaegyesületnek” 1995-től létezik, az európainak 1996 tavaszától lesz önálló tudományos folyóirata.

Minden érdeklődőnek, az EEGS-be belépni szándékozóknak további információkkal az ELGI 252-4999 telefonszámán szívesen szolgál

*Törös Endre,
az egyesület magyarországi kapcsolattartója*

BESZÁMOLÓ

a Környezetvédelmi és Mérnökgeofizikai Társaság Európai Szekciójának (European Section of the Environmental and Engineering Geophysical Society) 1. konferenciájáról (Torino, 1995. szeptember 25–27.)

1995 elején többen kaptunk értesítést, felkérést a fenti konferencián előadás tartására, valamint tájékoztatást a tervezett, igen szerteágazó témakörökről. Ennek eredményeként az ELGI kutatói számos jelentkezést küldtek el. Ezek közül végül hét szóbeli előadás kivonata született meg határidőre, a szervezők el is fogadták mind a hetet. Jóleső érzéssel, ugyanakkor szomorúan is tapasztaltam, hogy a Magyarországon élő magyar földtudományi szak-

emberek közül csak ELGI-dolgozók adtak elő, bár más hazai cégek képviselői is jelen voltak. Az egyes témakörökben elhangzott előadások (zárójelben a magyar előadások) száma az alábbi:

| | |
|---------------------------------|--------|
| — földmozgás és lejtőstabilitás | 7 |
| — szennyeződés-monitoring | 7 (3) |
| — felszín alatti víz | 16 (1) |
| — geotechnika | 8 (1) |

| | |
|--|-------|
| — bányászat, alagutak és barlangok | 11 |
| — tenger, jég, hó | 11 |
| — területjellemzés | 5 (1) |
| — módszertani fejlesztés | 19 |
| — környezeti kockázatok | 6 |
| — régészet, történelmi épületek rezgései | 5 (1) |
| — hulladékelhelyezés | 5 |

A konferencia két párhuzamos szekcióban 101 szóbeli és 41 poszter előadást ölelt fel, pontosabban ennyi került bele a regisztráláskor kiosztott kötetbe. Különböző okok miatt ténylegesen 4–5-tel kevesebb előadás hangzott el. A regisztrált résztvevők száma meghaladta a 300-at. Igen jó érzés volt látni, hogy az érdeklődés gyakorlatilag nem csökkent: a hallgatóság az utolsó nap délutánján is kb. akkora volt, mint a legelső napon.

Egyik délutáni szekcióelnökségem révén részt vettem az indulás előtt álló európai EEGS-folyóirat szerkesztőbizottsági ülésén. Úgy tapasztaltam, hogy az elhangzott előadások elbírálása nem nagyon volt következetes. A levezető elnökök (egyben bírálók) és az alkalmanként felkért szakértők kevés útbaigazítást, követendő szempontot kaptak, így az előadások értékelése meglehetősen szórt. Érzésem szerint egyelőre a folyóirat is keresi a helyét, jobban mondván az olvasóközönségét. Nem dőlt el, legalábbis előttem még nem világos, hogy elsősorban a környezeti kérdésekre specializálódott geofizikusokat vagy pedig a legkülönbözőbb környezeti problémákkal foglalkozó, nagyon vegyes képzettségű, nem geofizikus kört célozza-e meg, ami ugyebár nem kis különbség. Elhangzott előadásaink közül

egynek a szerzője, PATTANTYÚS-Á. Miklós, felkérést kapott, hogy előadását alakítsa a folyóirat első számában történő publikáláshoz megfelelő formára.

A záróvacsorán egy dán egyetemi szakemberrel beszélgettem a földtani kutatás dániai szervezetéről. Arrafelé nagyon általános, hogy a költségvetési intézmények a mindenhol szűkös anyagi lehetőségeiket a támogatást jóval meghaladó mértékű külső megbízásokkal egészítik ki. Az egy intézménybe bejutó „költségvetési” és „vállalkozói” pénzek összekeveredésének problémája fel sem merül. Arra viszont nagyon vigyáznak, hogy az adott kutató a zsebén ne érezze, hogy ő költségvetésből vagy projektekből él. Jövedelme nem ettől függ, hanem képzettségétől és szolgálati idejétől. Mindezt csak adalékul írom ahhoz, hogy minálunk szervezetenként is szét kell választani ezeket a különböző eredetű, de azonos jellegű szakmai feladat ellátását szolgáló pénzeket, mert úgymond „ezt így csinálják a fejlett Nyugaton is”. A fejlett Nyugaton ugyanis az egyik országban így csinálják, a másokban úgy, a harmadikban meg amúgy.

Végül, de szinte elsősorban: ezen a fórumon a magyar környezeti geofizika, véleményem szerint, sikeres szereplését az ELGI-n kívül az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány, a Magyar Geofizikusokért Alapítvány anyagi támogatása és a szervezők által biztosított kedvezményes részvétel tette lehetővé. A fenti szerveknek valamennyi résztvevő geofizikus kollégám nevében mondok köszönetet.

Draskovits Pál

KONFERENCIA-HÍREK



Environmental
and Engineering
Geophysical Society
European section

*Az Environmental and
Engineering Geophysical
Society (EEGS) Európai
Szekciója 1996. szeptem-*

ber 2–4. között rendezti 2. kongresszusát Franciaországban, Nantes városában. A regisztrálási díj az EEGS, AGAP, UFG, SGF tagjainak 2000 FRF, egyébként pedig 2500 FRF. (1996. május 24-ig történő fizetés esetén 10% engedmény.) Ez az összeg tartalmazza az előadások látogatásának lehetőségét, kávé-löncsöt, gála vacsorát, valamint az előadások

köteteit. Szállás lehetőségekről a következő körlevélben jelenik meg tájékoztató. Részletes tájékoztató kérhető az alábbi címen:

EGS Meeting secretariat
Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Centre de Nantes
Division Reconnaissance et mécanique des sols
BP 19
44340 Bouguenais
FRANCE
Tel.: (33)4084-5916
Fax: (33)4084-5997
e-mail: lagabr@lcp.c.inrets.fr
vagy cote@lcp.c.inrets.fr



Közös kongresszust tart 1997. július 1—9. között az ausztráliai Melbourne-ben az *International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences (IAMAS)* és az *International Association for Physical Sciences of the Ocean (IAPSO)*. Az esemény távoli időpontját figyelembe véve részletes árakról, költségekről még nincs szó a tájékoztatóban. To-

vábbi információ, címlistára felvétel kérhető az alábbi címen:

IAMAS/IAPSO Secretariat
Convention Network
224 Rouse Street
Port Melbourne, Victoria 3207, AUSTRALIA
Tel.: (61-3)9646-4122
Fax: (61-3)9646-7737
E-mail: mscarlett@peg.apc.org

Tóth Lajos

ÖSZTÖNDÍJ GEOFIZIKUS HALLGATÓKNAK

A költségvetési intézmények gazdasági problémái közismertek. A felsőoktatás nehézségei úgyszintén. A magyar családok többségében a jövedelem reálértéke az utóbbi években még a hivatalos statisztikák szerint is csökkent. Ugyanakkor a közoktatás valamennyi szintje, de különösen az egyetemi képzés egyre nagyobb anyagi terhet jelent.

A földtudományok most világszerte nem tartoznak a divatosak és támogatottak közé. Emiatt sok a pályaelhagyó, különösen a fiatal geofizikusok között, akiknek az egyetemen szerzett tudását az élet sok más területén is hasznosítani lehet. A gazdaságilag kevésbé fejlett országok szakemberei számára további csábítást jelent a külföldi munkalehetőség, akár tanult szakmájukban, akár magasabb képzettséget nem igénylő területeken.

Mindennek eredménye: Magyarországon a földtudományi szakok, majd a földtudományokkal foglalkozó költségvetési intézmények nem jelentenek nagy vonzerőt az ifjúság számára. Ezen a helyzeten alapvetően sem az egyetemek, sem a költségvetési intézmények nem tudnak változtatni. Ugyanakkor bizonyos területeken már szakemberhiány jelentkezik, nincs utánpótlás, ami a geofizika egyes ágainak szinte már a létét veszélyezteti.

Ezt felismerve és felmérve meglehetősen szerény anyagi lehetőségeit a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet által létrehozott és támogatott Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány az Intézet szakember utánpótlásának elősegítésére egyetemi ösztöndíj pályázatot hirdet két, III.—V. éves geofizikus hallgató számára. A Kuratórium által odaítélt ösztöndíj egy tanulmányi évre szól és összege havi 6000 Ft, havonkénti kifizetéssel. A legfontosabb alapkövetelmény: a pályázó tanulmányi átlaga legyen legalább 4,0.

A pályázatokat minden év július 31-ig kell benyújtani az Alapítványhoz.

További információt az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítványtól lehet kapni:

Cím: 1145 Budapest, Kolumbusz utca 17-23.

Levél: 1440 Budapest, Postafiók 35

Telefon: (1)252- 4999/279

(1)184-3302

Fax: (1)163-7256

E-mail: h5882heg@ella.hu

Verő László,
az ELGA Kutatóriumának tagja

AZ MTA SZÁDECZKY-KARDOSS ELEMÉR DÍJ- ÉS ÖSZTÖNDÍJ
ALAPÍTVÁNYÁNAK KURATÓRIUMA PÁLYÁZATOT HÍRDET

Szádeczky-Kardoss Elemér Díj

A Díj elsősorban már elvégzett, publikált, tudományos munkák elismerésére szolgál.

A Díjra a földtudományok területén tevékenykedő 40 év alatti oktatók- és kutatók pályázhatnak, 5 évnél nem régebbi magyar, vagy lehetőleg angol nyelven publikált könyvvel, könyvrészlettel, cikkel, szabadalommal, vagy műszerleírással.

A Díjak összege tanulmányok esetén 15.000.- és 50.000.- Ft között lehet. Könyvek, jegyzetek esetén elérheti a 100.000.-Ft-ot.

A pályázatot az MTA Földtudományok Osztályára (1051 Bp.Nádor u.7. I/130. telefon: 117-4219) 1996. június 15-ig lehet benyújtani, melyhez csatolni kell a pályázó tudományos önéletrajzát (születési év, lakáscím feltüntetésével) és a pályázatra benyújtott munkát (munkákat) egy-egy példányban.

A benyújtott pályázatokat a Kuratórium szeptember 15-ig bírálja el és még szeptemberben eredményt hirdet.

1996-ban *néhány nagyon indokolt esetben* mód nyílik - a fenti kitételeknek megfelelő magyar állampolgárok részére - külföldi tanulmányút, ill. konferencián való részvétel támogatására. Lehetőség nyílik továbbá külföldön élő magyar anyanyelvű diákok (csoportos), vagy fiatal kutatók és oktatók magyarországi szakmai látogatásának támogatására. Az Ösztöndíjak összege: 20.000.- és 100.000.- Ft között lehet.

A Kuratórium a pályázóktól részletes indoklást vár, amelyben kifejtik a szakmai tanulmányút célját. Egyéni pályázatokhoz részletes szakmai önéletrajzot is kell csatolni.

Az 1996. június 15-ig benyújtott pályázatokkal folyó év szeptembere és a következő év szeptembere közötti időszakra lehet támogatást kérni.

Az ünnepélyes eredményhirdetésre az MTA Földtudományok Osztálya
1996.szeptemberi ülésén kerül sor.

Budapest , 1996. február 12.



Mészáros Ernő
az MTA rendes tagja,
a SzKE Kuratórium elnöke

