

### MGE

Az elnökség augusztus 27-i ülése — Beszámoló a közép-európai geofizikai egyesületek vezetőinek első találkozásáról — Tóth Géza emléktáblájának leleplezése — Az MTESZ szövetségi tanácsa szeptember 20-i ülése — Szubjektív beszámoló a szövetségi tanács október 11-én tartott üléséről — A Szeniorok Bizottságának hírei — Összevont beszámoló három eseményről — Felhívás geofizikai szakmai továbbképzésre — A Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumának felhívása a 36 éves aluli fiatal kutatókhoz és vezetőikhez ..... 129

### SZAKCIKKEK

ÉK-Magyarország vulkanikus kőzetei a geofizikai mérések alapján  
*Nemesi László, Polcz Iván, Szeidovitz Győzőné, Stomfai Róbert* ..... 142

Az észlelési távolságtól függő amplitúdók analízise (AVO) és a hazai alkalmazás lehetőségei  
*Takács Ernő* ..... 154

Geofizikai adatok globális optimalizációja a simulated annealing módszer alkalmazásával  
*Kis Márta* ..... 170

### CIKKEK

A soproni Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben végzett elektromágneses indukciós kutatások története — *Ádám Antal, Verő József* ..... 182

### HÍREK, BESZÁMOLÓK

Szarka László akadémiai doktori védése — EEGS-konferencia — 7th International Symposium on deep seismic profiling of the continents — Beszámoló a Balkáni Geofizikai Társaság 1996 szeptemberében Athénben megtartott első kongresszusáról — Beszámoló a 13. Elektromágneses indukció a földben c. workshopról — A magyar millecentenáriumi Tudóstalálkozó nyilatkozata ..... 209

37. évfolyam 3. szám



1996

## CONTENTS

**MGE (Association of Hungarian Geophysicists)**

News ..... 129

**Geophysical Papers**Volcanic rocks in the northeastern part of Hungary on the basis of geophysical measurements  
*L. Nemesi, I. Polcz, Zs. Szeidovitz, R. Stomfai*..... 142The amplitude versus offset analysis (AVO) and its possibilities for the domestic application  
*E. Takács* ..... 154Global inversion of geophysical data using simulated annealing  
*M. Kis* ..... 170**Papers**History of EM-induction research at the Geodetic and Geophysical Research Institute in Sopron  
— *A. Ádám, J. Verő*..... 182

News and Reports ..... 209

---

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: 252-4999Felelős kiadó: dr. Bodoky Tamás igazgató  
Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász PéterElőfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél 1371 Budapest, Pf. 433, telefon: 201-9815  
Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében. Megjelenik évente négyszer.

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

# MGE



## AZ ELNÖKSÉG AUGUSZTUS 27-I ÜLÉSE

A napirendi pontok többségéről kockázatos részletesen beszámolni, mert mire a Magyar Geofizika megjelenik, a szóban forgó események már lejátszódtak és kiderülhet, hogy a terv és a valóság eltérnek egymástól. Ezért a szokásosnál szűkszavúbb leszek abban a reményben, hogy a valóság minden tekintetben felülmúlja majd a terveket.

Első napirendi pontként a vándorgyűlésig hátralévő rövid idő alatt elvégzendő teendőket tekintettük át, majd ezeket egyeztettük a Magyarhoni Földtani Társulattal. Sajnos, nem lehet elégszer ismételni azt a kérést, hogy az előadás bejelentés, jelentkezés határidejét vegyék komolyan tagtársaink. Nem a legkellemesebb feladat egy többé-kevésbé elkészített programot, megszerkesztett programfüzetet megváltoztatni, késve beérkezett előadás kivonatot beilleszteni.

A „geofizikus egyesületek csúcstalálkozója” volt a következő napirendi pont. SZARKA László váratlan külföldi útja miatt ugyan nem tudott jelen lenni és a legújabb fejleményekről beszámolni, de az előkészületek és a visszajelzések feljogosítanak arra, hogy sikeres és emlékezetes találkozóra számítsunk. A Magyar Geofizikában részletes beszámoló fog megjelenni, ugyanezt megküldjük az EAGE-nek is. Azok a tagtársaink, akik részt vesznek a vándorgyűlésen, találkozhatnak az egyesületi elnökökkel, hiszen ők is részt vesznek majd a baráti találkozón.

Egy későbbi időpontban megrendezendő esemény volt a harmadik napirendi pont témája. Az EAGE Business Office — ez lényegében az egyesületi titkárság — két képviselője július közepén végigjárta az MT '97 helyszínéül szolgáló szállodákat, részletesen felmérték a technikai lehetőségeket, árajánlatot kértek és ennek alapján választanak majd. A döntés után az események várhatólag felgyorsulnak, hiszen alig több mint egy év van csak hátra.

Ezek után talán nem meglepő, hogy negyedik napirendi pontként egy decemberben sorra kerülő ankét volt a téma. Az Alföldi Csoport KOMMUNIKÁCIÓ '96 címmel szervez ankétot, amelynek mottója: „Az élet lényege a kommunikáció!” A téma: *Beszélgjünk meg: szokások, szabályok az olajipar kutatás-termelési ágazatában.*

Az Elnökség elhatározta, hogy TÓTH Géza bácsi — azt hiszem, ő mindannyiunk számára bácsi volt — emléktáblájának leleplezésén az Egyesület, természetesen, képviselteti magát.

Az ELGOSCAR International Kft. kérte jogi tagként való felvételét az Egyesületbe, az Elnökség ezt egyhangúlag jóváhagyta.

Ezután következett az előző ülésen hozott határozatok végrehajtásának áttekintése. A sok apró tennivaló közül kiemelkedett az Egyesület honlapjának megtekintése, egyelőre még nem a saját számítógépünkön. Mivel az első lépést sikerült megtenni az INTERNET-en való megjelenés érdekében, remélhetőleg tagtársaink rövidesen már elektronikus úton is hozzájuthatnak számos, az Egyesületre vonatkozó, de egyéb információhoz is. A hozzáférés módját azonnal közöljük, mihelyt lehetséges.

Nyolcadik napirendi pont volt az Egyebek. Itt hangzott el rövid beszámoló a HUNGEO '96-ról, döntött az Elnökség egy új tag — CSÉPÁNYI F. László — felvételéről, valamint arról, hogy a tagdíjból 60 Ft lesz az EUROPA-GAN Biztosító Rt.-nek átutalandó rész és felmerült, hogy védetté kellene tenni az MGE rövidítést. SPWLA-rendezvényre hazánkban már csak a XXI. században kerülhet sor, a Felső Szakosztály viszont ennél valamivel hamarabb szeretne egy megbeszélést tartani a bányakapitányságok képviselőivel a geofizikai kutatások során felmerült kérdésekről.

Verő László

## BESZÁMOLÓ A KÖZÉP-EURÓPAI GEOFIZIKAI EGYESÜLETEK VEZETŐINEK ELSŐ TALÁLKOZÓJÁRÓL

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 1996. szeptember 8–11. között rendezte meg a közép-európai geofizikai egyesületek vezetőinek első találkozóját. A találkozón a következő külföldi kollégák vettek részt:

Ausztria — Karl MILLAHN (Leobeni Egyetem, a Geofizikai Tanszék vezetője),

Horvátország — Miljenko RUKAVINA (Horvát Geológiai Társaság, a Geofizikai Részleg vezetője), Darko TOMAŠIĆ (Horvát Geológiai Társaság)

Cseh Köztársaság — Lubomir POSPIŠIL (a Cseh Alkalmazott Geofizikusok Egyesülete elnökségi tagja, főszerkesztő),

Oldřich NOVOTNY (a Cseh Matematikusok és Fizikusok Uniója Geofizikai Szekciója, alelnök)

Magyarország — ORMOS Tamás (az MGE elnöke), KÉSMÁRKY István (az MGE második alelnöke), SZARKA László (az MGE nemzetközi ügyeinek felelőse),

ALMÁR Iván (a Magyar Asztronautikai Társaság elnöke)

Románia — Constantin S. SAVA (Román Geofizikai Társaság, a Publikációs és Szimpóziumi Bizottság vezetője)

Szlovákia — Vojtech GAJDOŠ (a Szlovák Geofizikusok Egyesületének elnöke)

Szlovénia — Bojan URAN (Geodéziai és Geofizikai Egyesület, az IUGG Nemzeti Bizottságában második főtítkárhelyettes)

Jugoszlávia — Miroslav STARCEVIĆ (a Szerbiai Geológus-mérnökök és Műszaki Szakemberek Egyesülete, a Geofizikai Kutatási Társaság titkára)

Ukrajna — Anatolij TOLKUNOV (az Ukrgeofizika vezérigazgatója)

A. Ju. ZEYKAN (az Ukrgeofizika igazgatóhelyettese)

Mickola (N. K.) KIVSIK (UNGA Társaság, akadémikus).

A rendezvény az *American Geophysical Union* (AGU) anyagi támogatásával jött létre. Az AGU képviselőiben Fred SPILHAUS (ügyvezető igazgató) és Judy HOLOVIAK (publikációs igazgató) vett részt a találkozón.

Az összefoglaló fő céljai a következők voltak:

- tudni egymásról, saját tapasztalatainkkal segíteni egymásnak,
- képesnek lenni közös érdekeinket kifejezni és a jövőben közösen tevékenykedni,
- bemutatni egymásnak a régió geofizikusainak fiatal generációját.

A találkozóra szeptember 8–11. között került sor Budapesten, színhelye az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet vendégháza volt. 8-án este a bemutatkozó baráti találkozón a vendégeket pezsgővel fogadta



SZARKA László, Darko TOMAŠIĆ, Miljenko RUKAVINA, Miroslav STARCEVIĆ, BOTH Előd (Magyar Asztronautikai Társaság), Bojan URAN, TÁBORSZKI Gyula (MOL Rt.)



Lubomir POSPIŠIL, Vojtech GAJDOŠ, Karl MILLAHN, Oldřich NOVOTNY, Fred SPILHAUS, Judy HOLOVIAK, Constantin SAVA, KÉSMÁRKY István

FARKAS István, a Magyar Geológiai Szolgálat főigazgatója és BODOKY Tamás, az ELGI igazgatója.

A hivatalos megbeszélésekről a résztvevők az alábbi *Jelentést* adták ki:

**»Jelentés a közép-európai geofizikai egyesületek összejöveteléről  
Budapest, 1996. szeptember 8–11.**

I. A közép-európai geofizikai egyesületek jelenlegi helyzetének áttekintése (a képviselők ezen összejövetelen elhangzott szóbeli beszámolóik alapján) rövidesen meg fog jelenni a Magyar Geofizikában. Minden egyesületet arra kérünk, hogy amennyiben lehetséges, küldjenek írásos anyagot (legfeljebb két oldalt) a Magyar Geofizikusok Egyesületének címére 1996. október 15. előtt.

II. A különböző témákról folytatott megbeszéléseket az alábbiakban lehet összegezni:

**Oktatás**

Legalább három, nagy érdeklődésre számot tartó terület van:

a) Egyetemi hallgatók gyakorlata

A résztvevők hangsúlyozták, hogy a geofizikusoknak nemzetközi környezetben kell dolgozniuk. Karl MILLAHN elvállalta, hogy összehangolja a hallgatók nyári terepi gyakorlatát. Az ajánlatokat és kéréseket hozzá kell továbbítani.

b) Továbbképzések

Különböző vállalatok és intézmények részéről határozott igény van elfogadható költségű (rendszerint 3–5 napos) továbbképző tanfolyamokra. A mérsékelt szállásköltségek és rövid utazási távolságok

alapvető fontosságúak ahhoz, hogy a hivatásos szervezeteknél alacsonyabbak legyenek a tanfolyami díjak. KÉSMÁRKY István fog két anyagot elkészíteni valamennyi egyesületi folyóiratban való közlés céljából:

- A szakemberekhez intézett felkérést, hogy készítsenek elő és ajánljanak tanfolyamokat időszzerű témákról, amelyek a geofizika különböző területeinek helyzetét tükrözik. Kérjük az egyesületeket, hogy adjanak előrejelzést tagjaik jelentkezéséről.
- A különböző geofizikai egyesületekhez, vállalatokhoz és intézményekhez címzett felkérés arra, hogy javasoljanak témákat, amelyeket megfelelőnek találnak a továbbképzés számára. Ennek összehangolását Miroslav STARCEVIĆ vállalta.

c) Egyetemi tantervek cseréje

Összehangolja: Karl MILLAHN. Hozzájárulást minden oldaltól várunk.

**Általános geofizika és elméleti kutatás**

Országainkban az általános tendencián (a tudományok megbecsülésének általános csökkenése) túl a piacgazdaságba való átmenet ezen éveit is nagyon kedvezőtlen körülményeket teremtettek az általános geofizikai kutatás számára. A szilárd földdel foglalkozó tudományok sokkal nemzetibb tudományok, mint a többi természettudomány és nincsenek mindig nemzetközileg elismert eredményeik. A geofizikai eredményeket nem lehet megítélni csupán az „impact factor” alapján, a földtudományok belső sajátosságai miatt. Az elméleti geofizikai kutatást fenn kell tartani a régióban. A nemzeti adatbázisok

közös használatán alapuló közös projekteket különösen üdvözlénk a résztvevők.

### **A közvélemény tájékoztatása**

A geofizika, mint a földtudományok része, életfontosságú a nemzet jóléte szempontjából. A közvéleményt és a döntéshozókat meg kell győzni arról, hogy a teljes környezet (a víz és más természeti erőforrások, a talaj termőképességének megtartása, természeti veszélyek, éghajlat-változások stb.) megértése nélkül nincs jövő.

Szabályos időközönként újságcikkek, előadások, ismertetők a TV-ben, a rádióban szükségesek a geofizika népszerűsítéséhez. Országaink lelkes kollégái között együttműködésre van szükség. Annak érdekében, hogy a geofizikát népszerűbbé tegyük, még a természeti katasztrófák által nyújtott lehetőségeket is ki kell használnunk. Az áltudományok elleni harcot nem lehet korrekt, de unalmas módon megvívni. A közvélemény jobban szereti az érdekes látványosságokat.

### **Folyóiratok**

Országainkban számos geofizikai szakfolyóirat van, de nemzetközileg egyik sem igazán elismert. Az összefoglaló javasolja minden geofizikai egyesület nemzeti bizottságának, hogy vitassák meg és dolgozzák ki egy új, közös geofizikai folyóirat elindításának ötletét. Ennek a folyóiratnak évenként 2–4–6 száma lehetne. Ez a megoldás sokkal kisebb anyagi támogatást igényelne az egyes egyesületektől, mint bármilyen más, elszigetelt próbálkozás. Minden egyes számot egy egyesület szerkesztene, vagy az egyesületek egy kis csoportja.

A szerkesztőbizottság az egyesületek képviselőiből állna. Nem javasoljuk a folyóirat tárgykörének szűkítését sem az alkalmazott, sem az általános geofizika irányában. A kéziratokat digitális formában is le kellene adni (ASCII file vagy a LATEX javasolható) és lektorálni kellene. A folyóiratot ott kellene kinyomtatni, ahol a költségek a legkisebbek.

Annak érdekében, hogy egy jó impact factort lehessen elérni a széleskörű terjesztés (Európán kívül) és egy elektronikus változat is fontos lenne. Legyen ez egy tisztán tudományos folyóirat vagy folyóirat és hírlevél keveréke? A címre („Central European Geophysics“?), emblémára vonatkozó vagy bármilyen más javaslatot Lubomir POSPIŠILnek kell elküldeni. A nemzeti bizottságok hivatalos döntése elengedhetetlen.

### **A kommunikáció műszaki alapja**

Melegen javasoljuk az egyesületeknek, hogy készítsenek WWW honlapot. Az egyesületekre vonatkozó minden információ és a hírek így könnyen eljuttathatók a világ minden részére. ORMOS Tamás felírja valamennyi résztvevő E-mail és WWW címét a Magyar Geofizikusok Egyesületének honlapjára, az American Geophysical Union elérési útvonalával együtt. Az elektronikus postát javasoljuk a mindennapi érintkezésre. Javasoljuk, hogy minden általános érdeklődésre számot tartó elektronikus postai üzenetet kapjon meg minden résztvevő. Minden változást és új címet ORMOS Tamásnak kell megküldeni (ormos@gf02.geof.uni-miskolc.hu).

### **Jövőbeni közös tevékenység**

Miután sok területen fedeztünk fel közös érdekeket, hasznosnak tűnik, hogy a jövőben rendszeresen legyenek közös tevékenységek. Bár különböző vélemények voltak valamiféle hivatalos keret megteremtésének azonnali szükségességéről, a jövőben az úgynevezett Közép-Európai Geofizikai Fórum (Central European Geophysical Forum) létrehozása látszik az együttműködés legmegfelelőbb formájának. Egy-két évnyi nem hivatalos együttműködés után meglátjuk, érdemes-e továbbhaladni ebben az irányban. A tervezett Fórum nyitott lesz mind földrajzi értelemben, mind a szakterületeket illetően. (Más országokat, mint Lengyelország, Bulgária, értesíteni kell szándékunkról). A lehetséges támogatási forrásokat (például a PACE) meg kell vizsgálni.

Tevékenységünket további világméretű összefogások részeként kell végeznünk (1997 Strasbourg, 1998 San Francisco, 1999 Birmingham).

Ilyen összefogásokat évente lehetne tartani (Magyarországon, a Cseh Köztársaságban vagy Romániában?).

Közös kiüntetések ötlete is felmerült.

### **Záró megjegyzések**

Az összefoglaló után merült fel az a fontos kérdés, hogy a jövőben hol és mikor szervezzünk találkozókot. 1997-ben a képviselők könnyen találkozhatnak Bécsben, az EGS éves találkozója alatt, és 1998-ban talán Bukarestben, az SEG által támogatott nagy nemzetközi konferencia alatt. Lehetséges utazási támogatások felkutatását már megkezdték a magyar és osztrák kollégák.

A résztvevőket bátorítjuk, hogy saját megjegyzéseiket fűzzék hozzá ehhez a jelentéshez. A nemzeti bizottságokat arra kérjük, hogy vitassanak meg minden kérdést és megjegyzéseiket küldjék el minden

résztevő egyesületnek. Ha ezeket a megjegyzéseket és további javaslatokat megküldik a Magyar Geofizikusok Egyesületének, az első összejövetel szervezői

(lásd alább) készek arra, hogy a dolgokat „mozgásban tartsák”.«

Tóth Lajos



BODOKY Tamás bemutatja az ELGI-t

## TÓTH GÉZA EMLÉKTÁBLÁJÁNAK LELEPLEZÉSE



TÓTH Gézának, a Magyar Geofizikusok Egyesülete mindenki számára becsült tagjának, az Országos Meteorológiai Intézet egykori igazgatójának emlékét megőrkítő tábla avatására 1996. szeptember 30-án került sor Budapesten, a Margit krt. 56. szám alatt, ahol TÓTH Géza élt. A magyar meteorológusok nevében dr. AMBRÓZY Pál, a Magyar Meteorológiai Társaság elnöke, a magyar geofizikusok képviselőjében dr. ORMOS Tamás, a Magyar Geofizikusok Egyesületének elnöke tartott rövid megemlékezést. A beszédek után a meteorológusok nevében dr. MERSICH Iván, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, a geofizikusok nevében dr. ORMOS Tamás helyezte el a koszorúkat.

Tisztelt Ünneplő Közönség!

Dr. TÓTH Géza meteorológus, geofizikus egykori lakóháza előtt, az ő emlékét megörökítő, leleplezésre váró tábla alatt állunk. Ugyanakkor mindössze egy háztömbnyire innen áll a Meteorológiai Intézet, az az az épület, melynek kapuján 1927-ben lépett be először az ifjú TÓTH Géza, és ha a történelem szekere kegyetlenül félre nem gázolja, egészen tavaly nyárig bekövetkezett haláláig bejáratos lett volna oda. Így mindössze 23 évet tölthetett választott hivatásában, elérve a legmagasabb hivatali tisztséget, az igazgatói szintet. Koholt vádak alapján innen hurcolják 1950 nyarán a recski internálótáborba, oly sok félreállított magyar értelmiségi szomorú gyűjtőhelyére, követ fejteni. Ezt a megaláztatást — bár fizikailag jól bírta, szellemileg is kiváló maradt — nem tudta haláláig megbocsátani.

Rövid meteorológusi pályafutása során mégis sokat és maradandót alkotott. A még gyermekcipőben járó hazai magaslégkör-kutatás a 30-as években sokat köszönhetett neki. Ő mért először pilotballonnal futóáramlást Budapest fölött. (Ezt az elnevezést húsz évvel később kapta a felső troposzférában előforduló orkánerejű szél.) Aktív részese volt a ballonszondák (meteorográfok) útra bocsátásának és a mérési adatok kiértékelésének. Úttörője volt a hazai rádiószondázás megindításának. Számos repülőgépes időjárás-felderítés során személyesen pillanthatott be a háromdimenziós légkörben végbemenő folyamatokba. Kiváló angol, német és francia nyelvismerete hozzásegítette ahhoz, hogy mindig tájékozott legyen a magaslégkör-kutatás legújabb fejleményeiben, a meteorológia ekkor gyorsan fejlődő ágában. Ő képviselte hazánkat a Nemzetközi Meteorológiai Szervezet, a jelenlegi Meteorológiai Világszervezet elődjének Aerológiai bizottságában is.

Később, mint a Prognózis osztály vezetője igyekezett a korábbiaknál alaposabb fizikai szemléletet meghonosítani az előrejelző munkában.

Sorolhatnánk még hosszan TÓTH Géza szakmai érdemeit, de időt kell hagynunk annak a több évtizedes munkának a méltatására, amit — nagy veszteségünkre — a Meteorológiai Intézettől távol, de egy rokon szakmában, a geofizika terén fejtett ki.

Még egy, e házhoz szorosan kapcsolódó eseményre szeretnék utalni: 1944–45-ben ő volt a ház légoltalmi parancsnoka, s e tisztségében hivatali kötelezettségein túl emberségből is kitűnően vizsgázott, hiszen több üldözött rejtegetésével életet mentett meg.

Ezek után átadom a szót dr. ORMOS Tamásnak, a Magyar Geofizikusok Egyesülete elnökének, hogy TÓTH Gézáról, mint geofizikusról emlékezzen meg.

*ORMOS Tamás beszéde:*

Tisztelt Ünneplő Közönség!

A magyar geofizikusok szeretett és tisztelt Géza bácsija a jogtalanul elszenvedett, megalázó háromévi rabság után több évi hányattatás: állástalanság, fizikai munka, kisegítő munkák sorozatát követően végre ismét kamatoztathatta széleskörű tudását: 1956-tól az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben az Egyeztető Osztályon dolgozik. Matematikai, fizikai alapképzettsége, a meteorológia területén szerzett sokoldalú szakismerete és kutatói tapasztalata, valamint a már említett kiváló nyelvtudása képessé tették a — számára határtudománynak számító — geofizikai eredmények szintetizálásával foglalkozó osztály munkájában való aktív részvételre. Kiváló szakmai kvalitása, megnyerő személyisége: szerénysége, kedves humora és jó kedélye miatt nemcsak nagyra becsülték, hanem hamar meg is szerették geofizikus munkatársai annak ellenére, hogy a hatalom számára nem kívánatos személy volt. 1963-ban baráti segítséggel a Számítástechnikai és Ügyvitelszervező Vállalatnál kapott állást, ahol nyugdíjazásáig, 1965-ig dolgozott.

1971-től több mint két évtizedig az Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszékén BARTA György és MESKÓ Attila akadémikusok munkatársaként a geofizikai alap kutatás részese volt nyugdíjas tudományos főmunkatársi beosztásban.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének munkájában éveken át tevékenyen részt vett. Nagy érdemet szerzett a nemzetközi geofizikai szimpóziumok szervezésében és lebonyolításában, rendkívül széleskörű nyelvismeretét kamatoztatva. Az előzőeken kívül a magyar geofizika nemzetközi elismertségének növeléséhez nagyban hozzájárult a geofizikai szaklapok szerkesztésében vállalt szerepével is.

A Magyar Geofizikusok Egyesülete kiváló szakmai munkásságáért és az Egyesület érdekében kifejtett áldozatos tevékenysége elismeréseként tiszteleti tagjává választotta 1969-ben.

Dr. TÓTH Géza mint tudós csak az 1989-ben bekövetkezett történelmi fordulatot követően kapott állami elismerését: 1991-ben, 90-ik születésnapjára a Közlekedési és Területfejlesztési Minisztérium előterjesztésére az Eötvös Loránd-díj birtokosa lett, majd két évvel halála előtt, 1993-ban a Magyar Tudományos Akadémia az aerológia területén elért

eredményeit elismerendő akadémiai doktorrá fogadta.

Dr. TÓTH Géza mint magyar állampolgár és mint ember rehabilitációban sohasem részesült.

Amikor felfelé ívelő pályája kettétört, ugyanolyan korú volt, mint most én. Életének hátralevő 45 évét megalázottan, végső soron félreállítva, de emelt fővel élte le, barátai, tisztelői támogatásával. Ezen a tényen a megkésett szakmai elismerései sem szépitének. Én magam ifjú, frissen végzett geofizikusként a hetvenes évek közepén az ELTE Geofizikai Tanszék könyvtárában ismerkedtem meg Géza

bácsival, akkor még mit sem sejtve arról a hatalmas teherről, amelyet az oly megnyerő, kedves, segítőkész idős úr magában hordott.

Számomra — és remélem, mindannyiunk számára — örök példakép dr. TÓTH Géza emberi nagysága, amely azt hirdeti, hogy az emberi szellemet semmilyen fizikai erőszak el nem nyomhatja, meg nem törheti, hanem átsegíti az igaz embert minden megpróbáltatáson. És ez egyben üzenet a mindenkori diktatúrák számára is: soha nem lesznek képesek az igaz embert legyűrni.



AMBRÓZY Pál, ORMOS Tamás és ACZÉL Etelka a koszorúzáson

## AZ MTESZ SZÖVETSÉGI TANÁCSA SZEPTEMBER 20-I ÜLÉSE

Az ülés viharosnak ígérkezett, hiszen az első napirendi pont a Szövetségi Vagyonkezelés és Vállalkozás Szabályzata volt. Ezzel kapcsolatban felmerült, hogy „Nyolcadik hónapja folyik egy ismeretlen célú taktikázás az MTESZ részéről a tag-egyesületek tulajdonát képező osztatlan vagyon fölötti rendelkezési jog átértelmezésére.” Az ülés előtt azonban szétosztották a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége és a Gépipari Tudományos Egyesület teljes egyetértésben előterjesztett, egységes szerkezetbe foglalt Szabályzat-tervezetét, amelyet a Tanács végül is néhány apró módosítással egyhangúlag elfogadott. Egyetlen mondatot emelek ki ebből a Szabályzatból: „Az egyesületek

éves közgyűléseinél, illetve az egyesület közgyűlésén kívül legszélesebb vezető testületek üléseinél térítésmentesen vehető igénybe rendezvényterem.”

A több részletben lebonyolított második napirendi pont az öttagú Jelölő Bizottság megválasztása volt. Ennek a Bizottságnak a feladata, hogy valamennyi egyesület véleményének kikérése után javaslatot tegyen az MTESZ elnökének személyére.

A harmadik napirendi pont a legutóbbi ülés óta történekről szóló tájékoztatás megtárgyalása, elfogadása volt. A mellékletek nélkül is kilencoldalas Tájékoztató négy érdemi fejezetre tagolódik:

- Interdiszciplináris kérdések
- Hazai és nemzetközi kapcsolatok

- Érdekvédelmi tevékenység
- A Szövetség belső élete és szolgáltatásai.

Ebben az utolsó pontban szerepelt rövid híradás vándorgyűlésünkről, kimaradt viszont a Convocation, a szomszédos országok geofizikai egyesületi vezetőinek találkozója. Ezt a hiányt pótoltam és az ülést vezető GINSZTLER János alelnök utólag gra-

mulált a szervezőknek, így ezt a gratulációt most ilyen formában is továbbítom az illetékeseknek.

Remélem, hogy az időálló és többeket érdeklő információkat hiánytalanul sikerült továbbadnom.

Verő László

## SZUBJEKTÍV BESZÁMOLÓ A SZÖVETSÉGI TANÁCS OKTÓBER 11-ÉN TARTOTT ÜLÉSÉRŐL

A *szubjektív* szó azért került ismét a címbe, mert beszámolómm semmiképp sem akarja a hivatalos jegyzőkönyvet helyettesíteni és így attól merőben eltérő hangvételű, ugyanakkor az eseményeket elkerülhetetlenül szakmánk szemszögéből figyeltem és természetesen saját „szerepemet” óhajtom kidomborítani.

A meghívó szerint két napirendi pont lett volna. Az első — amelyről igen részletes és jó írásos anyagot is kaptunk — az MTESZ informatikai helyzetének értékelése lett volna, bemutatóval egybekötve. Mivel okunk lett volna büszkélkedni, hogy azon kevés egyesület közé tartozunk, amelyeknek már van saját honlapja az MTESZ WWW anyagában, izgatottan vártam a tárgyalást, de még inkább a bemutatót. A feltételes mód magyarázatára visszatérek. A második napirendi pont az MTESZ keretében folyó, iskolarendszeren kívüli oktatás segítésére vonatkozó előterjesztés lett volna, de csak a meghívó szerint. Ugyanis az előterjesztést készítő Oktatási Kabinet vezetője egyéb elfoglaltsága miatt kérte ennek a napirendi pontnak elsőként való tárgyalását. Az előterjesztés a Titkárságon megtekinthető, lényege az, hogy az MTESZ-nek létérdeke, hogy ha kissé megkésve is, de színvonalas anyagokkal és ajánlatokkal megjelenjen az oktatási piacon. Sok kiegészítő, a leírtakat értelmező és módosító javaslat hangzott el. Én — lehet, hogy ez már valami rögeszméhez kezd hasonlítani — azt vettem fel, hogy gazdasági adatok nélkül döntenem nem lehet. Ha nem tudjuk, hogy milyen beruházást igényel egy-egy oktatás beindítása (tananyag vásárlás, licencdíj stb.), milyen költségek merülnek fel az MTESZ-ben, milyen a piaci igény és ennek alapján mennyi idő alatt várható a beruházások megtérülése, mennyi idő alatt válik ez a tevékenység önfenntartóvá, vagy megfordítva a dolgot, mennyit tud az MTESZ erre áldozni, akkor egy kicsit a levegőbe beszélünk. Egy igazi öntudósító most így folytatná a beszámolót:

felvetésem új mederbe terelte a vitát, hirtelen mindenki számára világossá vált a gazdasági háttér fontossága és többen csatlakoztak véleményemhez, végül a határozati javaslat legfontosabb pontja éppen ezen kérdés tisztázásnak fontosságát hangsúlyozza. Ehelyett a valósághoz közelebb áll, hogy különböző formában, de valóban többen utaltak a gazdasági és piaci elemzés hiányára és remélhetőleg ez a határozatba is belekerül.

Az Oktatási Kabinet vezetőjének távozása után nem az első napirendi pontra került sor, hanem néhány rövid „egyébre”. Ezek közül az egyik a kamarákkal volt kapcsolatos. Sejthető, hogy ezt röviden lezárni nem lehetett. Vegyes érzelmekkel hallgattam a vitát. Egyrészt megnyugodtam, hogy azokra a kérdésekre, amelyekkel tagtársaink hozzánk is fordultak, azok sem tudtak érdemleges választ adni, akik a kamarák felállítása körül buzgólkodnak. Egy tény: a regisztrálás határidejét október 21-ig meghosszabbították. Másrészt el is szomorodtam, hogy PAKUCS János vezetésével ugyan megalakult az Építés és Mérnök Tanács, amelynek feladata a kamarák megalakításának előkészítése, van már egy alapszabály előkészítő bizottság is, ugyanakkor nagy a tanácstalanság. Nem egészen a saját megfogalmazásom, de a helyzet az, hogy keresik a törvény szellemét a törvény betűje mögött, de a szellemek jellegüknél fogva tudvalevőleg láthatatlanok. Számunkra külön problémát jelenthet, hogy az LVIII. törvény „önálló mérnöki és építészeti tervezői és műszaki szakértői tevékenység (a továbbiakban együtt: mérnöki, ill. építészet tevékenység)” címszó alatt foglalja össze, hogy kikre is vonatkozik ez a törvény. Beletartozunk mi ebbe a körbe? Azt hiszem, erre a kérdésre most senki sem tud vagy nem akar egyértelmű választ adni. Most ismét saját szerepem kidomborítása következik: javasoltam, hogy a földtudományokhoz hasonló „kis” szakmák esetében maradjanak érvényesek az egyesületek által kiadott

szakértői igazolások, ne kelljen még egy külön kamarai tagozatot is létrehozni, vagy egy már meglévő tagozatba belépni (ez sem egészen saját ötlet, többször szó esett már arról, hogy egyesületek is betölthetnek kamarai tagozati szerepet).

Ezek után már sejthető az első napirendi pont sorsa. Egyre többen a lábukkal szavaztak az ülés bezárása mellett, azaz elmentek. A napirendi pont két előadója, SZEGNER László és LŐRINCZE Géza kissé bánatosan kérte, hogy a következő ülésen valóban első pontként ez a téma kerüljön sorra, mert az elvégzett munka, a ráfordított pénz, de elsősorban a remélhetőleg mindenkit érdeklő információk ezt mindenképpen indokolják. Végül az a döntés született, hogy a tervezett ülések napirendje bővítést nem nagyon tesz lehetővé, ezért egy külön, csak ezzel a témával foglalkozó ülést fognak összehívni

(csak mellékesen jegyzem meg, hogy ezt az ülést, amelyről megkíséreltem beszámolni, a tervek szerint azért tartottuk a Fő utcában, mert az egyetlen napirendi pontot, az informatikai helyzet megvitatását — bemutatóval egybekötve — itt jobban meg lehet szervezni).

Bizonyára nem szép dolog, hogy zöldfülű létemre — elnökként csak néhány ülésen vettem részt, titkárként most eléggé rendszeresen ér ez a kitüntetés — nem eléggé tiszteletteljes hangon számolok be az eseményekről, de „A hír szent, a vélemény szabad.” (Remélem, jól idéztem). Semmi olyant nem írtam le, ami nem történt meg és igyekeztem minden fontos dolgot megemlíteni. A véleményemmel pedig lehet egyetérteni, de lehet vele vitatkozni is.

Verő László

## A SZENIOROK BIZOTTSÁGÁNAK HÍREI

A szeniorok szokásos évi tanulmányi kirándulását 1996-ban október 2-án rendeztük. Ezúttal a program az *algyői olajmező* meglátogatása és *Ópusztaszer* nevezetességeinek megtekintése volt.

Az időjárás a megelőző évekhez hasonlóan ismét nagyon kegyes volt hozzánk: ragyogó napsütésben látogattuk meg az algyői olajmezőt. Meghallgattuk az üzem vezetőinek ismertetését az egyes részlegek munkájáról és további terveikről. Megtudtuk többek között, hogy ez a terület világviszonylatban is egyike a fűrészekkel legjobban feltárt olajmezőknek és hogy Magyarország olaj- és gázfogyasztásának 60%-át az algyői üzem fedezi.

A szakmai program után elmentünk Ópusztaszerre, ahol a Nemzeti Történelmi Emlékpark sok látnivalója mellett megtekintettük *A magyarok bejövetele* című körképet. A körképet FESZTY Árpád festőművész száz évvel ezelőtt alkotta, a honfoglalás ezredik évfordulójának tiszteletére. A kép a második világháború során erősen megsérült, de a millicentenárium alkalmából eredeti szépségében helyreállították.

A Szeniorok Bizottságának tanulmányi kirándulásait egyre nagyobb érdeklődés kíséri és a részt-

vevők száma évről évre növekszik. Örömmel állapíthatjuk meg ebből, hogy a szeniorok tartani akarják a kapcsolatot az Egyesülettel és volt munkatársaikkal. Összehasonlításképpen álljon itt a résztvevők száma az elmúlt öt évben:

1992: Soproni Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet	16 fő,
1993: Miskolci Egyetem	27 fő,
1994: Demjéni olajmező	33 fő,
1995: Ság hegy	45 fő,
1996: Algyői olajmező	60 fő.

Az idei tanulmányi kirándulás megrendezését is a *Magyar Geofizikusokért Alapítvány* nagyvonalú támogatása tette lehetővé. Mindazoknak, akiknek részük volt a tanulmányi kirándulás sikerében, ezen a helyen is köszönetét fejezi ki a Szeniorok Bizottsága.

Aczél Etelka,  
a Szeniorok Bizottságának elnöke

A lapzárta és az élet egyéb eseményeinek harapófogójában most csak rövid beszámolóra telik, de fontosnak tartom legalább jelezni: élünk, dolgozunk, jelen vagyunk és tesszük a magunk dolgát. Akit pedig a részletek is érdekelnek, az a megfelelő helyen elolvashatja a részletes emlékeztetőt vagy jegyzőkönyvet.

*Az első esemény* az elnökség kibővített ülése volt. A kibővítés azt jelenti, hogy valamennyi bizottság vezetője vagy képviselője is meghívást kapott, hogy beszámoljon a megalakulásról, esetleg a már elvégzett munkáról.

Mivel ez volt a vándorgyűlés utáni első ülés, első napirendi pontként néhány értékelő észrevétel hangzott el, majd már a jövővel kezdtünk foglalkozni. Egyrészt rövidesen el kell dönteni a helyszínt, másrészt meg kell határozni a kiemelt témát. Egyelőre csak annyit: két javaslat van a helyszínre, Budapest és Füzesgyarmat, témaként pedig a geofizikai intézmények vezetői által adott helyzetkép merült fel. Döntés még ebben az évben várható.

Az értékeléstől eltekintve hasonló feladatot jelentett a közgyűlés előkészületeinek megkezdése. Össze kell gyűjteni az alapszabály módosításra vonatkozó javaslatokat és meg kell találni az alelnökjelölteket.

Hosszabb időt vett igénybe a közép-európai geofizikai egyesületek vezetőinek találkozójáról SZARKA László által tartott beszámoló, majd a teendők megvitatása (az elnökség tagjai megkapták a *Magyar Geofizikában* is közölt közös nyilatkozatot). A tervezett közös lap kiadásáról határozni kellett, az elnökség a kiadást elvileg támogatja, de nagyon sok még a tisztázatlan kérdés. Ha a vándorgyűlést és ezt a találkozót egyetlen eseménynek tekintjük, akkor gazdaságilag sikerült elérni a „null-megoldást”.

A bizottságok vezetői közül ACZÉL Etelka és PATTANTYÚS-Á. Miklós írásbeli beszámolót adott. A Szeniorok Bizottsága már egy nagyon jól sikerült algyői és pusztaszeri kirándulásról adott hírt, a Mérnökgeofizikai Bizottság viszont még az alakulás gondjaival küszködik. GOMBÁR László a Magyar Bányászati Hivatallal közösen rendezett előadóról számolt be.

A decemberi, Szolnokon rendezendő ankét szervezése jó úton halad, KISS Bertalan impozáns előkészítő anyagot adott át.

TÓTH Géza emléktáblájának leleplezéséről a *Magyar Geofizikában* máshol is hírt adunk.

Az ez évi utolsó ülésen, november 19-én kell döntenie az elnökségnek az 1996. évi jutalmakról. A titkár hivatalos távolléte miatt a javaslatot az elnökből, az első alelnökből és az előző titkárból álló ad hoc bizottság készíti elő.

Az elnökség úgy döntött, ha még lehetséges, védetté nyilváníttatja az *MGE* rövidítést és az Egyesület *emlékmáját*. Jó lenne elkerülni, hogy *MGE* néven reklámozzanak bármely, a tévében gyakran előforduló árucikket.

Az elnökség tagjai a meghívóval kézhez kapták a *First Break*-nek kiküldendő beszámolót Egyesületünk április és október közti életéről. Reméljük, hogy az ígretnek és kérésünknek megfelelően a *Magyar Geofizika* jövő évi első számának minden példányához már mellékelni tudjuk a *Newsletter* első számát. Érdekes lesz összehasonlítani, mit írtunk és mi lett belőle (nem a nyelvi javításokra gondolok, bár az is tanulságos lehet).

Az Egyebek címszó alatt ismét fontos bejelentések hangzottak el, igazolva azt, hogy ez a gyűjtőhelye a legfrissebb eseményeknek. Így került sorra többek között a Szövetségi Tanács október 11-én tartott ülésén történtek összefoglalása, az SPWLA Budapest Chapter szavazási eredményének ismertetése (alelnök MARTON Tibor, titkár CSÁSZÁR János), a Soproni Csoport és az Általános Geofizikai Szakosztály terveinek vázolása és egy jövő évi, kihegyezett elnökségi ülés ötlete.

*A második esemény:* november 1-jén az MTESZ Szövetségi Tanácsa tartott ülést. Elsőként PETŐ Iván, az SZDSZ elnöke tájékoztatott az SZDSZ elképzeléseiről a tudományos élet, a kutatás-fejlesztés támogatásával kapcsolatban. Vakmerő vállalkozás lenne ezt a tájékoztatót röviden ismertetni, csak néhány kiragadott gondolat. A bevezető mondat ez volt: Egy politikus mindenért felelős, de semmihez sem ért. A továbbiakban a vergődés és remény költségvetésének a tudományos életet érintő elemeiről esett szó. Számomra az volt a tanulság, hogy csak vergődjünk és reménykedjünk, mert ha nem reménykedünk, az nagyon rossz, ennél csak az rosszabb, ha már nem is vergődünk. A tájékoztató utáni kérdések között voltak eléggé általánosan megfogalmazottak is, de olyan konkrét is, hogy mi lesz a megbízási díjak TB-járulékával, vagy tisztában vannak-e a kormányzati tényezők azzal, hogy 1994 óta a jól dolgozó közalkalmazottak nem kaptak fizetésemelést, mert jó munkájuk révén a minimum

felett voltak, azok viszont, akik bármi miatt gyengébben voltak fizetve, kaptak emelést. A válasz erre az volt: ez a közalkalmazotti lét hátránya.

A második napirendi pont az MTESZ kitüntetési javaslatok megvitatása és elfogadása volt. Mivel a kitüntetések átadásáig a határozat szigorúan titkos, most csak annyit mondhatok: egyesületünk egy tagja MTESZ-kitüntetést fog kapni.

Sor került a Mandátumvizsgáló és Szavazatszám-láló Bizottság felállítására. Itt ismét egy szubjektív kitérőt kell tennem: december elejére várható albániai kiküldetésem miatt nem vállalhattam el a Bizottság póttagjaként való jelölésemet.

A szokásos írásos összefoglaló a fontosabb eseményekről most is elkészült (a Titkárságon ezek az anyagok mindig megtekinthetők). Többen kifogásolták, hogy az *MTESZ Értesítő* 7. számában megjelent állásfoglalás nem tükrözi azt híven, ami az október 11-i ülésen elhangzott. Ezzel teljesen egyetértek, annál is inkább, hiszen mint az arról az ülésről készített szubjektív beszámolómban jeleztem, hozzászólásom új mederbe terelte a vitát, ennek az állásfoglalásban viszont nyoma sincsen.

Itt is szokás természetesen az Egybek. Be kell vallanom, a Szövetségi Tanács ilyen bejelentéseivel nehezen tudnánk versenyezni. Az egyik bejelentés az volt, hogy a következő rádiókabaré felvétele az MTESZ-ben lesz. Bár érzésem szerint tagtársaink közül sokan úgy érzik, hogy bőségesen tudnának anyagot szolgáltatni egy kabaréhoz, de egy geokabarét legfeljebb öntevékenyen tudnánk összehozni. A másik bejelentés egészen más természetű: az MTESZ Neumann János emlékermet fog átadni Louis V. GERSTNER, Jr.-nak, az IBM elnökének azért a több évtizedes tevékenységért, amit a cég Magyarországon kifejtett. Az ünnepélyes átadás után GERSTNER úr előadást tart „Versenyben a világhálózaton” címmel.

*A harmadik esemény* az egyesületi szövívők november 5-én tartott értekezlete volt. Az előzetes program szerint a Magyar Rádió, a Magyar Televízió és a Duna Televízió, azaz az elektronikus média képviselőivel találkozhattunk volna, de csak MONTSKÓ Éva, az MTV Tudományos Híradójának főszerkesztője és ifj. TÓTH György, az MR Napközben című műsorának szerkesztője érkezett meg. Sok érdekes dolgot hallhatunk a tudományos műsorok készítéséről vagy arról, milyen is az ideális szövívő. Amennyire meg tudtam jegyezni, a szövívő legyen több, mint a sajtóosztály vezetője (van olyan egyesület, amelynek van sajtóosztálya?), legyen bennfentes, de ne tudóskodjon, tudja, kinek mi érdekes (ebből a szempontból nem a hírforrás szempontja a döntő), alakítson ki személyes kapcsolatot a média képviselőivel, akkor is, ha ennek nincs azonnal eredménye, legyen tisztában azzal, kinek is szól az információ, az eseményekről előzetes információkat kell adni, a szövívőnek tisztában kell azzal lennie, miről is nyilatkozhat, de azt sohasem mondhatja, hogy „nem tudom”. Mindezt végighallgatva azonnal a hályogkovács esete jutott eszembe, merem ezek után továbbra is vinni a szót? Nem tudom, hogy cselekedetem összhangban van-e ezekkel az elvárásokkal, de a két jelenlévő újságírónak átadtam a *Magyar Geofizika* legutóbbi számát, hátha találnak benne valami érdekeset (vagy az elnökség tagjainak névsorát, olyan szakembereket, akik geofizikai kérdésekben talán jobb információt tudnak adni mint...). Befejezésül egyetlen szó szerinti idézet az újságírással kapcsolatban: „Nem védem a mundér becsületét, mert az nincs.” Az azonnali kérdésre adott válaszból világossá vált, hogy nem a mundér hiányáról van szó.

Verő László

## FELHÍVÁS

A kerekegyházi geofizikus-geológus Vándorgyűléssel egyidőben tartott, a környező országok geofizikai egyesületeinek elnökei számára szervezett talál-

kozó egyik ajánlásaként adjuk közre az alábbi felhívást:

### GEOFIZIKAI SZAKMAI TOVÁBBKÉPZÉS

Számottevő igény van különböző vállalatok, intézmények és egyének részéről a megfizethető árú (általában 3–5 napos) szakmai továbbképzésekre. A szerényebb elhelyezési és szállásköltségek, a kisebb

utazási távolságok olyan előnyök, melyek egy tanfolyam költségeit az erre szakosodott cégek árainál alacsonyabbá tehetik. A tanfolyamok ajánlott nyelve

az angol. Előadók a szakmai egyesületük előzetes ajánlása alapján pályázhatnak tanfolyam tartására.

Mind a jövőbeli lehetséges előadóktól, mind a továbbképzések iránt érdeklődő lehetséges hallgatóktól kérjük az alábbi ajánlatokat:

- Kérjük a különféle geofizikus szakértők ajánlatait, akik vállalnák *Appeal to different experts to prepare and offer* 3–5 napos tanfolyamok kidolgozását és megtartását olyan közérdeklődésre számot tartó témákban, melyek a geofizika élvonalát képviselik. Az előadások szakmai színvonalára és a hallgatók számára kiosztandó írásos segédanyagok és gyakorlati példák jó kidolgozására az előadónak nagy figyelmet kell szentelnie.
- Kérjük a továbbképzések iránt érdeklődő szélesebb szakmai közösségek tagjait (különféle geofizikus egyesületeket, vállalatokat, intézményeket és magánszemélyeket), hogy ajánljanak szakmai továbbképzésekre megfelelő-

nek, korszerűnek, érdekesnek tartott témákat.

A tanfolyamok megszervezési joga általában az előadó anyaegyesületét illeti, de ez a jog átadható más egyesületnek is. A tanfolyamokat „non-profit”, vagy „szerény profit” alapon kellene megszervezni. Az előadókat megilleti a tiszteletdíj és a költség-térítés.

Az előadói ajánlatokat és a hallgatói témaajánlatokat Miroslav STARCEVIĆ úr címére kérjük küldeni, aki vállalta az erőfeszítések koordinálását. Címe:

prof. Miroslav STARCEVIĆ  
Society of Geophysical Exploration  
Kneza Milosa 7, 11000 Belgrade, YU  
tel.: (381-11)345 972  
fax: (381-11)335 539  
E-mail: estarcem@ubbg.etf.bg.ac.yu

*Késmárky István*

## A MAGYAR GEOFIZIKUSOKÉRT ALAPÍTVÁNY KURATÓRIUMÁNAK FELHÍVÁSA A 36 ÉVEN ALULI FIATAL KUTATÓKHOZ ÉS VEZETŐIKHEZ

Kedves Kollégák!

Kuratóriumunk 1996. október 28-i ülésén örömmel állapította meg, hogy az Alapítvány hétéves működése alatt egyetlen ifjú MGE-tagtársunk külföldi tanulmányútjával, külföldi konferencián való részvételével kapcsolatos kérelmét sem kellett elutasítanunk. Az elbírálásnál azonban mégis vannak gondjaink.

*A kérelmek beadásának elvi és formai követelményeit már közöltük a Magyar Geofizika hasábjain, de ezeket a kérelmezők a legkritikább esetben tartják be. Ezek az alapfeltételek pedig fontosak az alábbiak miatt:*

- A munkahelyi javaslat a szakmai érték elbírálásán túl arra is garancia, hogy az illető pályázó nem hoz nyilvánosságra hivatali, állami stb. titkot.
- A költségtervezet szolgál a pénzügyi, adó- és hasonló szabályok betartásának alapjául, és lehetőséget ad annak felmérésére is, hogy a konferencián való részvétel teljes anyagi fedezete összejön-e, ha a mi támogatásunk is realizálódik, vagy sem. (Sajnos, van szomorú tapasztalatunk a meg nem valósult programhoz adott támogatásunk összegének keserves

visszaszerzési nehézségeit illetően). Ez ellen úgy védekezünk, hogy megkérjük a munkáltatókat, előlegezzék meg az Alapítványunk által megszavazott összeget és azt utólag, megfelelő számlával hívják le.

- A kedvezményezett kutatók munkáltatóitól kapott számláknak azonban hűen kell tükrözni, hogy *kinek* az utazásával kapcsolatban, *milyen konferenciára, konkrétan milyen költséget* vállalunk át részben vagy egészben (utazás, szállás, konferencia részvételi díj stb.). Ez azért lényeges, mert a napidíj adóköteles, amivel lehetőség szerint nem kívánunk foglalkozni. (A beérkezett számlák egy része név nélkül és egyszerűen csak „konferencia-költség” címen érkezik).
- A kedvező elbírálásnak természetesen alapfeltétele, hogy a konferenciára utazónak az előadását a rendezőbizottság elfogadja. Erről írásos igazolást kérünk. Itt azonban nyomatékosan hangsúlyozzuk, hogy *ezt az igazolást a kérelem beadásakor még nem feltétlenül kell mellékelni*. Nélküle ugyan csak feltételesen szavazzuk meg a támogatást, de általában csak így biztosítható, hogy a beadvány időben megérkezzen.

— A Kuratóriumnak egyik legsúlyosabb gondja a kérelmek késői beérkezéséből fakad. Az MGE tagsága által három évre választott Kuratórium tagjai az ország öt városában élő, fontos, vezető beosztásban dolgozó, elfoglalt kutatók, egyetemi oktatók. A kuratóriumi ülésekre való utazás is tetemes költségű és időigényű. A kuratórium működési szabályzata negyedévenkénti ülést ír elő, amit a fentiek miatt nem áll módunkban sűríteni. A későn beadott kérelmeket megpróbáltuk, telefonon, telefaxon történő kapcsolattartással elbírálni, de így nincs mód egymás érveinek meghallgatására, a korrekt bírálatra. Ugyanakkor a konferenciák időpontja sokszor egy évvel korábban, de általában több hónappal előbb ismert. Az előadásra való felkészülés, előadás bejelentés stb. is általában hosszabb időt, hónapokat igényel. Ezért, véleményünk szerint,

semmi sem indokolja a pályázatok kései beadását.

*A Kuratórium 1996. október 28-án ezért úgy döntött, hogy a jövőben nem áll módjában foglalkozni azokkal a pályázatokkal, amelyek a konferencia időpontja előtt legalább négy hónappal nem érkeznek meg.*

Mindannyiunk, és az igazságosabb elbírálás érdekében kérjük, tartsák be ezt a határidőt, amely még így is rövidebb a szokásosnál, de az utazni kívánó szempontjából is egyre inkább célszerű lesz, hiszen köztudott, hogy ezeket a támogatásokat az Alapítvány alaptőkéjének (várhatóan egyre csökkenő) kamataiból támogatjuk és előfordul majd, hogy a későn jelentkezőket már azért nem tudjuk segíteni, mert elfogyott a pénz.

*Nemesi László,  
a Kuratórium elnöke*

# ÉK-Magyarország vulkanikus kőzetei a geofizikai mérések alapján<sup>1</sup>

NEMESI LÁSZLÓ, POLCZ IVÁN, SZEIDOVITZ GYŐZŐNÉ, STOMFAI RÓBERT<sup>2</sup>

*A szerzők az 1986 elejéig ÉK-Magyarország területéről rendelkezésre álló geofizikai mérések alapján arra vállalkoztak, hogy a 0,5–5 km mélységben előforduló vulkáni testeket térképezzék. Szeizmikus, földmágneses, gravitációs és geoelektromos mérések alapján elkülönítettük: a) a kitörési zónákat (ahol a vulkanitok az aljzatra települnek), b) azokat a területeket, ahol az idősebb üledékes összletekre vastag (1000 m-es nagyságrendű), c) ahol vékony (100 m-es nagyságrendű) vulkáni öszlet települt és d) azokat a területeket, ahol legfeljebb csak tufák fordulhatnak elő, vagy egyáltalán nem kell számolnunk vulkanitokkal a pannon üledéksor alatt. Ahol volt adatunk, megadtuk a vulkáni kúpok felszínétől számított mélységét is. Végül gravitációs hatószámítással próbáltuk meghatározni a mélyfúrásokból eddig ismeretlen kristályos aljzat mélységét a központi vulkanikus zónában.*

**L. NEMESI, I. POLCZ, Zs. SZEIDOVITZ, R. STOMFAI: Volcanic rocks in the northeastern part of Hungary on the basis of geophysical measurements**

*Authors attempted to map volcanic bodies in a depth range of 500–5000 m in the NE part of Hungary on the basis of available geophysical measurements carried out before 1986.*

*By the analysis of seismic, magnetic, gravity and geoelectric data it seemed possible to separate eruption zones where: (a) the volcanites are in close contact with the basement, (b) older sedimentary formations are covered with thick volcanic bodies in a range of about 1000 m, (c) the thickness of volcanic deposits is in the range of some 100 m, and finally, (d) where only tuffs are generally present or no volcanites can be found at all under the Pannonian sedimentary cover.*

*In areas of sufficient geophysical information the depth from surface of detected volcanic bodies is also given.*

## Bevezetés

Az eredményeket, amelyeket most szeretnénk közreadni, éppen tíz éve, a Magyar Geofizikusok Miskolci Vándorgyűlésén 1986. május 27-én elhangzott előadásunkban hoztuk nyilvánosságra. Azóta, bár volt kisebb volumenű szeizmikus és magnetotelurikus kutatás a területen, a kép alapvetően nem változott. Az aktualitása pedig annyi, hogy 1993. március 5-én a szlovákiai Herlanyban a szlovák, az ukrán és a magyar földtan vezető személyiségei megállapodást írtak alá a három ország határ menti (10 000 km<sup>2</sup> nagyságrendű) területeinek közös, egységes geológiai, geofizikai térképeinek létrehozására (TIBREG program). Ennek célja elsősorban a vízbázis-védelem, a nyersanyagkutatás, a földrengésveszélyeztetettség kérdésköreiben szükséges alapvető ismeretanyag megteremtése, mert az egyes országokban készült valamennyi térkép az ország-

határokon egyeztetetlen és így nem szolgálják az alapvető környezetvédelmi, és nyersanyag-kutatási célokat. Az áttekintő (100 000-es, 200 000-es méretarányú geológiai és geofizikai térképezés mintája az 1990-ben indult osztrák, szlovák, magyar DANREG program volt, amelynek sikeres befejezését napjainkban tapasztalhatjuk.

A TIBREG program magyar részről azonban eddig nem kapott érdemleges agyagi támogatást, így még olyan térképek egybedolgozására sem kerülhet sor (pl. a gravitációs vagy földmágneses térképek egyesítésére), amelyeknek mérési alapja mindhárom országban megvan, de a bázisok összemérésének már pénzügyi akadályai vannak.

Ilyen körülmények között az egyetlen lehetőség a meglévő hazai kutatási eredmények elemzése, amely különösebb költségigény nélkül, íróasztal mellett elvégezhető. Így talált erre a témára a ma már kivétel nélkül nyugdíjas egykori szerzői kollektíva, akik úgy gondolják, hogy ez a kis, eddig publikálatlan anyag a TIBREG programban talán még egykor használható lesz.

<sup>1</sup> Beérkezett: 1996. október 10-én

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

## Az ÉK-magyarországi vulkanizmus geofizikai kutatásának jelentősebb állomásai

### 1) Az 1960-as évek közepéig terjedő időszak

Lényegében három eredményt érdemes kiemelni az ebben az időszakban született ismeretek közül. Az egyik az ELGI által elvégzett földmágneses áttekintő mérésekről kiadott HAÁZ I., KOMÁROMI I.: Magyarország Földmágneses Térképe 1966-ban (1:500 000-es méretarányban), amelynek a Nyírség—Szatmár területére eső része anomáliákban feltűnően gazdag (1. ábra). A másik lényeges ismeret az OKGT BoR jelű regionális refrakciós méréseiből született, amely képet adott a medence felépítéséről, a határsebességek alapján elkülönítve a paleozoós, a mezozoós kőzetekből álló neogén medence aljzatot és helyenként (a mágneses anomáliák zónájában) egy 4000 m/s nagyságrendű határsebességgel jellemezhető szintet is megkülönböztetett. Erre a két alapvető geofizikai mérésorozatra épült POSGAY munkája, A magyarországi földmágneses hatók áttekintő vizsgálata című kandidátusi értekezése [1967]. Ennek

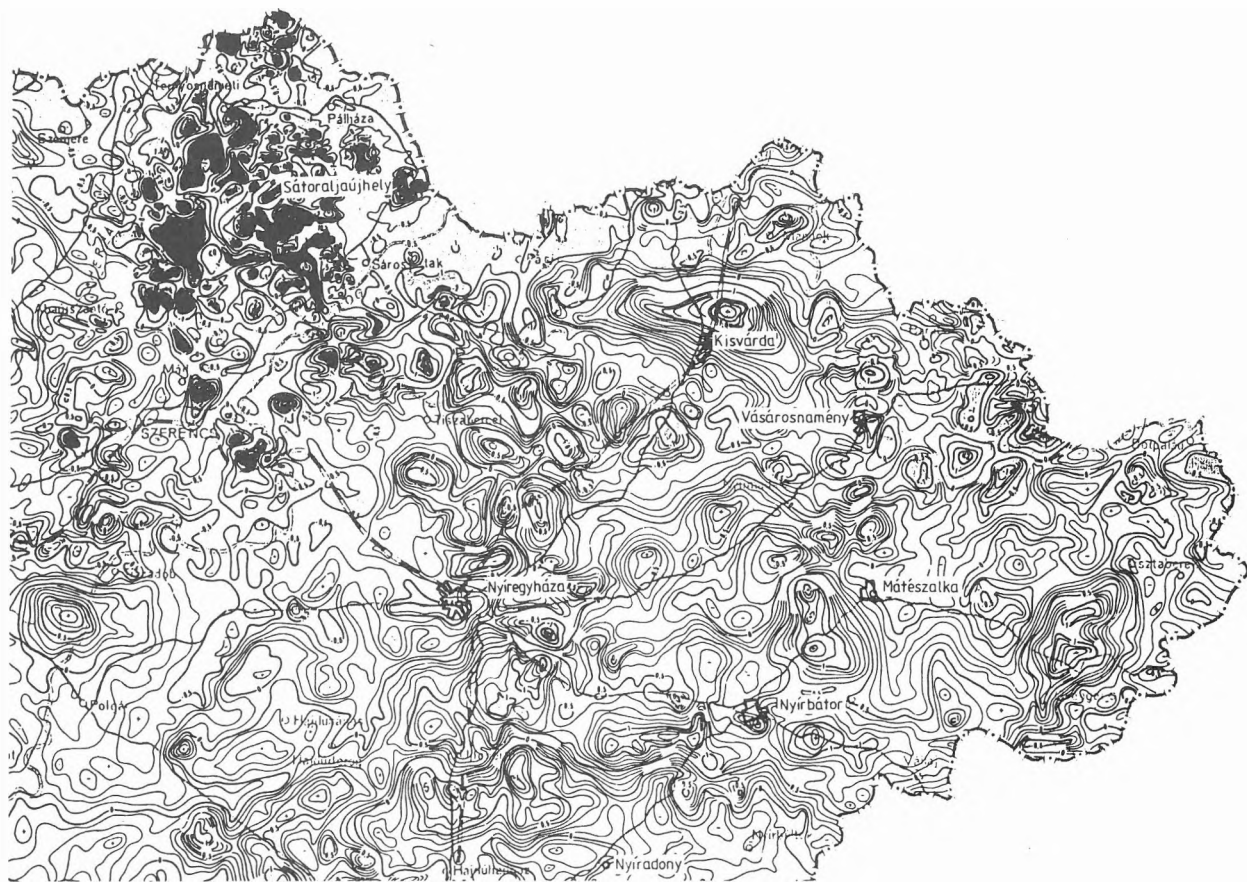
egy részlete az a harmadik lényeges eredmény, amely a tárgyalt ÉK-magyarországi területen a mágneses anomáliákat értelmezte. Meghatározta szuszceptibilitásukat, felszíntől számított mélységüket és korukat (2. ábra). Az anomáliát okozó vulkáni testek döntő többségét (a kisvárdai hatótól eltekintve az összes többi) miocén korú, elsősorban andezites képződményeknek minősítette.

### 2) Az 1968 és 1973 közötti időszak

Ekkor az ELGI kutatásainak súlypontja a Nyírség—Szatmár vidékére esett. A gravitációs és szeizmikus méréseket az OKGT, a légi mágneses és az elektromos méréseket a KFH finanszírozta.

A regionális, áttekintő jellegű kutatások során a korábbiaknál sokkal részletesebben ismertük meg a pannon összleteket, azok belső szerkezetét, de az aljzat kutatásának a vulkanitok gátat szabtak. A vulkanitokról alkotott pontosabb kép kialakításában a geoelektromos mérések szerepét emelnénk ki.

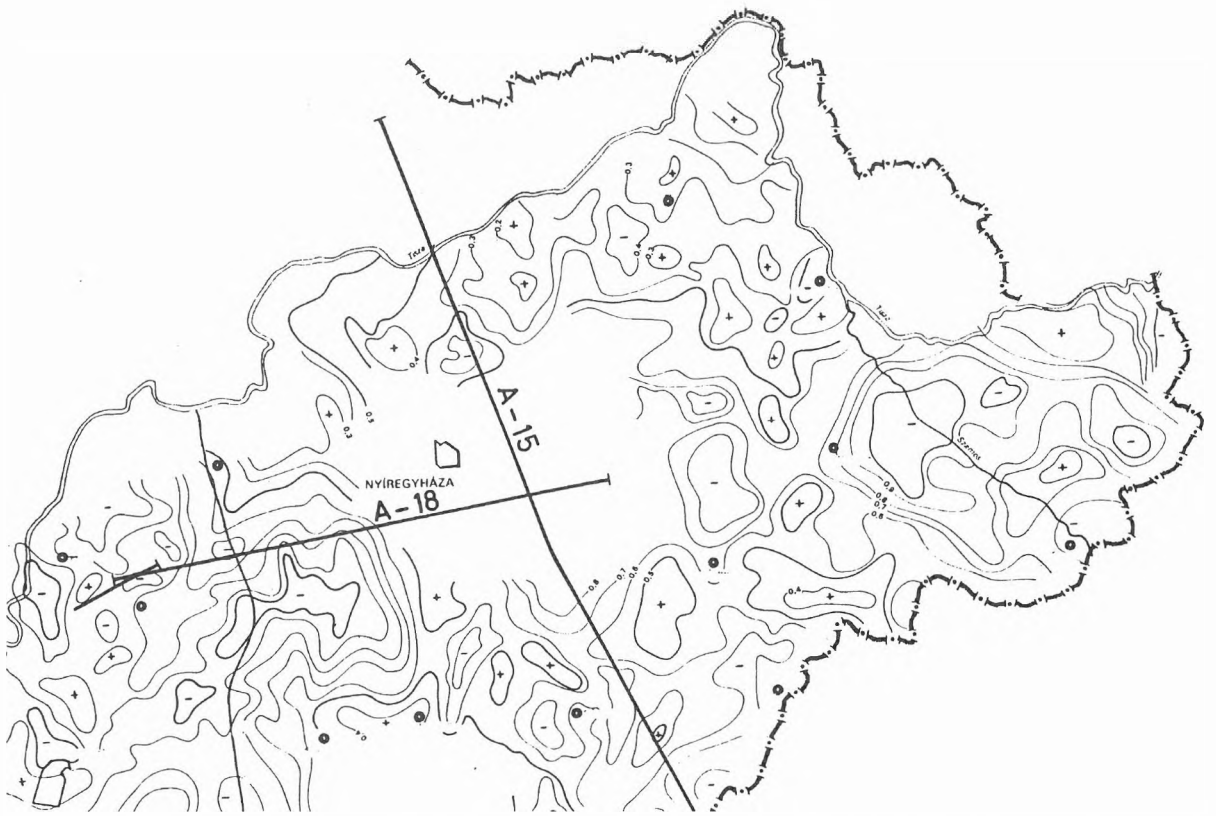
Az elektromos kutatásokat az Alföldön bevált mérés-komplexummal a tellurikus mérésekkel és a



1. ábra. Részlet Magyarország Földmágneses Térképéből. [HAÁZ, KOMÁROMI 1966]

Fig. 1. Part of the geomagnetic map of Hungary [HAÁZ, KOMÁROMI 1966]





3. ábra. Részlet a Tiszavidék és a Tiszántúl tellurikus izoarea térképéből. [NEMESI et al. 1981]

Fig. 3. Part of the telluric map of Tisza, and Tisza Region [NEMESI et al. 1981]

a miocén, vagy felső kréta, paleogén üledékes összlet, de maga a vulkáni összlet vékony és valószínűleg több tufát, mint lávát tartalmaz, mert az egyenáramú geoelektromos módszereknek sem okozott áthatolhatatlan akadályt. A 4. típusba azokat a területeket soroltuk, ahol a vulkáni anyagot legfeljebb csak kis ellenállású tufák képviselik, vagy teljesen hiányoznak is. A Mátészalkai medencében, vagy Debrecen-től K-re, DK-re eső zónában ugyanis semmi jel nem mutat komolyabb vulkáni anyag létre.

3) Az 1973–86 között végzett kutatások és ezek alapján végzett elemzések eredményei

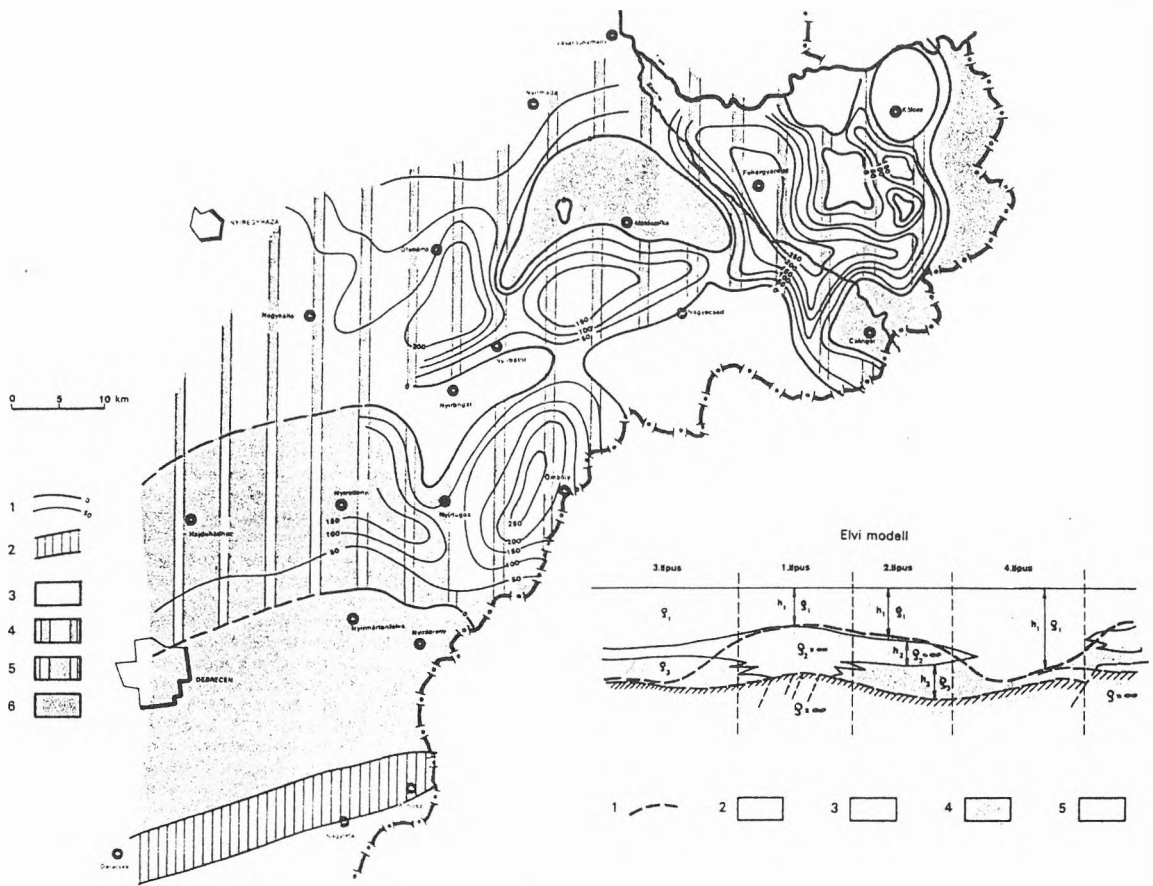
Az 1973-ig tartó nagy nyírségi kutatási program a nagyecsed, 4 km mélységű fúrással zárult. Ennek a fúrásnak a kitűzésénél nem vették figyelembe az ELGI-nek főként a geoelektromos, de szeizmikus reflexiók eredményeit sem (noha a fúrásnapló épp az ellenkezőjét állítja). Az ELGI eredményei ugyanis arra utaltak, hogy e térségben a vulkanitok az aljzatra települnek. A fúrás kitűzői azt remélték, hogy a régi refrakciós mérésekkel feltárt 4000 m/s-os határfelület a vulkanitok teteje, az 5000 m/s-os határfelület a mezozoikum felszíne lesz, a 6000 m/s-os határfelület pedig a paleozoikumé. Ez utóbbi mélysége 3,5 km volt. Mint tudjuk, a fúrás a miocén

vulkáni összletet a régi és az új felszíni geofizikai mérésekkel jelzett 1100 m körüli mélységben el is érte, de alatta a remélt üledékes összletet nem találta meg és a vulkanitokból 4 km mélységben sem jutott ki. Ez a jelentős költségű, „eredménytelen” fúrás elvette a kutatási kedvet és így a korábbinál sokkal kisebb intenzitású, de egyre korszerűbb eszközökkel folyt szeizmikus, geoelektromos kutatás és elkészült a terület jelentős részének 500×500 m-es szigorú hálózatu gravitációs és földmágneses felmérése a Mátészalkai medence környékén.

Az A-18, A-15 stb. jelű, olajipari megrendelésre végzett szeizmikus és magnetotellurikus mérésekből egyre jobb felbontásban tárult elénk elsősorban a pannon összlet, de a miocén és a felső kréta, paleogén üledéksor is. Egyre többet láttunk a vulkáni összletekkel takart üledékekről és egy-egy esetben a vastag vulkáni összlet alól is kaptunk réteghatárt magnetotellurikus szondázásból a nagyecsed körzetben (5 km körül).

A szeizmikus és geoelektromos eredmények mindig visszahatnak a földmágneses és a gravitációs mérések értelmezésére is.

1986 is egy olyan év volt, amikor újra elővettük a klasszikus módszereket is és az 1-D, 2-D ható-



4. ábra. Területtípusok térképe

Az ábra bal oldalának jelmagyarázata: 1— $\Delta S$  izovonalak, amelyek az árnyékolóval fedett üledékek vezetőképességét mutatják; 2—áramtér-torzulási zóna (szeizmikus mozgási övezet); 3—1. területtípus: a vulkáni összlet az aljzatra települ, az „elektromos aljzat” a vulkanitok teteje; 4—2. területtípus: vastag vulkáni „árnyékoló” réteg fordul elő az üledéksoron belül; 5—3. területtípus: vékony vulkáni „árnyékoló” réteg fordul elő az üledéksoron belül; 6—4. területtípus: a nagy ellenállású aljzat a pre-ausztriai aljzattal megegyezik

Az ábra jobb alsó részének, a területtípusokat bemutató elvi modellnek a jelmagyarázata: 1—a „geoelektromos aljzat”; 2—a felső jólvezető összlet; 3—a nagy ellenállású miocén vulkáni összlet; 4—az alsó jólvezető összlet; 5—az idős (pre-ausztriai) alaphegység

Fig. 4. Areal map of the geoelectric structural types for the region

Schematic key symbols on the left part: 1— $\Delta S$  isolines characterizing the screened well-conducting formations; 2—distortion zone of the electromagnetic field (tectonic zone determined by seismics); 3—type No. 1 ( $\rho_{\infty}$  horizon is the surface of volcanic formations); 4—type No. 2 (thick ‘screening’ layer within the sedimentary series); 5—type No. 3 (thin screening layer within the sedimentary series); 6—type No. 4 ( $\rho_{\infty}$  horizon presumably coincides with the pre-Austrian basement)

Schematic key symbols on the right lower part: theoretical model representing areal types: 1— $\rho_{\infty}$  horizon of geoelectric measurements as ‘geoelectric basement’; 2—conducting upper layer; 3—high resistivity screening (Miocene?) layer; 4—low resistivity sediments below the screening layer; 5—pre-Austrian basement

számításokat a kvantitatív módszerek eredményeire alapozott kényszerfeltételek között végeztük el.

A földmágneses hatószámításoknál, a hazai síkvidéki kutatások során valószínűleg először figyeltünk fel a „fordított” mágnesszettségű hatókra, holott tudjuk, hogy a földtörténeti miocén kor folyamán a Föld mágneses pólusa mintegy tucatnyi alkalommal fordult meg. Eddig erre mintha nem is gondoltak volna. Ennek megfelelően a hatószámításoknál

is az általános szokás az volt, hogy minden pozitív anomáliának kerestük a negatív párját. Természetesen a pozitív anomáliának mindig D felé kellett esni. Ennek a gyakorlatnak megfelelően elvégezhetjük például a Napkor melletti mágneses anomália hatószámítását is. A környék mágneses anomália térképe az A-15 és A-18 jelű szelvényekkel az 5. ábrán látható. Erre az anomália képre egy szokásos hatószámítás látható a 6. ábrán. Az ábra felső részén

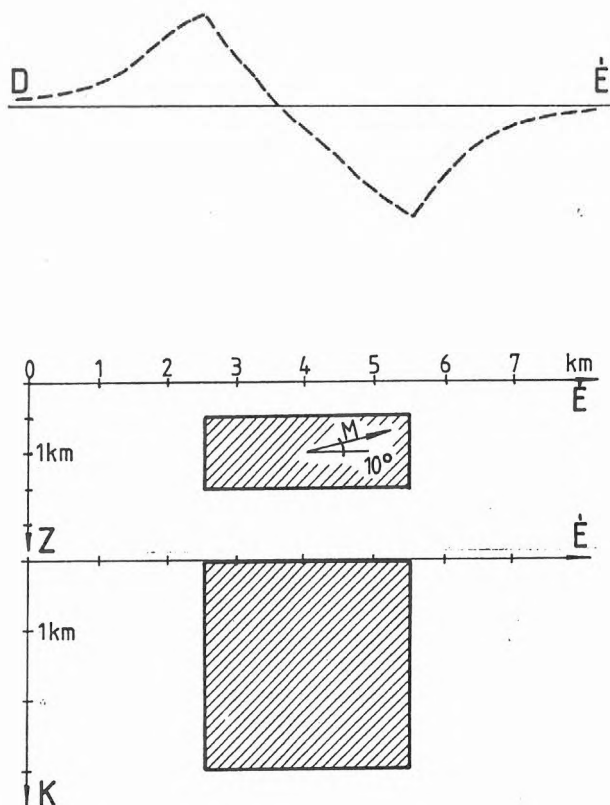


5. ábra. Szeizmikus és magnetotellurikus vonalak a földmágneses térképen. (A mágneses hatószámítások az A-18 nyomvonalán a napkori anomáliára történtek)

Fig. 5. Seismic and magnetotelluric profiles on the geomagnetic map (causative bodies were calculated along the seismic regional profile A-18 at the magnetic anomaly of Napkor)

a mért és a hatószámításból is kihozható anomália látszik egy É—D-i metszetben. Az ábra középső részén a ható vertikális metszete, az alsó részen a horizontális metszete látható. A feladat tehát megoldható a hagyományos módon is, legfeljebb a geológiai ismeretekkel összefüggésben kezd gyanússá válni az elképzelés helyessége, hiszen az anomália kép csak egy, a vízszintessel -10 fokos szöget bezáró, majdnem vízszintesen fekvő hatóval írható le. Ez a geológiai fogalmakkal legfeljebb úgy érthető meg, hogy egy miocén korú vulkáni kúp a későbbi tektonikus mozgások következtében „feldőlt”. Ez földtörténeti ismereteinkkel azonban sehogyan sincs összhangban. Ha ezekhez a kétségekhez megnézzük az A-18 szeizmikus szelvény napkori szakaszát, akkor elég egyértelművé válik, hogy az eltemetett vulkanitokra jellemző tipikus szeizmikus kép (7. ábra) pontosan a negatív mágneses anomáliával esik egybe. Magyarul ez azt jelenti, hogy a szeizmikus szelvényben kirajzolódó (és egyébként gravitációs maradék anomália maximummal is egybeeső) helyen egy negatív mágnesezettségű vulkáni kúpot kell feltételeznünk, mintegy 500 m-es mélységben. A mágneses hatószámítás természetesen ezekkel a feltételekkel is elvégezhető, amint ezt a 8. ábrán láthatjuk.

A mágneses hatószámításokat több helyen többféle feltételezéssel is elvégeztük. Ezzel magyarázatot

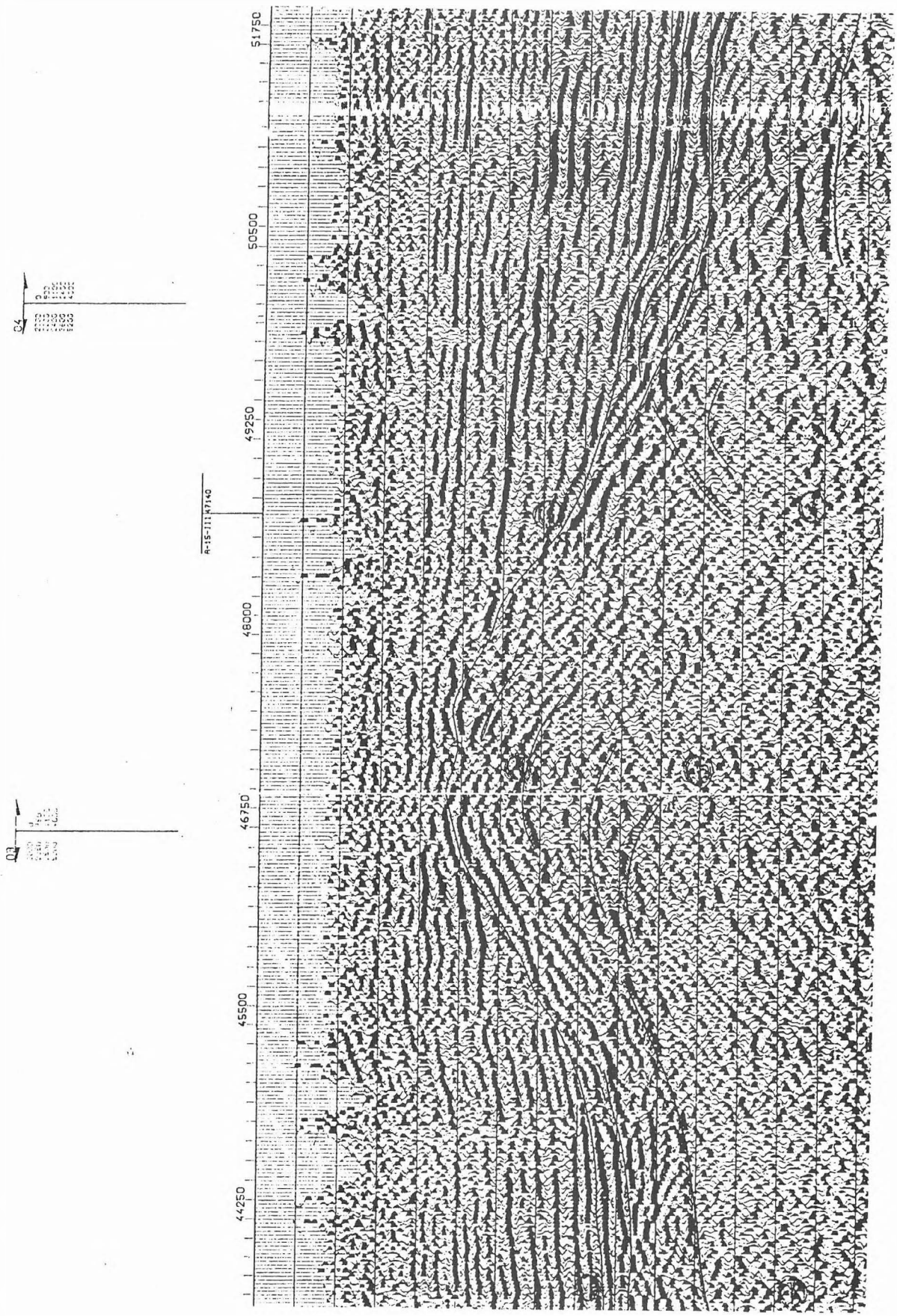


6. ábra. Hagományos hatószámítás a napkori hatóra. Az ábra közepén a ható vertikális metszete, az ábra alján felülnézetben látható

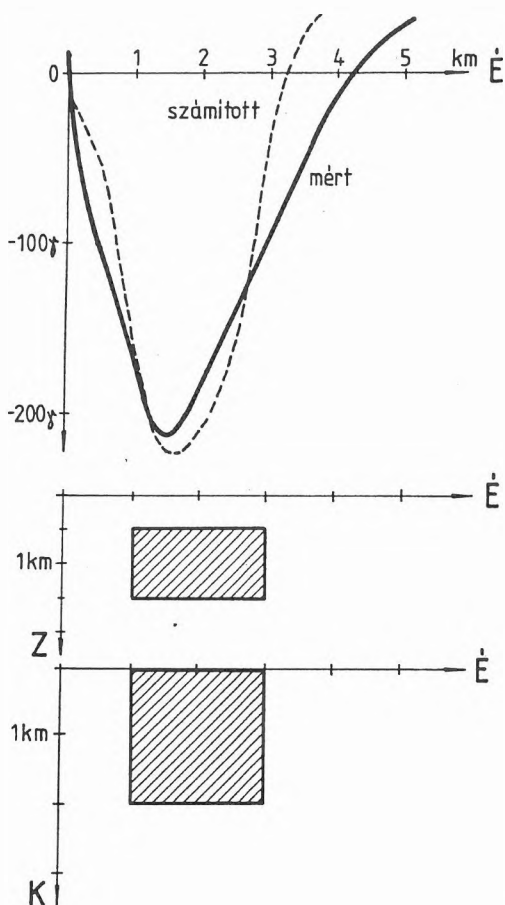
Fig. 6. Conventional calculation of causative body for the anomaly of Napkor. The causative body can be seen in vertical section (at the center), and in top-view (at the lower part)

kaphattunk arra is, hogy jelentős tellurikus és gravitációs maximumokat okozó vulkáni kúpok (pl. Kölcshénél: a mágneses térképen, az 1. és 2. ábrán Tarpa és Botpalád között) a vártnál jelentéktelenebb mágneses anomáliákat okoznak. POSGAY ezt úgy oldotta meg, hogy 1,5 km mélyre tette a hatót, de a geoelektromos mérések szerint a vulkáni test sokkal kisebb mélységben van. Ez úgy is magyarázható, hogy az egymást követő lávaömlési fázisokban hol a jelenlegi mágneses tér uralkodott, hol a fordított mágnesezettségű időpontban tört fel láva ugyanabból a kúrtöből.

A felszíni mágneses mérésekre és a légi mágneses mérésekre is elvégezhető természetesen egy sor lehetséges hatószámítás, amit most nem kívánunk részletezni, csak még egy dolgot szeretnénk megemlíteni. Az 1968-ban a térségben szovjet légi geofizikai mérések is történtek, többek között különböző repülési magasságokban mágneses mérések is. Mindezekből az derült ki, hogy nem elszigetelt, homogén mágneses testekkel van dolgunk, hanem



7. ábra. A napkori vulkáni kúp szeizmikus képe  
 Fig. 7. Seismic image of the Napkor anomaly



8. ábra. A napkori vulkáni kúpra végzett hatószámítás, fordított mágnesezettséget feltételezve

Fig. 8. Result of the former causative body calculation supposing reversed magnetism

egy horizontálisan és vertikálisan is nagy réteg-vulkáni összlettel állunk szemben, ahol az egyes „lepények” mágnesezettsége változó is. Ezek a kérdések a paleomágnesség és a geológiai ismeretek fejlődésével egyre triviálisabbak, de egy évtizeddel ezelőtt még csak nagyon kevesen gondoltak ilyesmire, másrészt fúrásos vagy geofizikai bizonyítékuk sem volt arra, hogy ilyesmi a Nyírség eltemetett vulkanitjainál előfordulhat.

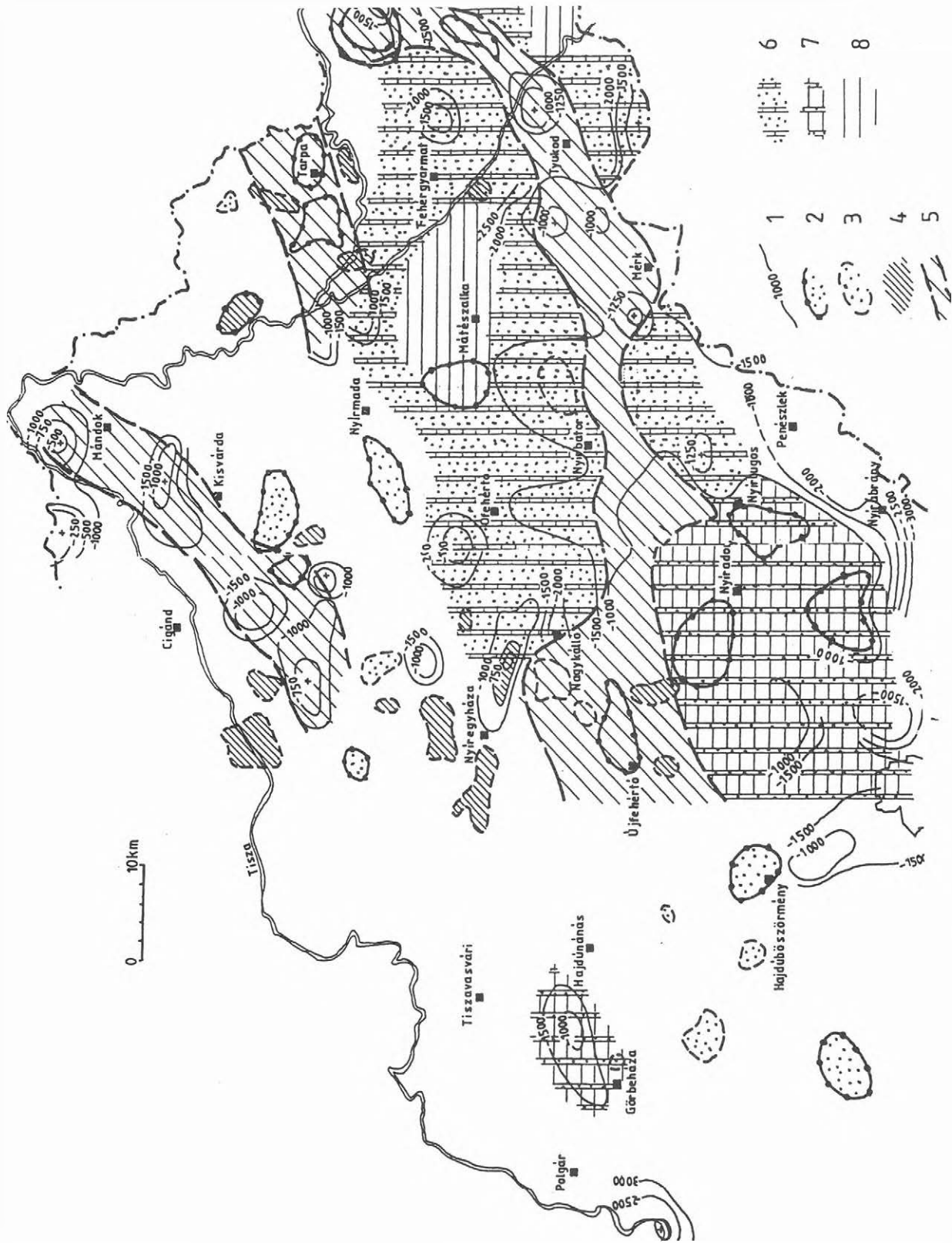
Az eddig felsorolt kutatási eredmények és számítások után elkészítettünk egy térképet az ÉK-magyarországi vulkanitokról, amelyen megpróbáltunk feltüntetni mindent, amit 1986-ig a vulkanitokról tudtunk (9. ábra).

Vizsgálataink eredményeit a következőkben foglaljuk össze:

1) Megadtuk a vulkáni képződmények szintvonalas mélységtérképét, az eltemetett hegycsúcsok helyét és a csúcs felszíntől számított mélységét ott, ahol szeizmikus mérések voltak. (Itt megjegyezzük, hogy a reflexiós szeizmika olyan tufás vulkáni képződményeket is jelzett a 7. ábrához ha-

sonló módon, ahol erre semmilyen más geofizikai módszer nem utalt. A legjellemzőbb ilyen eset az A-18 szelvényben Görbeházánál fordult elő. (Görbeháza a tellurikus térképen a 3. ábrán látható). A szeizmikusan jelzett vulkáni kúpból a Görbeháza-I fúrásban több száz méternyi tártak fel. Fajlagos ellenállása a karotázis mérések szerint sem és a felszíni magnetotellurikus mérések szerint sem különbözik az alsó pannon agyagos összlettől. A tufa sűrűsége és mágneses szuszceptibilitása sem különbözik környezetétől, mert Görbeházánál még a szűrt gravitációs és a földmágneses térképek sem jeleznek anomáliát. Az esetből az is következik, hogy valószínűleg több ilyen tufa-kúp lehet, amelyekre a ritka szeizmikus vonalhálózat sűrítésekor derül majd fény.

- 2) A térképünkön kijelöltük azokat a vulkáni kúpokot is, ahol szeizmikus mérés ugyan nem volt, de a gravitációs, mágneses és tellurikus mérések közül legalább két módszer alapján következtethetünk. (Valószínűnek látszik ugyanis, hogy a vulkanitok jelentős része azért a környezetétől eltérő fizikai paraméterekkel rendelkezik és nemcsak a diffraktált hullámkép jelzi a vulkanitot.
- 3) Másféppen tüntettük fel azokat a helyeket, ahol csak a földmágneses anomáliák alapján feltételezhető vulkanit.
- 4) Külön jelöltük azokat a testeket, amelyeknek legalább egy része fordított mágnesezettségű.
- 5) Végül a 4. ábrához hasonló módon megkíséreltünk összefoglaló értékelést adni az egész vizsgált területről, azaz
  - kijelöltük a kitörési zónák sávját, ahol nyilvánvalóan nagy törérendszerhez kapcsolódva a nagy mennyiségű vulkáni anyag közvetlenül a pre-ausztriai aljzatra települ és a 3000 m-es összvastagságot is elérheti, vagy meghaladja;
  - kijelöltük azokat a területeket, ahol egy idősebb üledéksorra vastag (ezer méteres nagyságrendű) vulkáni takaró került, amin azután a pannon üledéksor foglal helyet;
  - kijelöltük azokat a területeket, ahol vékony (száz méteres nagyságrendű) vulkáni takaró fedti az idősebb üledékeket;
  - végül kijelöltünk a vulkánikus vidéken belül néhány olyan belső medencét, ahol vizsgálataink szerint jelentősebb vulkáni anyaggal nem kell számolnunk;



- 6 [Symbol: Dotted pattern]
- 7 [Symbol: Horizontal lines]
- 8 [Symbol: Vertical lines]
- 1 [Symbol: Dotted pattern]
- 2 [Symbol: Dotted pattern]
- 3 [Symbol: Dotted pattern]
- 4 [Symbol: Diagonal lines (top-left to bottom-right)]
- 5 [Symbol: Diagonal lines (top-right to bottom-left)]

— ahol térképünk fehér maradt, ott nincs megfelelő kutatási eredményünk.

## A Nyírség—Szatmári-medence gravitációs képe

Ha az Alföld gravitációs kutatási eredményeit áttekintjük, rendkívül érdekes és évtizedeken át agyonhallgatott tény, hogy a Bouguer-anomáliáknak a pre-tercier aljzat mélységviszonyaihoz általában elég kevés köze van. Az ismert paleozoós sasbércek (Biharnagybajom, Kismarja, Körösszegapáti, Battonya) ugyan gravitációs maximumként jelentkeznek, de a nagy medencék (Békési-medence, Makói-árok, Közép-tiszai medence) területén regionális gravitációs maximumokat találunk, míg az Alföld egyik legnagyobb antiklinális szerkezete (amely Himalája méretű eltemetett hegyet takar) gravitációs regionális minimum zóna (Pusztaföldvár—Battonya között).

Ezek után meglepő, hogy a Nyírség—Szatmári-medence (amely ráadásul a neogén üledékeknél feltehetően nagyobb sűrűségű vulkanitokban bővelkedik) gravitációs Bouguer-anomália minimum, a földmágneses és tellurikus maximumokkal nagyjából azonos helyen (10. ábra).

Még 1986-ban megkíséreltünk egy lehetséges földtani megoldást kreálni a Bouguer-kép leírására. 2-D gravitációs modellszámítással egy, a 10. ábrán berajzolt metszetben végeztük a számításokat (11. ábra). Az ábra középső részén látható sematikus földtani képből indultunk ki. Itt a „P”-vel jelölt felső réteg a pannon korú és az annál fiatalabb összletet jelenti, az „M” a miocén korú képződményeket, amelyek itt elsősorban vulkanitok. Az „Mz” mezozoós, a „Pz” paleozoós kristályos képződményeket jelent. A gravitációs modellszámításhoz ezt a képet az ábra alsó részén látható módon tovább egyszerűsítettük. Itt

részben méréseken, részben irodalmi adatokon alapuló, felvett sűrűség adatokat is feltüntettük. Ennek a modellnek kiszámítottuk a Bouguer-hatását és azt összehasonlítottuk a mért adatokkal. (Ez látszik az ábra legfelső részén). Természetesen tisztában vagyunk azzal, hogy a mért és számított értékek meglepően jó egyezése sem jelenti azt, hogy ez az egyetlen helyes megoldás. Ebből minden esetre az jött ki, hogy a kristályos aljzat mélysége 4 km körüli. Ma ugyan már vannak olyan magnetotellurikus eredményeink, hogy ez talán mélyebb is lehet, de alapjában véve a központi kitörési zónában változatlanul nincs megfelelő mennyiségű és minőségű fűrési, vagy szeizmikus, magnetotellurikus adatunk, tehát a fent vázolt gondolatmenettel végzett gravitációs modellszámítások szinte az egyetlen lehetőséget jelentik az aljzat mélységének meghatározására.

## Összefoglalás, konklúziók

A Nyírség—Szatmár területének miocén korú vulkanizmusa a Kárpát-medence egyik kuriózuma. A nagyecsed-i fűrés által feltárt 3000 méternyi vulkáni anyaga a geofizikai mérések szerint nem egy extrém eset (nem egy kráterben fűrták), hanem egy 100 km-es nagyságrendű zóna, amelyet jellegzetes földmágneses, tellurikus és gravitációs anomália-kép jellemez. Ebben a zónában feltört vulkanitok 10 km-es szélességű zónában a 4–5 km mélységű aljzatra települtek, majd a kitörési zónától távolodva, több ezer négyzetkilométernyi területen a kitöréseket megelőző időszak üledékes közeteire települtek, bizonyos geofizikai mérések szempontjából áthatolhatatlan (1000 m-es) vastagságot képviselve, máshol csak vékonyabb összletek formájában. Helyenként a térség vulkáni képződményeit csak tufák képviselik.

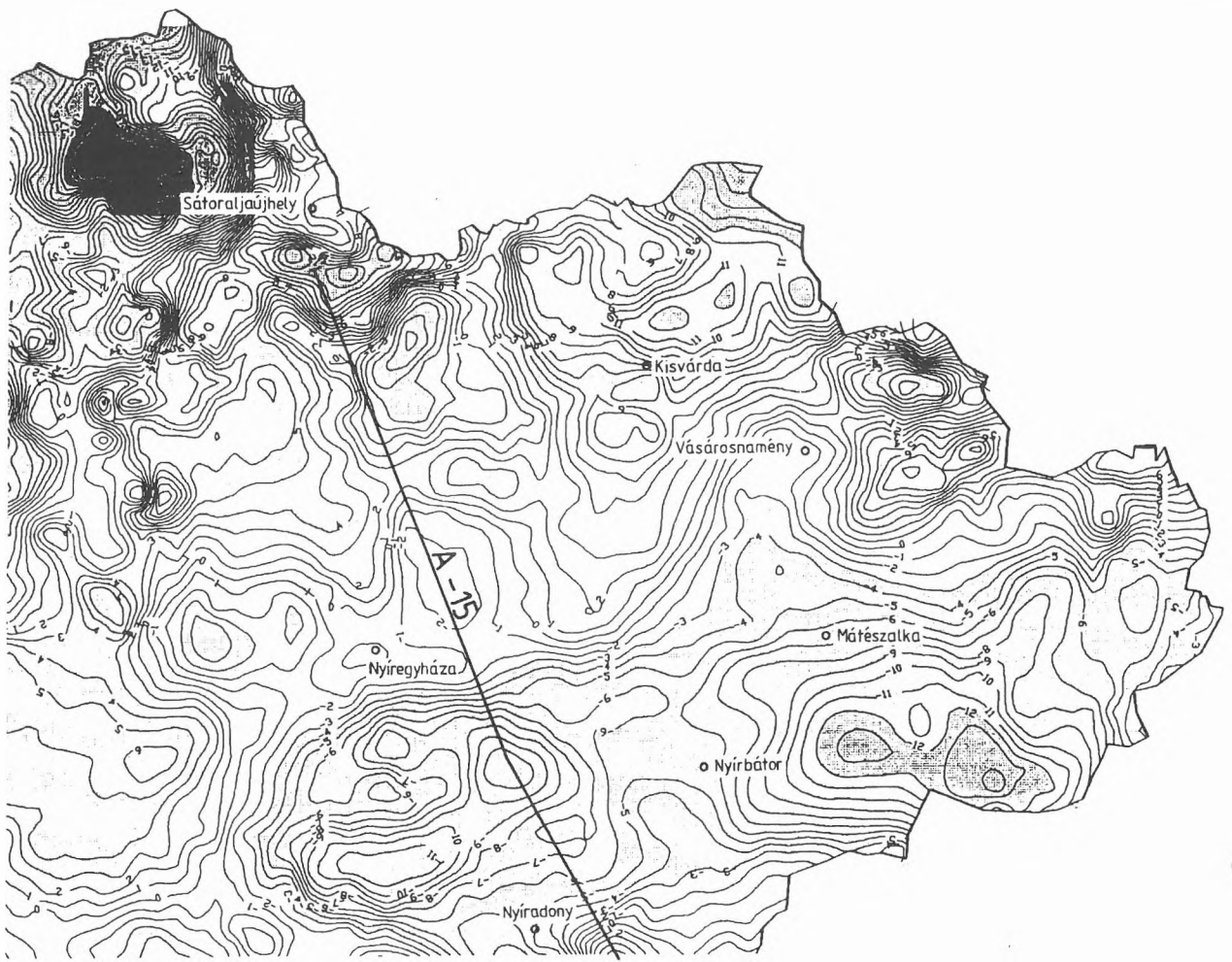
Idáig jutottunk 1986-ban.

9. ábra. ÉK-Magyarország vulkáni képződményeinek összefoglaló térképe.

Jelmagyarázat: 1—a vulkáni kúp felszínétől számított mélysége szeizmikus mérések alapján; 2—azok a vulkáni kúpok, amelyeket a gravitációs, földmágneses és tellurikus mérések közül legalább két módszer jelez; 3—azok a vulkáni kúpok, amelyekre csak földmágneses anomáliákból következtetünk; 4—fordított mágneszettségű vulkáni kúp; 5—azok a sávok, ahol a vulkanitok közvetlenül a medencealjzatra települtek; 6—azok a területek, ahol az üledéksoron belül vastag vulkáni árnyékoló öszlet van; 7—azok a területek, ahol az üledéksoron belül vékony vulkáni összletek vannak; 8—azok a belső rész-medencék, amelyekben nincs vulkáni anyag, vagy csak kis ellenállású tufák lehetnek. Az üresen maradt területekről nincs elegendő adatunk

Fig. 9. Compiled map of volcanic formations in the NE part of Hungary

Key symbols: 1—depth value of volcanic bodies from surface by seismic measurements; 2—volcanic bodies indicated almost by two from among gravity, seismic and telluric methods; 3—volcanic bodies defined only by magnetic anomalies; 4—volcanic body of reversed magnetism; 5—areas where volcanic formations are deposited directly on the basement; 6—areas with thick screening deposits within the sedimentary series; 7—areas with thin screening deposits within the sedimentary series; 8—interior partial basins without volcanics or only with low resistivity tuffs. Blank areas indicate the lack of sufficient data



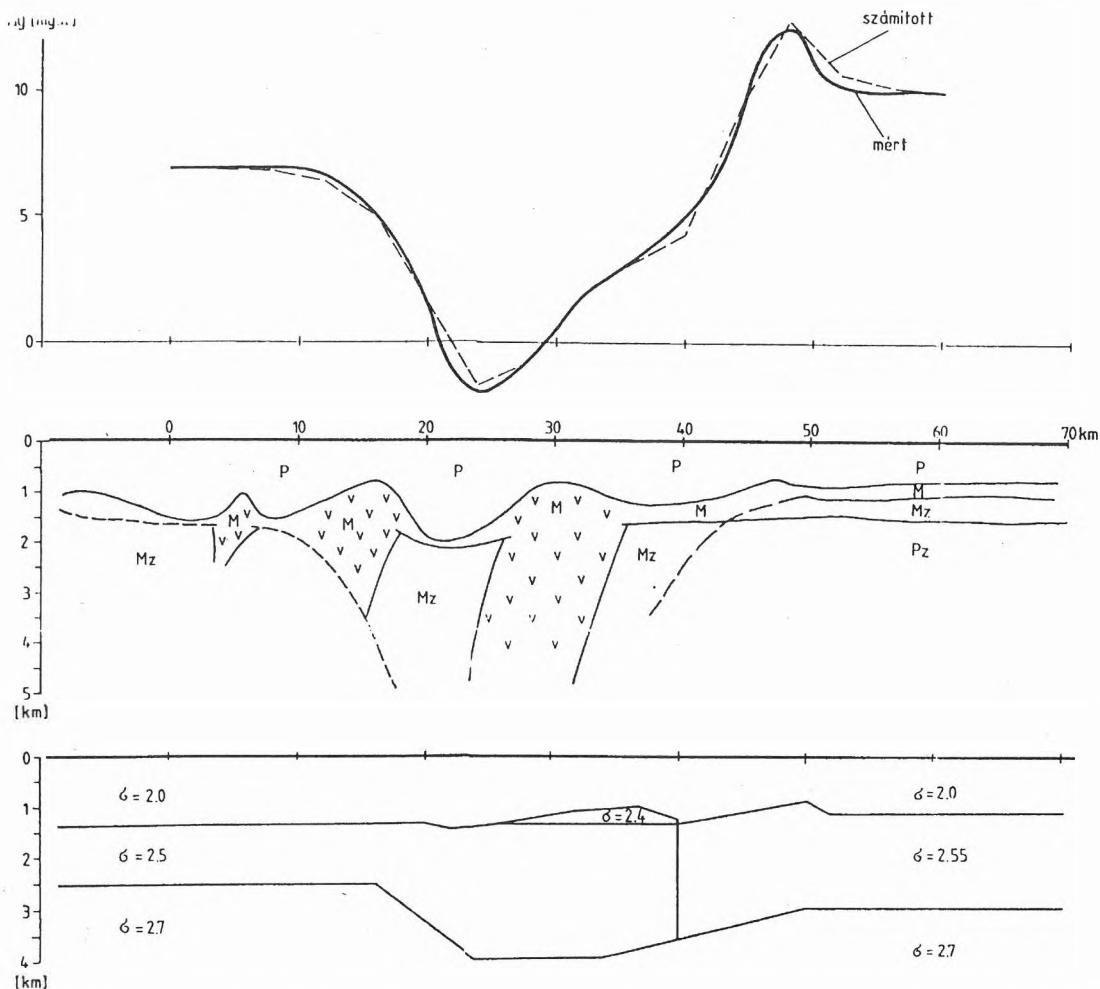
10. ábra. Részlet Magyarország Bouguer-anomália térképéből [ELGI, kézirat, KOVÁCSVÖLGYI 1994]. Az ábrán feltüntetett A-15 jelű szelvény nyomvonalán történt a következő ábrán látható gravitációs modellszámítás

Fig. 10. Part of Bouguer anomaly map of Hungary [ELGI, manuscript by KOVÁCSVÖLGYI 1994]. A-15 seismic regional line indicates the profile of gravity model calculation

Ma, amikor a Kárpát-medence néhány jelentős mélységű és kiterjedésű rész-medencéjének aljzatában köpenydiápirokat, asztenoszféra kiemelkedéseket mutattunk ki, észre kell vennünk Magyarország Bouguer-anomália térképének azokat a minimum-zónáit is, ahol az anomália okát a kéreg-és/vagy a felsőköpeny-tömeghiányokban kell keresnünk. Nem lehetetlen, hogy a Nyírség-Szatmár területén vizsgált K—NY-i csapású vulkanikus zóna is ilyen. A gravitációs és földmágneses ható- és hatásszámítások nyilvánvalóan ilyen megoldásokat is megengednek, de megalapozott modell csak a kéreg-és felsőköpeny-kutatásokra irányuló szeizmikus és magnetotellurikus mérések után alakulhat ki.

## IRODALOM

- ALBU I. et al. 1970: Komplex geofizikai kutatás a Nyírségben. Az ELGI 1969. évi jelentése, 15–24
- ALBU I. et al. 1976: Geofizikai kutatás az Alföldön. Az ELGI 1975. évi jelentése, 38–45
- ALBU I. et al. 1977: Geofizikai kutatás az Alföldön. Az ELGI 1976. évi jelentése, 53–55
- ALBU I. et al. 1978: Geofizikai kutatás az Alföldön. Az ELGI 1977. évi jelentése, 54–55
- ALBU I., TÍMÁR Z. 1983: Hajdúsági szeizmikus mérések újrafeldolgozásának eredményei. Az ELGI 1982. évi jelentése, 87–88
- BAGI R. et al. 1969: Komplex geofizikai kutatás a Hajdúságban és a Nyírségben. Az ELGI 1968. évi jelentése, 13–29



11. ábra. Gravitációs 2-D modellszámítás az A-15 szelvény nyomvonalán. Az ábra középső részén a felvett földtani modell, az alsó részén ennek a számításokhoz leegyszerűsített változata a felvett sűrűség-adatokkal

Fig. 11. 2-D model calculation along the A-15 seismic regional line. Supposed geological model is indicated at the center. For the calculation a simplified version — with supposed density data — is presented at the lower part

BODOKY T. et al. 1972: A Nyírség geofizikai módszertani kutatása. Az ELGI 1971. évi jelentése, 55–73

BODOKY T. et al. 1973: Komplex geofizikai kutatás a Nyírségben. Az ELGI 1972. évi jelentése, 38–44

BODOKY T. et al. 1974: Geofizikai kutatás az Alföldön. Az ELGI 1973. évi jelentése, 37–42

BODOKY T. et al. 1975: Geofizikai kutatás az Alföldön. Az ELGI 1974. évi jelentése, 37–42

BODOKY T. et al. 1977: Komplex geofizikai kutatások eredményei a Nyírségben. Általános Földtani Szemle **10**, 5–44

HAÁZ I., KOMÁROMI I. 1966: Magyarország földmágneses térképe. ELGI könyvtár

KŐRÖSSY L. 1963: A Nagy Magyar Alföld mélyföldtani és kőolajföldtani viszonyai. (Kandidátusi értekezés)

NEMESI L. et al. 1971: Geoelektromos terepi módszertani kutatások a Nyírségben. Az ELGI 1970. évi jelentése, 80–82

NEMESI L. et al. 1987: Geoelektromos mérések Mátészalka–Nagyecsed vonalban. Az ELGI 1986. évi jelentése, 63–65

NEMESI L. et al. 1981: A Tiszavidék és a Tiszántúl mélyszerkezetének geoelektromos kutatása. Geofizikai Közlemények **27**, 1–98

POSGAY K. 1967: Magyarországi földmágneses hatók áttekintő vizsgálata. Geofizikai Közlemények **XVI** (4), 1–118

SZTANÓ O., TARI G. 1993: Early Miocene basin evolution in northern Hungary: tectonics and eustasy. Tectonophysics **226** (1–4), 485–502

VERŐ L. 1969: Komplex geoelektromos kutatás az ÉK-Tiszántúlon az 1969. évre tervezett szeizmikus mérések területén. Az ELGI 1968. évi jelentése, 31–36

# Az észlelési távolságtól függő amplitúdók analízise (AVO) és a hazai alkalmazás lehetőségei<sup>1</sup>

TAKÁCS ERNŐ<sup>2</sup>

*A rugalmas hullámok homogén és izotróp közegben való terjedésének elmélete már a XIX. század óta ismert. A porózus kőzeteken áthaladó szeizmikus hullámok viselkedése azonban ennél lényegesen összetettebb probléma, amelynek megoldása GASSMANN [1951], BIOT [1956] és GEERTSMA [1961] nevéhez fűződik. Az elméleti és a későbbi gyakorlati vizsgálatok bebizonyították, hogy a P- és az S-hullámok sebességeit különbözőképpen érinti a pórustartalom megváltozása.*

*A litológiai és a rétegtartalommal kapcsolatos információk reflexiós szeizmikus adatokból történő meghatározására az 1970-es évek közepén nyílt mód. Az új módszereknek a szeizmikus litológia összefoglaló elnevezést adták, amely magában foglalja a bright spot (fénylő pont) analízist, az összegzés utáni és előtti inverziót ugyanúgy, mint az AVO (észlelési távolságtól függő amplitúdó) analízist és a nyíróhullám vizsgálatokat.*

*A cikk külföldi publikációk alapján áttekintést ad az AVO analízis [OSTRANDER 1984] közzefizikai és elméleti alapjairól, tárgyalja a szeizmikus feldolgozás, a modellezés és az értelmezés kérdéseit, valamint előrevetíti a fejlesztés irányvonalait. Ezenkívül gyakorlati példát mutat az analízis hazai alkalmazási lehetőségeire.*

## E. TAKÁCS: The amplitude versus offset analysis (AVO) and its possibilities for the domestic application

*The theory of elastic wave propagation through homogeneous and isotropic media is well known since the 19th century. However, the behaviour of seismic waves through porous media is a more involved problem whose solution is given by GASSMANN [1951], BIOT [1956] and GEERTSMA [1961]. Theoretical experiments and practical tests carried out later verified that the velocities of the P- and S-waves are differently affected by the pore content variation.*

*Since the years of the mid-seventieth it has become possible to extract information on rock properties and layer content directly from seismic reflection data. A comprehensive name — seismic lithology — was given to this new method which comprises the bright spot analysis, the pre-stack and post-stack inversion, and the AVO (Amplitude Versus Offset) analysis as well, together with shear wave experiments.*

*By the help of foreign geophysical papers this article gives an overview on the petrophysical and theoretical basis of the AVO analysis [OSTRANDER 1984]. Questions on seismic data processing, modelling and interpretation are covered with emphasis on future development trends. Moreover a practical example is offered for the domestic application of the analysis.*

## 1. Bevezetés

A hagyományos szeizmikus szelvényekkel (migrált időszelvények) jól térképezhetők az antiklinális szerkezetek, a vetőkhöz kapcsolódó csapdák és a sztratigráfiai kiékelődések. Ilyenkor a fúrási kockázat abban rejlik, hogy a csapdában esetleg nincs szénhidrogén. Az 1960-as években a geofizikusok felfedezték, hogy a porózus kőzetekben a gáz jelenléte gyakran eredményez nagy amplitúdójú reflexiókat. A jelenség *bright spot* (fényes pont) néven vált ismertté. A bright spotok kutatása jelentős sikereket hozott pl. a Mexikói-öbölben és más fiatal üledékes medencékben.

A bright spotok kutatásának eredményességét azonban lehatárolja az a tény, hogy az erős reflexióknak a gáztartalomtól kívül más okai is lehetnek. Ilyenek az agyagos-homokos üledékekben előforduló magmatikus és karbonátos kőzetek, más kemény kőzetpadok, a széntelepek, vagy akár a vizes homokok is. Nem szabad figyelmen kívül hagyni a hullámterjedéssel kapcsolatos fizikai jelenségeket sem (pl. konstruktív interferencia).

OSTRANDER [1984] ma már klasszikusnak számító cikke, és az utóbbi évtizedben számos más publikáció bemutatta, hogy az AVO (észlelési távolságtól függő amplitúdó) analízis olyan újabb hatékony vizsgálati eszköz, amelyet alapos körültekintéssel használva mód nyílik a gáztartalmú porózus rétegek közvetlen kimutatására a felszíni szeizmikus mérési anyagból. Sikeres esettanulmányok sora jelzi, hogy az AVO analízis alkalmazásával jelentősen csökkenthető a meddő fúrások száma [ALLEN, PEDDY 1993]. A

<sup>1</sup> Beérkezett: 1996. július 17-én

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

megjelent publikációk egyben felhívják a figyelmet olyan lehetséges buktatókra is, amelyek szem előtt tartása feltétlenül szükséges az analízis sikeres elvégzéséhez.

## 2. A kőzetfizikai alapok összefoglalása

A rugalmas hullámok *homogén és izotróp közegben* való terjedésére jól ismertek az alábbi összefüggések:

$$V_p = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad \text{és} \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \quad (1a, 1b)$$

ahol  $V_p$  a  $P$ -hullám terjedési sebessége,  $V_s$  az  $S$ -hullám terjedési sebessége,  $k$  az összenyomhatatlansági tényező,  $\mu$  a nyírási tényező és  $\rho$  a közeg sűrűsége. A  $k$  és  $\mu$  paraméterek a közegre jellemző rugalmassági tényezők, amelyek a nyomás által létrehozott deformációval függenek össze. A rugalmas közegben terjedő síkhullámokat, a rugalmassági tényezőket és a köztük lévő kapcsolatokat ÁDÁM [1987] részletesen tárgyalja.

A *porózus kőzetek* (inhomogén és anizotróp közeg) teljes térfogata kőzetvázból, pórustérből és a kőzetalkotó rétegtartalomtól áll. A fizikai paraméterek több tényezőtől függenek, ezek az ásványok száma és százalékos aránya, a porozitás és a pórusok rétegtartalma. Feltételezve, hogy a rétegtartalom víz és szénhidrogén keveréke, a szemcseközi porozitással rendelkező kőzet sűrűségét és a benne terjedő  $P$ -hullám sebességét legegyszerűbben a Wyllie-féle egyenletek fejezik ki:

$$\rho_b = \rho_m(1 - \varphi) + \rho_w S_w \varphi + \rho_{hc}(1 - S_w)\varphi, \quad (2)$$

ahol  $\rho_b$  a kőzet sűrűsége,  $\rho_m$  a kőzetmátrix sűrűsége,  $\rho_w$  a víz sűrűsége,  $\rho_{hc}$  a szénhidrogén sűrűsége,  $\varphi$  a porozitás és  $S_w$  a víztelítettség. Hasonlóképpen

$$\frac{1}{V_b} = \frac{(1 - \varphi)}{V_m} + \frac{S_w \varphi}{V_w} + \frac{(1 - S_w)\varphi}{V_{hc}}, \quad (3)$$

ahol a  $P$ -hullám sebessége a kőzetben  $V_b$ , a kőzetmátrixban  $V_m$ , a vízben  $V_w$  és a szénhidrogénben pedig  $V_{hc}$ .

A (3) egyenlet jól használható a mélyebben települt, szemcseközi porozitású, üledékes rétegekben a  $P$ -hullám sebességének számítására, azonban nem eléggé pontos sekély mélységű, gázos homokkővek esetén. Ekkor a  $P$ -hullám sebességének csak fokoza-

tos csökkenése adódik a gáztelítettség növekedésével, míg a kísérleti mérések a sebesség hirtelen csökkenését jelzik már kis gáztartalom esetén is. Ezt a hatást GASSMANN [1951] és BIOT [1956] porózus kőzetekre vonatkozó modelljét alapul véve GEERTSMA [1961] a következő egyenlettel fejezte ki:

$$V_p = \sqrt{\frac{k_b + \frac{4}{3}\mu_b + \frac{(1 - k_b/k_s)^2}{(1 - \varphi - k_b/k_s)/k_s + \varphi/k_f}}{\rho_b}}, \quad (4)$$

ahol  $b$  a kőzetre,  $s$  és  $f$  pedig a szilárd vázra és a rétegtartalomra vonatkozó indexek. Megjegyzendő, hogy a (4) egyenletben  $k_b/k_s = 1$  esetén megkapjuk a tömör (porozitás nélküli) kőzetekre vonatkozó (1a) egyenletet.

Látható, hogy a (4) egyenlet matematikailag összetett, és a jobb oldalon szereplő paraméterek meghatározása problémát jelenthet. A  $\rho_b$  sűrűséget a (2) egyenlet alapján számíthatjuk, a pórusokban lévő fluidumra ( $k_f$ ) pedig az

$$\frac{1}{k_f} = \frac{S_w}{k_w} + \frac{(1 - S_w)}{k_{hc}} \quad (5)$$

összefüggés alkalmazható, ahol  $k_w$  a víz, és  $k_{hc}$  pedig a szénhidrogén összenyomhatatlansági tényezője.

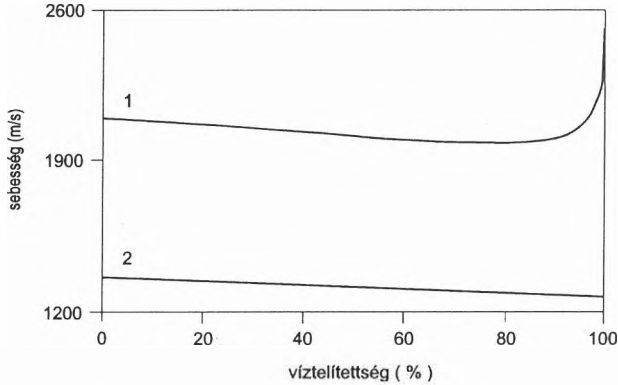
A számításokhoz a  $k_s$ ,  $k_w$  és  $k_{hc}$  értékek tapasztalati úton határozhatók meg (1. táblázat), a  $k_b$  és  $\mu_b$  paramétereket pedig a  $P$ - és  $S$ -hullám sebességeknél mintákon való mérésével, illetve bizonyos feltételezésekkel lehet becsülni.

közeg	összenyomhatatlansági tényező ( $10^9 \text{ N/m}^2$ )
mészkö (mátrix)	60
homokkö (mátrix)	40
víz	2,38
olaj	1,0
gáz	0,021

1. táblázat. Összenyomhatatlansági tényezők tipikus értékei (RUSSELL [1994] nyomán)

A nehézségek ellenére a sebességekre vonatkozó elméleti számítások jól megegyeztek KING [1966], GARDNER et al. [1974], DOMENICO [1974, 1976, 1977] és GREGORY [1976, 1977] későbbi kísérleti eredményeivel. Ezáltal bebizonyosodott, hogy a (4) egyenlet jól alkalmazható a sekély mélységű gázos homokkö rétegekre.

Az 1. ábrán a Geertsma-féle egyenlettel kapott eredmények láthatók 33%-os porozitású homokkő modellre RUSSELL [1994] nyomán. Látható, hogy a *P*-hullám sebessége a víztelítettség csökkenésével (azaz a gáztelítettség növekedésével) hirtelen lecsökken, majd pedig enyhén emelkedik. Az ábra mutatja az *S*-hullám sebességének változásait is. Ezen a görbén a víztelítettség csökkenésével nem figyelhető meg hirtelen sebességcsökkenés, csak egy fokozatos emelkedés. A gázos rétegek felszíni reflexiók mérési anyagból való kimutatását az teszi lehetővé, hogy a *P*- és az *S*-hullámok sebességét különbözőképpen érinti a rétegtartalom megváltozása.



1. ábra. *P*- és *S*-hullám sebességek a víztelítettség függvényében 33%-os porozitású gázos homokkő esetén. 1—*a P*-hullám sebessége; 2—az *S*-hullám sebessége (RUSSELL [1994] nyomán)

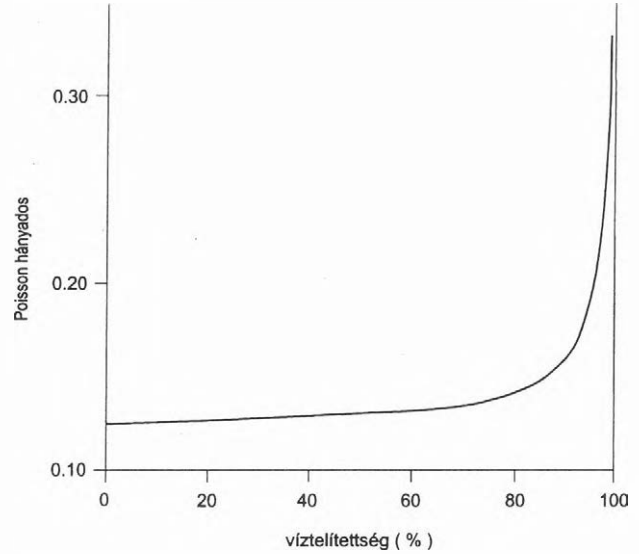
Fig. 1. *P*- and *S*-wave velocities versus water saturation for 33% gas-sand porosity. 1—*P*-wave velocity; 2—*S*-wave velocity [after RUSSELL 1994]

A kompressziós (*P*-) hullámok és a nyíró (*S*-) hullámok sebességei között ( $V_p$  és  $V_s$ ) a Poisson-hányados ( $\sigma$ ) fejez ki kapcsolatot, melynek értéke elméletileg a 0 és 0,5 értékek között változhat:

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right) - 2} \quad (6)$$

Megjegyzendő, hogy ha a (6) egyenletbe behelyettesítjük az (1) formulát, akkor a Poisson-hányados kifejezhető az összenyomhatatlansági és a nyírási tényezővel.

A *P*-, és az *S*-hullámok különböző érzékenysége a rétegtartalom megváltozására a Poisson-hányados értékeiben is megnyilvánul. A 2. ábra RUSSELL [1994] nyomán mutatja a Poisson-hányados változását a víztelítettség függvényében 33%-os porozitású gázos homokkő réteg esetén. Az ábrából megállapíthatjuk, hogy a Poisson-hányados jelentősen csökken már néhány százaléki gáztartalom esetén is. Ennek megfelelően a gázos homokkővek Poisson-hányadosa általában a 0,2-es érték alatt van, a vizes homokkőveké és az agyagoké pedig ennél nagyobb (0,25—0,35).

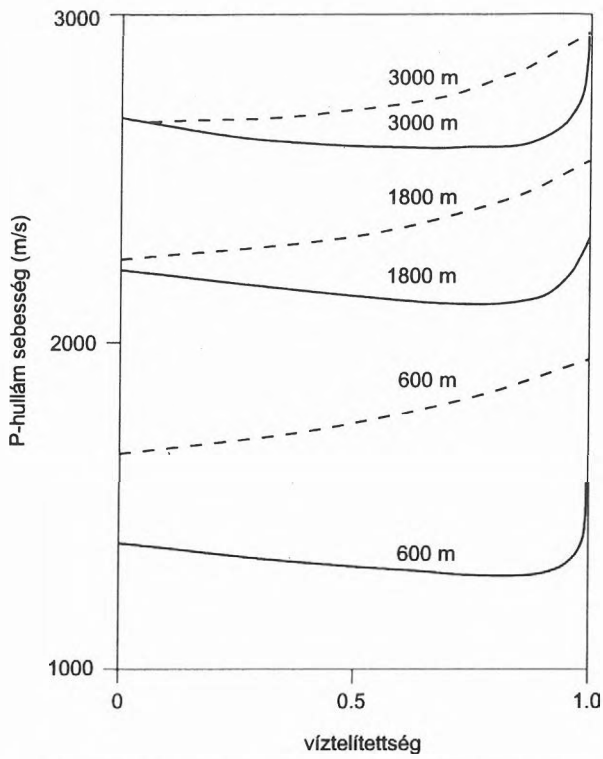


2. ábra. A Poisson-hányados változása a víztelítettség függvényében 33%-os porozitású gázos homokkő esetén (RUSSELL [1994] nyomán)

Fig. 2. Variation of the Poisson's ratio versus water saturation for 33% gas-sand porosity [after RUSSELL 1994]

A kísérleti eredmények azt is igazolták, hogy a porózus kőzetek rétegtartalmának a *P*-hullám sebességére gyakorolt hatása jelentősen függ a kőzet mélységétől. DOMENICO [1974] nyomán a 3. ábra három különböző mélységtartományban mutatja a víztelítettség hatását a szénhidrogén- (olaj- vagy gáz-) tartalmú homokkővek sebességére. A víztelítettség csökkenése által okozott *P*-hullám terjedési sebesség csökkenés mindhárom mélységtartományban lényegesen hangsúlyozottabb a gáztárolók esetében. Ez a hatás fokozottabbá válik a sekély mélységek felé haladva.

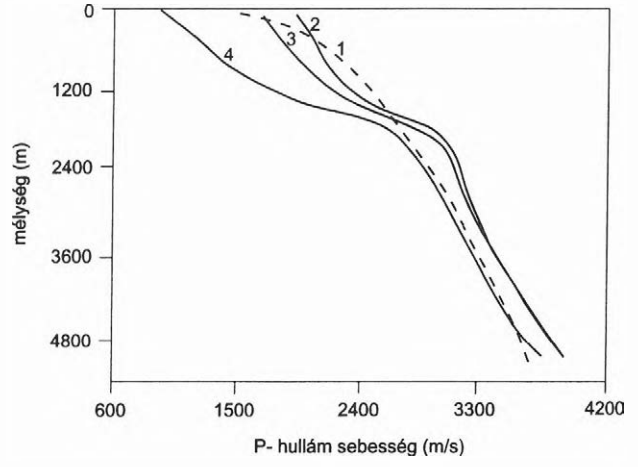
A 4. ábra a *P*-hullám sebességének változását tünteti fel a mélység függvényében agyagra, valamint sós vízzel, olajjal és gázzal telített homokkő-



3. ábra. P-hullám sebességek a víztelítettség függvényében különböző mélységekben elhelyezkedő gáz-, illetve olajtárolók esetén. — gáztároló homokkővek; - - - olajtároló homokkővek (DOMENICO [1974] nyomán)  
 Fig. 3. P-wave velocity as a function of water saturation for gas and oil bearing sands at different depths. — gas-sands, - - - oil-sands [after DOMENICO 1974]

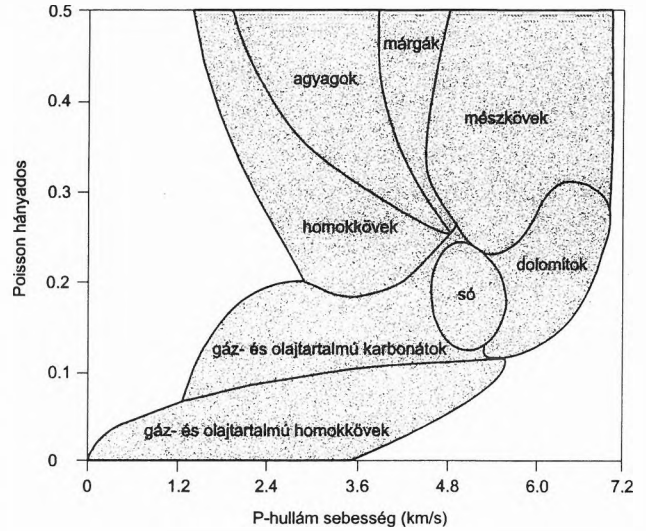
vekre vonatkozóan GARDNER et al. [1974] nyomán. Figyelemre méltó a sekély mélységekben a gázos homokkő görbéjének eltérése az agyag, valamint a sós vízzel és az olajjal telített homokkő görbéjétől. Az ábrán kb. 2100 m mélység alatt az agyag és a gázos homokkő görbéje gyakorlatilag együtt fut, ezért a szeizmikus szelvényeken a nagyobb mélységekben előforduló agyag-gázos homokkő határt nem feltétlenül jelzi bright spot.

A porózus kőzetek tulajdonságait számos közzefizikai paraméter ( $\rho$ ,  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\sigma$ ,  $\phi$ ,  $S_w$ ) függvényében különböző diagramokkal (crossplotokkal) szemléltethetjük. A litológiai és a rétegtartalommal kapcsolatos információk szempontjából hasznos megjelenítés a Poisson-hányadosok ábrázolása a P-hullám sebességének függvényében. Az 5. ábrán MILES et al. [1989] nyomán a különböző kőzetek Poisson-hányados és P-hullám sebesség értékei láthatók. Megállapítható, hogy a szénhidrogén- (különösen a gáz-) tartalom nemcsak a homokkővek, hanem a karbonátos kőzetek P-hullám sebesség értékeit és Poisson-hányadosait is jelentősen csökkenti.



4. ábra. P-hullám sebességek a mélység függvényében agyagra és különböző rétegtelítettségű homokkővekre. 1—agyag; 2—vízzel telített homokkő; 3—olajjal telített homokkő; 4—gázzal telített homokkő (GARDNER et al. [1974] nyomán)

Fig. 4. P-wave velocities versus depth for shale and for sands containing different fluids. 1—shale; 2—brine-sand; 3—oil-sand; 4—gas-sand [after GARDNER et al. 1974]



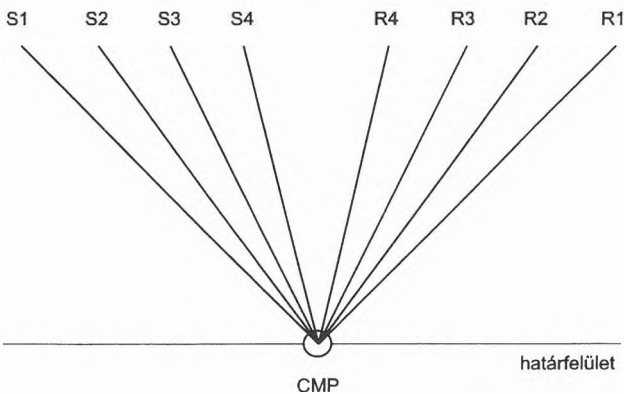
5. ábra. Poisson-hányadosok a P-hullám sebességének függvényében különböző kőzettípusok és rétegtartalmak esetén (MILES et al. [1989] nyomán)

Fig. 5. Poisson's ratios versus P-wave velocities for different rock types and fluid contents [after MILES et al. 1989]

### 3. Az AVO válasz mint gáz indikátor

Az AVO analízis a relatív amplitúdók közös középponti (CMP) csoportosításokon történő vizsgálatát jelenti az észlelési távolság függvényében. Ebből a szempontból szinonimák az „Amplitude Versus Offset” és az „Amplitude Variation with Offset” kifejezések. Mindezek mellett az utóbbi évek nemzetközi publikációiban megjelent az AVA elnevezés, amely az „Amplitude Versus Angle” szavak rövidítése. Az AVO és az AVA közötti kapcsolatot az jelenti, hogy a szeizmikus sebességtér pontos ismeretében az észlelési távolságok bármely észlelt időértéknél átszámíthatók beesési szögekre.

Az amplitúdó vizsgálatok gyakorlati megvalósítását az teszi lehetővé, hogy a közös középpontos adatgyűjtéskor felvett terepi mérési anyag magában hordozza azt az információt, amely a reflektált hullám amplitúdójának észlelési távolságtól (beesési szögtől) való függésével kapcsolatos. Mivel különböző forrás—geofon távolságok mellett észleljük a visszavert hullámokat, a terepi csatornákhöz különböző észlelési távolságok, következésképpen egy adott időértéknél különböző beesési szögek tartoznak (6. ábra). A szeizmikus adatfeldolgozás során az észlelt csatornákat CMP csoportosításokba rendezzük, ezek alkotják az AVO feldolgozás bemenetét. Az AVO analízis a szeizmikus adatok összegzés előtti vizsgálatával valósítható meg.



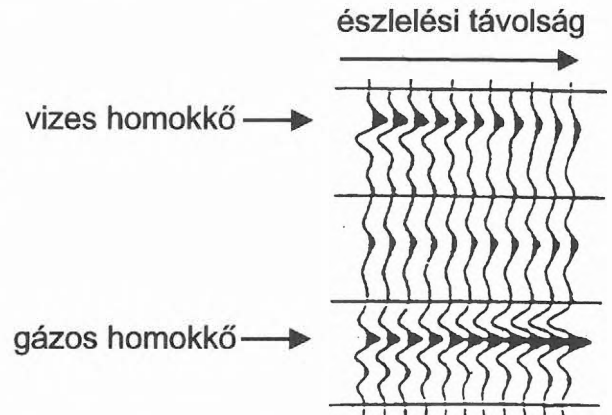
6. ábra. Közös középponthez (CMP) tartozó csatornák sugárújtjai és az észlelési távolság függvényében változó beesési szögek. S—forrás, R—geofon (ALLEN, PEDDY [1993] nyomán)

Fig. 6. Raypaths for common midpoint gathers (CMP) and offset dependent incident angles. S—source; R—receiver [after ALLEN, PEDDY 1993]

Az AVO analízis szénhidrogén-kutatásban történő alkalmazása a  $P$ -hullámok és az  $S$ -hullámok porózus

rétegekben való terjedésének különbségén alapul. Az előző részben láthattuk, hogy a  $P$ -hullám sebesség ( $V_p$ ) rendkívül érzékeny a pórustartalom megváltozására, ha csak egy kis mennyiségű légnemű anyag is van a pórusterben, akkor jelentősen lecsökken. Ezzel szemben az  $S$ -hullám nem látja a pórus teret, és sebessége ( $V_s$ ) elsősorban a kőzetváztól függ. Fentiek következményeként a gázos rétegekben a  $V_p/V_s$ -hányados, valamint a Poisson-hányados anomálishan lecsökken (lásd 1. és 2. ábra).

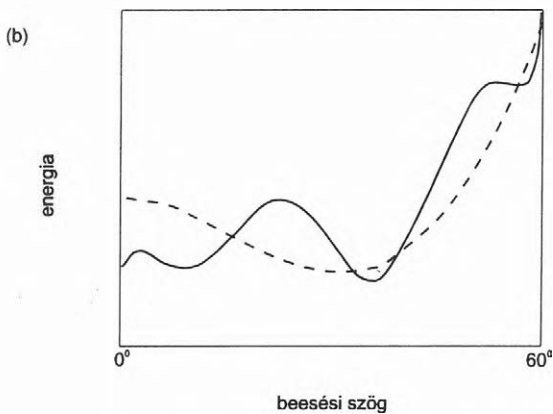
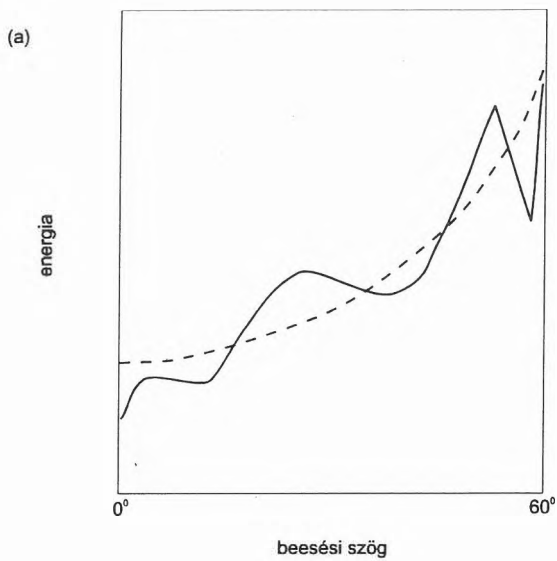
A gázos rétegek  $V_p/V_s$  hányadosának, illetve Poisson-hányadosának csökkenése a reflektált  $P$ -hullám AVO válaszában trendjében eltérést okoz a legtöbb visszaverő felülethez képest. A gáztartalmú kőzetek felszínéről származó reflexiók ugyanis általában növekszenek az észlelési távolság függvényében, ellentétben a legtöbb reflexióval, amelyek csökkenő, vagy pedig közel állandó AVO trendet mutatnak (7. ábra). Ilyen értelemben az AVO analízis anomális (növekvő) szeizmikus válaszok keresését jelenti, és nem igényel különleges adatgyűjtési technikát.



7. ábra. Szintetikus CMP csoportosítás a gázos homok rétegek anomális (növekvő) AVO válaszában szemléltetésére (ALLEN, PEDDY [1993] nyomán)

Fig. 7. Synthetic CMP gathers to demonstrate the anomalous (increasing) AVO response of gas-sands [after ALLEN, PEDDY 1993]

OSTRANDER [1984] volt az első, aki publikációjában bemutatta, hogy a nagy porozitású gázos homokkővek az üledékes rétegsorban kis akusztikus impedanciájuk mellett anomálishan kis Poisson-hányadossal jellemezhetők, és ez a tény a felszínükről származó reflektált  $P$ -hullám amplitúdójának anomális növekedését eredményezi a beesési szög függvényében. A 8. ábra egy gázos réteg és egy meddő szint mért és számított AVO válaszait mutatja MAZ-ZOTTI [1990] eredményei alapján.



8. ábra. Simított mért és számított AVO válaszok. (a) gázos homokkő, (b) meddő szint, / — terepi adatok, - - - számított adatok (MAZZOTTI [1990] nyomán)

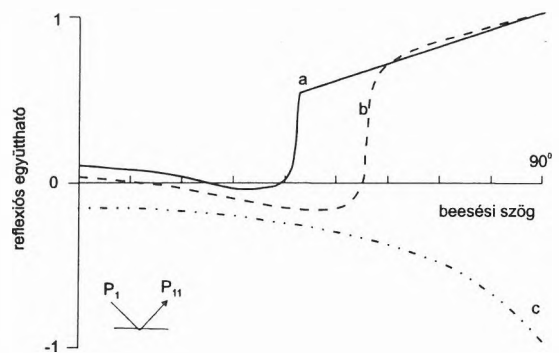
Fig. 8. Smoothed measured and calculated AVO responses (a) gas-sand, (b) unproductive layer. / — actual data; - - - synthetic data [after MAZZOTTI 1990]

AVO válaszaik szerint RUTHERFORD és WILLIAMS [1989] a gáztartalmú homokköveket három osztályba sorolta:

- 1) a környezetükhöz képest nagy akusztikus impedanciájú homokkövek,
- 2) a közel nulla impedancia különbségű homokkövek,
- 3) a környezetükhöz képest kis impedanciájú homokkövek.

Növekvő (anomális) AVO trendek az utóbbi két, de elsősorban a harmadik osztályba tartozó homokkövek felszínéről várhatók.

Az akusztikus impedanciájuk szerint különböző típusú (1., 2., és 3. osztályú) gázos homokkövekre kétréteges modellszámításokat végeztünk, és vizsgáltuk a reflexiós együttható beesési szögtől való függését [TAKÁCS 1992]. A rétegek paramétereit ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\rho$ ) különböző agyag/gázos homokkő modellek lehetséges értékei szerint vettük fel. A 9. ábrán az „a” és „b” jelű görbéken a kritikus szögnél megjelenik a refraktált hullám, és megállapíthatjuk, hogy a reflexiós együttható értéke a gyakorlatban előforduló szög tartományon belül akár előjelet is válthat. A „c” jelű görbén a reflexiós együttható abszolút értékben monoton növekszik, ami a határfelületről észlelt reflektált amplitúdó növekedését okozza a beesési szög (észlelési távolság) növekedésével. A modellezést a Zoeppritz-féle mátrix egyenlet egzakt megoldásának [YOUNG, BRAILE 1976] használatával végeztük el.



9. ábra. A reflexiós együttható változásai a beesési szög függvényében agyag/gázos homokkő határfelületeken. a—környezetükhöz képest nagy akusztikus impedanciájú gázos homokkövek; b—közel nulla impedancia különbségű gázos homokkövek; c—környezetükhöz képest kis impedanciájú gázos homokkövek [TAKÁCS 1992]

Fig. 9. Variation of reflectivity as a function of incident angle across a shale/gas-sand layer. a—gas-sands with high acoustic impedance; b—gas-sands with nearly zero acoustic impedance contrast; c—gas-sands with low acoustic impedance [TAKÁCS 1992]

A közzefizikai paraméterek réteghatáron történő különböző változásai esetén várható AVO válaszokat RUSSELL [1994] összeállítás alapján a 2. táblázatban foglaltuk össze. Megjegyzendő, hogy a harmadik eset a RUTHERFORD és WILLIAMS [1989] által besorolt kis akusztikus impedanciájú gázos homokkövek felszínét, az első pedig a kis akusztikus impedanciájú gázos homokkövek alját reprezentálja. Ezek a határfelületek növekvő (anomális) AVO válaszokkal jellemezhetők.

akusztikus impedancia	Poisson-hányados	amplitúdó abszolút értéke
↑	↑	↑
↑	↓	↓
↓	↓	↑
↓	↑	↓

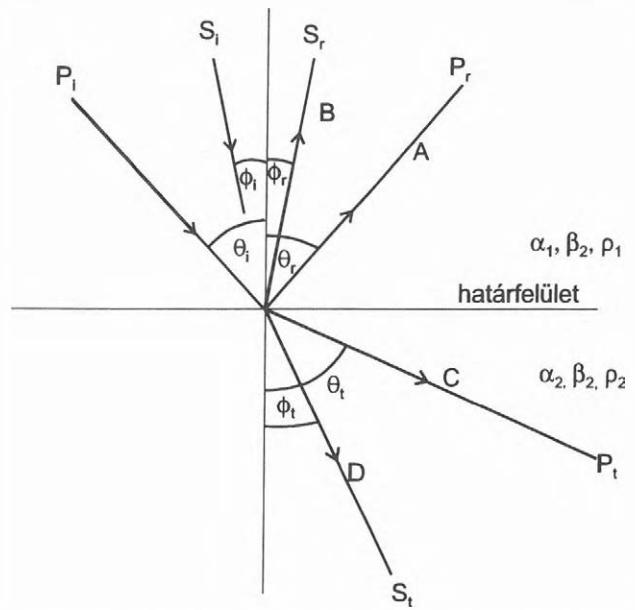
2. táblázat. A különböző szeizmikus határfelületekről várható AVO válaszok. ↑—növekedés, ↓—csökkenés (RUSSELL [1994] nyomán)

#### 4. Az AVO analízis alapjainak áttekintése

A rugalmas hullámok terjedése szempontjából határfelületet jelentenek azok a felületek, amelyeket akusztikus impedancia különbség jellemez. Ha a szeizmikus forrás által gerjesztett  $P$ -hullám merőlegesen esik egy reflexiós határfelületre, akkor nem keletkeznek konvertált  $S$ -hullámok. Minden más esetben, amikor a beesési szög eltér a merőlegetől, a  $P$ -hullám energiájának egy része a határfelületen átalakul  $S$ -hullámmá (10. ábra).

Harmonikus síkhullámot és homogén, izotróp közeget feltételezve a határfelületre beeső egységnyi amplitúdójú  $P$ -, vagy  $S$ -hullám által létrehozott hullámok amplitúdóit a Zoeppritz-féle mátrix egyenlet írja le [ZOEPPRITZ 1919]. Eszerint a két réteg határfelületén kialakuló szeizmikus hullámok amplitúdója általános (merőleges beeséstől eltérő) esetben nemcsak a rétegekre jellemző  $P$ -hullám sebesség és sűrűség értékektől függ, hanem a beesési szögtől és az  $S$ -hullám sebességétől is (11. ábra).

A 10. és 11. ábra jelölései a következők:  $\alpha$ — $a$   $P$ -hullám sebessége;  $\beta$ — $a$   $S$ -hullám sebessége;  $\rho$ — $a$  sűrűség;  $\theta$ — $a$   $P$ -hullámok szögei;  $\varphi$ — $a$   $S$ -hullámok szögei;  $A$ — $a$  visszavert  $P$ -hullám amplitúdója;  $B$ — $a$  visszavert  $S$ -hullám amplitúdója;  $C$ — $a$  áthaladó  $P$ -



10. ábra. Két réteg határfelületén kialakuló rugalmas hullámok beeső  $P$ -, illetve  $S$ -hullám esetén.  $P_i$ —beeső  $P$ -hullám;  $S_i$ —beeső  $S$ -hullám;  $S_r$ —visszavert  $S$ -hullám;  $P_r$ —visszavert  $P$ -hullám;  $P_t$ —áthaladó  $P$ -hullám;  $S_t$ —áthaladó  $S$ -hullám (WATERS [1981] nyomán)

Fig. 10. Elastic waves generated at a single interface by incident  $P$ - or  $S$ -waves.  $P_i$ — incident  $P$ -wave;  $S_i$ —incident  $S$ -wave;  $S_r$ —reflected  $S$ -wave;  $P_r$ —reflected  $P$ -wave;  $P_t$ —transmitted  $P$ -wave;  $S_t$ —transmitted  $S$ -wave [after WATERS 1981]

hullám amplitúdója;  $D$ — $a$  áthaladó  $S$ -hullám amplitúdója.

KOEFOED [1956,1962] írta le először, hogy a reflexiós együttható beesési szögtől függő változásait hogyan befolyásolja a reflektáló határfelületre vonatkozó Poisson-hányados különbség. Felvetette, hogy a reflexiós együttható beesési szöggel való változásait a litológia jóslására lehet használni, azonban nem számított arra, hogy az ő munkája fog elvezetni a közvetlen szénhidrogén kimutatáshoz.

A Zoeppritz-féle mátrix egyenlet alapján a reflexiós és transzmissziós együtthatók pontos, explicit

$$\begin{pmatrix} \sin \theta_1 & \cos \varphi_1 & -\sin \theta_2 & \cos \varphi_2 \\ -\cos \theta_1 & \sin \varphi_1 & -\cos \theta_2 & -\sin \varphi_2 \\ \sin 2\theta_1 & \frac{\alpha_1}{\beta_1} \cos 2\varphi_1 & \frac{\rho_2 \beta_2^2 \alpha_1}{\rho_1 \beta_1^2 \alpha_2} \sin 2\theta_2 & -\frac{\rho_2 \beta_2 \alpha_1}{\rho_1 \beta_1^2} \cos 2\varphi_2 \\ \cos 2\varphi_1 & -\frac{\beta_1}{\alpha_1} \sin 2\varphi_1 & -\frac{\rho_2 \alpha_2}{\rho_1 \alpha_1} \cos 2\varphi_2 & -\frac{\rho_2 \beta_2}{\rho_1 \alpha_1} \sin 2\varphi_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \\ D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin \theta_1 \\ -\cos \theta_1 \\ \sin 2\theta_1 \\ -\cos 2\varphi_1 \end{pmatrix}$$

11. ábra. A Zoeppritz-féle mátrix egyenlet (ZOEPPRITZ [1919] és WATERS [1981] nyomán)

Fig. 11. The Zoeppritz equation [after ZOEPPRITZ 1919 and WATERS 1981]

kifejezéseit a  $0-90^\circ$  beesési szögtartományban többek között ČERVENÝ és RAVINDRA [1971] dolgozta ki. Eredményeiket felhasználva YOUNG és BRAILE [1976] közölt számítógépes algoritmust, melynek segítségével két réteg határfelületén tetszőleges hullámtípusra modellezhető a reflexiós együttható beesési szögtől való függése. A Zoeppritz-egyenlet megoldásai (azaz a reflexiós együtthatók értékei a beesési szög változásával) egy adott határfelületen a két közeg  $P$ -, és  $S$ -hullám sebesség-, illetve sűrűségkülönbségeitől függenek. A megoldások alapján megállapítható, hogy a reflektált amplitúdók függése a beesési szögtől igen érzékeny a Poisson-hányadosok megváltozására. Ezért, ha a *terepi mérési anyagból meg tudjuk határozni a reflektált amplitúdó beesési szögtől függő menetét, akkor információt nyerhetünk az esetleges gáztartalomra vonatkozóan.*

A Zoeppritz-féle mátrix egyenlet teljes beesési szögtartományra alkalmazható matematikailag bonyolult pontos megoldásai mellett közelítő megoldások is használatosak, mint például az AKI és RICHARDS [1980], a SHUEY [1985], vagy a SMITH és GIDLOW [1987] által leírt közelítések. Ezek a felszíni reflexiós gyakorlatban előforduló szögtartományon belül jól alkalmazhatók a szénhidrogén kutatás során (AVO attribútum szelvények előállítására, AVO inverzió).

Az alábbiakban megadjuk a leggyakrabban alkalmazott Shuey-féle közelítő megoldást. Eszerint a visszavert  $P$ -hullám reflexiós együtthatója a beesési szög függvényében a

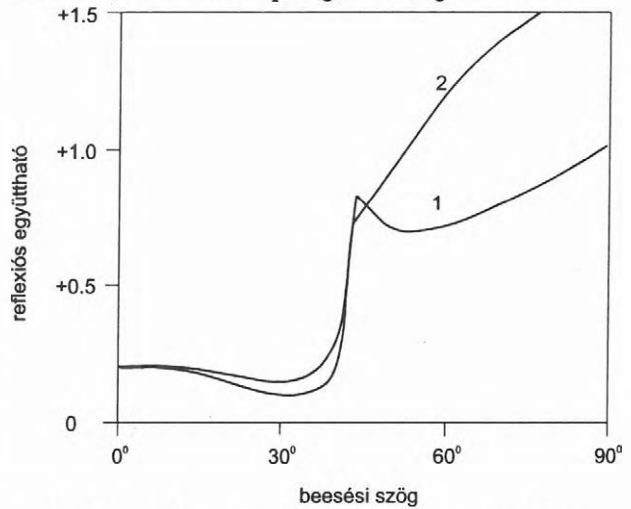
$$R(\theta) = R_0 + \left[ A_0 R_0 + \frac{\Delta\sigma}{(1-\sigma)^2} \right] \sin^2 \theta + \frac{1}{2} \frac{\Delta V_p}{V_p} (\tan^2 \theta - \sin^2 \theta) \quad (7)$$

képlettel számítható, ahol  $R_0$  a merőleges beeséshez tartozó reflexiós együttható,  $A_0$   $R(\theta)$  változása a  $0 < \theta < 30^\circ$  tartományban arra az esetre, ha  $\Delta\sigma = 0$ ,  $\sigma$  a Poisson-hányados,  $\theta$  a beesési szög és  $V_p$  a  $P$ -hullám sebessége.

A (7) egyenletben szereplő első tag a merőleges beeséshez tartozó reflexiós együttható, a második jellemzi a reflexiós együttható beesési szögtől való függését, a harmadik pedig a kritikus szöggel kapcsolatos. A Shuey-féle közelítést körülbelül  $0-30^\circ$  szögtartományban lehet használni, és a harmadik tag elhanyagolásával lineáris összefüggést kapunk a reflexiós együttható változására a beesési szög szinusz négyzetének függvényében.

A 12. ábrán a Zoeppritz-egyenlet megoldásának Shuey-féle közelítése látható  $\Delta V > 0$ ,  $\Delta \rho > 0$  és  $\Delta \sigma < 0$

esetén. „1”-gyel jelöltük a pontos megoldást és „2”-vel a (7) közelítő egyenlet szerinti megoldást. Az ábra a 2. táblázatban foglalt második esetnek megfelelően csökkenő AVO trendet mutat a  $42^\circ$ -os kritikus szögig. Ezen túl a reflexiós együttható komplex számmá, a síkhullám pedig inhomogénná válik.



12. ábra. A Zoeppritz-egyenlet pontos megoldása és a Shuey-féle közelítés. 1—pontos megoldás; 2—közelítés (SHUEY [1985] nyomán)

Fig. 12. Exact solution of the Zoeppritz equation and the Shuey approximation. 1—exact solution; 2—approximation [after SHUEY 1985]

## 5. Az AVO feldolgozás követelményei

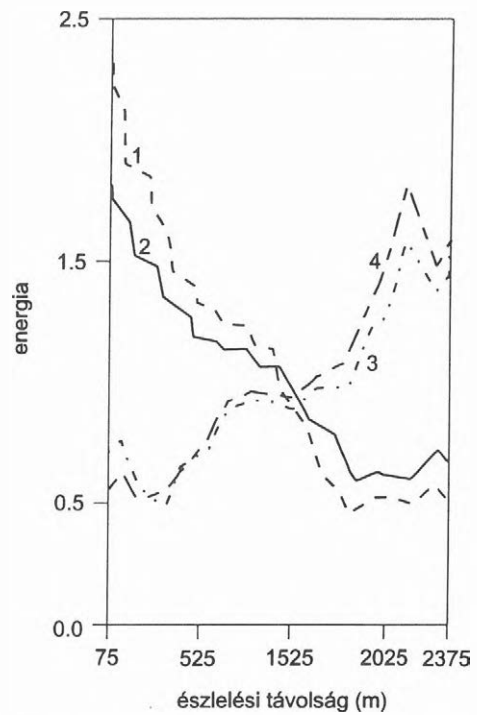
A reflektált hullámok CMP csoportosításokon történő, az észlelési távolság függvényében meghatározott amplitúdó változásait számos olyan hatás terheli, amelyek nem szerepelnek a Zoeppritz-féle mátrix egyenletben foglalt elméleti összefüggésben [DEY-SARKAR et al. 1986, NEIDELL 1986]. Ilyen fizikai és földtani hatások a gömbi szóródás, az abszorpció, a transzmissziós veszteségek, a konvertált fázisok, a hangolási (tuning) hatás, az anizotrópia, a kis sebességű réteg tulajdonságainak laterális változásai, a rétegeken belüli többszörösök, valamint a földtani szerkezetek hatása. Az adatgyűjtéssel kapcsolatos tényezők a forrás és a geofon csatolások eltérései, a forrás és a geofon csoportosítások hatásai, valamint a geofonok érzékenységeinek különbségei. Az észlelt reflexiós amplitúdókat torzító zajok a forrás és a környezet által generáltak lehetnek. A felsorolt tényezők az észlelt reflexiós amplitúdók olyan jelentős változásait okozzák, amelyek nem függenek össze a vizsgált reflektor tulajdonságaival, ezért a szeizmikus feldolgozás során meg kell kísérelni mind ezeknek a hatásoknak a kompenzálását, és szem előtt kell tartani egyes feldolgozási műveletek nemkívánata-

tos hatásait is (pl. teljes csatorna kiegyenlítés, AGC, NMO nyúlás).

Az AVO analízis szeizmikus feldolgozással szemben támasztott követelményeit több szerző vizsgálta. YU [1985] felhívta a figyelmet a teljes csatorna kiegyenlítés használatának kerülésére, és bemutatta a többszörös eltávolítás, valamint a felszint követő amplitúdó kiegyenlítés (surface consistent amplitude balancing) műveleteinek jelentőségét az AVO feldolgozás során. LEE et al. [1991] olyan megoldást javasoltak, amely TANER és KOEHLER [1981] munkáján alapul, és korrigálja a forrás és a geofon oldali torzító tényezőket, illetve a szeizmikus elemi hullám felszínközeli torzulásait. MAZZOTTI és MIRRI [1991] bemutatta, hogy a felszint követő amplitúdó kiegyenlítés egy csökkenő észlelt amplitúdó trendet növekvő amplitúdó trenddé tud változtatni. SENGUPTA és RENDLEMAN [1991] egy gázátfejtődéssel kapcsolatban olyan példát mutatott, amelyből kitűnik, hogy a pontosan elvégzett abszorpció korrekció (inverz  $Q$ -szűrés) is megváltoztathatja a terepi adatokból meghatározott amplitúdó válaszokat csökkenő trendről növekvőre. Lényeges az is, hogy az összegzés előtti migráció segíthet megtisztítani az AVO válaszokat a diffrakciók nemkívánatos hatásaitól [DE BEUKELAAR et al. 1991].

A fenti cikkekben közölt eredmények közül kiragadunk egyet a feldolgozási műveletek hatásainak szemléltetésére. A 13. ábra egy gázos homokkő réteg példáján mutatja a felszint követő amplitúdó kiegyenlítés jelentőségét az amplitúdó (energia) trendek meghatározásában (MAZZOTTI, MIRRI [1991] nyomán). A végrehajtott korrekciók közül (geometriai szóródás korrekciója, felszint követő amplitúdó kiegyenlítés, inverz  $Q$ -szűrés) a felszint követő amplitúdó kiegyenlítés volt a legjobb hatással a terepi adatokra, mivel láthatóvá tette azt a növekvő AVO trendet, amely a gáztartalmú homokkőek felszínére jellemző. Ebben az esetben az abszorpció korrekciónak nem volt lényeges hatása a vizsgált trendre vonatkozóan. Az AVO feldolgozás során általában javasolható a felszint követő (surface consistent) műveletek alkalmazása.

Az AVO értelmezés során szem előtt kell tartani, hogy a legpontosabb AVO feldolgozás sem tudja garantálni a gáztartalmú kőzetek teljes biztonságú előrejelzését. Ennek az oka, hogy vannak olyan, a hullámterjedéssel kapcsolatos torzító tényezők is, amelyeknek a korrigálása rendkívül nehéz feladat. Így például az anizotrópia változása is létrehozhat növekvő AVO válaszokat az agyag és vizes homokkő rétegek között. A hangolási (tuning) hatás is okozhat olyan növekvő AVO trendet, ami nincs összefüggés-



13. ábra. Gáztartalmú homokkő felszínéről származó AVO menetek különböző feldolgozási lépések után. 1—terepi adatok; 2—geometriai szóródás korrekciója; 3—felszint követő amplitúdó kiegyenlítés; 4—inverz  $Q$ -szűrés (MAZZOTTI, MIRRI [1991] nyomán)

Fig. 13. AVO responses from the top of a gas-sand layer after different processing steps. 1—field data; 2—correction of the geometric scatter; 3—equalization of surface consistent amplitudes; 4—inverse  $Q$  filtering [after MAZZOTTI, MIRRI 1991]

ben a gáztartalommal [ALMOGHRABI, LANGE 1986, ALLEN et al. 1993].

A CMP csoportosításokon meghatározott amplitúdó trendeket az elméleti összefüggésekhez képest tehát nagyon sok hatás torzíthatja. Ezért az AVO feldolgozás során jó kapcsolatnak kell lenni az értelmező és a szeizmikus feldolgozó között. Az értelmezőnek ismeretekkel kell rendelkeznie arról, hogy a szeizmikus amplitúdókra milyen tényezők hatnak, és ismernie kell azokat a problémákat is, amelyek a feldolgozás során felléphetnek. Az AVO értelmezéskor szem előtt kell tartani, hogy a szeizmikus amplitúdók nem azonosak a reflexiók együtthatókkal. A reflexiók együtthatók csak a rétegek közetfizikai tulajdonságaitól és a beesési szögtől függenek, míg az észlelt amplitúdókat nagyon sok más tényező is befolyásolja. Amikor csak lehetséges, fel kell használni a meglévő tapasztalatokat olyan szeizmikus adatok segítségével, amelyeket a vizsgált reflektor közelében produktív, vagy akár meddő fúrások helyén mértek.



változásai [HILTERMAN 1992]. Ezek az eltérések VSP mérések adatai alapján korrigálhatók.

## 7. AVO attribútum szelvények

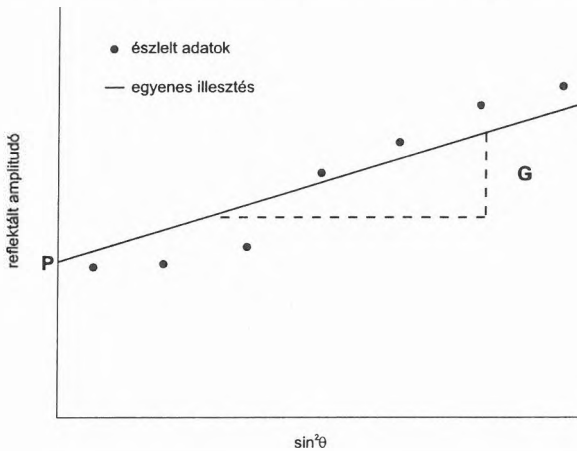
Az AVO analízis hatékonyan olyan színes megjelenítésű attribútum szelvényekkel valósítható meg, amelyek kiemelik az anomálishan növekvő amplitúdó-beesési szög menetekkel jellemezhető reflexiókat. Az ilyen anomális szeizmikus válaszok gázos rétegeket is jelezhetnek.

A reflektált  $P$ -hullám amplitúdójának beesési szögtől függő változása a  $0-30^\circ$  szögtartományban a (7) egyenlettel közelíthető [SHUEY 1985]. Ez a közelítés adta meg a lehetőséget a visszavert amplitúdók beesési szögtől függő tulajdonságainak szelvénytípusú megjelenítésére. A reflektált  $P$ -hullám amplitúdója ugyanis az egyenletben szereplő harmadik tag elhanyagolásával

$$R(\theta) \approx P + G \sin^2 \theta \quad (8)$$

általános alakban írható, ahol a 15. ábra jelöléseinek megfelelően  $R(\theta)$  a reflektált amplitúdó a beesési szög függvényében,  $P$  a tengelymetszet,  $G$  a meredekség,  $\theta$  a beesési szög ( $0 < \theta < 30^\circ$ ).

A szeizmikus időszelvény minden egyes mintavételi helyén a terepi csatornákból előállíthatók az amplitúdó- $\sin^2\theta$  adatrendszerek. Ezekre minden min-



15. ábra. A reflektált amplitúdók egyenessel történő közelítése a  $\sin^2\theta$  függvényében.  $P$ —tengelymetszet;  $G$ —meredekség (a WESTERN ATLAS INTERNATIONAL [1990] nyomán)

Fig. 15. Linear fit of reflected amplitudes as a function of  $\sin^2\theta$ .  $P$ —intercept;  $G$ —gradient [after WESTERN ATLAS INTERNATIONAL 1990]

tavételi helyen olyan egyenest lehet illeszteni, amely a 15. ábra alapján meghatározza a három alapvető AVO attribútumot, melyek a tengelymetszet ( $P$ ), a meredekség ( $G$ ) és a korrelációs tényező ( $C$ ).

A  $P$  tengelymetszetnek — azaz a (7) egyenlet első tagjának — a fizikai jelentése nem más, mint a nulla beesési szögnél várható amplitúdó, amely a merőleges beesésnél érvényes reflexiók együtthatóval arányos mennyiség. Mivel a hagyományos CMP összegszelvény egyszerűen átlagolja a különböző észlelési távolságú amplitúdókat, a tengelymetszet szelvény jobb közelítése az elméleti „nulla észlelési távolságú szelvénynek”. A  $G$  meredekség — azaz a (7) egyenlet második tagjának szorzója — nagyon érzékeny a rétegtartalom megváltozására, ezért a gáztartalom jelzőjeként értelmezhető. Harmadikként a  $C$  korrelációs tényező a számított egyenes amplitúdó- $\sin^2\theta$  adatrendszerekhez való illeszkedésének pontosságát jelzi. A legkisebb négyzetek elve szerinti illesztés helyett újabban egyre nagyobb szerepet kapnak a robusztus becslési eljárások [WALDEN 1991, STEINER, HAJAGOS 1993].

Az AVO attribútumok szelvénytípusú megjelenítése lehetőséget nyújt az AVO információk gyors áttekintésére, más adatokkal való összevetésére, valamint azoknak a reflexióknak a kijelölésére, amelyek esetén indokolt az AVO adatok inverziójának [RUSSELL 1994] elvégzése a közzefizikai paraméterek becslése céljából. A fentiekben definiált attribútumokat és ezek különböző szorzatait —  $P$ ,  $|G|$ ,  $\text{sign}(P) \times G$ ,  $P \times G$ ,  $P \times G \times C$  — sikeresen használják a gázos homokkő rétegek kimutatására.

A tengelymetszet-, a meredekség- és a szorzatszélvények olyan attribútumok, amelyek azt mutatják, hogy hogyan alakul az amplitúdó a beesési szög függvényében. Ezekon kívül más olyan attribútum szelvények is előállíthatók, amelyeknek bizonyos feltételezések mellett mennyiségi közzefizikai jelentése van. Így például ha a  $P$ -hullám sebessége hozzávetőlegesen kétszerese az  $S$ -hulláménak, ha a rugalmas paraméterek változása mindegyik határfelületen viszonylag kicsi, és a reflexiók szögek kisebbek, mint  $25^\circ$ , akkor a  $P-G$  mennyiség arányos az  $S$ -hullám reflektivitás értékeivel. Hasonló feltételek mellett a  $P+G$  mennyiség arányos a Poisson-hányados százalékos változásaival [WESTERN ATLAS INTERNATIONAL 1990, RUSSELL 1994]. A legújabb AVO módszertani és esettanulmányok bemutatják, hogy a gáztartalmú rétegek kimutatására legjobban alkalmazható eljárás a szeizmikus csatornák burkolóiból robusztus statisztikai módszerekkel számított tengelymetszet és meredekség értékek összegzése [HALL et al. 1995].

## 8. Egy hazai példa

Az ELGI a MOL Rt. megbízásából kísérleti szeizmikus méréseket végzett olyan gáztartalmú homokkő tárolók területén, ahol fúrású és karotázs adatok alapján a gázos rétegek mélysége kb. 300, illetve 700 m volt. A szeizmikus szelvényeken a gázos szintek nagy energiájú reflexiókkal jelentek meg. A szelvényeken jelentős gázátfejtődés hatása is észlelhető, ezt az elárasztott zónában a reflektált hullámok energiájának csökkenése, a nagyfrekvenciás komponensek elnyelődése és az intervallum sebességek 10–15%-os csökkenése jelzi. A gáztartalmú rétegek, valamint a gázzal elárasztott zóna a Hilbert-transzformált (reflexió erősség, pillanatnyi frekvencia, látszólagos polaritás) szelvényeken jól lehatárolhatók [KUMMER et al. 1995].

A szeizmikus adatokból AVO attribútumok (tengelymetszet, meredekség és korrelációs tényező) előállítását is elvégeztük. A 16. ábra a kb. 700 m mélységben elhelyezkedő gázos homokkő környezetét mutatja a migrált időszelvényen (a), a tengelymetszet szelvényen (b) és a tengelymetszeti előjel $\times$ meredekség szorzat szelvényen (c). A migrált időszelvényen a kb. 650 ms-nál jelentkező erős reflexió jelzi a gáztartalmú réteget. A tengelymetszet szelvény minden csatornája a számított tengelymetszetek sorozatából áll, és hasonlósága a migrált időszelvényhez bizonyítja az egyenes illesztés megbízhatóságát. A tengelymetszeti előjel $\times$ meredekség szorzat szelvény azt mutatja, hogy az amplitúdók hogyan változnak a beesési szöggel. A bemutatott ábrán a tengelymetszeti előjel és a meredekség szorzata szürke árnyalatokkal megjelenítve látható a migrált csatornákon. A 650 és 7000 ms között észlelhető legsötétebb árnyalat erősen növekvő AVO válaszokat jelez. Ezért megállapítható, hogy a gáztartalmú réteg a szorzat szelvényen anomálishan növekvő AVO válasszal jelentkezik.

Fenti következtetésünk ellenőrzéseként kétréteges modellszámításokat végeztünk a kutatási terület tágabb környezetében várható AVO válaszok meghatározása céljából, és a kapott elméleti görbéket összevetettük a vizsgálati helyen mért terepi csatornákból előállított AVO görbével (17. ábra). A modellezéshez a  $P$ -hullám sebesség ( $V_p$ ) és a sűrűség ( $\rho$ ) értékeket egy távolabbi, gáztelep harántoló mélyfúrásban mért szónikus és sűrűség szelvények adataiból határoztuk meg, a Poisson-hányadosokat ( $\sigma$ ) pedig irodalmi adatok alapján vettük fel (3. táblázat). A modellezés során a Zoeppritz-féle mátrix egyenlet egzakt megoldását használtuk [YOUNG, BRAILE 1976]. A terepi AVO válaszok

meghatározása CMP csoportosításokon történt a kijelölt reflexiók energiájának időablakban való számításával. Modellszámításaink alapján is megállapítható, hogy a kutatási területen az agyag/gázos homokkő rétegek határa meredeken növekvő AVO válasszal jellemezhető más szeizmikus határfelületekhez képest (például agyag/vizes homokkő).

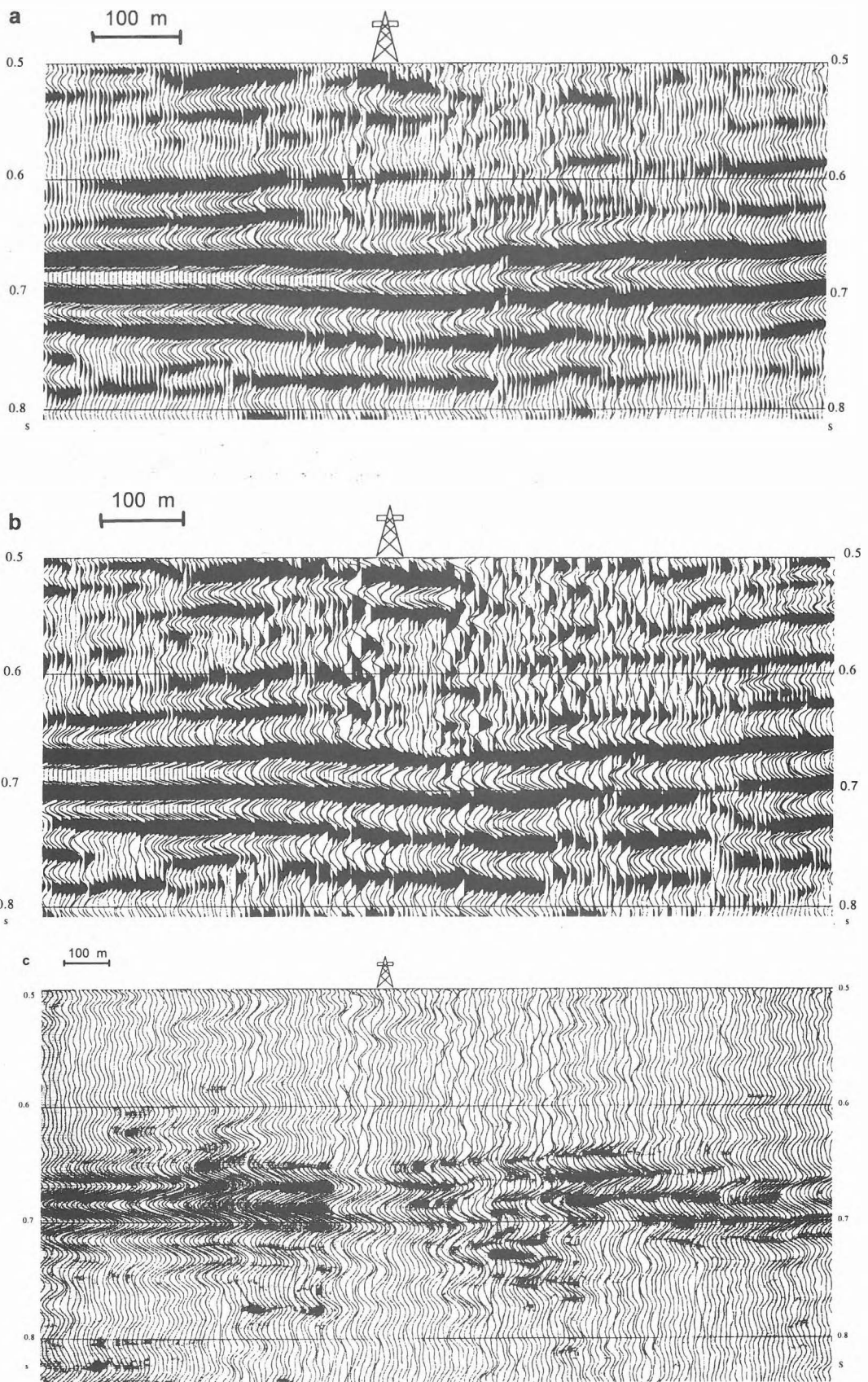
Az AVO analízis hazai vizsgálatának korábbi tapasztalatait MESKÓ [1992], valamint KÉSMÁRKY és SZÁNTÓ [1992] foglalta össze.

## 9. Összefoglalás

Az AVO analízis megvalósítását az teszi lehetővé, hogy a reflexiók kutatás során különböző forrás–geofon távolságok mellett észleljük a visszavert hullámok amplitúdóit. A terepi csatornákhöz különböző észlelési távolságok, következésképpen egy adott időértéknél különböző beesési szögek tartoznak. A két réteg határfelületén kialakuló szeizmikus hullámok amplitúdója merőleges beeséstől eltérő esetben nemcsak a rétegekre jellemző  $P$ -hullám sebesség és sűrűség értékektől függ, hanem a beesési szögtől és a Poisson-hányadosoktól is. A reflektált amplitúdók menete a beesési szög függvényében nagyon érzékeny a Poisson-hányadosok változására, ezért ha a terepi mérési anyagból meghatározzuk az amplitúdók beesési szögtől való függését, akkor információt nyerhetünk az esetleges gáztartalmú rétegekre vonatkozóan. A gázos rétegeket általában anomálishan kis Poisson-hányados és növekvő AVO válasz jellemzi.

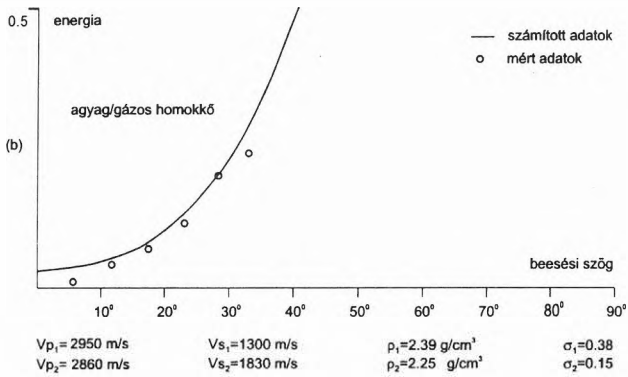
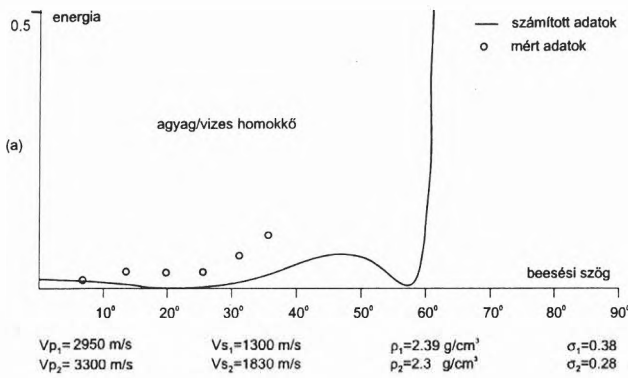
A pontos AVO analízis a terepi és modell adatok párhuzamos vizsgálatával valósítható meg, és alapos körülményekkel végzett amplitúdóhű feldolgozást, valamint értelmezést igényel. Az értelmezés során — amikor lehetséges — fel kell használni a meglévő tapasztalatokat olyan szeizmikus és mélyfúrás-geofizikai adatok segítségével, amelyeket a vizsgált reflektor közelében produktív, vagy akár meddő fúrások helyén mértek. Ezek referencia adatokként használhatók a vizsgálati helyen rendelkezésre álló AVO információk elemzése során.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy az AVO analízissel foglalkozó külföldi publikációk nagy száma, és ezeken belül a sikeres esettanulmányok arra utalnak, hogy az analízis körülmények alkalmazása eredményeket hozhat a hazai szénhidrogén-kutatás területén is. Az analízist szemcseközi porozitású homokkő tárolók kimutatására dolgozták ki [OSTRANDER 1984], de az utóbbi évek külföldi publikációiból kiderül, hogy repedezett karbonátos



16. ábra. Gázos homokkő réteg megjelenése (a) migrált időszelvényen, (b) tengelymetszet szelvényen, (c) tengelymetszeti előjel×meredekség szorzat szelvényen

Fig. 16. Appearance of a gas-sand layer (a) on the migrated time section, (b) on the intercept section, (c) on the sign of the intercept×gradient section



17. ábra. Mért és számított AVO válaszok. (a)—agyag/vizes homokkő modell; (b)—agyag/gázos homokkő modell; ●—terepi adatok; /—számított adatok

Fig. 17. Measured and computed AVO responses. (a) shale/brine-sand model, (b) shale/gas-sand model. ●—field data; /—computed data

	$V_p$	$V_s$	$\rho$	$\sigma$
agyag	2950	1300	2,39	0,38
gázos homokkő	2860	1830	2,25	0,15
vizes homokkő	3300	1830	2,30	0,28

3. táblázat. Mélyfúrás-geofizikai és irodalmi adatok alapján meghatározott modell paraméterek

tárolók kutatására is alkalmazzák [CHACKO 1989, HARVEY 1993]. A cikk témakörét jelentő szeizmikus kutatáson belül Hilbert-transzformált és szeizlog szelvények használhatók az AVO analízis mellett a gáztartalmú rétegek kimutatása céljából. Ezekon kívül az utóbbi években már Magyarországon is alkalmaznak olyan nem szeizmikus felszíni geofizikai módszereket, amelyek a szénhidrogének közvetlen kimutatását célozzák [FERENCZY et al. 1995].

Köszönetemet fejezem ki a MOL Rt., valamint az ELGI azon vezetőinek és szakembereinek, akik lehetővé tették *A direkt szénhidrogén kutatás szeizmikus lehetőségeinek vizsgálata* [TAKÁCS et al. 1995] című szakirodalmi összefoglaló tanulmány elkészítését, melynek az AVO analízist tárgyaló fejezetéből készült ez a cikk. Külön köszönet illeti dr. BODOKY Tamást, dr. ÁDÁM Oszkárt és PÁPA Antalt, akik útmutatásaikkal és hasznos tanácsaikkal segítették munkámat.

HIVATKOZÁSOK

ÁDÁM O. 1987: Szeizmikus kutatás I. Tankönyvkiadó, Budapest, 8–54  
 AKI K., RICHARDS P. G. 1980: Quantitative seismology, theory and methods. Vol. 1. W.H. Freeman and Company  
 ALLEN J. L., PEDDY C. P. 1993: Amplitude Variation with Offset: Gulf Coast Case Studies. Soc. Expl. Geophys. Tulsa, Oklahoma  
 ALLEN J. L., PEDDY C. P., FASNACHT T. L. 1993: Some AVO failures and what (we think) we have learned. The Leading Edge 12, 3, 162–167  
 ALMOGHRABI H., LANGE J. 1986: Layers and bright spots. Geophysics 51, 3, 699–709  
 BACKUS G. E. 1962: Long-wave elastic anisotropy produced by horizontal layering. J. Geophys. Res. 67, 4427–4440  
 BIOT M. A. 1956: Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid: I. Low-frequency range, and II. High-frequency range. J. Acoust. Soc. Am. 28, 168–191  
 ČERVENÝ V., RAVINDRA R. 1971: Theory of seismic head waves. University of Toronto Press  
 CHACKO S. 1989: Porosity identification using amplitude variation with offset: Examples from South Sumatra. Geophysics 54, 942–951  
 DE BEUKELAAR P., PICARTE P., RICHARD V. 1991: AVO preprocessing and analysis for a 2-D heterogeneous reservoir. 61st Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts Vol. II, 1091–1094  
 DEY-SARKAR S. K., SVATEK S. A., CREWE O. V. 1986: Prestack analysis: data processing. 56th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 339–341  
 DOMENICO S. N. 1974: Effect of water saturation on seismic reflectivity of sand reservoirs encased in shales. Geophysics 39, 759–769

- DOMENICO S. N. 1976: Effect of brine-gas mixture on velocity in an unconsolidated sand reservoir. *Geophysics* **41**, 882–894
- DOMENICO S. N. 1977: Elastic properties of unconsolidated porous sand reservoirs. *Geophysics* **42**, 1339–1368
- FERENCZY L., KLOSKA K., NAGY Z., PÁPA A., TENKEI S. 1995: Szénhidrogéntelemek direkt kimutatásának kezdeti tapasztalatai Magyarországon. MGE 24. Vándorgyűlése, Kőszeg, programfüzet, 14–15
- GARDNER G. F. H., GARDNER L. W., GREGORY A. R. 1974: Formation velocity and density. The diagnostic basics for stratigraphic traps. *Geophysics* **39**, 770–780
- GASSMANN F. 1951: Elastic waves through a packing of spheres. *Geophysics* **15**, 673–685
- GEERTSMA J. 1961: Velocity log interpretation: The effect of rock bulk compressibility. *Soc. Petr. Eng. J.* **1**, 235–248
- GREGORY A. R. 1976: Fluid saturation effects on dynamic elastic properties of sedimentary rocks. *Geophysics* **41**, 895–921
- GREGORY A. R. 1977: Aspects of rock physics from laboratory and log data that are important to seismic interpretation — in *Seismic Stratigraphy — application to hydrocarbon exploration*. AAPG Memoir **26**
- HALL D. J., ADAMICK J. A., SKOYLES D., DEWILDT J., ERICKSON J. 1995: AVO as an exploration tool: Gulf of Mexico case studies and examples. *The Leading Edge*, 1995 August, 863–868
- HARVEY P. J. 1993: Porosity identification using amplitude variation with offset in Jurassic carbonate, offshore Nova Scotia. *The Leading Edge* **12**, 3, 180–185
- HILTERMAN F. J. 1992: Should the synthetic seismogram or the AVO response match at the well site?: Interpretation at the Well-Tie. *Geophys. Soc. Houston*, 7–33
- KÉSMÁRKY I., SZÁNTÓ S. 1992: Az amplitúdó-offszet analízis alkalmazási tapasztalatai. *Magyar Geofizika* **33**, 4, 143–150
- KING M. S. 1966: Wave velocities in rocks as a function of changes in overburden pressure and pore fluid saturants. *Geophysics* **31**, 50–73
- KOEFOED O. 1956: On the effect of Poisson's ratio of rock strata on the reflection coefficients of plane waves. *Geophysical Prospecting* **4**, 381–387
- KOEFOED O. 1962: Reflection and transmission coefficients for plane longitudinal incident waves. *Geophysical Prospecting* **10**, 304–351
- KUMMER I., TAKÁCS E., PÁPA A. 1995: Seismic characterization of gas-saturated layers for various depth in the Pannonian Basin. 57th Meeting of the EAEG, Glasgow, Extended Abstracts Vol. **1**, 160
- LEE S., HO M. S., PURNELL G. W. 1991: Preprocessing for amplitude-versus-angle (AVA) analysis of land seismic data. 61st Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 1070–1071
- MARTINEZ R. D. 1992: Constrained seismic data processing sequence for AVO analysis including a case history. 62nd Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 835–838
- MAZZOTTI A., MIRRI S. 1991: An experience in seismic amplitude processing. *First Break* **9**, 65–73
- MAZZOTTI A. 1990: Prestack amplitude analysis methodology and application to seismic bright spots in the Po Valley, Italy. *Geophysics* **55**, 157–166
- MESKÓ A. 1992: Amplitude variation with offset: Model studies. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis De Rolando Eötvös Nominatae*, Tomus VII., 3–16
- MILES et al. 1989: (Átvéve RUSSEL [1994]-ből)
- NEIDELL N. S. 1986: Amplitude variation with offset. *The Leading Edge*, 1986 March, 47–51
- OSTRANDER W. J. 1984: Plane-wave reflection coefficients for gas sand at non-normal angles of incidence. *Geophysics* **49**, 1637–1648
- RUSSELL B. H. 1994: *Practical AVO*. IHRDC, Boston, USA
- RUTHERFORD S. R., WILLIAMS R. H. 1989: Amplitude-versus-offset variation in gas sands. *Geophysics* **54**, 680–688
- SENGUPTA M. K., RENDLEMAN C. A. 1991: Case study: the importance of gas leakage in interpreting amplitude-versus-offset (AVO) analysis. *Geophysics* **56**, 1886–1895
- SHUEY R. T. 1985: A simplification of the Zoeppritz equations. *Geophysics* **50**, 609–614
- SMITH G. C., GIDLOW P. M. 1987: Weighted stacking for rock property estimation and detections of gas. *Geophysical Prospecting* **35**, 993–1014
- STEINER F., HAJAGOS B. 1993: Practical definition of robustness. *Geophysical Transactions* **38**, 4, 193–210

- TAKÁCS E. 1992: Az észlelési távolságtól függő amplitúdóváltozás vizsgálata. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1990. évi jelentése, 76–80
- TAKÁCS E., KUMMER I., POLCZ I. 1995: A direkt szénhidrogén kutatás szeizmikus lehetőségeinek vizsgálata. Szakirodalmi összefoglaló tanulmány a MOL Rt. megbízásából, Budapest, ELGI
- TANER M. T., KOEHLER F. 1981: Surface consistent corrections. *Geophysics* **46**, 17–22
- WALDEN A. T. 1991: Making AVO sections more robust. *Geophysical Prospecting* **39**, 915–942
- WATERS K. H. 1981: Reflection seismology, a tool for energy resource exploration. Wiley, New York
- WESTERN ATLAS INTERNATIONAL 1990: Amplitude-versus-Offset Analysis. Western Atlas International Inc., Printed in USA, prospektus
- YOUNG G. B., BRAILE L. W. 1976: A computer program for the application of Zoeppritz's amplitude equations and Knott's energy equations. *Bull. Seis. Soc. Amer.* **66**, 1881–1885
- YU G. 1985: Offset-amplitude variation and controlled-amplitude processing. *Geophysics*, **50**, 2697–2708
- ZOEPPRITZ K. 1919: Erdbebenwellen VIII B, Über Reflexion and Durchgang seismischer Wellen durch Unstetigkeitflächen. *Göttinger Nachr.* **1**, 66–84

# Geofizikai adatok globális optimalizációja a simulated annealing módszer alkalmazásával<sup>1</sup>

KIS MÁRTA<sup>2</sup>

*A nemlineáris inverz feladatot gyakran linearizáció alkalmazásával oldjuk meg. Az objektív függvény így hatékonyan minimalizálható, de igen nagy a kockázata, hogy nem globális, hanem lokális optimalizációt végzünk, azaz az eljárás a minimalizálandó függvény lokális minimumában reked meg.*

*A dolgozat egy globális optimalizációs módszer, a simulated annealing alkalmazását mutatja be szeizmikus refrakciós és egyenáramú geoelektromos adatrendszerek inverziójára.*

*A simulated annealing algoritmus által minimalizált objektív függvényt az eltérésvektor  $L_2$ -, illetve  $L_1$ -normájaként vesszük fel. Az így definiált eljárást ismert modellre számított szintetikus adatokon, valamint in situ adatokon teszteljük és összehasonlítást teszünk a kétféle optimalizációs eredmény között. Bemutatjuk, hogy a különböző geofizikai adatok együttes inverziójának előnyei globális optimalizációs módszerek alkalmazása esetén is fennállnak.*

## M. Kis: Global inversion of geophysical data using simulated annealing

*Non-linear inverse problems are often solved with linearized techniques. The objective function can be minimized efficiently in this way but there is a high risk of carrying out a local rather than a global optimization, so the procedure can be trapped in the local minima of the optimised function.*

*This paper presents the use of a non-linear optimization scheme called simulated annealing to invert seismic refraction and DC geoelectric data sets.*

*The objective function minimized by the simulated annealing algorithm is defined as the  $L_2$  and  $L_1$  norm of the prediction error vector. The procedure defined this way is tested on synthetic and field data and we make a comparison between the two types of optimization results.*

*This article presents that the advantages of joint inversion of different geophysical data sets are valid also in case of performing non-linear optimization method.*

## 1. Bevezetés

A geofizikai adatok invertálása során a minimalizálandó hibafüggvény a globális minimum mellett általában nagyszámú lokális minimumhellyel is rendelkezik. A geofizikai inverziós eljárások egyik csoportja, amelybe a gyakrabban alkalmazott eljárások — a legkisebb négyzetek módszere (LSQ), az iteratív újrásúlyozás módszere (IRLS) stb. — tartoznak, a nemlineáris feladat megoldására lokális linearizációt alkalmaznak, vagyis a problémát iteratív úton visszavezetik lineáris inverz feladatra. Ezen eljárások alapvető problémája jól ismert. Mivel a megoldást rendszerint csupán az induló modell viszonylag szűk környezetében keresik, jó kezdeti becslést igényelnek. Ennek hiányában az eljárások a globális minimum helyett igen gyakran valamely lokális minimumhoz konvergálnak.

A globális minimum megtalálásához olyan mód-

szerek szükségesek, amelyek a minimalizálás során lehetővé teszik a lokális minimumokból való kiszabadulást is. Egy lehetőséget jelent az ún. enumeratív vagy felsorolási séma, ahol a nagy kiterjedésű modellterben egy megfelelően meghatározott rácsot vesszünk fel, amelynek minden pontját egymás után megvizsgálja az eljárás. Mivel a megvizsgálandó modellterbeli rádspontok száma igen nagy, ez rendkívül nagy számítási időt igénylő feladatot jelent. A kompromisszumot a linearizálás és az enumeratív keresés között azok a módszerek jelentik, amelyek véletlenszerű keresést és a paraméter változtatásra valószínűségi szabályt alkalmaznak. Ide tartozik a simulated annealing (SA) eljárás is, amely az inverziós eljárások második csoportjába sorolható. A SA eljárást számos fizikai probléma megoldására alkalmazták. A geofizikában a módszert ROTHMAN [1985, 1986] és SEN, STOFFA [1991] statikus korrekciók kiszámításánál, SEN et al. [1993] pedig 1-D-s párhuzamosan rétegzett szerkezeteken mért és számított fajlagos ellenállás adatok inverziójára alkalmazták. DITTMER és SZYMANSKY [1995] mágneses adatok és fajlagos ellenállás adatok inverzióját vizsgálta simulated annealing eljárást alkalmazva.

<sup>1</sup> Elhangzott az Ifjú Szakemberek Ankétján Balatonvilágoson, 1996. április 25-én

<sup>2</sup> Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszék, H-3515 Miskolc, Egyetemváros

## 2. A simulated annealing eljárás

A simulated annealing olyan Monte-Carlo optimalizálási eljárás, mely a minimumhely keresés során egy fizikai folyamatot, a fémolvadékok hűtési és hőkezelési folyamatát modellezi. Az analógia a következő fizikai jelenségeken alapul:

A nagy energiával és termikus mobilitással rendelkező atomokból álló olvadék hűtési folyamata során az atomok fokozatosan vesztenek energiájukból és megindul a kristályosodás folyamata. Ha a hűtést megfelelő ütemben (nagyon lassan) végzik, az atomok a tökéletes kristályszerkezetet veszik fel, *amelyben a rendszer energiája minimális.*

Túl gyors hűtési ütem esetén a kristályosodó rendszer nem a minimális energiaszintű tökéletes szerkezetben fog kikristályosodni, hanem egy magasabb energiaszinten (a mi szemszögünkből lokális minimumban) fog tökéletlen rácsba fagyani. Mivel igen nagyszámú atomról van szó, ennek megfelelően igen sokféleképpen alakulhat ki tökéletlen rácsszerkezet, vagyis lokális minimum, míg globális minimum (hibátlan rács) csak egy van. A magasabb energiaszinten történő kristályosodás elkerülése érdekében alkalmaznak hőkezelési vagy annealing technológiát, amellyel a minimális energiaállapotú szerkezet elérése a cél.

A technológia lényeges eleme, hogy energianövekedés hatására az atomok kiszabadulhatnak a lokális minimumból (vagyis egy nem tökéletes, magasabb energiaszintű kristályszerkezetből), hogy később elérhessék (megfelelően lassú hűtéssel) a minimális energiaszintű állapotot. Ez megakadályozza, hogy a rendszer egy lokális minimumba fagyjon.

Ezen állapotok modellezésére METROPOLIS et al. [1953] eljárást dolgozott ki (Metropolis-algoritmus).

A szintén nagyszámú adatot tartalmazó sokismeretlenes geofizikai inverz feladatok esetében hasonló probléma (egy abszolút minimum és nagyon sok lokális minimum) fordul elő. A SA geofizikai alkalmazása nagyon hasznos olyan problémáknál, ahol fennáll az a veszély, hogy a rendszer vagy eljárás egy lokális minimumban stabilizálódhat.

### 2.1. Optimalizálás SA eljárással

A SA módszer alkalmazása előtt tekintsük át az eljárás főbb sajátosságait és az eredményességet befolyásoló tényezőket.

#### 2.1.1. Az optimalizálandó függvény

Az inverz feladat megoldásához szükséges a megfelelő objektív függvény definiálása, amelynek mini-

malizálásával keressük a megoldást. A leggyakrabban ezt a számított és mért adatok négyzetes eltéréseként adjuk meg, melyet minden iterációban felírhatunk a következőképpen:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i^{obs} - d_i^{cal})^2,$$

ahol  $N$  az adatszámot,  $\vec{d}^{obs}$  és  $\vec{d}^{cal}$  a mért, illetve számított adatrendszereket jelölik. Ez az  $L_2$ -normát alkalmazó megközelítés abban az esetben ad optimális eredményt, ha a mérési hibák Gauss-eloszlást követnek. A gyakorlati alkalmazások során előforduló kiugró adatok vagy outlierok miatt az előbbinél „szélesebb szárnyú” eloszlást kell feltételeznünk. Erre az egyik leggyakrabban feltételezett példa az egyszerű exponenciális eloszlás [MENKE 1984], amelynél az eltérésvektor  $L_1$ -normájának megfelelő objektív függvény

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_i^{obs} - d_i^{cal}|$$

minimalizálása vezet optimális becslésre.

Az  $E$  objektív függvényt a továbbiakban a SA elfogadott terminológiája szerint energiafüggvényként fogjuk említeni.

#### 2.1.2. A változtatandó paraméterek definiálása

Minden inverziós problémához megadhatjuk a direkt feladatot meghatározó paramétereket, amelyeket az általánosan felírt

$$\vec{m} = \{m_1, m_2, \dots, m_M\}^T$$

paramétervektor tartalmaz, ahol  $M$  a modellparaméterek száma.

Ennek megfelelően az önálló refrakciós inverziós feladat paramétervektora horizontálisan rétegzett, rétegenként homogén földtani szerkezet esetén

$$\vec{m}_s = \{v_1, \dots, v_r, h_1, \dots, h_{r-1}\},$$

ahol  $r$  a rétegek száma,  $v$  a longitudinális hullám terjedési sebessége,  $h$  pedig a rétegvastagságokat jelöli. Az önálló geoelektromos inverziós probléma

$$\vec{m}_g = \{h_1, \dots, h_{r-1}, \rho_1, \dots, \rho_r\}$$

paramétervektorral rendelkezik, ahol  $\rho$  a rétegekre jellemző fajlagos ellenállás, míg az együttes inverzió egyesített paramétervektora a következő:

$$\bar{m}_j = \{v_1, \dots, v_r, h_1, \dots, h_{r-1}, \rho_1, \dots, \rho_r\}$$

Az alkalmazott paramétereket részletesen a szintetikus adatok előállításánál adjuk meg.

### 2.1.3. Paraméter változtatás

A SA eljárás a paramétertér elemeinek iterációról iterációra történő alkalmas változtatásán alapul. A modellparaméterek változtatására több módszer alakult ki.

A  $j$ -ik paraméter megváltoztatását általánosan a következőképpen írhatjuk fel:

$$m_j^{új} = m_j^{rég} \pm b,$$

ahol  $b$  a paraméter változtatás mértéke.

Legegyszerűbben akkor járunk el, ha fix értékkel perturbáljuk minden iterációban a paramétert. Ekkor  $b$  egy általunk választott állandó. Nyilvánvaló, hogy ezzel a módszerrel a paraméterek „változékonysága” erősen korlátozott, nem érheti el a kellő finomságot.

Ennél jobb megoldásnak bizonyult az a módszer, amelynek során  $b$  0 és egy általunk megválasztott maximális érték ( $b_{max}$ ) között véletlenszerűen változik:

$$0 \leq b \leq b_{max}.$$

Az optimalizálási eljárás tesztelése folyamán kialakult tapasztalatok szerint a legjobb eredményre az a paraméter változtatási módszer vezet, amelynek során  $b_{max}$  iterációnként változik:

$$b_{max} = b_{max} \cdot \varepsilon,$$

ahol  $\varepsilon$  egy általunk választott, 0 és 1 közötti szám, mely  $b_{max}$  lépésenkénti csökkenését határozza meg.

### 2.1.4. Elfogadási kritérium

A simulated annealing eljárás, miközben az aktuális paramétervektor véletlenszerűen bebolyongja a modellteret, minden lépésnél vizsgálja az ener-

giafüggvény változását az előző elfogadott lépéshez képest ( $\Delta E$ ).

Ha  $\Delta E \leq 0$ , vagyis az új modellparaméterrel számított adatok közelebb vannak a mért adatokhoz az  $N$ -dimenziós euklideszi térben, akkor mindig elfogadjuk az új modellparamétert:  $P=1$ , ahol  $P$  az új modellparaméter elfogadásának valószínűségét jelöli. Ha csak ezt valósítaná meg az eljárás, akkor elkerülhetetlenek lennének a lokális minimumba záródások. A lokális minimumokból való kiszabadulás képességét a következő tulajdonságnak köszönheti a módszer:

Ha  $\Delta E > 0$ , vagyis az új modellparaméterrel eltávolodtunk az adattérben, az energianövekmény mértékétől függően még mindig lehetséges a paraméter elfogadása. Az elfogadási valószínűséget a Metropolis-algoritmus alkalmazásával a

$$P(\Delta E) = \exp(-\Delta E/T),$$

formula szerint számítjuk ki, azaz az elfogadási valószínűség annál kisebb, minél nagyobb az energianövekmény. A  $T$  paraméter az általánosított hőmérséklet, amelyet a SA eljárás egymást követő iterációs lépéseiben állandóan (megfelelően lassan) csökkentünk. ( $T$ -nek itt nincsen valódi fizikai jelentése).

A gyakorlati megvalósítás során akkor fogadjuk el a paramétert, ha egy 0 és 1 közötti, egyenletes valószínűséggel generált szám ( $\alpha$ ) kisebb, mint a Metropolis-algoritmus által meghatározott érték:  $\alpha \leq P(\Delta E)$ .

### 2.1.5. T folyamatszabályozó általánosított hőmérséklet, megfelelő hűtési módszer

Az inverzió konvergenciája nagyon érzékeny a hűtési ütemre. Ez nem lehet túl gyors, mert a rendszer lokális minimumba záródhat, de nem jó a túl lassú ütem sem, hiszen nem eredményez jobb inverziót, csak jóval hosszabb ideig tart megtalálni a megoldást.

ROTHMAN [1986] úgy találta, hogy az eljárás megtalálja a globális minimumot, ha a következő módon választjuk meg a hűtési ütemet. Az eljárás indításakor magas hőmérsékletet adunk meg, lehetővé téve, hogy a paramétertérben megfelelően sok állapotot kipróbáljon a rendszer. Ezután gyors hűtés következik egy alacsonyabb hőmérsékletre, melyet később kritikus hőmérsékletnek neveztek el ( $T_c$ ). Ezután a kritikus hőmérsékletről lassan csökkentjük  $T$ -t, az ún. geometriai csillapodás módszerrel [DITTMER, SZYMANSKY 1995]:

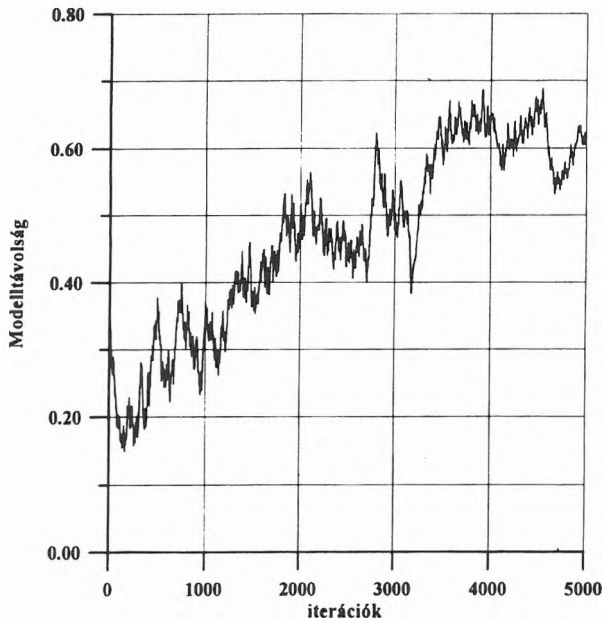
$$T_i = T_c g^i,$$

ahol  $g$  egy megfelelően választott, 0 és 1 közötti érték, amely a hűtési ütemet határozza meg az eljárás folyamán.

$T_c$  helyes megválasztása döntő fontosságú. Elég magasnak kell lennie ahhoz, hogy az inverzió kiszabaduljon a lokális minimumból, és elég alacsonynak ahhoz, hogy amint lehetséges, megállapodjon a globális minimumban.

Az 1. ábra jól illusztrálja, hogy a nem megfelelően megválasztott kritikus hőmérséklet milyen hatással van az inverzió konvergenciájára. Látható, hogy a túlságosan magas hőmérsékletnek köszönhetően minden felfelé változtatást elfogad az eljárás, és ennek megfelelően állandóan távolodik az eredeti problémától. Adott esetben nem kaptunk konvergens eredményt.

A kritikus hőmérséklet megválasztására BASU és FRAZER közölt eljárást [1990]. Ennek megfelelően az inverzió elindítása előtt kell meghatározni  $T_c$



1. ábra. A nem megfelelő (túl nagy) kritikus hőmérséklet hatása az inverzió konvergenciájára

Fig. 1. The effect of applying inadequate (too high) critical temperature on the convergence of the inversion

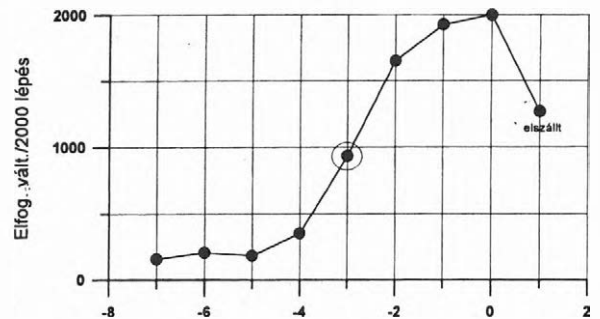
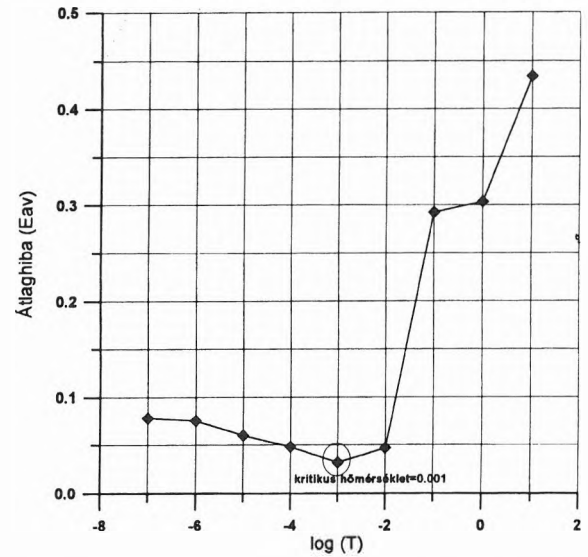
értékét, mely minden inverziós problémára más és más. A módszer szerint rövid futtatást végzünk különböző  $T$  értékeken, melyeket a  $10^{-7}$ -től  $10$ -ig terjedő tartományból választunk. Az eljárás lépései:

- a) Először egy fix  $T$  értéken kiszámítjuk az energiafüggvények átlagát (hibaátlag) a futtatás során:

$$E_{av} = \frac{1}{n} \left( \sum_{k=1}^n E_k \right),$$

ahol  $E_k$  a  $k$ -ik elfogadott modellhez tartozó energiafüggvény és  $n$  az elfogadott modellek száma.

- b) Megismételjük a fenti lépést a többi  $T$  értékre.  $T$ -t tipikusan 10-es faktossal változtatjuk a fent leírt tartományban.
- c)  $\log(T)$  függvényében ábrázoljuk a különböző  $T$  értékekhez kapott hibaátlagot (2. ábra).
- d) A legkisebb hibaátlaghoz tartozó  $T$  érték lesz a kritikus hőmérséklet az adott inverziós feladatra.



2. ábra. A kritikus hőmérséklet meghatározása  
Fig. 2. Specification of the critical temperature

A 2. ábrán látható esetben  $T_c = 10^{-3}$ .

Érdekes a 2. ábra alsó részében feltüntetett elfogadott változtatások számát összehasonlítani a különböző  $T$  értékeknél. Túl alacsony hőmérséklet esetén igen kevés paraméter változtatást fogadott el az eljárás, ezek is inkább lefelé változtatások. A felfelé

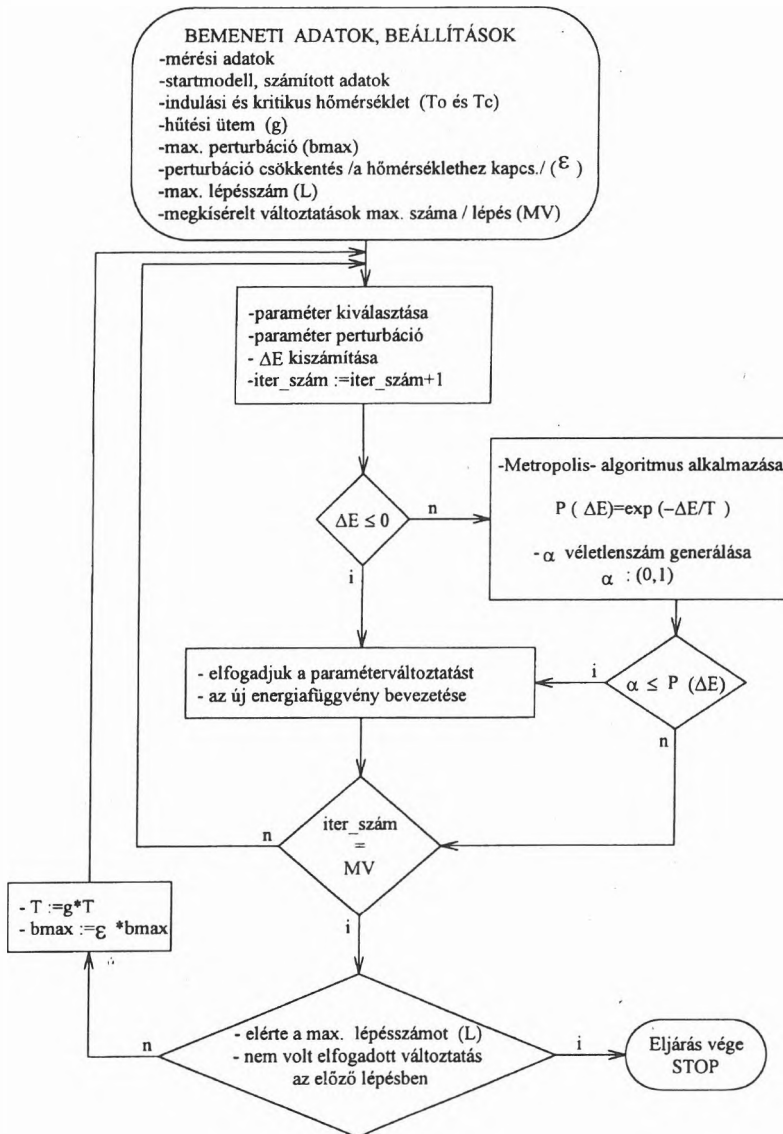
változtatások hiánya ilyenkor megnöveli a lokális minimumokba záródás veszélyét. A túl magas hőmérsékleti értékeknél pedig megfigyelhető, hogy a legtöbb, ill.  $T=1$ -től az összes változtatási kísérlet elfogadásra kerül. Ilyenkor a teljes rendezetlenség jellemzi az eljárást, melynek során állandóan távolodhatunk az eredeti problémától, ahogy ezt az ábra felső részében ábrázolt hibaátlag értékek is mutatják.

## 2.2. Folyamatábra

A 3. ábrán láthatjuk a SA előző pontoknak megfelelő folyamatábráját. A bemeneti adatokat a mérési adatok, a becsült induló modell paraméterek és az eljárást befolyásoló folyamatjellemző beállítások képezik.

Az eljárás során az algoritmus kiválaszt egy paramétert és az aktuális paraméter változtatás mértékének ( $b$ , ld. 2.1.3. pont) megfelelően megváltoztatja. Ezután következik az így kapott új paraméter érték elfogadásának vizsgálata, mellyel részletesen foglalkoztunk a 2.1.4. pontban.

Ezt egy belső ciklusban a megkísérelt változtatások maximális számának eléréséig végeztetjük (MV), majd ennek túllépésével következhet a hőmérséklet csökkentése az általunk választott hűtési módszer (ld. 2.1.5. pont) szerint. Ha az eljárás elérte a maximális lépésszámot, vagy az előző ciklus során nem volt elfogadott, sikeres változtatás, akkor a folyamat leáll.



3. ábra. A SA algoritmus folyamatábrája  
Fig. 3. Flow diagram of the SA algorithm

### 3. Numerikus eredmények

A SA eljárás tesztelésére elsőként ismert modellen generált szintetikus adatrendszert használunk.

A paraméterbecslés jóságának jellemzésére az adattérbeli távolságot — vagyis a számított adatok ( $\vec{d}^{cal}$ ) távolságát a mérési adatoktól ( $\vec{d}^{obs}$ ):

$$A = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left( \frac{d_j^{obs} - d_j^{cal}}{d_j^{obs}} \right)^2},$$

és a modell-távolságot, a becsült és az egzakt modell távolságát alkalmazhatjuk

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

#### 3.1. Tesztelés ismert modellre számított adatokon

Mint minden inverziós eljárásnál, a SA módszer-nél is igen fontos annak ismerete, hogy az eredmény milyen mértékben függ attól, hogy az iterációt a paramétertér mely pontjából indítjuk, azaz hogyan választjuk meg az induló modellt (startmodellt).

Hasonlóan fontos annak vizsgálata is, hogy az eljárás mennyire érzékeny az adatrendszer által hozott zaj nagyságára, illetve a kiugró hibákkal rendelkező adatokra. Ezeket a kérdéseket legegyszerűbben szintetikus adatrendszerek segítségével elemezhetjük.

#### Startmodell függetlenségi vizsgálatok

A linearizált inverziós eljárásokkal szemben — ahogy a bevezetésben is említettük — a SA a globális minimum meghatározására törekszik, függetlenül attól, hogy a modell térben honnan indítottuk az eljárást. Annak érdekében, hogy megmutassuk, a SA módszer eredménye nagy mértékben független az induló modell megválasztásától, az 1. táblázatban látható startmodellek alkalmazásával teszteltük az algoritmust. Mivel a vizsgált tulajdonság a refrakciós, illetve geoelektromos (független) inverzió esetén hasonlóan jellemezhető, a tesztvizsgálatokat csak az önálló refrakciós inverzió esetében végeztük el.

A felvett 5 startmodell távolsága az egzakt modelltől széles tartományt fog át, a 0%-os modell-távolságtól az igen távoli, 72%-os modell-távolságig változik.

Az 1%-os véletlenszerű Gauss-eloszlású zajjal terhelt adatok különböző startmodellekről indított inverziós tesztelési eredményeit a 2. táblázat tartal-

	1.	2.	3.	4.	5.
<b>D<sup>(ind.)</sup> [%]</b>	<b>0,00</b>	<b>34,31</b>	<b>40,23</b>	<b>60,53</b>	<b>72,00</b>
v <sub>1</sub> [m/s]	700	500	400	400	1000
v <sub>2</sub> [m/s]	1500	1300	1800	2000	2200
v <sub>3</sub> [m/s]	2300	2000	2700	3000	3200
h <sub>1</sub> [m]	3	5	4	6	6
h <sub>2</sub> [m]	6	7	5	10	12

1. táblázat. Az alkalmazott induló modellek paraméterei és távolságuk az egzakt modelltől

Table 1. Parameters of the applied startmodels and the model distances between the different startmodels and the exact model

	1.	2.	3.	4.	5.
<b>D</b>	<b>0,69%</b>	<b>0,67%</b>	<b>0,68%</b>	<b>0,67%</b>	<b>0,67%</b>

2. táblázat. Az eredménymodellek távolsága az egzakt modelltől

Table 2. The model distances between the models resulted by the inversion and the exact model

mazza. Az eredményül kapott modellek távolsága az egzakt modelltől 0,67%—0,69% tartományon belül van, tehát mondhatjuk, hogy az eljárás a különböző induló modellek esetén ugyanazt az eredményt szolgáltatotta, a lényegtelen különbségeket figyelmen kívül hagyva. Elegendő tehát egy startmodellre vonatkozóan vizsgálni az inverziós eredményeket. A további tesztelések során az 1. táblázatbeli, 2. számú startmodellből indultunk azért, hogy a linearizált és a SA inverziós módszerek összehasonlítása lehetséges legyen egy korábbi [KIS, AMRAN 1995] dolgozatban közölt eredménnyel is, amikor is szerzőtársammal ugyanezt a startmodellt és induló modellt alkalmaztuk.

#### Adatok előállítás

Az eljárás tesztelése a 3.a táblázatban látható 3-réteges modellen történt.

A VESZ elméleti adatokat Schlumberger-elrendezés szerint 27, logaritmikusan egyenközű pontban állítottuk elő, míg a refrakciós futási időket 50 pontban, 5 m-es geofontávolsággal számítottuk, ahol az első geofon távolsága a forrástól 5 m volt.

A mérési adatok szimulálása érdekében 3 típusú, egyre növekvő zajjal terhelt adatrendszereket hoztunk létre. Először 1%-os véletlenszerű Gauss-el-

oszlású zajjal terheltük az adatrendszereket (a továbbiakban (A)-típusú adatrendszerek). A méréseknél előforduló, az adatrendszerhez nem illeszkedő, ún. kiugró adatok modellezése céljából olyan adatrendszereket is létrehoztunk, melyekben az adatok véletlenszerűen kiválasztott 25%-ához további, az alapzaj 20-szorosának megfelelő zajt adtunk. Ennek megfelelően (B) esetben az 1%-os Gauss-zajjal terhelt adatrendszer 1/4-éhez további 25% zajt kevertünk. A (C) típus esetében az adatrendszer 5%-os zajt hordoz, és az adatok 1/4-e 100% extra zajt kapott.

Az inverziós eljárásokat a 3b. táblázatban látható startmodellről indítottuk.

rétegvastagság [m]	$v_p$ [m/s]	fajlagos ellenállás [ $\Omega$ m]
3,0	700,0	10,0
6,0	1500,0	50,0
féltér	2300,0	100,0

3a. táblázat. Az egzakt modell

Table 3a. The exact model

rétegvastagság [m]	$v_p$ [m/s]	fajlagos ellenállás [ $\Omega$ m]
5,0	500,0	15,0
7,0	1300,0	40,0
féltér	2000,0	105,0

3b. táblázat. A startmodell

Table 3b. The startmodel

### 3.1.1. Az (A) adatrendszeren végrehajtott inverzió eredményei

A viszonylag kis hibával terhelt adatok inverziója esetén kapott eredményeket a 4. táblázatban láthatjuk.

A táblázat első sorában található modellhiba értékek mutatják, hogy a geoelektromos önálló inverzió paraméterbecslése sokkal rosszabb, mint az önálló refrakciós vagy az együttes inverzió modell-távolsága, adattérben azonban mindhárom inverzió visszaadja a várt 1% körüli értéket. Ez azt jelenti, hogy a geoelektromos inverzió ekvivalens modellre talált, ami igen gyakori, különösen a VESZ adatok inverziója során.

Az ekvivalencia problémáját nyilvánvalóan a globális optimalizációs módszerek sem tudják kiküszöbölni, hiszen véletlenszerű, hogy két vagy akár több ugyanolyan minimum közül melyiket választja ki az eljárás. Az önálló — egy módszeren alapuló —

inverziónál fellépő ekvivalencia probléma kezelésére eredményesen alkalmazható az együttes inverzió, amely fizikailag független, különböző geofizikai módszerekből származó adatrendszereket egyesít az inverzió során [VOZOFF, JUPP 1975, DOBRÓKA et al. 1991].

A közvetlen összehasonlíthatóság kedvéért elkülönítettük az együttes inverzió eredménymodelljében a refrakciós és a geoelektromos paraméterekre vonatkozó modell-távolságot ( $D^r$  és  $D^e$ ). Mindkettőnél javulás figyelhető meg az önálló inverziós eredményekhez képest: a refrakciós paraméterek becslési hibája 0,56%-ról 0,41%-ra, a geoelektromos paramétereké 4,86%-ról 0,62%-ra csökkent.

Ha a globális inverziós módszerrel kapott eredményeket összehasonlítjuk egy linearizált inverzió, pl. a legkisebb négyzetek elve (LSQ) által szolgáltatott értékekkel, melyek egy korábban közölt [KIS, AMRAN 1995] cikkből származnak, láthatjuk, hogy a globális módszer alkalmazásával csökkentek a modellhibák. Ez különösen a geoelektromos önálló inverziónál figyelhető meg, ahol 4-szeres javulást ért el a SA, 16,5%-ról 4,8%-ra csökkent a modellhiba. De mindkét esetben megfigyelhetjük az együttes inverzió jobb paraméterbecslését is.

### 3.1.2. A (B) adatrendszeren végrehajtott inverzió eredményei

Ennél a vizsgálatnál az adatrendszerek már kiugró hibákat is tartalmaznak, így lehetőségünk nyílik az  $L_1$ - és  $L_2$ -normán alapuló energiafüggvény minimalizálásával kapott paraméterbecslés összehasonlítására. Az eredményeket a 4. ábra és az 5. táblázat tartalmazza.

Az ábrán a modell-távolságok láthatók az iterációs szám függvényében, mind az  $L_2$ , mind az  $L_1$  energiafüggvény alkalmazása esetén. Az ábra bal felében, az alacsony iterációs számoknál megfigyelhetjük, hogy nagyon sok állapotot kipróbál a SA eljárás a modell- és adattérben, amíg a magas iterációs számoknál — az ábra jobb fele — megállapodik a megoldásnál.

Ha az  $L_2$  energiafüggvényen alapuló eredményeket nézzük először, látjuk, hogy a kiugró adatok szerepeltetése jelentős romlást okozott az előző pontban bemutatott eredményekhez képest. Az ábrán jól látható, hogy  $L_1$  alkalmazása esetén kedvezőbb megoldást kaptunk. Az önálló refrakciós inverziónál például 7,03%-ról 1,45%-ra csökkent a modellhiba, amikor  $L_2$  helyett  $L_1$  energiafüggvényt alkalmaztunk. A másik két esetben is (önálló geoelektromos, ill. együttes inverzió) hasonló — négy- vagy ötszörös — javulást figyelhetünk meg.

		refrakciós	geoelektromos	együttes	
SA	Modelltávolság D [%]	0,56	4,86	0,50	$D^r=0,41$ $D^e=0,62$
	Adattérbeli eltérés A [%]	0,88	1,04	0,92	
LSQ	D [%]	0,73	16,56	0,60	
	A [%]	0,88	1,22	0,92	

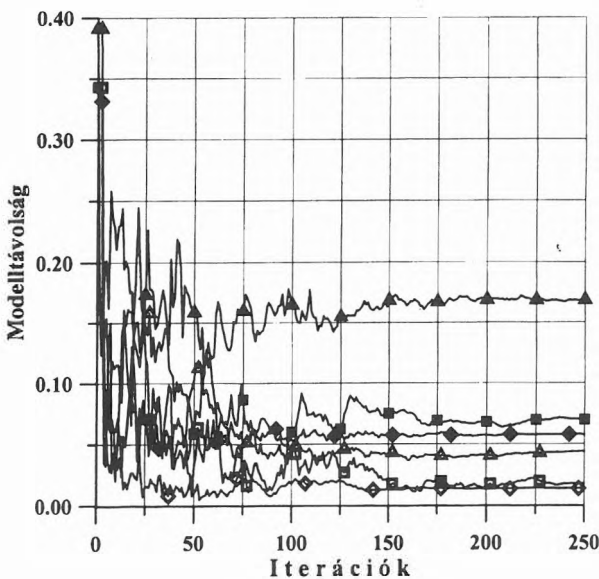
4. táblázat. Az 1%-os Gauss-hibával terhelt adatok inverziójának eredményei. A simulated annealing (SA), ill. egy linearizált inverzió, a legkisebb négyzetek módszere (LSQ) által kapott eredményeket tartalmazza a táblázat

Table 4. The results of the inversion of data sets containing 1% Gaussian noise. The table contains the results obtained by simulated annealing (SA) and the linearized Least Squares (LSQ) inversion

		refrakciós	geoelektromos	együttes	
SA ( $L_2$ )	Modelltávolság [%]	7,03	16,89	5,71	$D^r=4,51$ $D^e=6,46$
	Adattérbeli eltérés [%]	5,21	5,47	5,26	
SA ( $L_1$ )	Modelltávolság [%]	1,45	4,42	1,34	$D^r=0,72$ $D^e=1,63$
	Adattérbeli eltérés [%]	5,5	6,02	5,68	

5. táblázat. Az 1%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek inverziójának eredményei,  $L_2$ , ill.  $L_1$  energiafüggvény alkalmazása esetén

Table 5. The results of inversion of data sets containing 1% Gaussian noise and outliers, in case of applying  $L_2$  and  $L_1$  energy functions



Emellett mindkét energiafüggvény esetén megint csak az együttes inverzió alkalmazásával kaptunk pontosabb eredménymodellt. Például  $L_1$  alkalmazásakor a geoelektromos paraméterekre 4,42% helyett 1,63%-ra csökkent a meghatározandó modellparaméterek hibája.

4. ábra. Az 1%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatok inverziójának eredményei. Refrakciós (négyzetek), geoelektromos (háromszögek) és az együttes inverzió (rombuszok) által szolgáltatott modelltávolságok  $L_2$  (kitöltött szimbólumok) és  $L_1$  (üres szimbólumok) norma alkalmazása esetén

Fig. 4. The results of inversion of data containing 1% Gaussian noise and outliers. Model distances of independent refraction (squares), geoelectric (triangles), and joint inversion (rhombuses) in every iteration steps, in case of applying  $L_2$  norm (filled symbols) and  $L_1$  norm (empty-centred symbols)

### 3.1.3. A (C) adatrendszeren végrehajtott inverzió eredményei

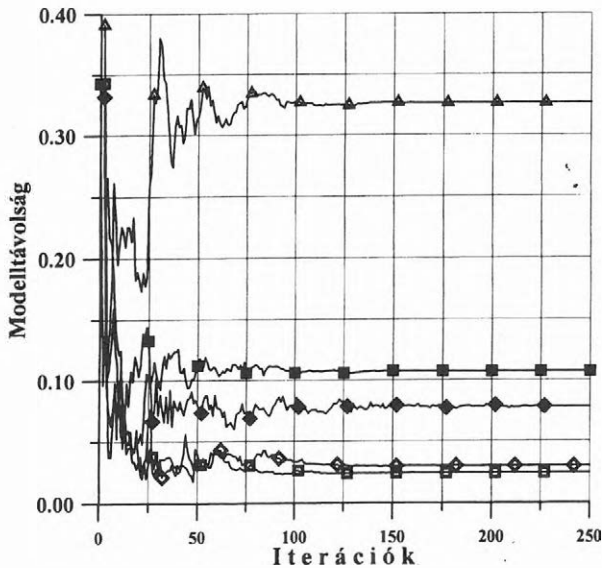
Az igen durva hibával terhelt adatrendszerek inverziójának eredményeit az 5. ábrán és a 6. táblázatban találjuk. Az ábrán hiába keressük az  $L_2$  ener-

giafüggvényen alapuló önálló geoelektromos inverzió eredményeit, ugyanis ez esetben nem kaptunk elfogadható eredményt, eltévedt az eljárás. Nagyon szép példát láthatunk viszont arra, hogy az együttes inverzió a refrakciós paraméterekkel közös rétegvas-

		refrakciós	geoelektromos	együttes	
SA ( $L_2$ )	Modelltávolság [%]	10,73	elszállt, 2000	7,82	$D^r=6,0$ $D^e=10,0$
	Adattérbeli eltérés [%]	20,39	20,76	19,05	
SA ( $L_1$ )	Modelltávolság [%]	2,41	32,62	2,98	$D^r=1,28$ $D^e=4,98$
	Adattérbeli eltérés [%]	21,20	20,46	19,73	

6. táblázat. Az 5%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatrendszerek inverziójának eredményei,  $L_2$ , ill.  $L_1$  energiafüggvény alkalmazása esetén

Table 6. The results of inversion of data sets containing 5% Gaussian noise and outliers, in case of applying  $L_2$  and  $L_1$  energy functions



5. ábra. Az 5%-os Gauss-hibával és kiugró adatokkal terhelt adatok inverziójának eredményei. Refrakciós (négyzetek), geoelektromos (háromszögek) és együttes inverzió (rombuszok) által szolgáltatott modelltávolságok  $L_2$  (kitöltött szimbólumok) és  $L_1$  (üres szimbólumok) norma alkalmazása esetén

Fig. 5. The results of inversion of data containing 5% Gaussian noise and outliers. Model distances of independent refraction (squares), geoelectric (triangles), and joint inversion (rhombuses) in every iteration steps, in case of applying  $L_2$  norm (filled symbols) and  $L_1$  norm (empty-centred symbols)

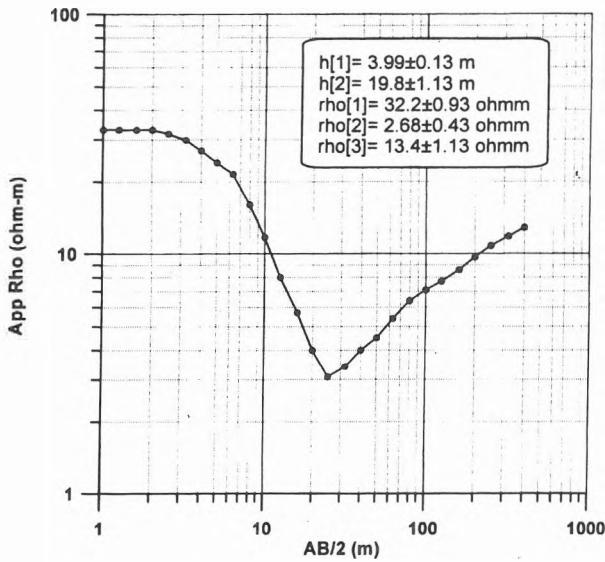
tagságokon keresztül megfogta a geoelektromos paramétereket, nem engedte azokat eltávolodni.

Az  $L_2$  helyett az  $L_1$  energiafüggvény alkalmazásával a paraméterterben ismét ötszörös javulást értünk el, és még az önálló geoelektromos inverziónál is kaptunk eredményt, igaz, hogy nem olyan pontosat, mint szeretnénk. Az együttes inverzió és az  $L_1$ -norma segítségével viszont az igen durva hibájú adatrendszereknél is viszonylag jó becslést kaptunk, refrakciós paraméterekre 1,28%-os, geoelektromos paraméterekre 4,98%-os paraméterbecslési hibával.

### 3.2. Tesztelés geoelektromos VESZ terepi adatokon

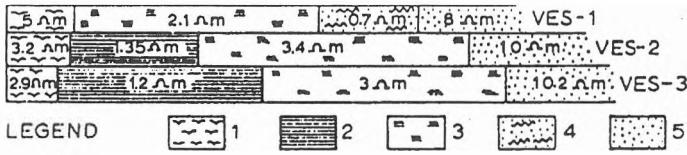
Miután az ismert modellre számított adatrendszerek segítségével meggyőződünk a módszer hatékonyságáról, terepi adatsoron folytathatjuk a tesztelést.

Az általam használt terepi adatsort, amely a 6. ábrán látható, SEN et al. [1993] közölte a *Geophysics*-ben. A szerzők az adatokat Schlumberger-elektrod-elrendezéssel gyűjtötték üledékes területen, ahol homok, agyag, kőzetlisztes rétegek találhatóak, melyeket vékony alluviális üledékréteg borít. A mérési területre vonatkozó előzetes geológiai modellt BHATTACHARYA, PATTRA [1968] alapján a 7. ábrán mutatjuk be. A szerzők által megadott, az adatsorra vonatkozó paramétereket is feltüntettem a 6. ábrán,

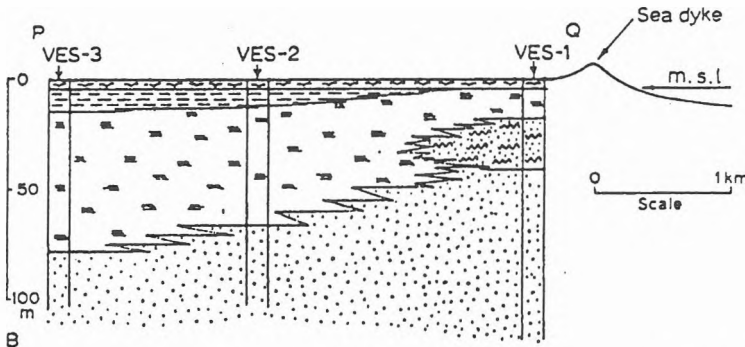


6. ábra. A felhasznált VESZ terepi adatsor, és a megadott paraméterek [SEN et al. 1993]

Fig. 6. Field data for vertical electrical sounding, which have been used for the SA inversion [SEN et al. 1993]



A



B. Geological section along PQ prepared from the information given in A. Key: 1 = alluvium (3–5 Ωm); 2 = plastic clay (1–2 Ωm); 3 = silt and sand (3–4 Ωm); 4 = salt water bearing fine sand (< 1 Ωm); 5 = medium clay sand (8–12 Ωm).

7. ábra. A mérési területre vonatkozó geológiai modell [BHATTACHARYA, PATTRA 1968, p. 125]

Fig. 7. Geological section concerning the measured area [BHATTACHARYA, PATTRA 1968, p. 125]

ezekhez tudjuk később viszonyítani a kapott eredményeket.

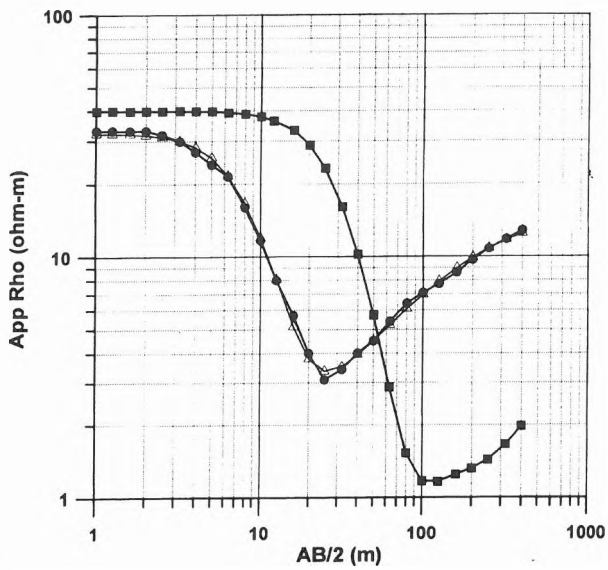
Nagyon távoli startmodellt választva indítottuk a SA inverziót. A 8. ábrán az induló modell adatsora és a SA által szolgáltatott eredmény látható a terepi adatsor mellett. A távolról indított inverzió által szolgáltatott eredmény adatsora láthatóan jó egyezésben van a terepi, mért adatsorral. A kapott paramétereket a 7. táblázatban tüntettem fel, a SEN et al. [1993] által megadott és a startmodell paraméterek mellett. Az eredmény tökéletesen visszaadta a megadott paraméterértékeket.

Terepi adatrendszeréknél előfordulhat, hogy az egyik mérési adatot valamilyen okból nagyobb hibával vagy zajjal mértük meg. Tegyük fel, hogy az egyik adatot valamilyen okból itt is pontatlanabban kaptunk meg. Egy adat elrontásával a 9. ábrán látható görbét kaptunk. Az adat eredeti helye csillaggal van jelölve az ábrán. A hibás adatot vizuálisan nem lehet kiszűrni. Ha az első típusú energiafüggvényt alkalmazzuk, vagyis az eltérés  $L_2$ -normáját minimalizáljuk az SA algoritmus, a 8. táblázat 2. oszlopában látható eredményt kapjuk.

Az egyetlen nagyobb hibával rendelkező adat elrontotta az eredményt, a második réteg vastagságára 22 m helyett 14,5 m-t kaptunk. Ilyen kismélységű kutatásnál, 26 méteres mélységnél 8 méteres tévedés jelentős hibának számít. Emellett a második réteg fajlagos ellenállására sem a megfelelő eredményt kaptunk, 2,5 Ωm helyett 1,7 Ωm-t kaptunk.

Ugyanezen adatsoron a második típusú energiafüggvényt, vagyis az eltérés  $L_1$ -normáját alkalmazva, a második oszlopban láthatjuk a kapott paramétereket. Az eredmény így már a valóságot tükrözi, a második réteg vastagságára 22,25 m-t, fajlagos ellenállására 1,5 Ωm-t kaptunk.

Ez a példa is alátámasztja a szintetikus adatokkal igazolt megállapítást az  $L_1$ -norma lokális vagy globális minimalizálásának kiugró adatokkal szembeni nagyobb rezisztenciájára.



8. ábra. A terepi adatsor inverziójának eredménye. A startmodellhez tartozó adatsor (négyyszögek), és a terepi adatok (körök) ill. a becsült modell adatsorának (háromszögek) összehasonlítása

Fig. 8. Inversion of three layer field data. The data concerning the start model (squares), and comparison between field data (circles) and theoretically computed data (triangles)

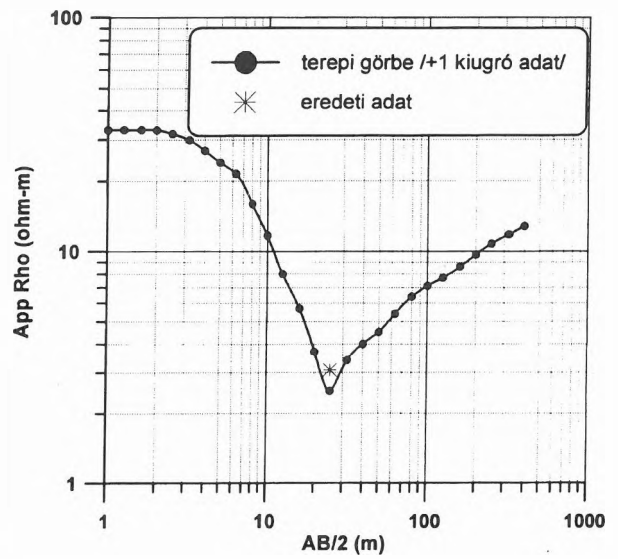
	Célmodell	Startmodell	SA
$h_1$ [m]	4±0,13	15	4,11
$h_2$ [m]	20±1,13	200	21,87
$\rho_1$ [ $\Omega$ m]	32,2±0,93	40	32,32
$\rho_2$ [ $\Omega$ m]	2,6±0,43	0,5	2,51
$\rho_3$ [ $\Omega$ m]	13,4±1,13	30	14,79

7. táblázat. A SEN et al. által megadott paraméterek (1. oszlop), a SA inverziós eljárás induló modellje (2. oszlop) és a kapott modellparaméterek (3. oszlop)

Table 7. The model parameters by SEN et al. (1. column), the start model (2. column) and the model obtained by the means of SA inversion method

#### 4. Összefoglalás

A simulated annealing (SA) egy globális optimalizációs módszer, és mint ilyen, általában nem igényel jó kezdeti modellbecslést. Eme tulajdonságát az önálló refrakciós inverzió esetében vizsgáltam, ahol bemutattam, hogy a SA módszer még abban az esetben is megtalálta a keresett szerkezetet vagy modellt, amikor igen távoli startmodellről indítottam az eljárást.



9. ábra. A terepi adatok közül egynek az elrontásával kapott „mérési” görbe

Fig. 9. The 'field' curve, when one of the field data is damaged

	Célmodell	$L_2$	$L_1$
$h_1$ [m]	4,11	4,3	4,0
$h_2$ [m]	<b>21,87</b>	<b>14,7</b>	<b>22,2</b>
$\rho_1$ [ $\Omega$ m]	32,32	32,0	33,2
$\rho_2$ [ $\Omega$ m]	<b>2,51</b>	<b>1,7</b>	<b>2,5</b>
$\rho_3$ [ $\Omega$ m]	14,79	14,6	14,9

8. táblázat. A célmodell paraméterei és az  $L_2$ , illetve az  $L_1$  energiafüggvény alkalmazásával kapott eredmények

Table 8. Parameters of the target model and the results of applying  $L_2$  and  $L_1$  energy functions

Önálló geoelektromos inverzió alkalmazásánál általában nagyobb annak a veszélye, hogy ekvivalens, vagy közel ekvivalens modellre találnak az inverziós eljárások. Mivel ilyenkor az optimalizálandó függvény értékei a különböző minimumokban jó közelítéssel megegyeznek, véletlenszerű, hogy melyik minimumot találja meg az inverziós eljárás. E tekintetben nincs különbség aközött, hogy lokális (linearizált) vagy globális inverziót végzünk, hiszen jelleménél fogva egyik módszer sem képes megoldani az ekvivalencia problémát, vagy úgy is mondhatnánk, hogy éppen olyan eredményes a linearizált inverzió, mint a globális.

Ezen vizsgálatokban bemutattam, hogy az ekvivalencia probléma kiküszöbölésére nemcsak a linearizált, de a globális optimalizációs módszereknél is az *együttes inverzió* alkalmazása szükséges, mely eredményesen választja ki a közel ekvivalens vagy ekvivalens modellek közül a keresett szerkezetet.

A kiugró adatokat is tartalmazó adatrendszerekkel kapcsolatban kétféle normán alapuló objektív függvény alkalmazását vizsgáltam a simulated annealing inverziós módszerrel. Mint tudjuk, a linearizált eljárásoknál az  $L_2$ -normán alapuló legkisebb négyzetek elve (LSQ) kitüntetett helyzetben van, mivel bármely más norma alkalmazásakor nemlineáris egyenletrendszer megoldásával kapcsolatos numerikus problémákkal kell szembenéznünk. A globális optimalizációs módszerek, így a simulated annealing alkalmazásakor nem lép fel ilyen probléma, ekkor az  $L_2$  mellett számos norma alkalmazását lehet ugyanolyan körülmények (számítási módszer, gépidő stb.) között vizsgálni. Jelen dolgozatban az  $L_2$ - és az  $L_1$ -normán alapuló objektív függvényt (SA esetében energiafüggvényt) alkalmaztam és megállapítottam, hogy  $L_1$ -normát minimalizálva kiugró adatokat tartalmazó adatrendszer esetén is visszkapjuk a helyes megoldást, amikor az  $L_2$ -normán alapuló inverzió megoldással nem tud szolgálni.

## HIVATKOZÁSOK

- BASU A., FRAZER L. N. 1989: Rapid determination of critical temperature in simulated annealing inversion. *Science* **249**, 1409–1412
- BHATTACHARYA P. K., PATTRA H. P. 1968: Direct current geoelectric sounding. Principles and interpretation. *Methods in geochemistry and geophysics* **9**. Elsevier Publishing Co., Amsterdam-London-New York
- DITTMER J. K., SZYMANSKI J. E. 1995: The stochastic inversion of magnetics and resistivity data using the simulated annealing algorithm. *Geophysical Prospecting* **43**, 397–416
- 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
- KIS M., AMRAN A. 1995: Refrakciós időadatok, felületi hullám diszperziós adatok és egyenáramú geoelektromos adatok joint inverziója. *Magyar Geofizika* **36**, 4, 289–296
- MENKE W. 1984: *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press Inc.
- METROPOLIS N., ROSENBLUTH M. N., TELLER A. H., TELLER E. 1953: Equation of state calculations by fast computing machines. *J. Chem. Phys.* **21**, 1087–1092
- ROTHMAN D. H. 1985: Non-linear inversion, statistical mechanics, and residual statics estimation. *Geophysics* **50**, 2784–2796
- ROTHMAN D. H. 1986: Automatic estimation of large residual statics corrections. *Geophysics* **51**, 332–346
- SEN M. K., STOFFA P. L. 1991: Non-linear one-dimensional seismic waveform inversion using simulated annealing. *Geophysics* **56**, 1624–1638
- SEN M. K., BHATTACHARYA B. B., STOFFA P. L. 1993: Non-linear inversion of resistivity sounding data. *Geophysics* **58**, 496–507
- VOZOFF K., JUPP D. L. B. 1975: Joint inversion of geophysical data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* **42**, 977–991

# *A soproni Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben végzett elektromágneses indukciós kutatások története*

(A szerkesztőség megjegyzése: Az alábbi cikk először a *Deutsche Geophysikalische Gesellschaft, Arbeitskreis Geschichte der Geophysik* (Német Geofizikai Egyesület Geofizikatörténeti Munkacsoport) nem rendszeresen megjelenő *Mitteilungen* (Közlemények) sorozatának 1995/1. füzetében jelent meg, angolul. Címének megfelelően az MTA GGKI-ben, illetve a vele szorosan együttműködő intézményekben, főként a természetes elektromágneses tereken alapuló módszerek fejlesztésében, ezen módszerek alkalmazásában elért eredményeket foglalja össze. A *Magyar Geofizikában* megjelenő történeti sorozat számára magyarra fordította VERŐ László.)

## **Az indukciós kutatások kezdete — a tellurikus módszer bevezetése**

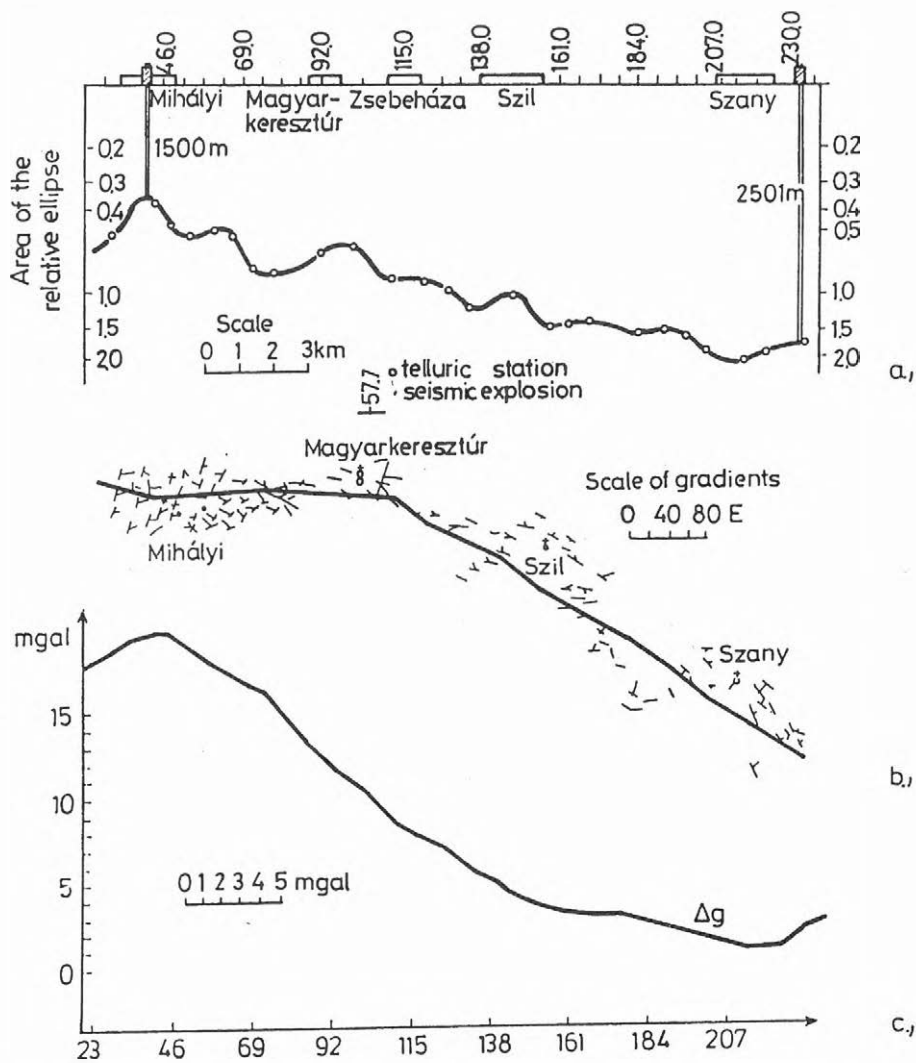
A mérnökök geofizikai képzése az ötvenes évek elején kezdődött 1951 őszén, az akkori Nehézipari Műszaki Egyetemen, Sopronban. Ebben a képzésben az újonnan alapított Geofizikai Tanszék és vezetője, KÁNTÁS Károly professzor játszott kiemelkedő szerepet. Soproni kinevezése előtt KÁNTÁS professzor lyukgeofizikával foglalkozott a magyarországi szénhidrogén-kutatás nagykanizsai bázisán. Abban az időben a lyukszelvényeket Schlumberger-műszerekkel rögzítették, amelyekben nagy érzékenységű ( $10^{-8}$ – $10^{-9}$  A/mm/m) Picard-galvanométerek voltak. KÁNTÁS felismerte, hogy ezek a galvanométerek felhasználhatók tellurikus mérésekre. Ezt a módszert, amely a földi áramok változásainak mérésén alapul, a SCHLUMBERGER testvérek vezették be és a Schlumberger cégnél dolgozó magyar származású tudós, KUNETZ Géza fejlesztette tovább. A tellurikus medencekutató módszer első kísérleti méréseit TAKÁCS Ernő, EGERSZEGI Pál és a Tanszék más munkatársai végezték egy kísérleti műszerrel. Ezekkel a mérésekkel elsőként a Soproni-hegység nagy vetőjét akarták kimutatni, amely az Alpok keleti határa. Ezután következett egy hosszabb szelvény Mihályi és Szany között, Soprontól keletre, a Kisalföld területén. Itt mind az Eötvös-ingával végzett mérések, mind a szeizmikus mérések jelezték egy, a fogalmak klasszikus értelme szerinti szinklinális–antiklinális szerkezet meglétét az ausztróalpi takarós szerkezeten belül. Ezt a nevezetes tellu-

rikus szelvényt mutatjuk be az *1. ábrán*, az Eötvös-inga mérések eredményeivel együtt, KÁNTÁS egyik első, 1954-es publikációja nyomán. A módszernek ez a sikere indította arra az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetet, hogy módszerei fegyvertárába felvegye a tellurikus módszert. Itt jelentősen tovább javították a módszert és ma is tartó tevékenységük révén Magyarország területének nagy részét felmérték tellurikus módszerrel, lehetővé téve így az alaphegység mélységtérképének megszerkesztését.

Az első tellurikus mérésekhez használt kísérleti műszer a Tanszék műhelyében készült. 1955-ben KÁNTÁS professzor együttműködést javasolt a budapesti Központi Földtani Hivatal és a kínai Geológiai Minisztérium között, azzal a céllal, hogy küldjenek magyar szénhidrogén-kutató geofizikai expedíciót Kínába. Ezért ÁDÁM Antal tervei (1956) szerint új tellurikus műszereket építettek, amelyeket sorozatban is lehetett gyártani.

1955 októbere és 1956 januárja között magyar geofizikusok egy csoportja — tellurikus, szeizmikus és lyukgeofizikai szakértők — tartózkodott Kínában, ÁDÁM Antal és TAKÁCS Ernő voltak a tellurikus szakértők. A magyar műszerek egy hónapig voltak kiállítva a pekingi Ég Templomában és előadások hangzottak el felépítésükről és alkalmazásukról. Ezután bemutató mérések következtek Lin-Csinben, a Császári Csatorna partján, egy feltételezett sódóm helyzetének kimutatására tellurikus módszerrel. A háromhetes mérés kedvező eredményeket adott. Ennek következményeképp a magyar geofizikai szénhidrogén-kutató expedíció megbízást kapott arra, hogy az 1956 nyarát követő négy évben méréseket végezzen szénhidrogén felderítése céljából Kína különböző részein. Az expedíció egyik része volt egy tellurikus csoport négy műszerrel, a személyzet a Geofizikai Tanszék és a Magyar Tudományos Akadémiának a Tanszéken nem sokkal korábban létrehozott Geofizikai Kutató Laboratóriuma tagjaiból verbuválódott. (A Laboratórium később, 1970-ben, a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének (GGKI) egy részlege lett.)

1956-ban összehasonlító földi áram méréseket végeztek a pekingi földmágneses obszervatóriumban és Sopronban, hasonlóan a KUNETZ által 1952-ben szervezett világméretű mérésekhez. Az ebből a mé-

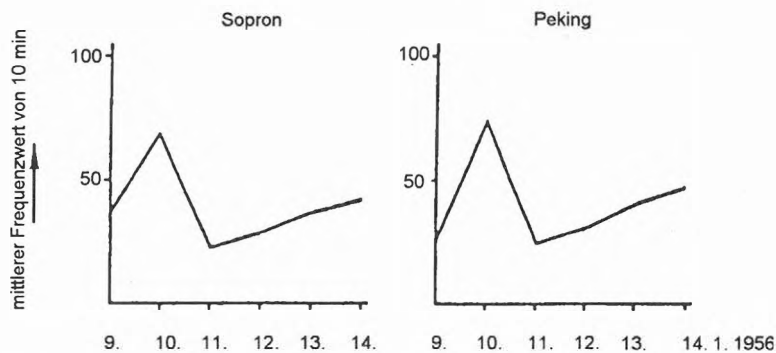


1. ábra. (a) Tellurikus és (c)  $\Delta g$  szelvény a Mihályi antiklinális és a Szany szinklinális között és (b) a szelvény térképe a gravitációs gradiensekkel, Eötvös-inga mérések alapján [KANTÁS 1954]

résből kapott regisztrátumokat több, különböző módszerrel dolgozták fel. Az eredmény meglepő volt: a földrajzi hosszúságban meglévő mintegy  $100^\circ$ -nyi különbség ellenére a nappali pulzációk amplitúdóinak változásai nagyon hasonlóak voltak, az

amplitúdó értékek szorosan korreláltak (2. ábra, ÁDÁM 1958).

Mint említettük, ennek az expedíciónak a műszereit Sopronban készítették. Mivel Magyarország megrendelést kapott mintegy 50–60 tellurikus mű-



2. ábra. A földi áram pulzációk teljes ciklusának átlagos száma 10 perces időközönként Pekingben és Sopronban, 1956. január 9. és 14. között [ÁDÁM 1958]

szerre, a Geofizikai Mérőműszerek Gyára egy műhelyt hozott létre Sopronban ezek elkészítésére, 20 munkással, ÁDÁM vezetése alatt.

A Sopronban előállított jelentős számú műszert ellenőrizni kellett. Ez a lehetőség adta a Geofizikai Laboratórium munkatársainak azt az ötletet, hogy egyidejű regionális tellurikus méréseket végezzenek Magyarországon a különböző földtani szerkezetek és a földmágneses pulzációk finom szerkezetének összehasonlító vizsgálatára.

Az első ilyen regionális mérések 1959-ben hat állomáson történtek Magyarország nyugati részén, a Dunántúlon, köztük volt a Nagycenki és Tihanyi Obszervatórium és más állomások az ezen mérések fő bázisának tekintett Nagycenk 150 km-es környezetében. A meglehetősen kezdetleges műszer és a szokatlanul rossz időjárás ellenére minden állomáson mintegy három napnyi regisztrátum készült, 20 mm/perc filmsebességgel.

A második mérésorozatot a Nagycenki Obszervatórium közelében lévő állomásokon végezték azzal a céllal, hogy információt kapjanak az állomás szűkebb, 20 km-nyi környezetéről. Ebben az esetben a fő nehézséget az osztrák–magyar határ közelsége jelentette, amely ebben az időben hermetikusan le volt zárva és átjárhatatlan volt. Ezért külön engedélyre volt szükség ahhoz, hogy az éjszakát sátrakban tölthessék a határtól csak 5 km-re. A műszereket ezen mérések során a sátrakban lévő akkumulátorokról működtették; itt folyt minden tevékenység, beleértve a filmek előhívását is.

A Nagycenki Obszervatóriumot ugyanazokkal a T09 típusú műszerekkel szerelték fel, mint amelyeket Kínába exportáltak. Az obszervatóriumi használat kívánalmainak megfelelően az akkumulátoros táplálást váltóáramú hálózati táplálással helyettesítették és a két műszer közül az egyiket 25 mm/órás filmsebességre is alkalmassá tették, hogy „normális” földi áram regisztrálásra is használható legyen. A nagyobb, 20 mm/perc filmsebességű műszert a Nemzetközi Geofizikai Év és Együttműködés világnapjain és különleges alkalmakkor működtették, például amikor a regionális méréseket végezték. Később, 1961-ben egy kissé módosított műszertípust, a T14-et [ÁDÁM, VERŐ 1958] kezdték használni a földmágneses pulzációk gyors regisztrálására, 6 mm/perc sebességgel.

A regionális mérések tekintélyes mennyiségű, feldolgozásra váró földi áram regisztrátumot eredményeztek. Ezen túlmenően ezeket a méréseket folytatni kellett, mert Magyarország érdekelt volt az aljzat szerkezetének kutatásában, szénhidrogén-kutatási céllal. Ezért a kísérleti méréseket módszertani

fejlesztés kísérte. Ennek a fejlesztésnek célkitűzése volt az adatfeldolgozás javítása és automatizálása, a geológiai információ kinyerése a tellurikus ellipszisekből, a tellurikus mérések értelmezéséhez szükséges korrekciós mérések és ezen korrekciók módszereinek kialakítása.

A feldolgozás általánosan használt módszere KUNETZ totális ellipszise volt, „abszolút ellipszisek” formájában, amelyek megadják a tellurikus változások nagyságát és irányát homogén (azaz minden irányban egyformán valószínű és egyforma amplitúdójú) mágneses változások esetén. VERŐ [1960] egy statisztikus módszert dolgozott ki, amely a tellurikus összetevők időbeli deriváltját (az érintőket az analóg regisztrátumokon) használta fel az abszolút ellipszisek számítására és a bázisállomáshoz (az Obszervatórium) viszonyított relatív ellipszisekké való transzformáláshoz és ahhoz, hogy stabilizált abszolút ellipsziseket kapjon az Obszervatórium különböző periódus tartományokra vonatkozó időszakos és átlagos ellipsziseinek felhasználásával. Ezeknek a vizsgálatoknak jelentős eredménye volt az, hogy a különböző periódus tartományokban az abszolút ellipszisek lényegesen különböznek egymástól. A 15 s-nál rövidebb és a 30 s-nál hosszabb periódusú pulzációkból szerkesztett ellipszisek közelebb vannak a körhöz, míg a 20 s körüli pulzációkból szerkesztettek, amelyek K—Ny irányban megnyúltak. A K—Ny-i elektromos komponens nagyjából megfelel az É—D-i mágneses összetevőnek, és ahogy ez ma már ismert, ennek a komponensnek a túlsúlya a földmágneses tér erővonalai rezonanciáinak tulajdonítható, amelyek olyan mágneses teret hoznak létre a felszínen (figyelembe véve az ionoszféra hatását) mint egy É—D-i irányú hullámtér. Mivel az abszolút ellipszisekről megállapították, hogy függenek a periódustól, magától értetődően a stabilizált abszolút ellipsziseket a mozgó állomásokon is meghatározták külön-külön az egyes periódusokra. Az volt a feltevés, hogy ezek hasonlóak lesznek a báziséhoz, ha az elektromos tér nem hatol le az alaphegység mélységéig. Az első mérési sorozat eredményeként olyan relatív ellipsziseket kaptak, amelyek általában alig-alig változtak a periódus függvényében. A különböző periódusokhoz tartozó relatív ellipszisek közti lényeges különbségek az állomás alatti földtani szerkezetben lévő különbségeket fejeznék ki.

Visszatérve a földi áram regisztrátumok feldolgozásához, TAKÁCS Ernő [1964] egy szellemes segédeszközt alkotott a „totális” ellipszis megszerkesztéséhez szükséges harmadik összetevő meghatározására, amely többnyire az északi és keleti össze-

tevő közti szögfelező irányába esik. A hatvanas évek első felében egy digitális műszer is született a totális változások (az összes változás algebrai összege) három irányban való közvetlen meghatározására, optikai kvantálással. Az elvet még ma is használják a Eötvös Loránd Geofizikai Intézet nagy hatékonysággal működő elektronikus digitális műszerében.

A tellurikus abszolút és relatív ellipszisek az ellenállásnak azt az irányfüggését fejezik ki, amely vagy a földtani szerkezettel, vagy a kőzetek anizotrópiájával van kapcsolatban. A földtani/tektonikai szerkezetek és tellurikus ellipszisek közti kapcsolatot analóg modelleken vizsgálták [ÁDÁM 1961], mivel abban az időben numerikus modelleket még nem lehetett számítani.

A tellurikus módszer fő paramétere a vezetőképesség aránya a bázis és mozgó állomáson ( $S=h/\rho$  = az üledékvastagság/átlagellenállás). Ha az  $S$  vagy  $h$  értékét, azaz az üledékes medence mélységét kell meghatározni, akkor az  $S$ ,  $h$  és  $\rho$  értékét ismerni kell a bázison, továbbá az üledékek átlagos ellenállását is ismerni kell a mozgó állomásnál. A hatvanas években az ellenállást nagy behatolási mélységű dipól ekvatoriális elrendezésű szondázásokkal határozták meg, ahol a több km-es áramdipól és a km-t elérő hosszúságú mérődipól távolsága több tíz km is volt. Az áramforrás nagy teljesítményű egyenáramú generátor volt, GE30, majd GE40 típusú kapcsolóművel, majd a magnetotellurikus (MT) szondázások nagymértékű bevezetésével a korrekciókat az A tellurikus ellipszis és az MT paraméterek közti kapcsolat segítségével határozták meg. Ezen méréseknek köszönhetően az alaphegység mélységének tellurikus adatokból szerkesztett térképe Magyarországon sokkal megbízhatóbb, mint a megfelelő gravitációs térkép. Ez utóbbi ugyanis mélyebb, a medencealjzat alatti, az alsó kéregben vagy a felső köpenyben lévő testek hatását tükrözi, például a délkelet-magyarországi Békési-medence területén.

A regionális tellurikus mérések a hatvanas évek végéig folytatódtak. A GGKI évenként mért négy-nyolc állomásán túlmenően a többi csoport, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, a Geofizikai Kutató Vállalat és a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszéke által mért bázisállomások regisztrátumait is ugyanazzal a módszerrel dolgozták fel. (Itt kell megjegyezni, hogy a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékének nagyon szoros kapcsolata volt a GGKI-vel, mivel az előbbi utódja a KÁNTÁS professzor által vezetett soproni Geofizikai Tanszéknek. Az egyetemet Sopronból áthelyezték Miskolcra, mert az osztrák határ túl közel volt Sopronhoz az akkori vezetők számára és ez a határ, sőt még a környéke is, a

határsáv, zárva volt a legtöbb magyar számára is.) Így mintegy 100 állomás van Magyarország területén, mindenhol, ahol csak tellurikus mérés lehetséges. A pontoknak két csoportja volt: az úgynevezett „gyors” állomások, ahol csak a 10-től néhány száz s-ig terjedő periódus tartományt mérték, és a „normál” állomások, ahol a néhány ezer s-os periódusokat is mérték. A többi csoporttól kapott legtöbb bázis állomás és a GGKI által mért állomásoknak durván a fele tartozott a gyors csoporthoz, ezért az összes állomás mintegy egynegyedén kapták meg a „relatív tellurikus terület” és a periódus közti összefüggés hosszú periódusú részét. Az állomásokat először a tellurikus ellipszis területével jellemezték, amely közelítőleg megadta az üledékes öszlet ellenállását és vastagságát, majd egy olyan értékkel, amely jellemezte a terület változását a periódus függvényében. Ez utóbbi jelzett néhány olyan területet, ahol a tellurikus ellipszis területe meglehetősen erősen csökkent a periódus növekedésével. Ilyen területeket találtak a Dunántúl déli részén, Pécestől keletre, aztán Északnyugat-Magyarországon, Miskolctól északra, de a legfontosabb a Balatontól északra lévő volt. Ez utóbbi anomália felfedezésének érdekes története van. A hatvanas évek közepén valamennyire javultak a tellurikus mérések műszerei, de a műszerek állandó felügyeletet igényeltek, mert akkumulátorról működtek. (Később a generátorok folyamatosabban szolgáltatták az áramot és egy jelzés figyelmeztetett, ha a fény kikerült a látótérből, így az észlelőnek több pihenésre volt lehetősége az éjszaka folyamán.) Egy nagyon forró nyári időszak után egy nagyon erős hidegfront következett. Ennek a frontnak első zivatarai a mérőcsoportot a sárosdi állomáson érték el. Itt egy vihar alatt a csoport sátrától mintegy 100 m-re lévő fába csapott a villám. A csoport az eseményeket a gépocsiből figyelte. A műszer be volt kapcsolva és később megállapították, hogy a fények egy meglehetősen hosszú időre kimentek a látómezőből, körülbelül egy órára, aztán ismét visszatértek a normális szintre, mintha valami sztatikus töltés lett volna a talajban. Egy ilyen töltés nagyon valószínűtlennek látszik, bár hasonló jelenség játszódott le több alkalommal is az Observatóriumban, mikor villámcsapások után (ezekben az esetekben azonban nem látták a villámot, így nem tudták, hová csapott be) a jelek hosszú időre eltűntek. Ennek a hatásnak a forrása ismeretlen maradt. Sárosdról a csoport a Bakonyba, Bakonybélre ment, a Balatontól északra. Meglehetősen rossz időjárásban kora délután tudták felállítani az állomást egy kis völgyben, a Gerencepatak közelében. A patak másik oldalán, ahová egy

kis híd vezetett, egy úttörőtábor volt. Az eső egész délután nem állt el és több zivatar is volt. Ezért a csoport tagjai a meglehetősen szokatlan, kizárólag 10 s-nál rövidebb periódusokból álló változásokat a villámoknak tulajdonították. Az éjszaka folyamán a sátorból is jól lehetett hallani a patak vízszintjének emelkedését. Reggelre a patak medre megtelt és a víz elérte a híd alját. Egy beteg gyereket a csoport kocsijával vittek be a legközelebbi faluba. Míg távol volt, a földmágneses vihar még erősebbé vált, a változások majdnem elérték az (analog) műszer látómezejének határát. De csak rövid periódusú változások voltak láthatók. Mikor a kocsi visszatért, a híd már eltűnt a vízben és a gyerekek a táborból gyalog indultak a közeli faluba, ami nehéz feladat volt számukra és az állomást is fel kellett adni. Az ezt a viharos esőzést követő áradás több áldozatot követelt, a völgyben lévő utat rögtön azután le kellett zárni, hogy a csoport elhagyta az állomást. Otthon a felvételeket előhívták és nagy meglepetéssel látták a

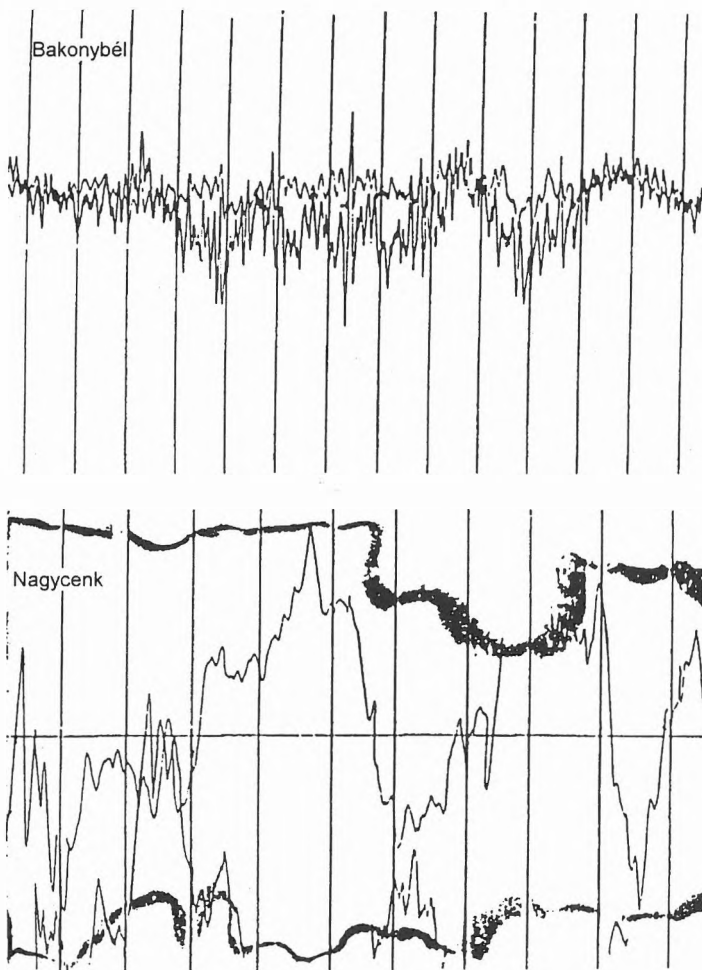
regisztrált jeleket: mintha az Observatórium nagyon viharos regisztrátumait, amelyeken a hosszú periódusú változások voltak az uralkodók, mintegy 20 s-os levágási periódussal megszürték volna, csak a nagyon szabályos, rövid periódusú változások voltak láthatók (3. ábra). Ezek a felvételek mindmáig egyedülállóak maradtak, mert a két feltétel, nagyon jó vezető a mérési hely alatt és földmágneses vihar, azóta sem teljesült egyszerre. E mérési hely egy pliocén vulkáni terület szélén van, ahol később hasonló, nagyon jól vezető testeket találtak és ezeket nagyon intenzíven kutatták (lásd később a dunántúli kéregbeli vezetőképesség anomáliát).

Mivel a többi csoport a tellurikus méréseket főként szénhidrogén-kutatási céllal végezte, a GGKI csoportja főként a hegyvidéki területeken végzett méréseket és itt gyűjtött tapasztalatokat. Ennek a tapasztalatnak legfontosabb eleme az, hogy az állomások lehetséges helyeit a lehető leg gondosabban kell kiválasztani, figyelembe véve a zajforrásokat, a

bányákat, a vasútvonalakat, az ipari üzemeket stb. Némi üledékes fedő, ha csak néhány méter vastag is, nagy előny. A hegyekben a zivatarok által keltett zaj is sokkal erősebb, ezért nincs értelme a méréseket folytatni ilyen időjárás esetén.

A zivatarokhoz kapcsolódik egy másik tapasztalat is. Zivatarok alatt a pulzációk amplitúdója elég gyakran csökkent. Az elektromosan töltött felhők némi árnyékoló hatása elméletileg lehetetlen, bár a hatást megerősítette a Nagycenki Observatórium regisztrátumainak összehasonlítása kelet-magyarországiakkal, Debrecen környékiekkel. Egy, az országon Ny—K irányban áthaladó hidegfront először Nagycenken okozta a pulzációk csökkenését, majd később Debrecenben, így az amplitúdó arányok meglehetősen erősen változtak a front átvonulása alatt.

Néha nemcsak az időjárás állított akadályokat a mérés elé. Gyulánál, a román határ közelében (határ két „baráti, szocialista ország” között) a GGKI csoportját megkérte a helyi rendőrség, hogy menjenek velük a rendőrségre, mivel megakarták kérdezni Sopront, hogy a csoport valóban onnan jött-e. Félték attól, hogy valami történhet a határ közelében, néhány tíz km-re attól. Még az sem elégítette ki őket, hogy a csoportnak papírjai voltak, miszerint Sopronból jöttek, a kapitalista Nyugat közeléből (5 km-nél kö-



3. ábra. Bakonybélnél, a dunántúli kéregbeli anomália területén készített földi áram felvételek, ahol a nagycenki felvételen látható hosszú periódusú vihar alatti változások alig felismerhetők és csak a rövid periódusok maradtak meg [ÁDÁM, VERÓ 1964]

zelebb Ausztriához) jött emberek még gyanúsabbak voltak.

## Wiese-nyilak

Dr. Horst WIESE a Niemecki Obszervatóriumból a hatvanas évek elején meglátogatta Magyarországot és az akkori Geofizikai Laboratóriumot. A beszélgetések során megemlítette azt az ötletet, hogy a mágneses  $Z$ -komponens felhasználásával információt lehet kapni a mélyen fekvő jó vezetőkről, és azt is, hogy a Niemecki és Wingsti Obszervatóriumnál kapott  $Z$ -görbék majdnem tükörképei egymásnak. Később, miután mérések történtek a Pannon-medencében és a Kárpátokban és itt felfedezték a  $Z$ -változások előjelének változását [WIESE 1962, ÁDÁM et al. 1964], WIESE súlyos betegsége ellenére egy expedíció jött Magyarországra az NDK-ból, amelyet Eberhard RITTER vezetett és mágneses méréseket végeztek a VI. Nemzetközi Geofizikai Szelvény mentén, amelynek magyarországi szakasza az ország délkeleti sarkából indul és Budapesttől északra ér véget (az állomások egyikén a Laboratórium Askania műszere mért). A mágneses mérésekkel egyidejűleg tellurikus felvételek is készültek. Általában azt találták, hogy a Wiese-nyilak kicsik, ami azt jelezte, hogy az Alföld alatt nincs különösebb vezető. Egy későbbi, részletes vizsgálat a mágneses tér erős torzulását mutatta, mégpedig a vízszintes *összetevőjét* az ország délkeleti sarkában, Gyula városának közelében, ahol a vízszintes összetevők a más állomásokhoz viszonyítva akár 10 százalékot is változtak, még néhányszor tíz perces periódus esetén is. Az inhomogenitásról feltételezték, hogy kapcsolatban van a Pannon-medence ezen legmélyebb részének (keleti) falával. Ezt a legmélyebb részt kevésbé mély részek, sőt az erdélyi hegyek első dombjai veszik körül. Később mágneses méréseket végeztek minden „normális” tellurikus állomáson, azaz ahol mind gyors, mind normál felvételek készültek [ÁDÁM et al. 1968].

## A magnetotellurikus módszer bevezetése és problémái

### *Kezdeti próbálkozások*

Hét év telt el CAGNIARD 1952-es első, a magnetotellurikáról szóló francia nyelvű publikációja után, amikor 1959-ben az MT módszerrel elvégezte az első terepi méréseket BERDICSEVSZKIJ és BRUNELLI. 1960-tól kezdődően további kísérleti méréseket említ az irodalom. BERDICSEVSZKIJ az MT egy

speciális formáját javasolta az üledékes medencék tanulmányozására, nevezetesen az MT szelvényezést, amely nagyon hasonló a tellurikus módszerhez. Ha van(nak) jól vezető üledékes réteg(ek) a kvázivégtelen ellenállású aljzat felett, akkor az MT fázis értéke közelítőleg  $0^\circ$ , azaz az elektromos és mágneses tér fázisban van. Ilyen esetben a két tér közti átviteli függvénynek valós (nem képzetes) együtthatói vannak, a tellurikus módszerhez hasonlóan és az MT szondázási görbe (egy  $\log \rho - \log T$  koordináta-rendszerben ábrázolva)  $45^\circ$ -ban emelkedik, az alaphegység végtelen ellenállásának megfelelően. Ezt a szakaszt „ $S$ -intervallumnak” nevezik és ebben az intervallumban az impedancia nem változik a frekvencia függvényében. Ilyen esetben nagyon egyszerű képletek használhatók az  $S$  vezetőképeség számítására.

Az első magyarországi kísérleti MT mérések is ezen az elven alapultak [ÁDÁM, BENCZE 1961].

A feladat a Soproni-hegység keleti határvetőjének nyomon követése volt az üledékek alatt az  $S$ -érték felhasználásával, azaz ugyanaz, mint az első tellurikus méréseké, amelyekből a vető már jól ismert volt. A mérések sikerültek és a szerzők bizonyos anizotrópiát is kimutattak. A módszer alapvető problémája a mágneses tér kis változásainak regisztrálása volt. Az erre a célra használt első műszerek a Schmidt-féle mágneses mérlegek voltak (Feldwaage), amelyeknek kiegészítő egységként volt egy fotoelektromos átalakítója, hogy regisztrálni lehessen a mágneses változásokat a mágneses mérések korrekciója céljából. A Feldwaage nagyon kényesnek és ugyanakkor nehézkesnek bizonyult. Érzékeny volt mindenféle mozgásra, ami korlátozta használatát Sopron szeles időjárása mellett (a város egy olyan völgyben fekszik, amely a fő szélirány, ÉNy—DK felé nyitott). Ezért sokkal sikeresebb kísérletek történtek zárt helyeken, tető alatt, a Nagycenki Obszervatóriumban, ahol az MT tér különböző jellegzetességeit is lehetett tanulmányozni. Ezeknek a méréseknek az eredményei vezettek ÁDÁM 1961-es disszertációjához a „Magnetotellurikus anizotrópia” meghatározásáról, amelyet a Bergakademie Freiberg a *Freiberger Forschungshefte* egy különszámában (C 168) teljes terjedelmében megjelentetett [ÁDÁM 1964]. Ez a tanulmány módszereket közölt az MT szelvényező mérések feldolgozására és leírta az anizotrópia substormok (földmágneses öblök, ahogy akkoriban hívták ezeket) alapján való meghatározására irányuló kísérleteket, amelyek sokkal hosszabb periódusúak, mint a korábban használtak, az elektromos és a mágneses tér közti fáziskülönbség, a két vektor irányának különbsége, to-

vább a mágneses tér függőleges és vízszintes összetevői arányának szélsőértékei stb. alapján.

A Nagycenki Observatórium első MT szondázási görbéje az É—D-i és K—Ny-i összetevőkre vonatkozó ellenállások skaláris számításán alapult. Ezek a görbék azonban elsőként jelezték azt a vezetőképesség anomáliát, amelyet később intenzíven kutattak. ÁDÁM kandidátusi értekezése [1963], majd a *Gerlands Beiträge zur Geophysik*ben 1965-ben megjelent cikke volt a egyike az elsőeknek — FOURNIER et al. cikkével együtt [1963] — amely felhívta a figyelmet a Gutenberg-féle kis sebességű (LVL) réteg, azaz az asztenoszféra közelében lévő jól vezető rétegre. Ez a tény alátámasztotta GUTENBERGnek azt az ötletét, ami a szeizmikus sebességek alapján vetődött fel benne: a kőzetek ebben a mélységben eléri a szolidusz hőmérsékletet és részleges olvadás következik be. A következmény a viszkozitás jelentős csökkenése és a fajlagos vezetőképesség növekedése. A Pannon-medencében MT szondázások, szeizmológiai [BISZTRICSÁNY 1974] és reflexiós szeizmikus vizsgálatok [POSGAY 1975] mind az asztenoszférának a környező idős geológiai blokkokhoz (Kelet-Európai Platform, Variszkuszi-Cseh Masszívum) képest lényegesen kiemeltebb helyzetét jelezték, amely kapcsolatban van a nagy hőárammal a medencében.

Hozzá kell tenni, hogy az asztenoszférára vonatkozó vizsgálatok jelentősen hozzájárultak a hatvanas évek új globális geodinamikai modelljének, a lemeztektonikának kialakításához. Az ÁDÁM munkáira [1963, 1965] való számos hivatkozás jelzi az asztenoszféra jelentőségét a lemeztektonika kialakításában.

Ezt a kutatást olyan nemzetközi programok segítették elő, mint a Felsőköpeny Projekt, amely épp olyan világlátótorony volt a szilárd Földet kutató geofizikusok számára, mint a Nemzetközi Geofizikai Év és Együttműködés volt a világűr és a légkört vizsgálók számára. A kelet-európai országok geofizikusainak 1966-os lipcei (akkor: NDK) konferenciája a Szovjetunió befolyása alatt egy szervezetet hozott létre a regionális együttműködésre. Ezt a szervezetet a Szocialista Országok Tudományos Akadémiái Planetáris Geofizikai Bizottságának nevezték, rövidítve KAPG, elnöke a Szovjet Tudományos Akadémia tagja, Ju. D. BOULANGER volt. A magnetotellurika számára egy munkacsoportot alapítottak, ezt ÁDÁM Antal vezette, a geotermikus munkacsoportot is magyar tudós, STEGENA Lajos vezette. A KAPG keretében végzett kutatással később foglalkozunk.

Az MT kutatás majdnem egyidejűleg kezdődött a GGKI-ban és a Miskolci Egyetem Geofizikai Tan-székén, TAKÁCS professzor vezetésével. Mind műszer-, mind módszerfejlesztéssel foglalkozott, ő volt az első, aki MT módszerrel kimutatta a dunántúli vezetőképesség anomáliát [TAKÁCS 1968], a relatív tellurikus szondázással való első jelzés után [ÁDÁM, VERŐ 1964]. TAKÁCS számos MT mélyszondázást végzett az Alföldön és az általa mért görbéken talált indikációkat [TAKÁCS 1964] az asztenoszféra szempontjából ÁDÁM [1967] statisztikailag értelmezte. Ezen adatok alapján meg tudta erősíteni az asztenoszféra viszonylag kis mélységét a Pannon-medencében, amelyet először a Nagycenki Observatórium MT görbéi alapján tételeztek fel.

### *Műszerfejlesztés*

Az első magnetotellurikus kísérletek eredményeinek ismeretében világossá vált, hogy elkerülhetetlen nagy érzékenységgű és nagy stabilitású mágneses variométerek építése a mágneses tér változásainak regisztrálásra. A mágneses műszerek fejlesztésének két iránya volt a GGKI-ban (pontosabban a Geofizikai Kutató Laboratóriumban, ahogy 1970 előtt hívták):

- 1) sztatikus mágneses variométerek és
- 2) indukciós tekercsek.

A variométerek fejlesztésének alapja a Picard-galvanométer volt, amelyet a tellurikus műszerben is használtak. Ezt a folyadék csillapítású, torziószásal műszert sokáig gyártották Budapesten a Geofizikai Mérőműszerek Gyárában lyukszelvényező és tellurikus műszerek számára. PONORI THEWREWK Aurél korai kísérleteit követően MAJOR László fejlesztette ki az alaplóműszert, mintegy 1 nT skálaértékkel. A műszert ezután egy fotoelektromos átalakítóba építették, ez lett az MTV-2 terepi mágneses variométer alapja [ÁDÁM, MAJOR 1967]. Skálaértéke negatív visszacsatolás és stabilizálás után elérte a mintegy 0,01 nT-t. A variométer el volt látva kompenzáló, hitelesítő és visszacsatoló körökkel. Bármely irányba be lehetett állítani egy kis segédmágnes segítségével és így lehetett használni bármely mágneses összetevő mérésére. A hőmérséklet és szél hatásának csökkentésére a műszert egy hőszigetelt dobozba tették, amelyet aztán félig a földbe ástak a fent említett hatások csökkentésére. A variométer saját frekvenciája 2 s körül volt, így a még rövidebb periódusok regisztrálására indukciós tekercseket kellett kifejleszteni. Az indukciós tekercsekre a magyar szénhidrogén-kutatásnak sürgősen szüksége volt. A hatvanas évek második felében ugyanis geofizikai in-

tézmények rendszeres MT kutatásba kezdtek az üledékes medencékben. Ezeket a méréseket NAGY Zoltán (Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt) kezdeményezte [ÁDÁM et al. 1989]. (Mint azt korábban említettük, ezeket a szondázásokat részben a tellurikus mérések korrekciójára használták.) A variométer és a korábban említett T14 tellurikus műszer kombinációjának lapos az átviteli függvénye le egészen a 10 s körüli periódusokig, a skálaérték ezután gyorsan növekszik és egy nagyságrenddel nagyobb értéket ér el mintegy 1 s körüli periódusoknál. Így az üledékes medencék felső része nem kutatható.

Az indukciós tekercseket 2 m hosszú permalloy maggal és 500 000 menettel készítették, így nagy volt az ellenállásuk. A rezonancia frekvencia nagyjából 5 Hz-nél volt. Szilárdan rögzített helyen, amely mentes a szél és rengések hatásától, a 20 Hz és  $10^{-3}$  Hz közti frekvencia tartományt lehetett mérni velük, előerősítő, zajsűrű és elektronika felhasználásával [ÁDÁM, HORVÁTH 1976].

A leírt műszerek használatával a regionális tellurikus méréseket MT szondázásokkal helyettesítették. Ezen szondázások helyét eleinte földtani-tektonikai megfontolások alapján választották ki, később ezeket a medencekutató szondázások hosszú periódusú részeként használták, ezért a mérési helyek az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet csoportja által mért szelvényekhez voltak kötve.

### *Adatfeldolgozás*

Az MT mérések növekvő mennyisége szükségessé tette azt, hogy kifejlesszék a felvételek tenzoriális digitális feldolgozásának módszereit. Az első szondázásokat skaláris formában dolgozták fel, azaz a két komponens párt, mágneses észak—dél — tellurikus kelet—nyugat, mágneses kelet—nyugat — tellurikus észak—dél, külön használták fel. Ez a módszer mind pontatlan, mind hosszadalmas. Variáció párokat választottak ki minden egyes párban és minden kiválasztott periódus tartományban, így néhány száz ilyen párt kellett feldolgozni. A feldolgozott variációk mennyiségének növelése azonban nem szüntette meg az átviteli függvény tenzora átlós elemeinek figyelmen kívül hagyását. Így egy új eszközt kellett kifejleszteni az analóg felvételek digitalizálására és egy módszert kellett találni a digitális MT adatok tenzoriális feldolgozására. Nem szabad elfelejteni, hogy akkoriban a nyugati műszerek gyakorlatilag elérhetetlenek voltak, részben a nyugati import magyarországi korlátozása, részben a nyugati országok által a számítástechnikai eszközökre alkalmazott embargó miatt. A digitális regisztrálást nem

lehetett megvalósítani keleti alkatrészek felhasználásával, mint azt az Observatóriumban elvégzett kísérletek bebizonyították, nem is beszélve a terepi mérésekről, ahol a nehézségek még súlyosabbak voltak. Így egy forgó dobot használó berendezést építettek az analóg felvételek digitalizálására és annak ellenére, hogy meglehetősen unalmas munka volt, az analóg regisztrátumokat évtizedekig digitalizálták vele, így több ezer „eseményt” digitalizáltak, amelyek néhányszor tíz perctől néhány óráig terjedő hosszúságúak voltak.

A digitális feldolgozás volt a másik komoly probléma. A számítógép első használata a relatív tellurikus szondázással kapcsolatos. Az 1960-as népszámlálási adatok feldolgozására a Központi Statisztikai Hivatal által vásárolt dán GIER számítógépet használták fel a relatív és stabilizált abszolút ellipszisek számítására, ZILAHY-SEBESS Lászlóval együttműködve. A következő lépésben a konvolúciós vektoriális szűrők használatával végzett digitális szűrést számították ki és használták a kísérletekben. Ezeket a szűrőket futtatták a GGKI első saját számítógépén, a Német Demokratikus Köztársaságból származó Cellatron SER 2c-n. Ennek a számítógépnek 8 állandóhoz és utasításokhoz volt memóriája. A két csoport közötti kommunikáció nagyon bonyolult volt, később azonban egy magyar szakértő segítségével továbbfejlesztették és a szűrés úgy történt, hogy a bemeneti egység, vastag drótkötegek, éjjel-nappal dolgoztak, a végtelen lyukszalag ezektől a mennyezetig futott egy csigához, aztán egy másik csigán át vissza, le a bemenethez. A szűréshez két ilyen lyukszalagra volt szükség, egyre a szűrőhöz és a másikra az adatsorokhoz. Így a kis számítógép-szoba, amely elég meleg volt az elektroncsövekből származó hő miatt, tele volt sok órán át futó szalagokkal. Ha valami hiba történt, akkor a műveletet egészen az elejétől meg kellett ismételni. Ezeknek a ma már nevetségesnek tűnő körülményeknek ellenére a konvolúciós szűrésen, majd az átviteli függvény tenzor elemeinek számításán, végül az impedancia és admittancia tenzor (tenzoriális) szorzatának egységtenzorrá való alakítását jelentő sokat vitatott korrekción alapuló módszert bevezették és sikeresen alkalmazták [VERŐ 1972].

Ennek a programnak két pontját kell itt megemlíteni. Először, a konvolúciós szűrést használtuk a sokkal szokásosabb gyors Fourier-transzformációs eljárás helyett. Ez kapcsolatos volt azzal, hogy a szűrt sorok sokkal könnyebben vizsgálhatók, a hibakeresés sokkal gyorsabb, főként a program használatának kezdeti szakaszában, ezen felül „nehéz”

mérések esetében (például kis amplitúdók esetén gyenge földmágneses tevékenység idején, nagy zajszint esetén és akkor is, ha az impedancia ellipszis nagyon elnyúlt az anizotrópia miatt) a felvétel bizonyos szakaszainak elfogadására vonatkozó feltételek (például a legkisebb elfogadható korreláció az egymásra merőleges mágneses és elektromos komponensek között, vagy éppen a másodlagos tenzor elemek kizárása a korreláció előzetes számításában) könnyen megvalósíthatók. Minden egyes feldolgozott esemény kapott egy súlyt a variációk amplitúdójától, a szakasz elfogadott szegmenseitől, az impedancia és admittancia tenzor szorzatának az egységtenzortól való eltérésétől függően és aztán minden egyes periódustartományra a medián értéket fogadtuk el, a minden egyes adatszakaszhoz tartozó szórással együtt.

### *A forrástér problémái*

PRICE 1962-ben publikált egy figyelemreméltó tanulmányt, amelynek címe *A magnetotellurikus módszerek elmélete a forrástér figyelembe vételével*. Ennek a cikknek a hatására vizsgálni kezdték a gerjesztő tér hullámhosszát, elsősorban a földmágneses pulzációk frekvenciatartományában, mivel az üledékes medencék kutatásában ezek a legfontosabbak. ÁDÁM et al. [1966] beszámoltak a világ számos pontjáról gyűjtött adatok korrelációs elemzésének eredményeiről. Az éjszakai Pi-pulzációk elterjedését nagyon nagyra találták, a sötétben lévő félgömbnél nagyobb területet fedtek le, ugyanakkor a Pc3–4-pulzációk lokálisabbak voltak, csak a nap által megvilágított félgömb egy részét fedték le. Ezek az eredmények aztán további kutatások kiindulópontjai lettek egyrészt az (éjszakai) Pi-pulzációk megjelenésével kapcsolatban a helyi nappali felvételeken, ami a Pc-aktivitás erősödését jelezte, másrészt a Pc típusú pulzációk elterjedésével kapcsolatban, amely igazolta egy globális összetevő jelenlétét is aktivitásukban (például az 5 perces pulzációs adatokban a Japánban lévő Memambetsuban, a Szenegálban lévő M'Bourban és Nagycenken. Később a KAPG keretében egyidejű pulzáció regisztrálást szerveztek kelet-európai országokban, amely bebizonyította a Pc-pulzációk periódusának szélességtől való függését [ÁDÁM et al. 1972]. A szélességfüggő periódusok ténye új bonyodalmat jelentett a forrás hatás értékelésében. SRIVASTAVA már 1967-ben publikált olyan MT szondázási görbéket, amelyeket a gerjesztő tér hullámhosszának figyelembevételével számított ki. DMITRIEV és BERDICSEVSKIJ [1979] vetett véget a forrás méretéről folyó vitának azzal, hogy

megmutatták, az egyszerű magnetotellurikus formulákat lehet használni, ha az elektromágneses tér időbeli változásai lineárisan változnak a térben. A periódus szélességtől való függése semmiképpen sem lineáris térbeli változás, ez a közelítés azonban sokkal közelebb van a valóságos helyzethez, mint egy állandó, végtelen tér.

### **Részletes MT mérések a Pannon-medencében**

Mihelyt az MT módszer analóg műszerei megszülettek, rendszeres MT mérések kezdődtek több magyar intézményben (ELGI, Geofizikai Kutató Vállalat-GKV) és egyetemen. A módszertani és műszerfejlesztés nemcsak a GGKI-nél ért el magas szintet, hanem a Miskolci Egyetemen is, TAKÁCS Ernő [1964] révén. MT adatait felhasználták az asztenoszféra kutatásában is, ahogy már említettük.

### *MT anizotrópia*

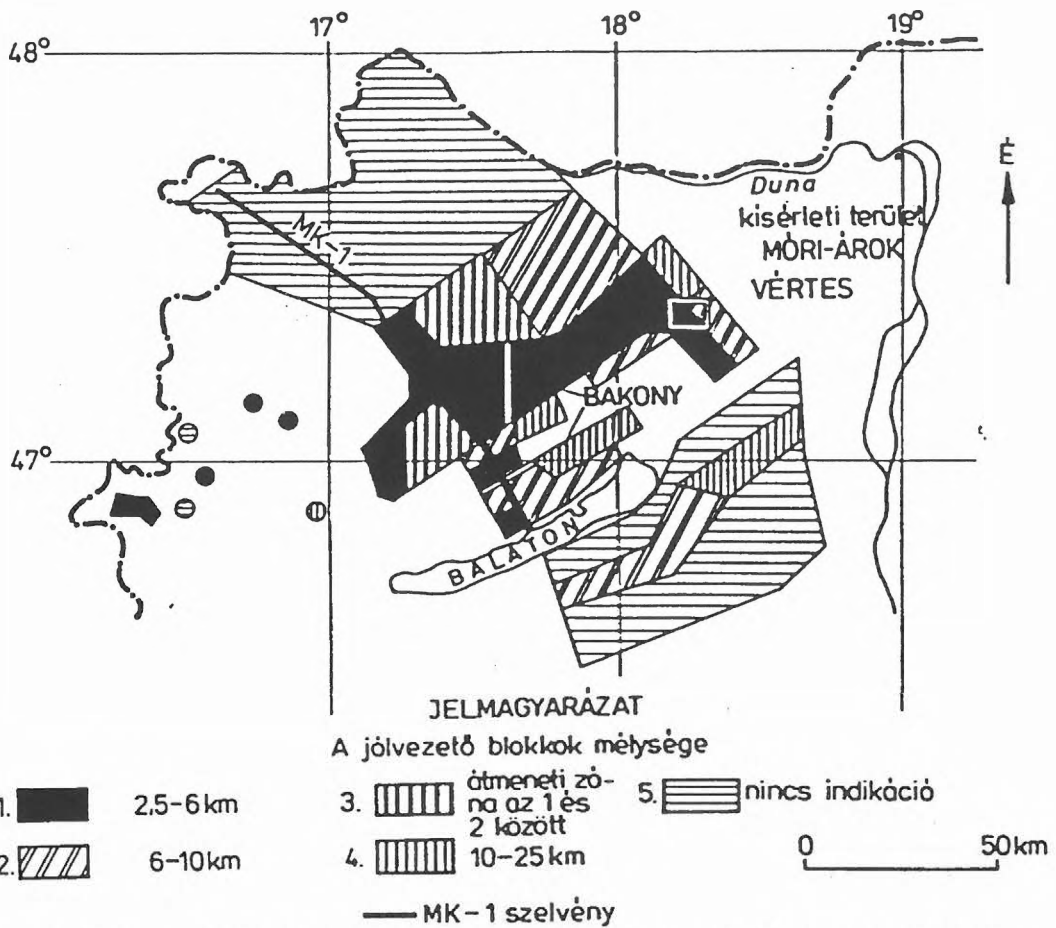
Az MT adatokban megjelenő anizotrópia már korán felkeltette érdeklődésünket [ÁDÁM 1964]. A hatvanas évek elején mért néhány MT állomás érdekes regionális jellemvonásokat mutatott. A  $\rho$  szondázási görbék szélsőértékeinek iránya ÉK—DNy-nak, illetve az erre merőleges ÉNy—DK-nek adódott [ÁDÁM 1969]. Ezek az irányok megfelelnek az aljzat párhuzamos paleozoós és mezozoós pásztáinak, amelyek oldaleltolódások mentén helyezkednek el. Eleinte ezt az anizotrópiát ezen kőzetek belső anizotrópiáján alapuló modellekkel közelítették [ÁDÁM et al. 1972]. Abban az időben a kőzet ellenállás kétdimenziós (2-D) modelljeit nem tudtuk számítani, az egyetlen elérhető, anizotrópiára vonatkozó program a kőzet anizotrópiáját tételezte fel. Mivel az aljzatban lévő paleozoós kőzetek főként metamorf palák, ezt a feltételezést nem lehetett *ab ovo* elutasítani. Ahogy azt ma már tudjuk, a Pannon-medencében mindenütt tapasztalható anizotrópia több tényező eredménye.

A Pannon-medencében megfigyelt regionális anizotrópia vezetett ahhoz az ötlethez, hogy felhasználjuk az akkoriban új lemeztektonika keretében. Ezt a lehetőséget a *Nature*-ben két rövid cikk mutatta be [STEGENA et al. 1971, 1972], a kvázi-lineáris szerkezetek, lemezszegélyek MT anizotrópiájának elemzésével.

### *A dunántúli vezetőképesség anomália*

A hatvanas évek végén néhány MT szondázás vált hozzáférhetővé a dunántúli anomália területén. Ezen





5. ábra. A kéregbeli vezető képződmények mélységtérképe a Dunántúlon, melyet ÁDÁM, NAGY és VARGA szerkesztett 1968-ban. A Móri-árokban jelöltük az MT kísérleti területet. Az MK-1 a szeizmikus/magnetotellurikus szelvény

végzett részletes MT mérésekkel, akkor is, ha az általuk használt műszer felső periódushatára (néhány száz s) nem tette lehetővé a vezető test összegzett hosszirányú vezetőképességének meghatározását. Ezeknek a méréseknek egyik legfontosabb eredménye volt egy keskeny, néhány km széles jól vezető sáv kimutatása a Balaton-vonal mentén, a tótól délre, néhány km mélységben [VARGA 1980]. Ezen alapszelvény mentén végzett szeizmikus mérések a jó vezető mélységében egy reflektáló szintet jeleztek. Egy további eredmény volt, hogy az ÉK—DNy irányú Rába-vonal a K—Ny irányú Hurbanovo-vonalba „törik” és ez a jól vezető zóna északi határa. Itt VARGA Géza és NEMESI László eredményeit kell megemlíteni.

#### *A terepi munka és érdekességei*

Az MT szondázások műszerezettségé folyamatosan javult. Kezdetben a méréseket falvak közelében végezték, a legszélső házakban, néha üres disznóólakban. Elektromos hálózatra volt szükség, ezért kellett a falvakhoz kötődnünk. Kihasználtuk azt

a tényt, hogy a Soproni Egyetemen volt Erdészeti Kar és így nagyon sok erdészt ismertünk, de nagyon sok ismeretlen is segített a közös Alma Mater nevében, gyakran adtak erdészházak otthont a csoportnak. Közben az elektromos zaj is egyre erősebb lett egész Magyarországon, ezért az állomások helyének kiválasztása előtt kísérleti méréseket végeztek a helyszínen, hogy meghatározzák a zavar szintet, akár az elektromos, akár a mágneses térben, például a gépkocsik vagy traktorok közlekedése miatt. A variométereket védeni kellett a szél hatásától: ezért egy állomás felállításánál az egyik legnehezebb munka egy lyuk kiásása volt a variométerek doboza számára. Később a sátrak megfelelő kiválasztásával és védő földfalak készítésével ezt a munkát egyszerűsíteni lehetett. Mikor a japán motorgenerátorok elérhetővé váltak Magyarországon, a hálózathoz való csatlakozás feleslegessé vált, azonban az éjszakai pihenés is sokkal rövidebbé vált és zavartabbá, mert nemcsak a műszer figyelmeztető jelzése (amikor a fény elérte a látómező határait) tette szükségessé a felkelést, hanem az üzemanyagot is után kellett

tölteni. Ezekkel a motorokkal egyetlen tankolással 4–8 óra volt a regisztrálási idő, azaz eléggé elfogadható. Ezenfelül volt egy lakókocsi, amelyet a mérések ideje alatt az állomásokon hagytak és az észlelők egyike az éjszakát ott töltötte. A kalandok többnyire az időjáráshoz, zivatarokhoz kötődnek. Példaként kettő szolgálhat.

Az első Vigándpetenden történt, a Balaton-felvidék egy vad részének közelében, mintegy 30 m magas sziklafal volt az állomás mögött. A mérések utolsó napján a háromfős csoportból ketten egy utolsó fürdésre mentek a közeli Balatonhoz. Dél felé egy juhász fiatal gyereke jött megnézni az állomást. Míg a lakókocsiban volt, fekete felhők borították be az eget és 2 óra felé elkezdett esni az eső. A zivatar nagyon erős volt, újra és újra jöttek a fekete felhők és a gépkocsi nem érkezett vissza. Villám csapott az állomás és a sziklafal közti erdő közeli fáiba és a domb magasabb részéről víz zúdult le. Kezdett sötétedni, nem volt jele az időjárás javulásának, a fiú ideges volt, hogy a szülei aggódhatnak érte. Végül elindult egy előhívásra használt műanyag edénnyel a fején. Amikor elérte az országot, a kocsi megérkezett és az eső is elállt. Nem tudtak eljönni a partról, mivel mindenhol víz borította az utakat és a sűrű esőben nagyon rossz volt a láthatóság. Ezen az éjszakán több tucatnyi vaddisznó látogatta meg az állomást. Elszakították a kábeleket és még az észlelőt is elvágták a lakókocsitól, amikor elment újra tölteni a motor tankját. Szerencsére nem támadták meg. Valószínű, hogy a nagy eső miatt szokásos helyüket nem találták eléggé kényelmesnek és ezért kóboroltak éjszaka.

Egy másik állomás, a Móri-árokban lévő Söréd (az anomália keleti vége) esetében a csoport egy móri szállodában lakott. Egyik este éppen hét órakerék tért vissza az állomáshoz, amikor egyiküket felhívták és másnap el kellett mennie. A kocsi hirtelen majdnem eltűnt a porban. Hihetetlen szél támadt hirtelen, a műszersátor minden részét elfújta, még a lakókocsi is elszabadult, minden kötél elszakadt. Ez a szél olyan tölcser volt, mint egy tornádó. Néhány órára volt szükség az állomás újjáépítéséhez. Másnap a csoport két főre csökkent, és dél felé esni kezdett az eső. Egy órán belül minden víz alá került. Földből épített gáttal próbáltuk védeni a műszereket, sikertelenül. A műszerdobozok úsztak az árban, a kábelek tartották őket. A víz emelkedett és elérte a lakókocsi fenekét is, sokkal magasabb volt, mint a gumicsizmák, így mezítláb kellett járnunk. Érdekes módon a műszerek közül egyik sem sérült meg, a méréseket lehetett folytatni a víz eltűnése után.

WIESE [1962] egy vezető zónát mutatott ki a kéregben a Belső- és Külső-Kárpátok között. Ezt az anomális vezetőképességet még nem sikerült egyértelműen megmagyarázni. Tulajdonítható a szubdukció „szutura zónájának”, nagy hőmérsékletű folyadékknak a fellazult tektonikus zónában, grafitnak stb. Ezt a zónát látványosan jelzi az indukciós nyilak (vektorok) irányának változása 180°-kal. Nagyon sok magnetovariációs mérést végeztek ebben a zónában, de Kelet-Európában másutt is. Ezen adatok összegyűjtése érdekes eredményeket ígért főként a Kárpátok ívének és a Pannon-medencének a területén. Egy közelítő módszerrel az indukciós vektorokat a földrajzi koordináták függvényeként adták meg a Pannon-medencében [ÁDÁM et al. 1972]. A nyilak a kárpáti vezetőképesség anomália hatásának folyamatos csökkenését jelzik a medencében, míg az uralkodó irány, a dél fél mutató nyíl megmarad mindenütt Magyarországon (egy kivételről teszünk említést a dunántúli anomália tárgyalásában).

#### *Részvétel nemzetközi programokban*

1968-ben ÁDÁM részt tudott venni a madridi IAGA konferencián [ÁDÁM 1970], ez volt az első lehetőség kapcsolat felvételére a nyugati kollégákkal egy hosszú, teljes elszigetelés után és kapcsolat teremtésére a nyugati indukciós közösséggel. A nyugati kollégákkal való kapcsolat kiszélesítése folytatódott az 1971-es moszkvai IAGA kongresszuson és az első, IAGA által rendezett Elektromágneses indukciós munkaértekezleten 1972-ben, Edinburghban. A munkaülés kezdeményezője, Rosemary HUTTON professzor elévülhetetlen érdemeket szerzett a közösségben. A GAMMA Geofizikai Mérőműszerek Gyára támogatásával ÁDÁM részt vehetett a munkaülésen, hogy bemutassa az MTV-2 variométereket. Itt azt javasolták, hogy az egyik elkövetkező munkaülést Magyarországon szervezzék, hogy lehetővé tegyék a „nyugati” és „keleti” indukciós szakemberek találkozását. Ez a javaslat azt jelezte, hogy Magyarország híd szerepét egyre jobban ismerik.

A nyugati kapcsolatok fejlődésével egyidejűleg sokkal konkrétabbá vált az együttműködés az indukció területén a keleti országok között is, azaz a KAPG-n belül. Ennek keretében a földmágneses és geotermikus csoportok találkoztak 1970 novemberében Leningrádban és a résztvevők elhatározták, hogy ÁDÁM szerkesztésében egy monográfiát kell kiadni a két szakterületen a „szocialista” országokban elért eredményekről.

A csoportok találkozója jellegzetes példája volt az akkori szovjet körülményeknek. A magyar küldöttség jelen cikk szerzőiből és STEGENA professzorból — feleségével együtt — állt, aki a geotermikát képviselte. November meglehetősen késői időpont utazásokra Oroszországban, ezenfelül a hónap első napjai, az októberi forradalom évfordulója miatt, gyakorlatilag munkaszüneti napok voltak. Nem volt közvetlen kapcsolat Budapest és Leningrád között, csak Moszkván keresztül. A menetrend szerint a repülőnek Kijevben kellett leszállnia, de a köd miatt nem szállt le. Moszkva elérése előtt a gép visszafordult, de Moszkva már nem fogadta. Így Moszkvát meglehetősen nagy késéssel értük el. Seremetyjevön orosz kollégák fogadtak minket és átvittek Vnukovóra, mivel Seremetyjevóról nem volt repülőgép Leningrádba. Vnukovón megkaptuk a beszállókártyát és vártunk. Néhány óra múlva, meglehetősen idegesen, érdeklődtünk a gép iránt. Nincs több repülő — volt a válasz. Hol töltjük az éjszakát? A második emeleten — volt a válasz. Székeken, természetesen. Egy ismeretlen magyar telefonált a Metropol szállóba és megtudta, hogy a jegyek becserélhetők vasúti jegyre. Kivettük a csomagokat és taxival bementünk a városba, meglehetősen sietve, mert a nemzetközi jegypénztár este 9-kor zárt. 8<sup>50</sup>-kor megtudtuk, hogy a beszállókártya nélkül a jegyeket nem lehet becserélni. Telefonáltak a repülőtérré és kiderült, elfelejtették visszaadni. Mit tegyünk? Csak annyi pénzünk volt, hogy megvegyük a vasúti jegyeket és taxival visszamenjünk a repülőtérré a beszállókártyákért abban a reményben, hogy Leningrádban visszakapjuk a pénzt. Természetesen négyen két különböző vonatra kaptunk jegyet, három különböző fülkében. Végül is kora reggel megérkeztünk Leningrádba. Elkerültük egymást az állomáson, így egymástól függetlenül tudtuk meg, hogy nagyon kényelmes fürdőkádak vannak, de szoba nincs, mivel előző nap senki sem érkezett és így a szobákat mások foglalták el. Aztán elmentünk az Aeroflothoz, ahol megtudtuk, hogy a pénzt nem kaphatjuk vissza, csak Budapesten, ahol a jegyet vettük. Az elkövetkező napokra nem volt semmi pénzünk. Szerencsére a szovjet kollégák mindent megtettek támogatásunkra, még kenyeret is hoztunk a fogadásról másnapra. Utolsó este volt egy nagyon fényűző fogadás, ahol közelünkben ült tolmácsunk, egy fiatal, német nyelvet tanuló diáklány. Egyszer csak azt mondta: Legyenek gavallérok és kínáljanak meg abból az édes vörös borból. Túl sok lehetett neki, mert másnap reggel, amikor elutaztunk, nem volt ott és nem is láttuk többet. A visszaút kaland nélküli volt.

A fent említett két esemény, a munkaülés Magyarországon és a monográfia összeállítása párhuzamosan valósult meg. A grenoble-i IUGG kongresszuson SCHMUCKER professzort választották meg elnökké, ÁDÁM lett az I/3 Elektromágneses indukciós munkacsoport társelnöke. ÁDÁM a Magyar Tudományos Akadémia nevében meghívta a közösséget egy munkaülésre Sopronban. A munkaülés 1976. július 4–10. között zajlott le, forró nyári napokon (a legtöbb résztvevőt diákszállókban szállásolták el, amelyek üresek voltak a nyári szünet alatt), mintegy 120 résztvevővel, amelyek között egyenlő számban voltak keleti és nyugati kollégák. A munkaülésnek mind a tudományos, mind a társadalmi részét kellemesnek és gyümölcsözőnek találták, beleértve egy operaelőadást (Aida) a fertőrákosi Barlang Színházban, egy kirándulást a Balatonhoz és látogatást egy borpincében, valamint az emlékezetes fogadást a Fenyves szállóban, ahol sok barátság született.

A monográfia kiadását a munkaülés ideje alatt rögzítették. A szerkesztőnek a Geofizikai Intézet munkatársainak segítségével is keményen kellett dolgozni ahhoz, hogy befejezze a 752 oldalas kötetet. Az Akadémiai Kiadó adta ki, címe ez volt: *Geoelectric and Geothermal Studies* (Geoelektromos és geotermikus tanulmányok). 18 év múltán elmondható, hogy ez a könyv valódi siker volt, mindenütt megtalálható a könyvtárakban, ahol az egyetemek vagy intézmények foglalkoznak az elektromágneses indukcióval. Gyakran hivatkoztak rá, és néhány részét felhasználták újabb könyvekben is, mint például KAUFMAN és KELLER [1981] munkájában.

A monográfia egyaránt foglalkozott elméleti és gyakorlati kutatásokkal. Ezen utóbbiak magukban foglalták Kelet- és Közép-Európán felül az akkori Szovjet Közép-Ázsiát is. Az alsó kéregben és a felső köpenyben lévő jól vezető zónákra, valamint a hőáramokra vonatkozó sok adat lehetővé tette ÁDÁM számára, hogy általános formulákat vezessen le az alsó kéregben és az asztenoszférában lévő jól vezető réteg helyzete, a felső köpenyben lévő kőzetek fázisátmenetének mélysége és a regionális felszíni hőáram értékek között. Ezekre az összefüggésekre, főleg az alsó kéregre és az asztenoszférára vonatkozóakra sokszor hivatkoztak és azóta igazolták is és a Föld belsejében lévő anyaggal kapcsolatos fizikai megfontolások alapjául használták [ÁDÁM 1976, kibővített változatok: 1978, 1980a, b, 1987].

Az *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica*, a Magyar Tudományos Akadémia angol nyelvű geodéziai, geofizikai és bányászati folyóirata 1976-os kötetének 3-4. száma közölte a munkaülésen elhang-

zott beszámolókat, az egyéb cikkek az 1977-es kötet 1–3. számában jelentek meg.

A soproni csoport szerepe a IAGA-ban azzal folytatódott, hogy ÁDÁMOT 1979-ben, a canberrai IUGG kongresszuson az I/3 „Elektromágneses indukció a Földön és a Holdon. Elektromos vezetőképeség” munkacsoport elnökévé választották és elnökként része volt az 1980-as isztambuli, az 1982-es victorai munkaülés szervezésében és előkészítette az 1984-es nigériai munkaülést.

### **Kapcsolat az indukciós és pulzációs kutatás között**

A magnetoszféra fizikájának, nevezetesen a földmágneses pulzációknak a kutatása azért kezdődött meg Sopronban, mert rendelkezésre álltak a földmágneses pulzációk regisztrátumai. Az első lépés a Sopronban és Kínában elért eredmények összehasonlítása volt, mint azt korábban említettük, ezt követte a Nagycenki Geofizikai Obszervatórium megalapítása. Jelenleg már három teljes napciklus pulzációs regisztrátumai vannak meg, ez egyedülálló lehetőséget biztosít a nap aktivitásának változásával kapcsolatos pulzáció aktivitás változások tanulmányozására. A regionális kutatások korai szakaszában a „regionális tellurikus mérések” számára feldolgozott pulzációkat fel lehetett használni az obszervatórium abszolút tellurikus ellipsziseinek kiszámítására különböző periódus tartományokban, lehetővé téve így a pulzációk jellegzetességei frekvenciával való változásának meghatározását.

A pulzációk több kelet-európai állomáson való első mérései szintén az indukciós kutatásokhoz kapcsolódtak, mint ahogy azt már említettük. A későbbi állomáshálózatokat ezen első hálózathoz nyert tapasztalatok alapján alakították ki. A hálózatokból származó regisztrátumok feldolgozására talált optimális módszer, nevezetesen a dinamikus spektrum, az MT feldolgozó program eredménye volt és a felvételek folytonos vektoriális szűrésén alapult [Cz. MILETITS et al. 1988]. Kisebb változtatásokkal ez a program képes elvégezni a szűréseket az előírt frekvencia sávokban és aztán egy térképrajzoló programhoz kapcsolva a dinamikus spektrumokat könnyen meg lehet kapni.

Egyenlítői területek állomásainak pulzáció felvételeihez alig lehet hozzájutni. Az Indiával kialakult kapcsolat többek között az indukcióval kapcsolatos publikációkat eredményezett, összehasonlították egy Bombay-közeli állomás és Nagycenk egy teljes napi egyidejű felvételeit. Ez az összehasonlítás azt mutatta, hogy míg a Pc3 pulzációk rendszerint meg-

jelennek a közepes szélességeken, gyakorlatilag hiányoznak az egyenlítői állomásokon [VERŐ et al. 1991]. Hasonló eredményt kaptak egy vietnami állomáson, a földmágneses egyenlítő közelében. LE MINH TRIET, aki korábban Magyarországon tanult, később pedig sokoldalú, vezető vietnami tudós lett, megkísérelt egy geofizikai obszervatóriumot alapítani Bac Lieu-ban, a Mekong-deltában, a mágneses egyenlítőn. A GGKI-től ajándékba kapott tellurikus műszerrel néhány pulzáció felvételt készített a nagyon nehéz körülmények, a Mekong folyó áradása, áramszünetek ellenére. Ezek a felvételek igazolták, hogy a Pc+ aktivitás teljesen hiányzik az egyenlítőnél és szinte semmi hasonlóság sincs az európai, közepes szélességeken lévő állomásokon készített felvételekkel [VERŐ et al. 1992].

### **Magnetotellurikus modellezés**

Ahogy az MT mérések és szondázási görbék mennyisége növekedett a hetvenes években, egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy az 1-D modellek aligha elegendők az értelmezéshez. A  $\rho_{max}$  és  $\rho_{min}$  görbék közti nagy eltéréseket, különösen a dunántúli vezetőképesség anomália területén, csak 2-D és 3-D modellekkel lehetett értelmezni. Legelőször nagyon egyszerű analóg modelleket (vékony gél lemezek, amelyeket rézgálic hozzáadásával tettek vezetővé és különböző alakúra vágtak) használtak már a hatvanas években a Geofizikai Laboratóriumban 2-D modelleként, a sokkal bonyolultabb modellezésre vonatkozó javaslat azonban a Miskolci Egyetemről származott [TAKÁCS, TEVÁN 1973]. A hetvenes évek elején TÁTRALLYAY Mariella posztgraduális ösztöndíjasként a kanadai Edmontoni Egyetemen egy 2-D modellező programot készített JONES professzor vezetésével [TÁTRALLYAY, JONES 1974a]. Ezt a programot használták többek között a dunántúli anomália értelmezésében, majd később a 2-D programok ZSDANOV professzor által szervezett összehasonlításában (COMMEMI). Jó minősítést kapott E-polarizáció esetében, míg H-polarizáció esetében a helyesektől néhány százaléknnyira eltérő eredményeket adott.

A numerikus 2-D modellezésen felül a GGKI kereste a 3-D modellezés lehetőségét is. Mivel egyetlen numerikus 3-D modell sem volt elérhető, egy analóg (fizikai) modell építése kezdődött, beleértve a modellkád és a műszerek építését is. A berendezést főként arra tervezték, hogy 3-D/EM mesterséges frekvencia szondázásokat, mint például a CSAMT (mesterséges forrású hangfrekvenciás MT), model-

lezzen. A beruházás három intézmény együttműködésében valósult meg, ezek a Geofizikai Kutató Vállalat (GKV), személyesen NAGY Zoltán, majd valamivel később az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) is, mielőtt gazdasági helyzete megengedte [ÁDÁM et al. 1981]. A modellező berendezés SZARKA László dinamikus kezdeményezéseivel épült fel, együttműködve az Intézet elektromos [PONGRÁCZ János] és mechanikus [MÄRCZ Győző] szakembereivel. A berendezés eredeti összeállításához képest jelentős fejlődésen ment át és elérte a teljes számítógépes automatizálást. (Eleinte működtetése, az a feladat, hogy valaki lemenjen a pincébe „fürödni” a kád sós vizében, például különböző anyagokból készült modelleket elhelyezni a kádban, a legnépszerűtlenebb feladat volt, ezt követte a folyamatos fürdés mérés közben, mivel a hidat kézzel kellett mozgatni az automatizálás előtt). Segítette és ma is segíti a szénhidrogének és más nyersanyagok geofizikai kutatását [például SZARKA, NAGY 1992]. Az EM szondázások úgynevezett távoli zóna (síkhullám) feltételeit felhasználva a modell lehetővé tette magnetotellurikus 3-D helyzetek modellezését is [ÁDÁM et al. 1983, ÁDÁM, SZARKA 1986].

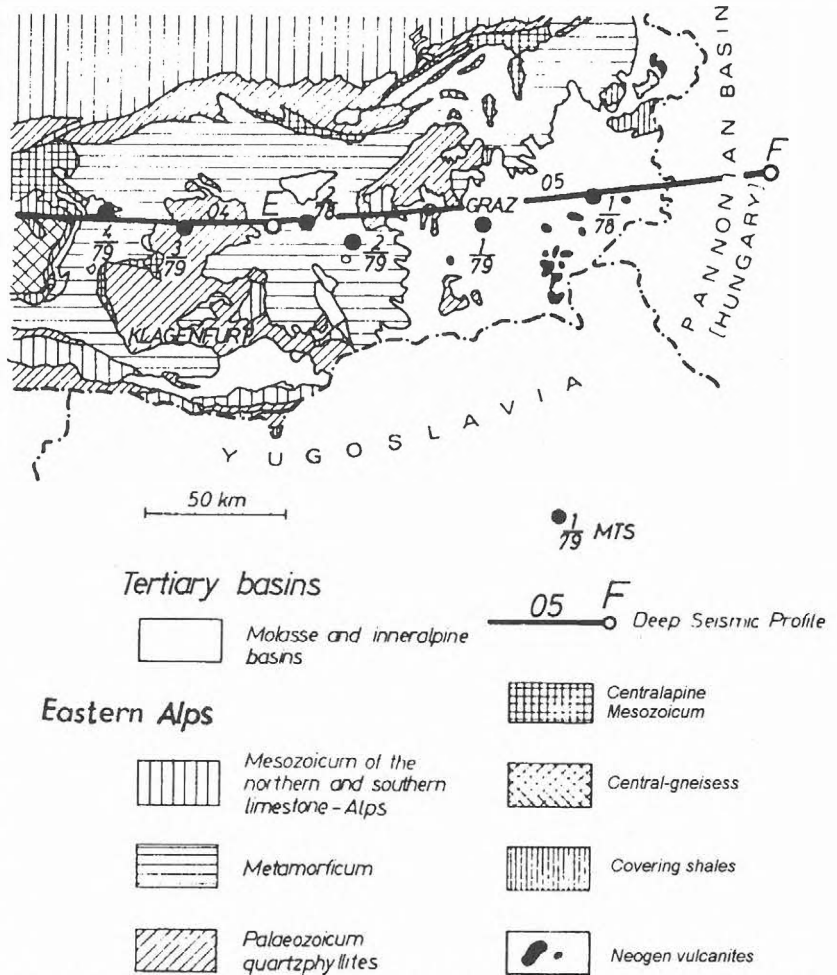
### Magnetotellurikus szondázások a Keleti-Alpokban (Ausztria) és a Balti-pajzson (Finnország)

Az 1976-os IAGA munkaértekezletet követően RIKITAKE professzor arra kérte ÁDÁMOT, hogy készítsen egy áttekintést a *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* számára *Az elektromos szerkezet változása egy orogén és egy ősi tektonikus terület (a Kárpátok és az Orosz tábla) között* címmel. A kéziratot a szerkesztőknek 1978-ban küldték meg és 1980-ban jelent meg. Az áttekintés címe azt jelzi, hogy volt érdeklődés a nagytektonika mindkét szélsőséges eleme iránt, nevezetesen az elektromos vezetőképesség Földben való eloszlásának orogén és kratogén modelljei iránt. Ezért mind a Bécsi Egyetemről és az osztrák Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamiktól,

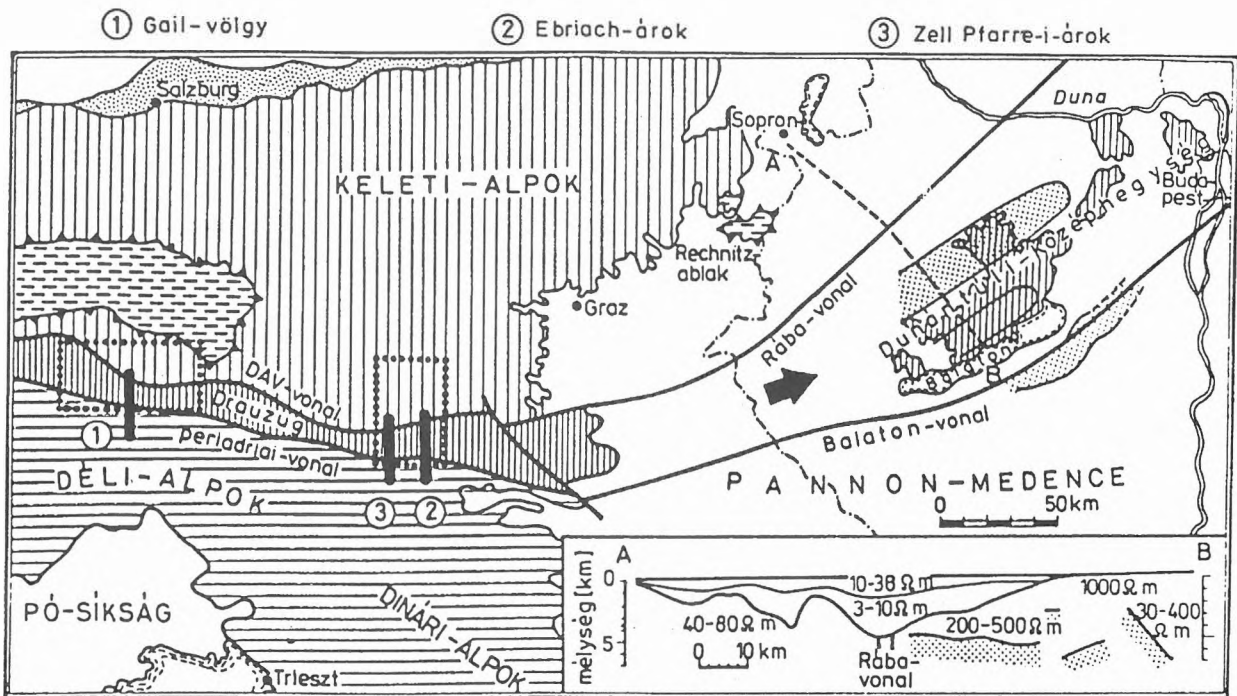
mind az Oului Egyetemről érkezett kérést örömmel fogadtuk és elvállaltuk, hogy kísérleti MT szondázásokat végezzünk a Keleti-Alpokban, illetve a Balti-pajzson.

### Keleti-Alpok

A mérések a Keleti-Alpokban az Alpi Szeizmikus Kéreg Szelvény (6. ábra) mentén kezdődtek 1978-ban, majd a nyolcvanas években többnyire a Periadriai-vonal mentén (7. ábra). Osztrák partnereink GUTDEUTSCH professzor az Egyetemről és dr. DUMA, kezdetben szintén az Egyetemről, majd a Zentralanstalttól, voltak. DUMA nagyon gondosan választotta ki a mérési helyeket, figyelembe véve szempontjainkat és korlátozásainkat, részben a topográfiát, részben a lehetséges mesterséges zajforrásokot illetően, természetesen a geológiai-tektonikai információ alapján kiválasztott területeken belül. Négy mérési sorozatban 15 szondázást mértünk Ausztria legkeletibb részétől, Burgenlandtól a Magas-Tauern láncáig Salzburg tartományban. Az át-



6. ábra. Délkelet-Ausztria geológiai térképe [Beck Manyetta 1964 után] az MT szondázási pontokkal (fekete pontok) és az Alpi Szeizmikus Kéreg Szelvényvel [ÁDÁM et al. 1981]



7. ábra. A Bakony–Drauzug egység (BDU) és a Dunántúli-középhegységben lévő jól vezető zónák (vonalkázott) tektonikai helyzete. A pontozott négyszögek jelzik az Alpokban végzett MT mérések helyszíneit, AMT szelvényekkel (vastag vonalak): 1—Gail szelvény; 2—Ebriach szelvény; 3—Zell Pfarre szelvény. A betét az elektromos szerkezetet mutatja az A–B szelvény mentén. Vonalkázott vonal jelzi a vezető helyzetét [HORVÁTH et al. 1987, ÁDÁM et al. 1992]

lagos mérési időtartam egy hét volt és a csoport többnyire három magyar és egy osztrák tagból állt. A mérésekhez hálózati áramot használtak, így egy gazdaság közelsége elkerülhetetlen volt, amely néha szállást is adott a csoport azon részének, amely nem a lakókocsiban aludt és ellenőrizte a műszereket.

Az Alpok hegyei között végzett mérések vezettek ahhoz a tapasztalathoz, hogy a vékony üledékekkel vagy bontott kőzetekkel fedett kristályos kőzetek komoly nehézséget jelentenek az MT mérések számára, különösen akkor, ha a hely elektromosan vagy mágnesesen zavart. Néhány állomáson érdekes körülményeket tapasztaltunk, így a Grazhoz közeli Breitenbuchban volt a legkülönösebb zavar, amely csak egy összetevő párban jelent meg, a másik párban a zajnak semmiféle nyomát sem lehetett megtalálni. Ezt a zajt is fel lehetett használni a szondázási görbe megszerkesztésére, mivel a zavarokból számított ellenállások pontosan négyszer akkorák voltak, mint a természetes változásokból számítottak, ezért a szondázási hely közelében lévő forrást és olyan 1-D modellt feltételezve, amelyben a nagy ellenállású aljzatot jól vezető üledékek fedik, a zavarokból számított  $\rho$  értékek megegyeztek a természetes változásokból számítottakkal [ÁDÁM et al. 1980]. Ez a hely valamiféle referenciává vált és gyakran hivatkoznak rá. A Murau közelében lévő

Lassnitz szélsőségesen excentrikus ellenállásokat adott: az egyik összetevőben az elektromos amplitúdók mintegy két nagyságrenddel voltak kisebbek, mint a másikban. Ennek az anizotrópiának legvalószínűbb okai azok a fémes anyagok voltak, amelyeket korábban az állomás közelében kitermeltek. Ezenfelül ezen az állomáson egy földrengést is észleltek. 12 órakor, a skálaérték meghatározásakor a mágneses jel erősen vibrált, közben a csoport többi tagja az asztalnál ült és ebédelt, így nem okozott mágneses zajt. Mint azt öt perccel később a hírekből megtudtuk, földrengés volt, amelynek epicentruma éppen ennél az állomásnál helyezkedett el és DUMA másnap már adatokat gyűjtött az érzékelt intenzitásról.

A GGKI-ban végzett MT adatfeldolgozásnak az volt az előnye, hogy a „nehéz” (zajos, erősen anizotróp stb.) felvételek feldolgozásában felmerülő problémákat rugalmasan ki lehetett küszöbölni. Például megváltoztatva azokat a korrelációs határokat, amelyek felett az adatblokkokat elfogadjuk, a kiválasztási kritériumot megváltoztatva a mágneses és a merőleges elektromos komponens közti korrelációról két elektromos komponens közti korrelációra, amelyek közül az egyik mért, a másik pedig az elektromos és mágneses komponensek közti közelítő és előzetes kapcsolat alapján számított, olyan

súlyok használatával, amelyek magukban foglalták a tér és a hely több jellegzetességeit stb.

GUTDEUTSCH professzor javaslatára egy olyan kísérletet is végeztünk, hogy egyidejűleg két elektromos állomást használtunk egy mágneseshez úgy, hogy a két elektromos állomás néhány km-re volt egymástól. Az erre a kísérletre kiválasztott egyik hely Schlanitzen volt, amelyről később kiderült, hogy nagyon torzult, az ott mért mágneses variációk közel kétszeresen tértek el a mintegy 150 km-re fekvő Nagycenken mérettől. Az elektromos kiegészítő állomás nagyjából 5 km-re volt, de a Gail-völgy másik oldalán és az elektromos változásokat alig lehetett azonosítani a két felvételen, annál is kevésbé, mert a viharos esőzés erős polarizációt eredményezett az egész mérési időszak alatt. Az egyidejű mérések ugyan majdnem sikertelenek voltak, mégis ez az állomáspár adta a Periadriai-vonal első indikációját, amely gyakorlatilag Schlanitzen alatt húzódik. A második kísérlet még sikertelenebb volt. Schlanitzen után a csoport Sitmoosba ment, állandó hideg időjárásban, esett az eső és a hó (az állomások mintegy 1000 m körüli vagy még nagyobb magasságban voltak). Ennek ellenére egy kiegészítő állomást is felállítottak Plöckenpassnál egy, az olasz határ közelében éppen megnyitott szállodában. Ennél az állomásnál a zaj, amelyet főleg az állandó zivatar okozott, lehetetlenné tette a felvételek értelmezését, de tapasztalatot szereztünk a zivataroknak, villámoknak és Szent Elmo tűzének az elektromos összetevőre gyakorolt hatásáról, amelynek végzetes következménye volt a mérésekre.

Az Alpi Szeizmikus Kéreg Szelvény mentén végzett szondázások olyan  $\rho_{\min}$ -görbéket eredményeztek (mivel kevésbé befolyásolta ezeket a sztatikus eltolódás, kevésbé voltak szórtak), amelyeknek tér-torzulásai hasonlóak voltak a dunántúli anomália területén tapasztaltakhoz és jól vezető képződményeket jeleztek 6–9 km, illetve 30–40 km mélységben. Ezen anomáliák közül a kisebb mélységű megfelel egy kis sebességű zónának a szeizmikus reflexiós mérések szerint. Az anomáliát a dike-modell alapján értelmezték [ÁDÁM et al. 1981]. Ennek a vezetőképesség anomáliának (VA) tektonikai kapcsolatát illetően akkor elfogadtuk DUBA álláspontját: „A vezetőképesség anomália legvalószínűbb oka a repedezett zónában lévő geotermikus folyadék.” Ez a megállapítás azonban nem fogadható el a VA kizárólagos okaként, a nyírási zónában lévő grafitos vezetőknek is szerepet kell játszaniuk. A mélyebb VA oka minden bizonnyal a dehidratáció és az alsó kéregre jellemző szabad folyadékok.

A Periadriai-vonal mentén jelentős kanalizáció volt megfigyelhető, ahogy azt a schlanitzeni állomással kapcsolatban említettük, ennek eredménye a mágneses É–D összetevőnek a normális 1,5–3-szorosára való növekedése. A növekedés egyben periódusfüggő is volt. Ezt az anomáliát grafitos vezetőknek tulajdonították, amelyeket később meg is találtak a Gailtali Alpokban [ÁDÁM et al. 1986a].

Az Alpokban végzett MT mérések tapasztalatait később kiegészítették a Dunántúli Középhegység egyes területein és más zavart területeken szerzettek és mindezeket a *Magnetotellurika a hegyekben – zaj, topográfiai és kéreg inhomogenitási hatások* című tanulmányban adtuk közre [ÁDÁM et al. 1986b].

Az osztrák–magyar együttműködés 1986 után folytatódott, minden második évben végzett audiomagnetotellurikus mérésekkel. Az ezekkel a mérésekkel megoldandó első probléma a paleozoós Altkristallin grafitos blokkjai belső szerkezetének meghatározása volt; ezeket a Zell Pfarrenél mért egyik szelvény mentén mágneses anomália kíséri. A 7. ábra mutatja a Periadriai-vonalat és a dunántúli anomáliát keresztező É–D irányú szelvényeket a Bakony–Drauzug önálló geológiai egységen belül. Az Ausztriában végzett MT mérések véleményünk szerint egyértelműen bizonyították, hogy a dunántúli anomália oka grafitos vezető képződmény [ÁDÁM et al. 1990].

#### *Együttműködés Finnországgal*

A kapcsolatok Finnországgal 1963-ban kezdődtek, mikor a szerzők megismerkedtek H. PAARMA professzorral, a jól ismert finn ércgeológussal a freibergi konferencián. Nagyon érdeklődött a geofizika iránt. ÁDÁMmal való hosszú barátsága közös publikációkat is eredményezett. 1973-ban az Oului Egyetem meghívta ÁDÁMOT, hogy látogassa meg a Geofizikai Tanszék akkori vezetőit, PORKKA és KORHONEN professzort, akikkel megvitatta a magnetotellurikus módszer finnországi bevezetésének lehetőségét. Az első lépés az Oulu közelében lévő Muhos üledékes képződmény kutatása volt audiomagnetotellurikus módszerrel, amelynek céljaira egy francia műszert vásároltak [BENDERITTER et al. 1978]. A kapcsolat az 1976-os soproni munkaülés után felújult S.-E. HJELT professzor kezdeményezésére. Az eredmény egy magyar expedíció volt Finnországban azzal a céllal, hogy néhány szondázást végezzen az ÉK–DNy irányú SVECA szelvény mentén. A szondázási görbék egy igen jól vezető – feltehetőleg grafitos – képződmény jelenlétét je-

lezték, amelynek fajlagos ellenállása kisebb volt 10hmm-nél, például a Sotkamo-Laakajavi MT állomásnál (8. ábra) [ÁDÁM et al. 1982]. Később, a nyolcvanas években az Oului Egyetem Geofizikai Intézete vezető szerepet kapott mind a magnetotellurikus, mind a magnetovariációs vizsgálatokban és Finnország az egyik legsűrűbb EM indukciós mérései

az audiomagnetotellurikus tér térbeli és időbeli változásainak vizsgálatát [ÁDÁM, SZARKA 1994].

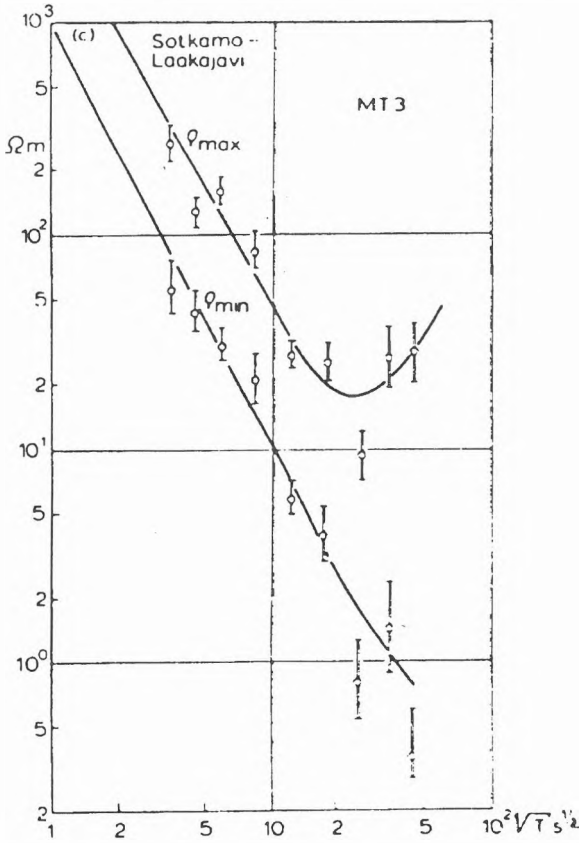
### EM zaj

A Keleti-Alpokban végzett mérések megmutatták, hogy a vékony üledékes fedővel (bontott kőzetekkel) fedett kristályos kőzeteken végzett magnetotellurikus méréseket nehéz értelmezni, ha mesterséges zajforrás (emberi település, ipar, villamosított vasút, bányák, fúrások stb.) van a közelben. Néhány példát már említettünk, például Breitenbuchot, ahol csak az egyik összetevőpár volt zavart. Egy érdekes magyar eset volt a komlói szénmezőhöz közel, ahol a kőzetmozgásokat próbálták előre jelezni az elektromos paraméterek változásai alapján. Az ott készített felvételeket általában nehéz volt feldolgozni. Kivétel volt egy rövid időszak, amikor a munka leállt, hogy megemlékezzenek egy korábbi bányabeli baleset áldozatairól, az ekkor készített felvételek teljesen mentesek voltak a zavaroktól (9. ábra). Ez az eset bizonyította, hogy a zavarokat a működő gépek okozzák és nem az elektromos kábelek pusztája jelenté (például kóbor áramok révén).

SZARKA [1987] az 1986-os neuchateli indukciós munkaülésem ismertette a zajforrások egy nemzetközi áttekintését. Ez az áttekintés tárgyalta a zajok felhasználását a földtani kutatásban, beleértve a már említett méréseket a komlói szénmezőn, amelyeket kvázi-MT szondázásokként dolgoztunk fel [ÁDÁM et al. 1989a], és TAKÁCS 50 Hz-es szelvényezését [1983], mint magyarországi példákat.

Az admittancia és impedancia tenzor szorzatának az egységtenzorral kell egyenlőnek lenni. Az eltérések vagy a zajnak tulajdoníthatók, vagy a forrás hatásának, amelyet a két mágneses komponens nagy koherenciája jelez ( $\text{Coh}H_xH_y$ ). VERŐ programjában [1972] az egységtenzortól való eltérést iterációval szüntetik meg. ÁDÁM et al. [1986b] vizsgálta a zaj hatását az admittancia és impedancia tenzorra, valamint szorzatukra is azzal a céllal, hogy meghatározzák a végeredményre gyakorolt hatását.

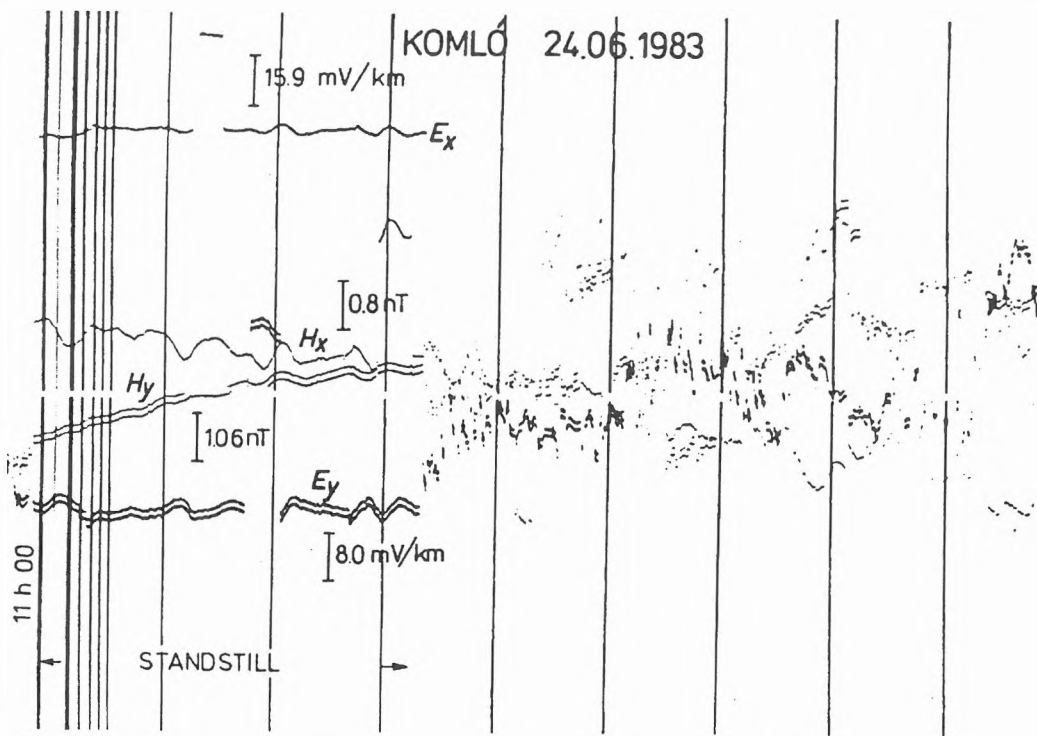
A zaj egy további alkalmazása jelent meg az audiomagnetotellurika területén, ahol a természetes és mesterséges jelek keveredése különösen erős az 1 Hz körüli energia minimumban. Egy, a Periadriai-vonalra merőleges szelvényen a távoli forrásból származó zajt sikeresen kíséreltük meg felhasználni ebben a kritikus frekvencia tartományban.



8. ábra. A magyar expedíció által Finnországban mért mély MT szondázási görbe a Sotkamo-Laakajavi MT állomáson [ÁDÁM et al. 1982]

hálózatot rendelkező ország. Ezt a szerepet támogatta a P. KAIKKONEN által vezetett ILONEM számítógépcentrum és anyagilag támogatta a IAGA és a Finn Tudományos Akadémia.

A finn kapcsolat továbbfejlődött két terület, a fiatal Pannon-medence és az idős Balti-pajzs elektromos vezetőképesség modelljének összehasonlítása révén [ÁDÁM et al. 1983]. A közös MT kutatás és műszerfejlesztés is folytatódott. Az utóbbi eredménye egy ötszoros tenzoriális MT műszer [ÁDÁM et al. 1988]. Ez az AMT műszer meghatározza az összes MT és MV paraméter értékét 12 előre kiválasztott frekvencián, 4,1 és 2300 Hz között, azonnal a mintavételezés után, beépített feldolgozó programok segítségével. Az EM tér minden egyes komponensének átlagos és maximum értékeit szintén kijelzi. Ezen utóbbi adottság lehetővé teszi



9. ábra. Impulzusszerű négyszögjel a komlói szénmező területén készített analóg MT felvételen. A három perces zavartalan időszak egy munkaleállás alatt volt, amellyel egy korábbi bányabeli baleset áldozataira emlékeztek [ÁDÁM et al. 1986b]

## Kapcsolatok Indiával és Kínával

B. P. SINGH professzor, az Indiai Földmágnességi Intézet jelenlegi igazgatója 1976-ban részt vett a IAGA soproni Indukciós munkaülésén. Ez volt a kezdeti lépés a két ország, illetve a két intézet közti barátságban és tudományos együttműködésben. 1983-ban ÁDÁM-ot meghívták és felkérték, hogy tartson egy előadást a magnetotellurika szerepéről a geofizikai kutatásban a Kutató Geofizikusok Egyesületének (AEG) 9. Éves Kongresszusán, Bombayben. Ezt az előadást később (1985) kiadták egy kis könyv formájában. 1988-ban ugyanő a Kanpuri Indiai Technológiai Intézet (IIT) R. P. SINGH által szervezett MT szemináriumán tartott előadásokat, 1990-ben meghívták a hyderabadi *Túlélés 2000* konferenciára, 1991-ben pedig a Kharagpuri IIT MT konferenciájára. Ezek az indiai–magyar kapcsolatok több közös publikációt eredményeztek.

A kínai–magyar kapcsolatok 1990 után éledtek újjá a geofizikában. Ezen kapcsolatok keretében a pekingi és wuhani Földtudományi Egyetem meghívására 1991-ben és 1994-ben ÁDÁM látogatást tett és előadást tartott a GGKI-ben végzett MT kutatásról.

## Geodinamikai kutatás az EM indukció felhasználásával

### *A paksi terület*

Magyarország első atomerőműve Pakson épült a nyolcvanas évek elején és bővítését tervezték. Az építés előtt végzett geodinamikai kutatás meglehetősen felületes volt, akkor is, ha volt néhány szeizmikus szelvény. Ezért javasoltuk a terület részletes tellurikus-magnetotellurikus kutatását, a nagy ellenállású aljzat domborzatának nyomozására. Az első méréseket egymástól 2 km-re lévő állomáshálózattal végeztük [ÁDÁM, VERŐ 1990]. Ezek az előzetes mérések az erősen elnyúlt ellipszisek révén egy aljzat-kiemelkedést jeleztek. Ezt a sasbércet néhány tektonikus feltételezése szerint regionális oldaleltolódások határolják, az úgynevezett Kaposvonal folytatásai. A kérdés azonban még ma sincs megoldva, mivel a terület egyetlen nagyobb földrengése, az 1911-es kecskeméti, elég messze keletre volt és a Kapos-vonallal való kapcsolata még nincs tisztázva. A hálózat későbbi 500 m-es oldaltávolságúvá sűrítése az aljzat topográfiját még bonyolultabbá tette, bár a fő jellemvonás nem változott.

A paksi területen végzett mérés korábban szokatlan mennyiséget jelentett az MT-csoport számára, a néhány száz tellurikus állomás mellett sok MT szondázást és néhány geoelektromos szondázást is. A

Duna éppen a terület közepén folyik és a következő hidak mintegy 50 km-re északra és délre vannak Pakstól, így a programot nagyon gondosan kellett megszervezni. A tellurikus állomások közül sok az árvízvédelmi gátakon volt, ahol a könnyű közlekedés lakatlan területekkel járt együtt. Néhány esetben azonban a hajók, különösen a folyami uszályok különleges (mágneses) zavarokat okoztak, néhányszor tíz nT nagyságúakat (mint egy mozgó dipól). Mivel a mérés éve nagyon esős volt és a nagy esők éppen a szünyogok generációs idejével megegyező időközönként jöttek, az egész terület tele volt velük, különösen a gát és a folyó között, ahol a méréseket komolyan hátráltatták a rovarok felhői a levegőben. További nehézség származott abból, hogy a folyó mindkét oldalán szovjet (és magyar) katonai létesítmények foglalták el a terület jelentős részét, több katonai repülőtérrel, ezért néha a gyanús lakókocsi és sátrak felett alacsonyan szálló repülőgépek és a légpárnás hajók is okoztak jelentős zajt, nem beszélve arról, hogy a katonai területeken néhány mérés lehetetlen volt.

A paksi mérések megmaradnak minden résztvevő emlékezetében, főként a terepi munka nagyon nehéz körülményei miatt, de a helyi körülmények miatt is. A Duna Pakssal ellentétes oldalán (a folyótól néhány km-re) fekszik Kalocsa, a magyarországi paprikatermelés egyik központja. A paprikát fűszerkészítési célból termelik, így frissen majdnem lehetetlen. Kalocsa városa nem idegenforgalmi központ, annak ellenére, hogy a fehér házak falán lévő piros paprikafüzérek szép látványt nyújtanak és jelzik a tulajdonos gazdagságát. A kalocsai szálloda a legnyomorúságosabb volt akkor Magyarországon.

A tellurikus és magnetotellurikus mérések jelentették a kezdetét a nagyszabású geofizikai-geológiai kutatásnak az erőmű területén és egyben hangsúlyozták ezen módszerek alkalmazhatóságát a tektonikai kutatásokban. Ezen vizsgálatok eredményeképp az MT-csoport állami OTKA támogatást kapott a mérések folytatására, egy, az MT módszert is magában foglaló ellenőrző rendszer kifejlesztésére.

### *Komló*

Egy másik geodinamikai kutatást a komlói szénmező területén végeztünk. SCHOLTZ et al. [1973] a földrengésekre vonatkozó „dilatáció–diffúzió elmélete” alapján tudjuk, hogy földrengések előtt az ellenállás mintegy 15 százalékkal csökken a hipocentrum területén. Ezt az elméletet akartuk ellenőrizni egy bányában, mesterséges rengésekkel. A komlói szénbánya érdeklődött két egymás felett lévő és

egyidejűleg termelt szénrétegre vonatkozó kőzetmechanikai információ iránt. Az egész területen megtalálható a hosszanti és keresztvetők sűrű hálózata, így ezen vetők mentén az üledékek elmozdulhatnak azon tektonikai feszültségek következtében, amelyek a szénbányászati tevékenység révén halmozódnak fel és ezek a mozgások tektonikai földrengéseként jelennek meg. A méréseket többször megismételtük az egymást követő években néhány jól kiválasztott helyen, ahol a mélyművelés közeledett, éppen az adott hely alatt volt vagy nemrég haladt tovább. Az MT szondázások  $\rho_{\max}$  irányai egybeestek a tektonikai szerkezet irányával és jelezték, hogy a keresztvetők sokkal nyitottabbak, mint a hosszantiak. Az 57. ponton, ahol a legnagyobb süllyedést (két méter 1979 és 1984 között) észlelték, az üledékeket jellemző  $S$  összegzett hosszirányú vezetőképesség jelentősen csökkent a  $\rho_{\max}$  irányában, valószínűleg az üledékek tömörödését jelezve, amely a süllyedést is okozta. Egy másik állomáson, néhány km-re az 57. ponttól az ellenállás csökkenést kevésbé jelentősnek találtuk.

Az egész komlói kísérlet azt mutatja, hogy a természetes folyamatokat nagyon nehéz mesterségesekkel modellezni. A bányászati műveletek eredményeképp a feszültségek folyamatosan feloldódtak.

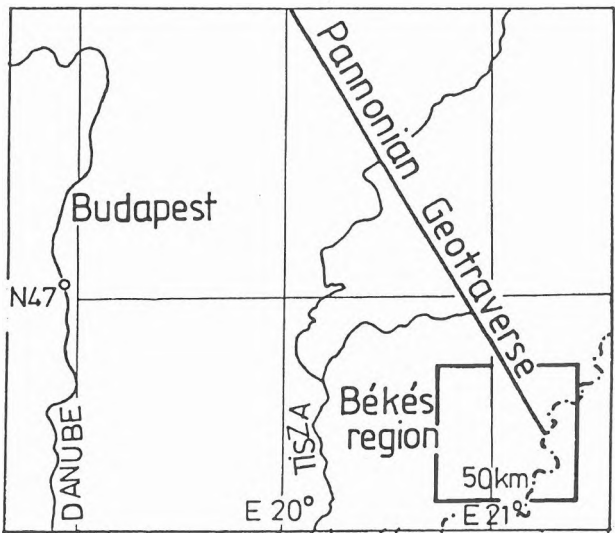
Egy másik komlói tapasztalatot, a zaj eltűnését a bányában bekövetkezett munkaszünet idején, már említettük az MT mérések zajaival kapcsolatban (9. ábra).

## **Részvétel a Nemzetközi Litoszféra Programban (ILP)**

Három magyar intézmény, a Magyar Tudományos Akadémia GGKI, a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) és az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Geofizikai Kutató Vállalata (OKGT GKV) a nyolcvanas évek végére hatalmas anyagot gyűjtött össze a felső kéregben lévő jól vezető képződményekről. ÁDÁM Antal, NAGY Zoltán és VARGA Géza térképet szerkesztett ezen adatokból. A legjelentősebb anomália, amelynek egyben a kiterjedése is a legnagyobb, a dunántúli vezetőképesség anomália, ezt már korábban említettük (5. ábra). Az eredmények ezen részét a Periadriai-vonal mentén végzett mérések eredményeivel együtt értelmezte ÁDÁM [1990]. Egyre világosabbá vált, hogy a kis viszkozitású grafitos paláknak fontos szerepe van a tektonikai folyamatokban, főleg a nyírási zónákban, ahol elválási zónák kialakulását okozhatják. Ezt az ötletet a nemzetközi irodalom számos példával támasztja alá (lásd például HJELT

jelentését az Ensenada Indukciós Munkaüléstről, vagy LIU GUODONG professzor személyes közlését egy jól vezető anomáliáról a felső kéregben, Tibetben, amelynek összegzett hosszirányú vezetőképessége hasonló a dunántúli anomáliáéhoz és hasonló mélységben fekszik). Ezenfelül vannak jelzések a dunántúli anomália területéről arra vonatkozóan, hogy kis viszkozitású grafitos képződmények csillapítják a szeizmikus hullámokat és csökkentik a terület szeizmikus veszélyeztetettségét [ZSÍROS 1985, ÁDÁM 1994].

Magyarország keleti részén, beleértve az Északi-középhegységet és az Alföldet, kevesebb volt az MT szondázás, ezért terveztük az ILP Pannon Geotraverzt erre a részre (PGT-1, lásd a 10. ábrát). A PGT-1 ÉNy–DK irányban harántolja az igen változatos tektonikai egységeket, kezdve az Északi-középhegység vulkanitjaival, majd a szolnoki flis



10. ábra. Kelet-Magyarország térképe a Pannon Geotraverzzel

övön át a keskeny és mély extenziós árokig (medencéig) Békésben, Magyarország DK-i részén. Az eredmények első összefoglalása [ÁDÁM et al. 1990] főként az alsókéreg-beli anomália és a jól vezető asztenoszféra közti geotermikus kapcsolatokkal foglalkozott, ÁDÁM korábbi [1978] munkája alapján. Az anomális területeket később részletesen és pontosabban vizsgálták az elektromágneses tér tértorzulási elmélete alapján. Így a flis zónában, amely közelítőleg a Pannon-medencét felépítő két formációcsoport határán fekszik, a jól vezető kéreg- és köpenybeli anomáliák elmélyülését vizsgálták, kizárva a sztatikus eltolódás lehetőségét [ÁDÁM, STEINER 1993], míg a jellegzetesen 3-D Békési-árok

esetében a vezető felszínközeli üledékek által okozott torzítást modelleztük Price vékonylemez-modelljével és kerestük az asztenoszféra legvalószínűbb mélységét [ÁDÁM et al. 1993]. Jelenleg új, nagyon mély MT szondázásokat végeznek a EUROPROBE PANCARDI kulcsprojektje keretében, a méréseket a lehető legszélesebb frekvencia tartományban végezve és egyben új szelvények mentén (mint például a PGT-4); a korábbi eredményeket felülvizsgáljuk a GEOTOOLS programcsomag segítségével.

Az előző bekezdésben körvonalazott program szükségessé tette az Intézet modellező és inverziós programjainak fejlesztését. Ezen a területen a STEINER Tibor [1993] matematikus által végzett programfejlesztéseket és -adaptációkat kell megemlíteni mind 2-D, mind 3-D szerkezetekre. 1-D inverziós programja kiegészíti a GEOTOOLS inverziós programjait és lehetővé teszi mind az L1, mind az L2 inverziót, egyben jelzi is az illeszkedés pontosságát.

### Újabb elméleti kutatások

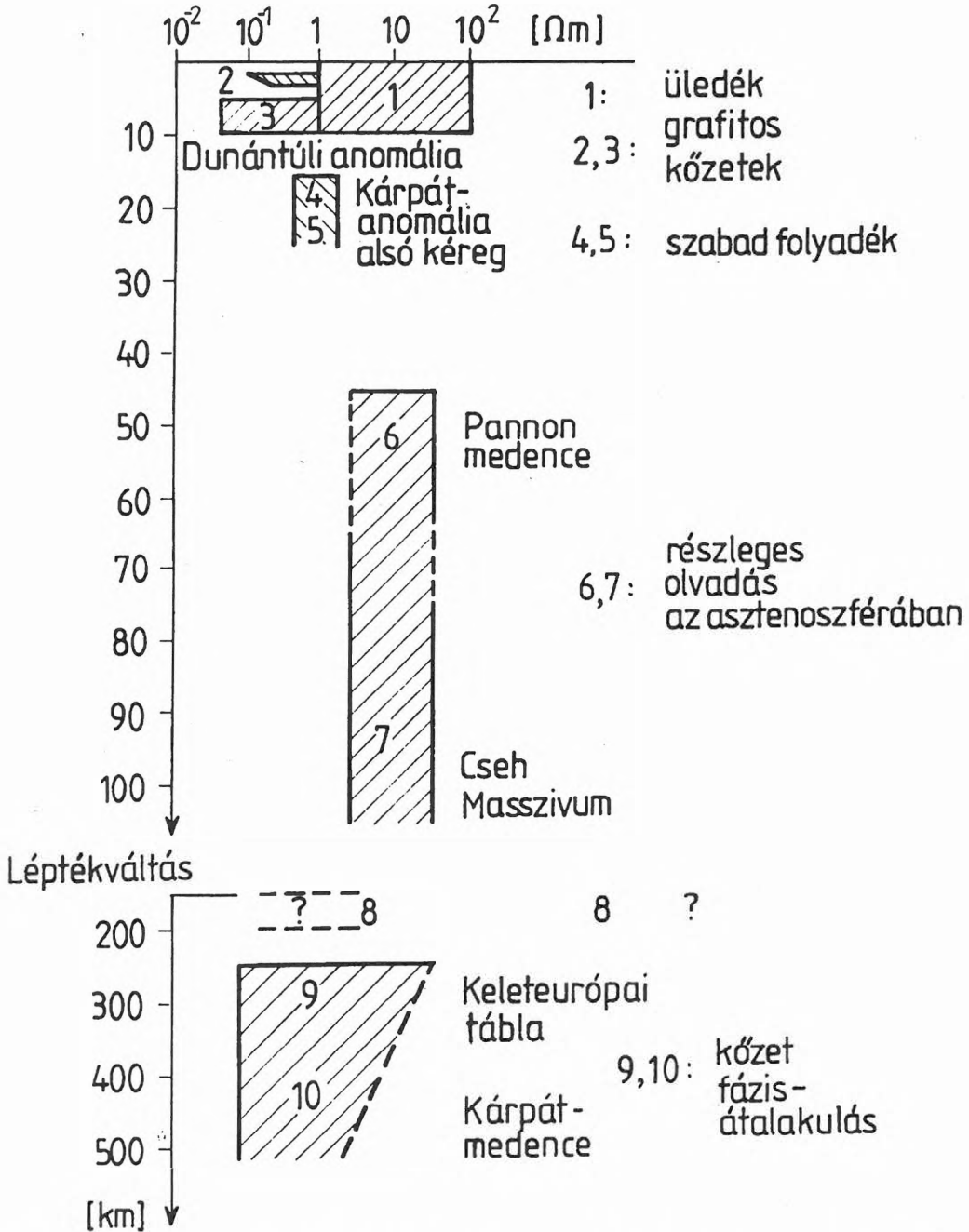
Az MT műszerek és módszerek fejlődése lehetővé tette számunkra az MT impedancia fázisának pontosabb meghatározását. FISCHER 1985-ös cikke és ÁDÁM 1987-es pseudo-fázis szelvényei arra indították SZARKÁT, hogy egy gondolatossal levezesse az MT fázis jellegzetességeit a felszín alatti áramrendszer eloszlásából. Figyelembe vette SCHMUCKER [1969] és WEIDELT [1972] korábbi cikkeit az áramok súlypontjáról. Egy sor cikket publikált, amelyeknek társszerzői részben az előbbi kollégák voltak [például SZARKA, FISCHER 1989, 1991, FISCHER et al. 1992, ÁDÁM, SZARKA 1989]. 2-D szerkezetek EM torzulásait is kifejezte potenciálok formájában. SZARKA et al. [1994a, b] vizsgálta az MT invariánsok alkalmazhatóságát PRICE vékonylemez-modellezését használva 3-D szerkezetekre, továbbá a különböző módszerek hatékonyságát meghatározásában, ami a réteg paraméterek egy jelzője. Ezeket az elméleti vizsgálatokat, numerikus modellezéseket és fizikai modell méréseket nemrégben egy disszertációban foglalta össze SZARKA [1994]. Ez a tevékenység túlságosan új ahhoz, hogy jelzéseket kapjon a nemzetközi közösségtől, ezt itt annak jelzésére említjük, hogy a GGKI-ben jelenleg folyó indukciós kutatásnak mi az iránya.

Egy másik disszertációt készített WESZTERGOM [1994] a közepes szélességeken fennálló indukciós kockázat vizsgálatáról, beleértve a Nagycenki Observatórium újabb fejlesztését, hozzákapcsolását a nemzetközi INTERMAGNET hálózathoz.

## Záró megjegyzések

Elérve a Magyarországon és a Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben folyó indukciós kutatás több évtizedes történetének végső pontjához, fel kell tennünk a kérdést: hogyan segítette az indukciós kutatás a Kárpát-Pannon-medence, Magyarország geofizikai kutatását. Ennek bemutatására közöljük a 11. ábrát, amely az EM indukciós módszerekkel kimutatott jól vezető anomáliákat mutatja, a fel-

tételezett okokkal együtt és utalunk HJELT és KORJA áttekintésére [1993], amelyben az európai litoszférára vonatkozó geofizikai tudásunk keretében szintetizálták ezeket az anomáliákat, valamint HORVÁTH [1993] cikkére, amelyben az MT eredményeket beépítette tektonikai modelljébe. Az eredmények ellenére nagyon sok a jövőben megoldandó nyitott kérdés, mint például a már említett EUROPROBE ILP projekt PANCARDI projektje keretében.



11. ábra. Jól vezető zónák a kéregben és a felső köpenyben a Kárpát-Pannon régióban és környezetében [ÁDÁM 1980]

**ESEMÉNYEK A RELATÍV TELLURIKUS-MAGNETOTELLURIKUS FREKVENCIA SZONDÁZÁSOKKAL KAPCSOLATBAN A SOPRONI GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓ INTÉZETBEN**

- 1952 Az első tellurikus mérések a Soproni-hegységben
- 1956 Összehasonlító földi áram mérések a pekingi földmágneses obszervatóriumban (Kína) és Sopronban
- 1957 A földi áram (tellurikus) regisztrálás megkezdődött a Nagycenki Obszervatóriumban
- 1959—1969 Regionális földi áram mérések
- 1959—1964 Módszer- és műszerfejlesztés a tellurikus módszerben. (Abszolút ellipszis az idő szerinti deriváltakból, az abszolút ellipszisek stabilizálása; totális variáció számláló, analóg tellurikus modellek stb.)
- 1960 Az első magnetotellurikus (MT) mérés Sopron közelében. Egy mély vető kimutatása a kristályos aljzatban
- 1961 Módszerek az MT anizotrópia meghatározására
- 1962 A dunántúli kéregbeli jól vezető anomália (VA) jelzése relatív frekvencia szondázásokkal
- 1963 A jól vezető asztenoszféra egyik első jelzése MT-vel: a meleg Pannon-medence alatt sokkal kisebb mélységben fekszik, mint a hideg Kelet-Európai tábla alatt
- 1963 „A földkéreg és a felső köpeny elektromos vezetőképességének vizsgálata; módszertan és eredmények” [ÁDÁM kandidátusi disszertációja]
- 1964—1970 Műszerfejlesztés tellurikus és MT mérések céljaira
- a) T-20 totális variáció számláló
- b) a nagy érzékenyséű MTV-2 variométer
- c) indukciós tekercsek
- 1967—1969 Az MT tér méretének vizsgálata. Egyidejű elektromágneses mérések Kelet-Európában, a KAPG szervezésében
- 1967 A föld kérgének és a felső köpenynek első részletes MT (ellenállás) szondázása 400 km mélységig Nagycenken
- 1967 A dunántúli VA rendszeres vizsgálatának kezdete
- 1968 „A felső köpeny szerkezete a Magyar-medencében. Meghatározásának kérdései és különlegességei” [ÁDÁM akadémiai doktori disszertációja]
- 1969 A Pannon-medencében fennálló regionális anomália kimutatása
- 1971 „A tágulások tektonika kutatása magnetotellurikus anizotrópiával” (*Nature*)
- 1971 Javaslat az „első K—Ny-i felső köpeny MT szelvényre Európán át” (FOURNIER-vel az *Acta Geodaetica, Geophysica et Montanistica Hungaricaban*)
- 1972 Tenzoriális MT feldolgozó program
- 1976 A „Goelectric and Geothermal Studies” kiadása, Akadémiai Kiadó, Budapest
- 1976 A 3. IAGA Elektromágneses Indukciós Munkakülés Sopronban
- 1976 Kapcsolat a kéregben és a felsőköpenyasztenoszférában lévő vezetőképesség anomáliák és a felszíni hőáram között (tovább javítva: 1978, 1980, 1987)
- 1977 Változó EM terek meghatározása 2-D szerkezetekben a véges differenciák módszerével [TÁTRALLYAY kandidátusi disszertációja]
- 1977 Az analóg modellezés kezdete
- 1978—1983 MT mérések a Keleti-Alpokban, együttműködve a Bécsi Egyetemmel és a bécsi Meteorológiai és Geodinamikai Intézettel
- 1980 MT mérések a Balti-pajzson, Finnországban, a SVECA szelvény mentén, együttműködve az Oului Egyetemmel
- 1980 Az elektromos szerkezet áttekintése egy orogén és egy ősi tektonikus területen (Kárpátok és az Orosz-tábla)
- 1982—1885 Az MT ellenállás időbeli változása a komlói szénmezőn
- 1983—1985 Audiomágneses műszer fejlesztése finn-magyar együttműködésben
- 1984 Módszer a felszín alatti szerkezet meghatározására mesterséges EM terek elemzése révén (186 678 számú magyar szabvány)
- 1985 ÁDÁM könyve: „A magnetotellurikus módszer szerepe a geofizikai kutatásban” (Hyderabad, India)
- 1985—1990 MT mérések a Paksi Atomerőmű területén
- 1986—1989 Az EM zaj vizsgálata
- 1986—1992 Audiomagnetotellurikus vizsgálat a dunántúli VA folytatódásában, a Bakony-Drauzug ütközési zónában (3 szelvény)

- 1987–1989 MT mérések a Pannon Geotraverz mentén
- 1987 A jól vezető kéregbeli képződmények mélység szerinti eloszlásának térképe a Pannon-medence pre-ausztriai aljzatában
- 1988–1989 Kapcsolat az MT fázis és áram eloszlás és elektromos töltések között 2-D szerkezetekben
- 1988–1993 1-D, 2-D MT inverzió és 2-D, 3-D modellező programok [STEINER kandidátusi disszertációja]
- 1990 ÁDÁM mint levelező tag székfoglaló előadása a Magyar Tudományos Akadémián: „A dunántúli elektromos vezetőképesség anomália földtani és módszertani jelentősége”
- 1991–1994 A kis viszkozitású grafitos vezetők vizsgálata és hatásuk a szeizmicitásra
- 1993 ÁDÁM mint rendes tag székfoglaló előadása a Magyar Tudományos Akadémián: „Elektromos ellenállás, mint a fizikai folyamatok indikátora a Földben”
- 1994 3-D földtani szerkezetek geofizikai leképezésének lehetőségei EM kutató módszerekkel [SZARKA akadémiai doktori disszertációja]
- 1994 A geomágneses viharok technogén hatásai [WESZTERGOM kandidátusi disszertációja].

## IRODALOM

- ÁDÁM A. 1958: Über ein modifiziertes tellurisches Schurfgerät und dessen Verwendung zu tellurischen Untersuchungen grossen Ausmasses. *Freiberger Forschungshefte C*, **45**, 52–61
- ÁDÁM A., VERŐ J. 1958: Das Erdstromobservatorium bei Nagycenk (Ungarn). *Geofisica pura e applicata* **39**, 126–151
- ÁDÁM A. 1961: Über Erdstrommodellversuche. *Freiberger Forschungshefte C*, **100**, 7–20
- ÁDÁM A., BENCZE P. 1961: Experiments with the magnetotelluric method. *Magyar Geofizika* **2**, 57–69
- ÁDÁM A., ERKEL A., SZABADVÁRY L. 1962: Neue ungarische geoelektrische Instrumente. *Geofisica pura e applicata* **52**, 127–138
- ÁDÁM A. 1964: Über die Berechnung der magnetotellurischen (MT) Anisotropie. *Freiberger Forschungshefte C*, **168**, 1–48
- ÁDÁM A., BENCZE P. 1964: Ein Gerät zur Summierung des Absoluten Wertes der Feldänderungen (Totalvariationen) bei tellurischen und magnetotellurischen Messungen. *Bergakademie* **16**, 22–25
- ÁDÁM A. 1963: Study of the electrical conductivity of the Earth's crust and upper mantle: Methodology and results. Ph.D. Thesis, 111 pp. Sopron
- ÁDÁM A., VERŐ J. 1964: Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. *Acta Technica* **47**, 1–2, 63–77
- ÁDÁM A., WALLNER Á., WIESE H. 1964: Elektrische Leitfähigkeitsanisotropien des Untergrundes im Spiegel magnetotellurischer und geomagnetischer Messungen. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* **73**, 5–6, 310–316
- ÁDÁM A. 1965: Einige Hypothesen über den Aufbau des oberen Erdmantels in Ungarn. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* **74**, 20–40
- ÁDÁM A., VERŐ J., WALLNER Á. 1966: Die räumliche Verteilung der Pulsationen des elektromagnetischen Feldes der Erde. I–II. Teil. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **1**, 3–4, 379–417
- ÁDÁM A. 1967: Über den Informationsgehalt der elektromagnetischen Messungen in Ungarn. *Annales de Géophysique* **23**, 1, 136–143
- ÁDÁM A., MAJOR L. 1967: Stabilized high-sensitivity immersion magnetic variometer for magnetotelluric investigations (Type MTV-2). *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **2**, 1–2, 211–215
- ÁDÁM A., Cz. MILETITS J., VERŐ J. 1968: Magnetotelluric deep-sounding in Hungary. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **3**, 1–2, 129–147
- ÁDÁM A. 1969: Appearance of the electrical inhomogeneity and anisotropy in the results of the complex electrical exploration of the Carpathian basin. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **4**, 1–2, 187–197
- ÁDÁM A. 1970: Some results of the magnetotelluric survey in the Carpathian basin and its complex interpretation. *J. Geomagn. Geol.* **22**, 223–233
- ÁDÁM A. 1971: Determination of the Paleozoic graphitic formations by magnetotelluric method beneath shading layer in the Hungarian basin and some genetic conclusions. *Geonómia és Bányászat* **4**, 2–4, 297–308
- ÁDÁM A., Cz. MILETITS J., VERŐ J. 1972: Das Mikropulsationsfeld in Osteuropa (Ergebnisse der KAPG-Synchronmessungen vom Jahre 1969). *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **7**, 289–304
- ÁDÁM A., VERŐ J., VARGA Gy. 1972: Computation of anisotropic models for the magnetotelluric sounding curves of the Carpathian basin. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **7**, 1–2, 125–136

- ÁDÁM A., VERŐ J., WALLNER Á. 1972: Regional properties of geomagnetic induction arrows in Europe. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **7**, 251–287
- ÁDÁM A. 1976: Quantitative connection between regional heat flow and depth of conductive layers in the Earth's crust and upper mantle. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **11**, 3, 503–509
- ÁDÁM A. (Ed.) 1976: *Geoelectric and Geothermal Studies (East-Central Europe, Soviet Asia)*, KAPG Geophysical Monograph. Budapest, Akadémiai Kiadó, 752 pp.
- ÁDÁM A., HORVÁTH J. 1976: The development of magnetic sensors in the Geodetical and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences. *In: Proceedings of the 20th Geophysical Symposium Budapest-Szentendre*, Sept. 15–19, 1975. M. NAGY (Ed.), OMKDK-Techinoinform, Budapest, 703–710
- ÁDÁM A. 1978: Geothermal effects in the formation of electrically conducting zones and temperature distribution in the Earth. *Physics Earth Planet. Interiors* **17**, 2, P21–P28
- ÁDÁM A. 1980: Relation of mantle conductivity to physical conditions in the asthenosphere. *Geophys. Survey* **4**, 43–55
- ÁDÁM A. 1980: Connection between the electric conductivity increase due to phase transition and heat flow. *J. Geomagn. Geol.* **32**, 115–125
- ÁDÁM A. 1980: The change of electrical structure between an orogenic and an ancient tectonic area (Carpathians and Russian Platform). *J. Geomagn. Geol.* **32**, 2, 1–46
- ÁDÁM A., MÁRCZ F., VERŐ J., WALLNER Á., DUMA G., GUTDEUTSCH R. 1980: Electromagnetic soundings in the transition zone between Eastern Alps and Pannonian Basin. Preliminary publication. *Magyar Geofizika* **21**, 3, 108–120
- ÁDÁM A. 1981: Statistische Zusammenhänge zwischen elektrischer Leitfähigkeitsverteilung und Bruchtektonik in Transdanubien (Westungarn). *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **16**, 1, 97–113
- ÁDÁM A., MÁRCZ F., VERŐ J., WALLNER Á., DUMA G., GUTDEUTSCH R. 1981: Magnetotelluric sounding in the transitional zone between the Eastern Alps and Pannonian Basin. *J. Geophys.* **50**, 37–44
- ÁDÁM A., PONGRÁCZ J., SZARKA K., KARDEVÁN P., SZABADVÁRY L., NAGY Z., ZIMÁNYI I., KORMOS I., RÉGENI P. 1981: Analogue model for studying geoelectric methods in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **16**, 2–4, 359–380
- ÁDÁM A., KAIKKONEN P., HJELT S. E., PAJUNPÄÄ K., SZARKA L., VERŐ J., WALLNER Á. 1982: Magnetotelluric and audiomagnetotelluric measurements in Finland. *Tectonophysics* **90**, 77–90
- ÁDÁM A., VANYAN L. L., HJELT S. E., KAIKKONEN P., SHILOVSKY P. P., PALSHIN N. A. 1983: A comparison of deep geoelectric structure in the Pannonian Basin and on the Baltic Shield. *J. Geophys.* **54**, 73–75
- ÁDÁM A., SZARKA L., VARGA M. 1983: Physical and mathematical modelling of crustal conductivity anomalies in the Pannonian basin. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **18**, 4, 467–488
- ÁDÁM A. 1985: Role of magneto-tellurics in geophysical prospecting. *Association of Exploration Geophysicists, Hyderabad*, 1–80
- ÁDÁM A., DUMA G., GUTDEUTSCH R., VERŐ J., WALLNER Á. 1986: Periadriatic lineament in the Alps studied by magnetotellurics. *J. of Geophysics* **59**, 103–111
- ÁDÁM A., SZARKA L., VERŐ J., WALLNER Á., GUTDEUTSCH R. 1986: Magnetotellurics (MT) in mountains-noise, topographic and crustal inhomogeneity effects. *Phys. Earth Planet. Interiors* **42**, 165–177
- ÁDÁM A., SZARKA L. 1986: Physical modeling of the adjustment distance. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **21**, 177–199
- ÁDÁM A. 1987: Are there two types of conductivity anomaly (CA) caused by fluid in the crust? *Phys. Earth Planet. Interiors* **45**, 209–215
- ÁDÁM A. 1987: Tectonic effects in the magnetotelluric field and their numerical modelling. *Gerlands Beitr. Geophysik* **96**, 17–31
- ÁDÁM A., TIKKAINEN J., HORVÁTH J., HJELT S. E., VARGA J., SAASTAMOINEN R., VERŐ J. 1988: A five channel audiomagnetotelluric (AMT) instrument for synoptic registration and tensorial measurement with field data processing. *Acta Geod. Geoph. Month. Hung.* **23**, 63–73
- ÁDÁM A., SZENDRŐI J., VERŐ J. 1989: Different kinds of noises in magnetotelluric data processing. *Gerlands Beitr. Geophysik* **98**, 25–36
- ÁDÁM A., SZARKA L., VERŐ J. 1989: Natural and man-made EM variations in the Komló coalfield. *Phys. Earth Planet. Interiors* **53**, 207–213
- ÁDÁM A., NAGY Z., VARGA G. 1989: Magnetotelluric (MT) research and exploration in Hungary. *Geophysics* **54**, 795–797
- ÁDÁM A., SZARKA L. 1989: MT phase anomalies due to deep conducting dikes. 34th International

- Geophysical Symposium, Sept. 4–8, 1989, Budapest, 33–43
- ÁDÁM A., DUMA G., HORVÁTH J. 1990: A new approach to the electrical conductivity anomalies in the Drauzug-Bakony geological unit. *Phys. Earth Planet. Interiors* **60**, 155–162
- ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Electrical conductivity anomalies along the Pannonian geotraverse and their geothermal relation. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **25**, 291–309
- ÁDÁM A., VARGA G. 1990: Distortions of electromagnetic field in shallow basins and near resistive outcrops. *Phys. Earth Planet. Interiors* **60**, 80–88
- ÁDÁM A., VERŐ J. 1990: Application of the telluric and magnetotelluric methods in selection of sites for nuclear plants. *Proc. Indian Acad. Sci. Earth Planet. Sci.* **99**, 657–667
- ÁDÁM A. 1992: Geological and methodical significance of the Transdanubian conductivity anomaly. Inaugural lecture, M. TOLNAI (Ed.), *Értekezések, emlékezések, Akadémiai Kiadó, Budapest*, 1–40
- ÁDÁM A., DUMA G., BERGER J., HORVÁTH J. 1992: Tectonic and geoelectrical features of the Periadriatic-lineament (S-Austria) with a generalization. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **27**, 47–64
- ÁDÁM A., SZARKA L., STEINER T. 1993: Magnetotelluric approximations for the asthenospheric depth beneath the Békés graben, Hungary. *J. Geomag. Geoelectr.* **45**, 761–773
- ÁDÁM A., STEINER T. 1993: Effect of deep-reaching tectonics on conductivity structure in the Pannonian basin; Can magnetotelluric data constrain tectonic interpretations? *Phys. Earth Planet. Interiors* **81**, 1–8
- ÁDÁM A. 1994: Is there any relation between the earthquakes and graphitic conductors in the upper crust? A hypothesis. *Acta Geod. Geoph. Hung.* **29**, 149–159
- ÁDÁM A., SZARKA L. 1995: Time and space relation of the ELF (AMT) signal and noise. To be published in *Acta Geod. Geoph. Hung.*
- ARORA B. R., ÁDÁM A. 1992: Anomalous directional behaviour of induction arrows above elongated conductive structures and its possible causes. *Phys. Earth Planet. Interiors* **74**, 183–190
- BENDERITTER A., HÉRISSON C., KORHONEN H., PERNU T. 1978: Magnetotelluric experiments in northern Finland. *Geophys. Prospect.* **26**, 562–571
- BERDICHEVSKY M. N., BRUNELLI B. E. 1959: Theoretical preconditions of magnetotelluric profiling. *Izv. AN Soviet Union. ser. geoph.*
- BISZTRICSÁNY E. 1974: The depth of the LVL in Europe and in some adjacent regions. *Geofizikai Közlemények* **22**, 65–66
- Cz. MILETITS J., VERŐ J., STUART W. 1988: Dynamic spectra of pulsation events at L 1.9 and L 3.3. *J. Atm. Terr. Phys.* **50**, 649–656.
- DMITRIEV V. I., BERDICHEVSKY M. N. 1979: The fundamental model of magnetotelluric sounding. *IEEE Proc.* **67**, 1034–1044
- FISCHER G. 1985: Some remarks on the behaviour of the magnetotelluric phase. *Geophys. Prospecting* **33**, 716–722
- FISCHER G., SZARKA L., ÁDÁM A., WEAVER J. T. 1992: The magnetotelluric phase over 2-D structures. *Geophys. J. Int.* **180**, 778–786
- FOURNIER H. G., WARD S. H., MORRISON H. F. 1963: Magnetotelluric evidence for the low velocity layer. *Space Science Lab. University of California. Ser. No. 4, Issue No. 76*
- HJELT S. E. 1990: 10th Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth. 22–29. 08. 1990, Ensenada, Mexico, Chairman's report on the Workshop (manuscript)
- HJELT S. E., KORJA T. 1993: Lithospheric and upper-mantle structures, results of electromagnetic soundings in Europe. *Phys. Earth Planet. Interiors* **79**, 137–177
- HORVÁTH F. 1993: Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics* **226**, 333–357
- HORVÁTH F., ÁDÁM A., STANLEY W. D. 1986: New geophysical data: evidence for the allochthony of the Transdanubian Central Range. *Rendiconti Soc. Geol. Italiana* **9**, 123–130
- HVOZDARA M., BRIMICH L. 1991: Thermoelastic deformation field due to magmatic bodies. *Centr. Geophys. Inst. Slov. Acad. Sci.* **21**, 59–78
- KÁNTÁS K. 1954: Results and perspectives of the telluric research in Hungary. *Bányászati Lapok* **12**, 1–6
- KAUFMAN A. A., KELLER G. V. 1981: *Magnetotelluric Sounding Method*. Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, 595 pp.
- POSGAY K. 1975: Mit Reflexionsmessungen bestimmte Horizonte und Geschwindigkeitsverteilung in der Erdkruste und Erdmantel. *Geofizikai Közlemények* **23**, 13–18
- SCHMUCKER U. 1969: Zwei neue Verfahren zur Bestimmung des elektrischen Widerstandes als Funktion der Tiefe aus erdmagnetischen und erd-

- elektrischen Beobachtungen. Prof. Koll. Erdmagn. Tiefens, Reinhausen, 134
- SCHOLZ H., SKYES L. R., AGARWA Y. P. 1973: Earthquake prediction physical basis. *Science* **181**, 4102, 803–810
- SRIVASTAVA S. P. 1967: Magnetotelluric two- and three-layer master curves. Publications of the Dominion Observatory, Ottawa, Department of Energy, Mines and Resources, Canada
- STEGENA L., HORVÁTH F., ÁDÁM A. 1971: Spreading tectonics investigated by magnetotelluric anisotropy. *Nature* **231**, 442–443
- STEGENA L., HORVÁTH F., ÁDÁM A. 1972: Reply of spreading tectonics and magnetotelluric anisotropy. *Nature* **235**, 120
- STEINER T. 1993: Numerical electromagnetic magnetotelluric modelling and inversion. Ph.D. Thesis, Sopron, 115 pp.
- SZARKA L. 1988: Geophysical aspects of man-made electromagnetic noise in the Earth. A review. *Surveys in Geophysics* **9**, 287–318
- SZARKA L., FISCHER G. 1989: Surface electromagnetic parameters in terms of the distribution of current at depth. *Geophys. Transactions* **35**, 157–172
- SZARKA L., FISCHER G. 1991: Subsurface electromagnetic parameters in terms of distribution of current. *Geophys. Transactions* **37**, 25–38
- SZARKA L., MENVIELLE M., TARITS P., ÁDÁM A. 1994: A numerical thin sheet study of the electromagnetic field over geometrically complex high conductivity structures. The field components and their relation with some 3-D interpretation parameters. *Acta Geod. Geoph. Hung.* **29**, 81–105
- SZARKA L., ÁDÁM A., MENVIELLE M., TARITS P. 1994: A numerical thin sheet study of the electromagnetic field over geometrically complex high conductivity structures. Depth and lateral characteristics of different resistivity definitions. *Acta Geod. Geophys. Hung.* **29**, 107–124
- SZARKA L. 1994: Geophysical imaging of 3D structures by EM methods. D.Sc. Thesis, Sopron, 142+11 pp.
- SZARKA L., NAGY Z. 1992: A possibility of an electromagnetic technique to locate oil reservoir boundaries on the basis of analogue modeling experiments. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **27**, 13–138
- TAKÁCS E. 1964: Investigation magnetotelluric methods and instrumentation and their applications to geophysical exploration. Thesis, 124 pp, Miskolc
- TAKÁCS E. 1968: Anomalous conductivity of the upper crust in the NW foreground of the Bakony Mountains. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **3**, 155–160
- TAKÁCS E. 1983: Investigations of faults by electromagnetic methods over the Szuhavölgy Mining Works. *Borsodi Műszaki Gazdasági Élet* **28**, 25–28
- TAKÁCS E., TEVAN Gy. 1973: Numerical method for the computation of magnetotelluric fields in inhomogeneous media. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **8**, 55–69
- TÁTRALLYAY M., JONES W. 1974: The perturbation of geomagnetic fields by cylindrical structures. I. Numerical Method and Symmetrical models. *Geophys. J.R. astr. Soc.* **38**, 449–462
- TÁTRALLYAY M., JONES W. 1974: The perturbation of geomagnetic fields by cylindrical structures. II. Problems of Asymmetry and Sloping Contact models. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **38**, 463–477
- VARGA G. 1980: Study of the geological basic profiles. ELGI report on the telluric and magnetotelluric measurements in 1979
- VERŐ J. 1960: Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* **69**, 257–268
- VERŐ J. 1972: On the determination of the magnetotelluric impedance tensor. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **7**, 333–351
- VERŐ J., HOLLÓ L., SINGH B. P. 1991: Geomagnetic pulsations at low- and mid-latitudes. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **26**, 253–263
- VERŐ J., LE MINH TRIET, SZENDRŐI J. 1992: Pulsations at the geomagnetic equator. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **27**, 177–184
- WALLNER Á. 1977: The main features of the induction arrows on the area of the Transdanubian conductivity anomaly. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **12**, 144–150
- WEIDELT P. 1972: The inverse problem of geomagnetic induction. *Z. f. Geophysik* **38**, 257–289
- WESZTERGOM V. 1994: Technologic effects of substorms. Ph.D. Thesis, Sopron
- WIESE H. 1962: Geomagnetische Tiefentellurik. Teil I: Die elektrische Leitfähigkeit der Erdkruste und des oberen Erdmantels. *Geofis. pura e appl.* **51**, 53–78
- ZSÍROS T. 1985: An estimation of seismic hazard in Hungary. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* **94**, 111–122

*Ádám Antal, Verő József*

# HÍREK, BESZÁMOLÓK

## SZARKA LÁSZLÓ AKADÉMIAI DOKTORI VÉDÉSE

A Magyar Tudományos Akadémia Kongresszusi termében 1996. szeptember 17-én tartották meg SZARKA László (a Magyar Geofizikusok Egyesületének 1993. évi elnöke) *Háromdimenziós földtani szerkezetek geofizikai leképezésének lehetőségei elektromágneses kutató módszerekkel* című doktori értekezésének nyilvános vitáját. Az eseményen nagy számban jelentek meg a geoelektromos módszerekkel foglalkozó magyar szakemberek. A bíráló bizottság elnöke STEGENA Lajos volt. TÁTRALLYAI Mariella röviden ismertette SZARKA László szakmai életrajzát.

SZARKA László 1977-ben szerzett geofizikus diplomát a Miskolci Egyetemen. Az egyetem elvégzése után a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetébe került Sopronba, ahol geoelektromos módszerekkel foglalkozik, ezen belül elsősorban egyenáramú és magnetotellurikus mérésekkel. Magas szintű szakmai munkáját számos hazai és külföldi folyóiratban megjelent cikk, jelentés és a geofizikai konferenciákon tartott előadás bizonyítja.

Egyetemi doktori értekezését 1982-ben az egyenáramú mérések analóg modellezéséről írta, a kandidátusit pedig stacionárius elektromos és mágneses térkomponensek alapján történő geofizikai térképezésről 1987-ben. Akadémiai doktori értekezésének túlnyomó részét a magnetotellurikus mérések értelmezését elősegítő új eredmények teszik ki. Az értekezés tézisei közül talán azok a legjelentősebbek, amelyek a háromdimenziós szerkezetek hatását vizsgálják a magnetotellurikus mérések során mért térkomponensekre és az ezekből származtatott különböző látszólagos fajlagos ellenállás értékekre és egyéb mennyiségekre.

A három opponens különféle szempontból értékelte a doktori értekezést. MESKÓ Attila, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja nagy vonalakban foglalta össze a dolgozat tartalmát és értékelte a benne levő eredményeket. CSÓKÁS János, a műszaki tudomány doktora nagyobb részletességgel foglalkozott a dolgozattal és felhívta a figyelmet egy-két apróbb pontatlanságra, néhány tézis esetében pedig



vitatta, hogy az új tudományos eredménynek lenne tekinthető. A harmadik opponens ZOMBORY László, a műszaki tudomány doktora, a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának dékánja volt, aki mint villamosmérnök ismeri a geofizikában is alkalmazott elektromos jelenségeket és a dolgozatban olvastakat ebből a szempontból értékelte. A geoelektromos módszerek szakértőinek érdekes volt egy más szakmabelinek az értekezés téziseivel kapcsolatos véleménye.

Ezt követően SZARKA László kb. 30 percben foglalta össze a doktori értekezés fő téziseit, majd a bíráló bizottság részéről is érkeztek kérdések és észrevételek. Ezekre és az opponensek által felvetettekre SZARKA László válaszolt. A válaszok egy részéből kiderült, hogy a doktori értekezés nem egy befejezett téma, hanem SZARKA László tovább dolgozik az itt ismertetett témakörön és tőle a jövőben további tudományos eredmények várhatók.

Végül a bíráló bizottság titkos szavazással maximális pontszámmal (100%) megadta SZARKA Lászlónak a doktori címet.

Gratulálunk volt elnökünknek, SZARKA Lászlónak!

Prácser Ernő



Environmental  
and Engineering  
Geophysical Society  
European section

Az európai környezetvédelmi és mérnökgeofizikusok (EEGS European Section)

második konferenciáját ez évben Nantes-ban tartották meg. A tavalyi torinóival körülbelül egyező számú, 300 fő vett részt a konferencián, miközben az egyesület regisztrált tagjainak száma a tavalyi 275-ről 353-ra emelkedett.

Magyarország az ELGI munkatársainak három előadásával és a Triász Kft. műszerstandjával volt képviselve. A szóbeli Civil Engineering szekcióban PRÓRAY Zsolt adta elő a PRÓRAY, HERMANN, TÖRÖS, NAGY: *Geophysical investigation of earth damps* című munkát. A poszter szekcióban NEDUCZA Boriszláv az ÁDÁM, HERMANN, NEDUCZA: *Modelling of surface waves using finite difference formulation* címmel, NYÁRI Zsuzsanna a NYÁRI, PATTANTYÚS-Á.: *Attenuation analysis of GPR waves* címmel mutatta be munkáját. Mindhárom előadást érdeklődéssel fogadta a nemzetközi közönség.

A konferencián 28 műszerkiállító vett részt, ebből 19-en terepi bemutatót is tartottak.

Újdonság volt az egyenáramú geoelektromos műszerek sokasága, mert a műszerkiállítók közül kb. 6 cég a sokelektrodás egyenáramú mérőrendszert mutatta be a sok egyéb fejlesztés mellett. Egyéb, „deszkamodell” szintű újdonságokat is láttunk, amelyek

mögött még nem áll elegendő mérési tapasztalat. Kiállították a szeizmikus SASW módszerre épülő kutatási módszer hardverjét, az elektrosztatikus elven működő, elektrosztatikus „szőnyeg” maga után húzó kistraktort. (Egy másik traktor talajba mélyülő elektródákat húzott maga után eke módjára.) Az egyéb újdonságokból is látszott, hogy a mérnökgeofizika a világnak ott jobban képviselt felén, igen éles versenyben, jelentős fejlődésnek indult.

Ebben a versenyben a helybéli franciák előkelő helyen állnak, ahogyan az előadók és kiállítók száma is ezt mutatta. Ez persze nem is véletlen, mert néhány előadást a konferencián is a szokványos élőszavas angol helyett csak szinkrontolmácsolásban élvezhetett az, aki nem beszélte a házigazdák nyelvét.

Az egyesület, és ily módon a konferencia nem titkolt célja az, hogy összehozza a szolgáltatót és a felhasználót, a geofizikust a megfelelő mérnök szakemberrel. Tagjaink között egyre többen vannak geológusok, geotechnikai szakemberek.

A fiatal egyesületnek jelenleg 15 magyar tagja van. E helyen bátorítunk minden további belépni szándékozót.

Jövőre Dániában, utána Spanyolországban, majd Magyarországon lesz az évente megrendezni tervezett konferencia.

Törös Endre

## 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DEEP SEISMIC PROFILING OF THE CONTINENTS

Asilomar, California, 1996. szeptember 15–20.



A 7th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents című rendezvény annak a konferencia sorozatnak az idei szimpóziuma volt, amelyeket eddig a következő helyszíneken tartottak:

Cornell (1984), Cambridge (1986), Canberra (1988), Bayreuth (1990), Banff (1992) és Budapest (1994). A felsorolt helyszínek alapján látható, hogy a szimpóziumra két évente — egyszer a tengerentúlon, máskor pedig Európában kerül sor. A követ-

kező rendezvénynek 1998-ban Barcelona fog otthont adni.

Az idén Asilomarban megrendezett konferencián 197 fő vett részt, és az előadók 60 szóbeli előadást, valamint 146 posztert mutattak be.

A számok is tükrözik, hogy egy kis létszámú, de nagyon aktív szimpóziumon vettünk részt. Nem voltak párhuzamos szekciók, az előadások — vitaszünetekkel elválasztva — az alábbi témakörökben követték egymást:



- PreCambrian orogens
- Intra-continental collisions
- Seismic methods
- Bright spots
- Integrating electromagnetic and seismic data and methodologies
- Integrated seismic methodologies: beyond the traditional survey
- Integrated seismic methodologies
- Transform orogenes, and active continental margins
- Crustal evolution
- Rift, basins and extensional provinces
- Lower crust and Moho
- Lithospheric mantle
- Western North America Continental Margin.

A hallgatóság széleskörű érdeklődését jelezte, hogy minden előadás után több kérdés, észrevétel, hozzászólás hangzott el. Ezen túlmenően a körülbelül félórás vitaszünetekben is folytatódott a bemutatott eredmények megtárgyalása. A poszter előadásokat a szerzők a délutáni és esti poszter szekciók alkalmával mutatták be az érdeklődőknek.

A szimpóziumon az előadások döntő többségét az egyesült államokbeli és kanadai szakemberek tartották. A kelet-európai országokat csak Magyarország, Oroszország és Ukrajna résztvevői képviselték a rendezvényen. A magyar előadók három poszter előadás keretében mutatták be a legújabb magyarországi mélyszeizmikus eredmények széles spektrumát (feldolgozás, értelmezés, módszerfejlesztés):

S. SÜLE, K. ROY-CHOWDHURY: Comparison of deep reflection signals from two co-incident seismic transects in the Pannonian Basin of Hungary

E. HEGEDŰS, K. POSGAY, E. TAKÁCS, Z. HAJNAL: A postulated model of the basin evolution derived from deep reflection data

E. Takács, K. POSGAY, E. HEGEDŰS, Z. HAJNAL: A study on deep reflection data with the aim of detecting hydrocarbon inside the pre-Tertiary basement

A sok érdekes és színvonalas előadás közül a teljesség igénye nélkül itt megemlítenek néhányat. Több előadás is foglalkozott földköpenyből észlelt

reflexiókkal. Ilyen példákat mutattak a *Cornell Egyetem* szakemberei az Északi-tenger, K-Európa, az Urál hegység és Himalája-Tibet területéről. Ezekhez hasonló magyarországi eredmények már az 1970-es évek végén születtek a hazai mélyszeizmikus kutatások során, amikor köpeny-reflexiókat sikerült kimutatni a Nagyalföld területén.

A *Stanford Egyetem* kutatói Tibet területén észlelt erős középső kéreg reflexiók eredetét vizsgálták  $P$ - és  $S$ -hullám adatokon végzett AVO analízis alkalmazásával. Az eredményül kapott  $v_p/v_s$  sebességarányok alapján arra a megállapításra jutottak, hogy ezeket a reflexiókat folyékony halmazállapotú anyag (olvadék vagy víz) okozza. Kristályos aljzaton belüli, a németországi KTB (Kontinentales Tiefbohrprogramm) mélyfúrás közelében észlelt bright spotok AVO vizsgálatát végezték el a *Müncheni Egyetemen*, a szerzők előadásukban kiemelték a felszint követő amplitúdó korrekciók és az összegzés előtti migráció jelentőségét.

A londoni *Imperial College* kutatói közel vertikális reflexiós adatok és szintetikus csatornák tesztelésével tanulmányozták a köpenybéli Flannan- és a W-reflektorok polaritását. Előadásukban hangsúlyozták, hogy a valós reflektivitás modell kinyerésének alapvető feltétele a forrás elemi hullám pontos becslése, és a közel vertikális adatok összegzése a jel/zaj viszony javítása céljából. Mindkét reflektorra pozitív reflexiók együtthatót kaptak eredményül, ami alátámasztja azt a feltételezést, hogy ezek a szeizmikus beérkezések eklogitos zónát reprezentálnak.

A szimpóziumot a Csendes-óceán partján lévő *Asilomar Konferencia Központban* tartották, amely Kalifornia régi fővárosa — Monterrey — közelében épült. A sűrű cipruserdőben elhelyezkedő létesítmények családi hangulatot biztosítottak a résztvevők számára. Ezt jelezte az is, hogy volt olyan előadó, aki rövidnadrágban tartotta meg az előadását. Mindent összevetve jól szervezett és tartalmas szakmai programnak lehettünk részesei kelles környezetben. Jó érzésünket fokozta, hogy a kollégák két év távlatából is őszintén dicsérték a legutóbbi, Budapesten rendezett konferenciát.

*Hegedűs Endre, Takács Ernő*

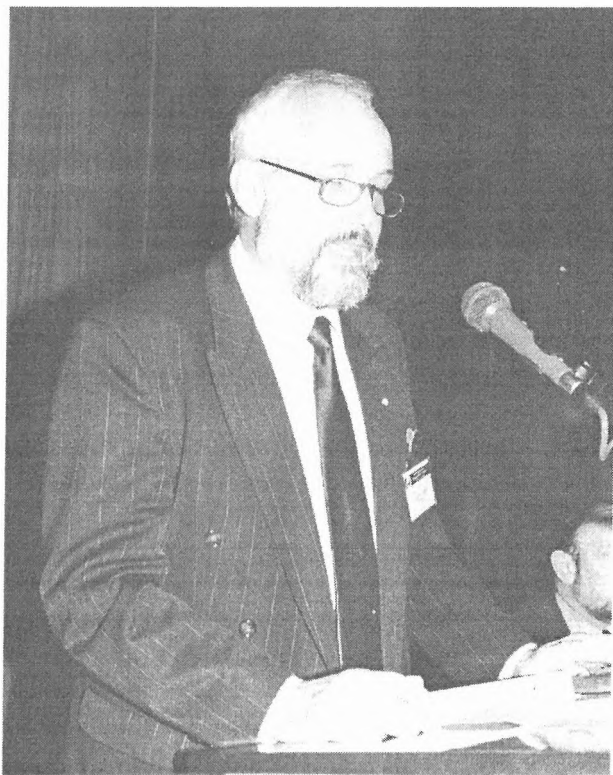


A balkáni régió nemzeti geofizikai társaságai néhány évvel ezelőtt létrehozták a Balkáni Geofizikai Társaságot, amelynek automatikusan tagja lett az előbb említett nemzeti társaságok valamenynyi tagja.

Bizonyos szervezési előkészületek után a BGT első kongresszusára Athénben került sor 1996. szeptember 23. és 27. között. A konferencia egyik fő célja a balkáni régió országai közti kapcsolatok erősítése, illetve a régió speciális földtani, energia- és környezeti problémáinak nemzetközi szinten történő bemutatása volt, mivel e problémák megoldásában a geofizikának fontos szerep jut.

Ez év elején mind az ELGI, mind pedig annak több kutatója — ezenkívül még feltehetően mások is — megkapták az előadások tartására buzdító első körlevelet. A határidőre KUMMER István és jómagam (mindketten ELGI-alkalmazottak) küldtünk előadás-kivonatot, ezeket a szervezőbizottság elfogadta. A szükséges anyagiak előteremtése után megnyílt az út a tényleges részvételünk előtt.

A szervezőkhöz eljuttatott és előadásra elfogadott kivonatok alapján a konferencia tervezett mérete 11 szekcióban 120 szóbeli és 9 szekcióban 160 poszter előadás volt. A szekciók témaköre gyakorlatilag a teljes geofizikai spektrumot felölelte: a szokásos, módszerenkénti témakörök mellett a környezetvédelemtől az archeológiai kutatásokig, a földrengés-előrejelzéstől a modellezésig stb. terjedt. Az előadások tényleges száma a tervezettnél jóval alacsonyabb volt, mert a hasonló nemzetközi konferenciákhoz viszonyítva rendkívül sok előadás elmaradt. A regisztrált résztvevők száma 400 fölött volt, akiknek túlnyomó többsége a Balkán-régió országaiból (Görögország, Törökország, Albánia, Románia, Bulgária, Jugoszlávia) került ki. Ezenkívül egy-két előadással, néhány résztvevővel 14 európai, 2 észak-amerikai és 3 ázsiai ország képviseltette magát. A konferencián magyar küldöttek csak mi ketten voltunk (két ELGI-s kollégánk, BODOKY Tamás és VERŐ László az európai geofizikusokat tömörítő szervezet, az EAGE képviselőjeként vett részt). Jól eső érzés volt a házigazdák standján látni az IGME (a görög Földtani és Ásványkutató Intézet) és az



A kongresszus megnyitó ünnepségén BODOKY Tamás az *European Association of Geoscientists and Engineers* és a *PACE Alapítvány* nevében üdvözli a megjelenteket.

ELGI szakmai együttműködését bemutató szép posztert. A rendezvényt 25-30 kiállító cég egészítette ki.

Saját (szubjektív) megítélésünk szerint előadásaink a jobbak, illetve szebbek közé tartoztak. Kérdések, hozzászólások eredményeként néhány újabb személyes ismeretségre tettünk szert. Az előadásokon kívül sor került egy földrengés-előrejelzési és egy környezetgeofizikai témakörű kerekasztal-beszélgetésre is. Ennek számunkra legérdekesebb tapasztalata az volt, hogy a régió szakemberei gyakorlatilag ugyanazokkal a problémákkal szembesülnek, mint mi: a projektek túl alacsony költségkerete és a geofizikának mint kutatómódszernek a potenciális felhasználók oldaláról való, nem kellő ismerete.

Ugyancsak lényeges pontja volt a konferenciának a térség szénhidrogén-kutatásával és -kitermelésével foglalkozó találkozó, amelyen az olajcégek vezetői elemezték az újabb és korszerűbb eljárások hatékonyságát. Ehhez csatlakozott az a workshop, amelynek során neves nyugati cégek vezető geofizikusai



A Balkan Geophysical Society és az EAGE közös kiállítófülkéje a kiállítás bejáratánál

tartottak előadásokat a szénhidrogén-kutatás legújabb módszertani és gyakorlati eredményeiről.

A kiküldetés nem szakmai, mégis kihagyhatatlan oldala volt, hogy rövid bepillantást nyerhettünk az európai kultúra és civilizáció legkorábbi szakaszába, ami igen nagy hatást gyakorolt ránk. Ez sok mindent magába foglalt, a szálloda tizedik emeletén, a reggeli napfényben fürdő Akropolisz felejthetetlen látványa mellett szervírozott reggelitől kezdve az ókori romok

lábánál zajló fény- és hangjátékig bezárólag. De ne fájdtuk tovább az Olvasó szívét.

Végül, de egyáltalán nem utolsósorban itt is köszönjük az ELGI, az OMFB és az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány támogatását, amely lehetővé tette, hogy a balkáni szakmai társszervezet első kongresszusán a magyar geofizika is jelen lehetett és hírt adhatott eredményeiről.

*Draskovits Pál*

## BESZÁMOLÓ

### A 13. ELEKTROMÁGNESES INDUKCIÓ A FÖLDBEN C. WORKSHOPRÓL Onuma, Hokkaido (Japán), 1996. július 12—18.

Az Olvasó joggal kérdezheti, hogy egy ilyen szűknek látszó témában, amelyet a cím megfogalmaz, hogy lehet ennyi (az 1972. évi Edinburgh-i kezdés óta a 13.), mindig közel egyhetes tudományos ülészakot tartani. A téma: a magnetotellurika és a magnetovariációs módszer problémaköre pedig egyre gazdagodik, lassan szétfeszíti a hagyományos workshop keretét, amely bejárta már szinte az egész világot (Sopronban 1976-ban volt) és újabb és újabb fórumokat keres magának az IAGA-n kívül is, amelynek hasonló című (14 fős) munkacsoportja a rendezvény elvi szervezője (magyar tagja SZARKA László). Így érdeklődéssel várjuk az EAGE MT '97 szimpóziumát éppen Budapesten a következő évben.

Jelentése van annak a szaktársadalom számára, hogy a kedvező feltételek mellett miért éppen Hokkaido aktív vulkánokban, gejzírekben, földrengésekben — tehát élő tektonikai jelenségekben — gazdag szigetén került megrendezésre a workshop. A magnetotellurikus mélyszondázások a szeizmikus tomográfia mellett a földbelső kutatásának, a litoszféra, asztenoszféra vizsgálatának elismert és nélkülözhetetlen eszközei, amelynek mélységi tartományát az alsó köpeny felé is kiterjesztik a magnetovariációs kutatások. A felszíni (és a mélybeni) elektromos inhomogenitások és mesterséges zavarforrások a módszer számára „környezeti ártalmak”, amelyek fantomképekhez vezethetnek, ezért a mód-

szer állandó finomítása szükséges ezek kiszűréséhez. Egy ilyen beszámolóhoz, gondolom, elegendő ennyi bevezető. További indoklás a részletekben található.

A workshop csodálatos környezetben az Onuma „kvázi” Nemzeti Parkban lévő, minden igényt messze kielégítő modern „Nemzetközi Szeminárium Házban” történt. A helyi szervezőbizottság elnöke Y. HONKURA professzor (a nagynevű T. RIKITAKE volt közvetlen munkatársa). Mellette Japán neves szakemberei segítettek. Külön említést érdemel dr. Y. OGAWA, a Japán Földtani Szolgálat szakembere, aki számunkra a legtöbb segítséget nyújtotta. A workshopot számos, főleg a geofizikai műszergyártásban érdekelt cég és néhány kutató intézmény támogatta, lehetővé téve 37 szakember részvételét. Közülük több mint harmaduk diák volt és harmaduk fiatal kutató (a maradékot kapták az érettebb kutatók). A támogatás összege 60 ezer USD volt! (A részvételi díj 12 000 yen, kb. 110 USD volt.) Egy másik érdekes támogatási rendszer is jelentősen segítette a fiatalok részvételét: a környező egyik település (Nanae város) családjai fogadtak be sok fiatal szállás (és ellátás?) biztosításával. Az így született baráti kapcsolatok nyilvánosságot is kaptak a vasárnapi (július 14-i) „barbecue party”-n, amelynek házigazdája szintén Nanae város volt és a kultúr-műsort is az biztosította (keleti dobkoncerttel és japán spirituális tánccal). — Tanuljunk tőlük!

A hivatalos résztvevői jegyzék 185 résztvevő nevét tartalmazta. Ezek egy része nem tudott eljönni, a tényleges résztvevői szám nem ismeretes előttem.

A környező országok közül Magyarországon kívül (ÁDÁM A. és SZARKA L.) Csehország (ČERV V.), Románia (STANICA D.) és Bulgária (KOSTYAEV S. G.) képviseltette magát. A jelentős utazási és részvételi költség (szállás, ételmezés) miatt ez a kis szám nagyon is érthető.

A tudományos program a következő területeket fogta át, koncentrálna Japán érdeklődésére, főleg annak természeti adottságai révén:

- 1/ Az elektromágneses módszerek alkalmazása a geotermikus kutatásban (2+5),
- 2/ Elektromos és mágneses megközelítések a szeizmikus és vulkáni tevékenység tanulmányozásában (10+26),
- 3/ Az óceánok elektromágneses vizsgálata (7+19),
- 4/ Elektromos (kőzet)sajátságok a laboratóriumi méretekől a terepiig: anizotrópia, heterogenitás és torzulási hatások (6+12),
- 5/ Elektromágneses leképezési technika (6+6),

6/ Földköpeny és globális indukciós tanulmányok (4+13),

7/ Az adatfeldolgozásban, modellezésben és inverzióban felmerülő új eljárások (13+35),

8/ Paradigma-váltás az elektromos kutatásokból adódóan (2),

9/ Lokális és regionális elektromágneses tanulmányok (poszteres bemutató) (0+53),

10/ Egyéb témák (2+6).

Az előadások jelentős része poszter volt. Egy-egy témakört (nem mindet) félórás review előadás vezetett be, összegezve a tématerület jelenlegi állását. A többi (contributed) előadásra 15–15 perc jutott. Minden este azonban egy ún. panel-ülésre került sor, ahol a panel tagjai összegezték az aznapi szóbeli és poszter előadások lényegét és azt vitára bocsátották. Néhány alapos paneltag részletesen kikérdezte a poszterek tulajdonosait és jegyzeteket készített.

Az előadások számát az egyes szekciókban a címek mellett levő számok mutatják (szóbeli + poszter). Ezek a programba felvett előadások száma. (Egy részük elmaradt.) Ezekből megítélhetjük az érdeklődés súlypontjait. Majdnem „holtversenyben” a módszertani problémák és a mérési (lokális és regionális) eredmények értelmezése alkotta a workshop gerincét. A magnetotellurika a korszerű digitális technika alkalmazása révén számos új területen került alkalmazásra. Figyelemre méltó, hogy viszonylag szegény, de nagy kultúrájú országok, mint India is megvásárolta a drága, de megbízható (Phoenix) berendezést és nagyarányú mérési kampányt kezdett. Figyelemre méltó, hogy a témákban harmadik helyezett, az EM módszerek szerepe — legalábbis Japánban — az utóbbi években megnőtt a földrengések, vulkánkitörések, általában az aktív tektonika előrejelzési, követési vizsgálatában. Japánban óriási költséggel nagy monitor-rendszerek épültek ki pl. a telefonhálózat felhasználásával.

A magyar előadások címei:

- ÁDÁM A.: Magnetotelluric phase anisotropy above extensional structure of the Neogene Pannonian basin (9. szekció),
- ÁDÁM A., PRÁCSER E., SZARKA L., VARGA G.: Mantle plumes or EM distortion in the Pannonian basin? (Inversion of the deep magnetotelluric (MT) sounding along the Pannonian Geotraverse) (6. szekció),
- SZARKA L., MENVIELLE M.: Analysis of rotational invariants of the magnetotelluric impedance tensor (7. szekció).

Ez után az általános ismertetés után néhány figyelemre méltó megállapítás, megjegyzés:

Kialakult, hogy mit tekint „elfogadható” magnetotellurikus adatnak, azaz milyen feldolgozási, értelmezési eljárások alkalmazását kívánja meg a szakértársadalom. Álljon itt ez a „láncolat”: robusztus impedanciaszámítás — torzulás elemzés (főként galvanikus hatások kiszűrése; dekompozíció) — 1-D, 2-D inverzió lehetőleg paraméter-érzékenység és ún. „misfit” elemzéssel — a mágneses komponensek átviteli függvényeinek számítása — 3-D direkt számítások — összefüggések más fizikai paraméterekkel.

Az adatfeldolgozásban figyelmet keltett a robusztus szűrő alkalmazása diszkrét wavelet tartományban az impulzusszerű (pl. villám által keltett) zajok — a szerzők szerint — „egyszerű és gyors” kitisztítására.

Módszertani kérdés a 3-D inverzió megvalósítása. Néhány kezdeti kísérleten kívül nem láttunk fejlődést ezen a téren. Még a GEOTOOLS képviselője is közvetett eljárást követett az előadásában a 3-D hatás közvetlen (direkt) számításával és annak levonásával a mért térből.

A nagyperiódusú, tehát nagymélységű adatokban megnyilvánuló anizotrópia (a látszólagos fajlagos ellenállás és fázis két szélső értéke közötti eltérés) okának megvilágítása szintén a megoldatlan problémák közé tartozik néhány sajátos esettől eltekintve. (Az egyik előadásomban a fázis-anizotrópiát az asztenoszféra megemelkedésével magyaráztam a Békés-medencében.)

A folyadék szerepe a földkéregben, annak tektonikai hatása több érdekes előadás témája volt. Általános következtetés, hogy a száraz (ezért nagy ellenállású) törésekben kedvezőbbek a földrengés kipattanásának feltételei.

A vulkánok előrejelzésével kapcsolatban érdekes következtetésre jutott OSHIMA japán kutató: A fajlagosellenállás-mérő műszer pontosságának el kell érnie a 0,05%-ot ahhoz, hogy 5 km mélyen egy törésben a jólvezető magma mozgását észlelni lehessen. A törésnek azonban legalább 10 km hosszúnak kell lennie.

A geotermikus energiakutatás (eddig 6500 MW működő kapacitás) — a review előadás szerint főként Japánban, Indonéziában a Fülöp-szigeteken és Mexikóban — nagymértékben használja a többi geoelektromos módszer mellett a magnetotellurikát. Az összehasonlításban — az eredményességét illetően — jó,

vagy meglehetősen jó jellemzést kapott a magnetotellurika.

Ismét megerősítést nyert, hogy nagy szerepe van a grafitoknak a kéreganomáliákban. A német 9,1 km mély KTB fúrás magmintái alapján sikerült azonosítani a vezetőképesség anomáliák okát. Megállapították, hogy a grafit kitölti a törési zónát, tehát jelentős szerepe lehet a tektonikában, amint arra mi az elsők között utaltunk a dunántúli vezetőképesség anomáliával kapcsolatban.

A szomszédos országok eredményei közül D. STANICA MT méréseit kell megemlíteni, aki — 4 digitális MT műszerrel és kb. 10 fős csoportjával — többek között a Pannon Geotraverz déli folytatásában is mér. Érdekes eredménynek minősül a nagy ellenállású ofiolitok kimutatása.

A módszertani előadásokban nagy súlyt fektettek az anomáliák leképezésére (imaging technique). Nagy érdeklődés kísérte N. E. CHRISTENSEN review előadását. Ezzel kapcsolatban keltett figyelmet SZARKA L. MT invariánsokat bemutató előadása is.

Nagy és jelentős óceánfenéki kutatások vannak kialakulóban nagy és gazdag országok (USA, Japán, Franciaország, Ausztrália) együttműködésében az óceáni hátságok részletes vizsgálatára. Szükségnek tartják a globális vezetőképesség-eloszlás vizsgálatához [A. SCHULZ] állandó tengerfenéki EM obszervatóriumok építését. (FILLOUX már ilyen szemszögből fejlesztette tovább érzékeny variométerét.)

Összefoglalva a fenti, nagyon is hiányos jelentést megállapíthatjuk, hogy az EM indukciós módszer finomítása folyik, e téren azonban frontáttörés az elmúlt két évben nem történt. Ugyanakkor nagymértékben gazdagították a világ minden részén újabb és újabb mérésekkel ismereteinket a Föld belsejében lejátszódó különböző földtani-földfizikai jelenségekről az elektromos vezetőképesség-eloszlás alapján.

A következő workshop rendezési jogát Románia nyerte el a szintén pályázó USA (Utah University)-vel szemben.

A workshop hagyományos zárókirándulása működő vulkánok (Usu és Showa-Shinzan vulkán, gejzírek, krátertavak (Toya-tó) területére vitte el a résztvevőket Hokkaido szigetén.

A konferencia kiadványa az MTA GGKI-ben megtekinthető.

*Ádám Antal*

1996. június 13–18. között zajlott le Budapesten a Magyarok IV. Világkongresszusa és Tudóstalálkozója a Magyarok Világszövetsége, valamint a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének rendezésében.

A magyar honfoglalás és honalapítás 1100. évfordulóján azért gyűltünk össze mi, a kutatás, fejlesztés, oktatás, vállalkozás magyar szakemberei, magyar tudósok, feltalálók, mérnökök, hogy együtt keressük a választ: mit tehetünk és mit tegyünk a XXI. század sikeres Magyarországáért.

Szükségesnek tartjuk megállapítani, hogy gyors beágyazódásunk a globalizálódó világba csak mindenirányú nyitottság mellett, folytonos tájékozódás közepette valósulhat meg.

Az új évezred az információs társadalom megszületésének kezdete is. E társadalomban alapvető erőforrássá változik a *tudás* és az állandó gyors, rugalmas *technológiai váltás* képessége. Ezért a stratégiánk tengelyébe a teremtő és egyszersmind együttműködésre kész *tudást* kell állítani, amelyben mi magyarok is gazdag hagyományokkal rendelkezünk. A tudás alapja a — családi, elemi, közép- és felsőfokú — *oktatás és a kutatás*. A nemzetek jövője jelentős mértékben attól függ, milyen oktatást, képzést nyújtanak a fiatal generációknak és mennyire tudják motiválni őket a folyamatos továbbképzésre, s hogyan látják el a fiatalok *tehetség gondozását*. E nélkül nem tudunk helytállni egy mindinkább versengő világban.

Az oktatás mellett elengedhetetlen a *tudomány és a technológia fejlesztése*, amely lehetővé teszi, hogy a nemzet a világ hatalmas ívű fejlődését megérteni, követni, adaptálni tudja, ugyanakkor egyes kiválasztott területekre koncentrálna kiemelkedő eredményeket érjen el.

A Tudóstalálkozó előtt világos, hogy e nagyívű fejlődés pozitív eredményeket csak abban az esetben hozhat, ha mögötte *ép, egészséges, együttműködésre kész társadalom áll*. Ezért különösen fontosnak tartjuk a társadalom középrétegének megerősödését, a kisközösségek, különösen a *családok* támogatását, a szociális biztonság szavatolását, az egészség megőrzését.

Az információs társadalom már ma érezteti hatását. Az *audiovizuális média minden más eszköznél hatásosabban* befolyásolja népünket. Ezért szükséges, hogy a közszolgálati média *jelentős mértékben járuljon hozzá* a fentiekhez szükséges tudás ter-

jesztéséhez, az emberek mozgósításához, ezzel segítve valamennyi társadalmi csoport fejlődését.

E globális világban a magyarság úgy tud megfelelő helyet elfoglalni, ha e változó világban megőrzi azonosság-tudatát, hagyományait, kulturális eredményeit, és érték-ként azt az *anyanyelvet*, amely alapvetően befolyásolja gondolkodásunk jellegzetességeit.

Világméretű a kihívás, de világméretű a magyarság elterjedtsége, sokszínűsége is, ami a fenti célok elérésében javunkra fordítható. A fizikailag szétszóródott magyarság a korszerű információs hálózatokkal összeköthető, és kihasználhatja a sokféleség egységét a maga és a világ javára, számos új eredményt hozva létre.

Ez a helyzet kihasználható — az ország földrajzi helyzetén túlmenően — arra is, hogy *a magyarság az összekötő híd szerepét töltsse be* a különböző népek, kultúrák között. A külföldön alkotó magyar kutatók életútja tanúsítja, hogy ilyen elvek alapján mély elismerést tudnak kivívni nemzetközi környezetben. *Többségük összintén ajánlja fel segítségét a nemzet felemelkedéséhez*.

*A fenti felismerések birtokában* javasoljuk a magyar kormányzatnak, a tudós társadalomnak, vállalkozóknak, valamint az egész népnek a következőket:

1. A kormányzat *állítsa tevékenységének tengelyébe a magyar nép tudásának, szakértelmének ápolását, növelését*. Ennek jelképteremtő gesztusként
  - deklarálja BOLYAI János születésnapját a Tudomány Napjává és azt országszerte ünnepelje meg;
  - alapítson a Magyar Tudományos Akadémiával együttműködve nemzetközi rangú Bolyai-díjat az interdiszciplináris kutatások területén kiváló tudósok, továbbá a világ vezető matematikusai számára;
  - hozza létre a magyar tudósok panteonját. Emlékhelyek, utcák, szobrok hirdessék az *alkotó magyarok* géniusát.
2. A politikai hatalom alkossa meg hosszú távú *nemzeti stratégiáját*, a társadalommal való nyílt, érdemi párbeszédben, a társadalom támogatását megszerezve megvalósításához, s kormányprogramjai kidolgozása igazodjon a rögzített nemzeti alapelvekhez.

3. Fordítson kiemelt figyelmet a *társadalmi bizalom, szolidaritás* kiépítésére, ehhez eszközként használja a közoktatást és az audiovizuális médiát.
4. Az egészségesebb emberi életért felhívjuk a tömegkommunikációs médiumokat, készíttessenek tudósok és alkotóművészek együttműködésével olyan alkotásokat, amelyek a testi és lelki egészség jobb megtartásához vezető viselkedési formák elterjedését tudományos hitelességgel és egyben közérthetően és élvezhető formában tudják sugallni az ország népének.  
Javasoljuk a kormánynak, hogy úgy alakítsa át a betegség-megelőzési, betegellátási és betegbiztosítási rendszert, hogy az fenntartható módon alkalmas legyen az állampolgárok egészségének, a 21. század Európájában elfogadható életminőség fizikai feltételeinek biztosítására.
5. A biodiverzitás, az élet sokféleségének megőrzése, az élet minőségének meghatározásában alapvető környezeti feltételeknek nyomon követése érdekében fontosnak tartjuk, hogy a Kárpát-medence országai hozzák létre a *nemzeti ökológiai kutatóhelyek* nemzetközi hálózatát.
6. A magyar tudóstársadalom tegye szervezettebbé a határok nélküli „magyar iskolát”: a világban található *magyar tudósok szervezett együttmű-*

*ködését*, felhasználva az elektronikus hálózatokat. Kapcsoljuk be a Magyarországon kívüli magyar tudósokat a magyar tudományos és felsőoktatási életbe.

7. Helyezzünk különös hangsúlyt a köznapi életben is használt technikai eszközöket érintő *magyar tudományos szaknyelv* ápolására. Ennek érdekében különös gonddal ápoljuk a magyar tudományos szakfolyóiratokat. Felkérjük a szomszédos országok kulturális központjait, hogy szervezzenek szolgálatot országukban a használt magyar szaknyelv romlásának megakadályozására. A magyar könyvkiadók készítsenek többnyelvű (a környező országok nyelvére is kiterjedő) szakszótárakat.
8. Támogassuk a Magyarországon kívül élő magyar fiatalok felsőfokú *anyanyelvű képzését*, felhasználva a távoktatás nyújtotta lehetőségeket.
9. A Tudóstalálkozón elhangzott javaslatok összegzésén, megvalósításán egy munkabizottság dolgozik tovább. Közös akaratunk, hogy négy év múlva, 2000-ben újabb Tudóstalálkozót szervezzünk.

Kelt Budapesten, 1996. június 18-án.

*Közreadja: Verő László*



## 31th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHAEO METRY

27. April- 1. May 1998  
HUNGARIAN NATIONAL MUSEUM, BUDAPEST, HUNGARY

Copper age tool-kit from Szeged-  
Szillé, ca. 3. mill. B.C.

### Standing Committee

M.J. Aitken, Oxford  
PRESIDENT

M.S. Tite, Oxford  
CHAIRMAN

R.M. Farquhar, Toronto  
G. Harbottle, Brookhaven  
A. Hesse, Garching  
Y. Maniatis, Athens  
P. Meyers, Los Angeles  
A.M. Özer, Ankara  
G.A. Wagner, Heidelberg  
S.U. Wissemann, Urbana  
K.T. Biró, Budapest

### Local Organising Committee

M. Balla, BME  
L. Bartosiewicz, ELTE  
K.T. Biró, MNM  
J. Borszéli, Veszprém Univ.  
J. Csapó, PATE  
J. Gömöri, Soproni Múzeum  
G. Ilon, Savaria Múzeum  
E. Illyés, IKM  
M. Járó, MNM  
E. Jerem, Archeolingua  
L. Költő, SMM  
P. Márton, ELTE  
Zs. Medzihradský, MTTM  
É. Orcsik, OMFB  
M. Pattantyús-Á., ELGI  
M. Pásztor, MTA-SZTAKI  
P. Scharek, MÁFI  
G. Szabó  
Gy. Szakmány, ELTE  
A. Tóth, MTA-MÜFI  
A. Vaday, MTA-RI  
Zs. Visy, JPTE  
T. Weiszbürg, ELTE

### Correspondence Address:

Katalin T. Biró  
Hungarian National Museum  
Dept. of Information  
H-1450 Budapest Pf. 124.  
Hungary  
Tel., fax: (36)-1-2101 338  
Email: h5852tbi@ella.hu  
WWW:  
<http://origo.hnm.hu/ametry>

The organizing committee invites you to attend the 31st International Symposium on Archaeometry, from 27th of April till 1st of May 1998. The host of the '98 Symposium will be the Hungarian National Museum in collaboration with a number of research centres and academic institutions from Hungary.

Symposium topics will include, according to the tradition of the Archaeometry Symposia, dating of organic and inorganic materials, ancient and historical technology, artifact provenance studies (metals and non-metals), geoarchaeology, prospection, the study of biological materials, mathematical and statistical methods.

Special thematical session will be organised on the scientific aspects of experimental archaeology and its impact on contemporary archaeological research. Round table discussions will be organised on special problems like the archaeometrical study of the Roman limes and polished stone artefacts. The floor is still open to further specific specialists' workshops. Fieldtrips will be organised before and after the conference.

If you are interested in attending the symposium in any form, please complete the enclosed application form and return it not later than **28th of February 1997**. Only those responding to the first circular will receive further information on details of participation, submission of abstracts, registration and accommodation. Applications or inquiries can be made in letter, fax, or e-mail. You can also consult our WWW page for latest developments.

Presentations will be made in form of oral papers or posters: the assignment of lectures will be based on the review of abstracts by an international committee of specialists ("convenors").

The conference fee will be around 200 USD for registered participants and 80 USD for students. The organisers are trying to get extra funds for participation grants. More details on these and costs of accommodation, as well as further technical information will be given in the 2nd circular.

Important dates:

return circulars not later than	28th of February 1997
2nd circular posted	March, 1997
abstracts expected	November 1997 (latest)

Please feel free to copy and circulate this leaflet to anybody interested.  
Apologies for cross-posting.

K.T. Biró  
On behalf of the L. O. C.



# 31th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHAEOLOGY

27. April- 1. May 1998  
HUNGARIAN NATIONAL MUSEUM, BUDAPEST, HUNGARY

## PRELIMINARY APPLICATION FORM

Copper age tool-kit from Szeged-  
Szillér, ca. 3. mill. B.C.

### Standing Committee

M.J. Aitken, Oxford  
PRESIDENT

M.S.Tite, Oxford  
CHAIRMAN

R.M. Farquhar, Toronto  
G. Harbottle, Brookhaven  
A. Hesse, Garchy  
Y. Maniatis, Athens  
P. Meyers, Los Angeles  
A.M. Özer, Ankara  
G.A. Wagner, Heidelberg  
S.U. Wisseman, Urbana  
K.T. Biró, Budapest

### Local Organising Committee

M. Balla, BME  
L. Bartosiewicz, ELTE  
K.T. Biró, MNM  
J. Borszéki, Veszprém Univ.  
J. Csapó, PATE  
J. Gömöri, Soproni Múzeum  
G. Ilon, Savaria Múzeum  
E. Illyés, IKM  
M. Járó, MNM  
E. Jerem, Archeolingua  
L. Költő, SMM  
P. Márton, ELTE  
Zs. Medzihradzky, MTTM  
É. Orcsik, OMFB  
M. Pattantyús-Á., ELGI  
M. Pásztor, MTA-SZTAKI  
P. Scharek, MÁFI  
G. Szabó  
Gy. Szakmány, ELTE  
A. Tóth, MTA-MÜFI  
A. Vaday, MTA-RI  
Zs. Visy, JPTE  
T. Weiszbürg, ELTE

### Correspondence Address:

Katalin T. Biró  
Hungarian National Museum  
Dept. of Information  
H-1450 Budapest Pf. 124.  
Hungary  
Tel., fax: (36)-1-2101 338  
Email: h5852tbi@ella.hu  
WWW:  
<http://origo.hnm.hu/ametry>

Yes, I would like to receive further information on the Archaeometry '98  
Symposium because:

- I will probably attend the Symposium
- I would like to present a paper / poster
- I would like to receive further information

Name \_\_\_\_\_

Institution \_\_\_\_\_

Address \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_

Country \_\_\_\_\_

If you are interested, complete the form and send to:

### ARCHAEOLOGY '98

Katalin T. Biró  
Hungarian National Museum  
Dept. of Information  
H-1450 Budapest Pf. 124. Hungary  
Tel., fax: (36)-1-2101 338  
Email: h5852tbi@ella.hu





HU ISSN 0025—0120

---

*Főszerkesztő:* dr. Bodoky Tamás

*Szerkesztő:* Tóth Lajos

*Szerkesztőbizottság:* dr. Aczél Etelka, dr. Ferenczy László, Kakas Kristóf, dr. Szarka László,  
dr. Várhegyi András, Verő László

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

Telefon: 201-9815

---