

Tisztelt Kollégák !.....	1
MGE	
Közgyűlés '95 — A Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumának beszámolója — Ifjúsági Ankét 1995 — Beszámoló az MGE 24. vándor-gyűléséről — Az év legjobb szakcikkei.....	4
SZAKCIKKEK	
Felszínközeli geológiai szerkezetek vizsgálata 3-D analóg szeizmikus modellezéssel <i>Ormos Tamás</i>	11
Laterálisan inhomogén hullámvezetőben terjedő Love-típusú hullámok abszorpciós-diszperziós jellemzőinek joint inverziója <i>Dobróka Mihály</i>	19
A tomográfiai rekonstrukció zajérzékenységének csökkentése <i>Dobróka Mihály</i>	28
Dölt réteges földtani szerkezetek geoelektromos kutatási lehetőségének vizsgálata analitikus előremodellezéssel <i>Gyulai Ákos</i>	40
A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia alkalmazási lehetőségei a földtani és környezetvédelmi kutatásokban <i>Andrássy László, Lendvay Pál, Lupkovics Gábor, Kozma László, Németh Béla</i>	68
A magyarországi „bright spot”-ok egy lehetséges magyarázata <i>Stegena Lajos</i>	75
CIKKEK	
Az egyiptomi-magyar geofizikai kapcsolatok egy korai emléke — <i>Verő László</i>	76
A szénhidrogén-kutatásban alkalmazott geofizikai módszerek fejlődésének főbb állomásai a kezdetektől napjainkig — <i>Molnár Károly, Kloska Károly, Nagy Zoltán, Rumppler János, Tóth János</i>	77
A KTB-mélyfúrás geológiai és geofizikai tapasztalatai (J. K. Draxler előadásának összefoglalása) — <i>Jesch Aladár</i>	80
Tanulságos — <i>Verő László</i>	82
Magyarország ásványvagyonának nyilvántartása — <i>Fodor Béla</i>	83
Kiegészítések, helyreigazítások a magyarországi geoelektromos kutatások rövid történetéhez (35. évf. 3. szám) — <i>Nemesi László</i>	86

(Folytatás a hátsó borító belső oldalán)

36. évfolyam 1. szám



1995

CONTENTS

Foreword	1
MGE (Association of Hungarian Geophysicists)	
News.....	4
Geophysical Papers	
3-D analogue seismic modelling in prospecting of nearsurface geological structures <i>T. Ormos</i>	11
Joint inversion of the absorption-dispersion characteristics of Love-type waves propagating in a laterally heterogeneous wave-guide <i>M. Dobróka</i>	19
On the decrease of the noise-sensitivity of tomographic reconstructions <i>M. Dobróka</i>	28
Geoelectrical investigation of dipping beds with analytical forward modelling <i>Á. Gyulai</i>	40
Application possibilities of the laser-induced plasma atomic emission spectroscopy in geological prospecting and in environmental protection research <i>L. Andrásy, L. Kozma, P. Lendvay, G. Lupkovics, B. Németh</i>	68
A possible interpretation of the bright spots in Hungary <i>L. Stegena</i>	75
Papers	
An early relic of the Egyptian—Hungarian geophysical connections — <i>L. Verő</i>	76
Historical review of the geophysical methods in hydrocarbon exploration — <i>K. Molnár</i>	77
Geological and geophysical experiences at the KTB (Continental Deep Drilling) — <i>A. Jesch</i>	80
Learn a lesson! — <i>L. Verő</i>	82
Register of Hungary's mineral resources — <i>B. Fodor</i>	83
Addendum to the Historical review of the geoelectric research in Hungary (Vol. 35, 3) — <i>L. Nemesi</i>	86
What about you?	90
News and Reports	93

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

MAGYAR GEOFIZIKA

Kiadja: Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.
Telefon: 252-4999

Felelős kiadó: dr. Bodoky Tamás igazgató
Lombos Nyomda Kft., Budapest — Felelős vezető: Juhász Péter



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

TARTALOMJEGYZÉK

(Folytatás a címlapról)

MI LESZ VELED EMBERKE?

A Magyar Geológiai Szolgálat..... 90

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet Geofizikai Főosztályának
kutatási eredményei 1994-ben..... 91

HÍREK—BESZÁMOLÓK

A Magyar Tudományos Akadémia X. (Földtudományi) Osztálya Geofizikai
Tudományos Bizottságának ülése — A Föld Napja ünnepség—a
Földdel foglalkozók nélkül — Nem sikerült a frontáttörés — DGG kongresszus —
Konferencia-hírek — MTESZ-ülés új Nobel-díjasaink tiszteletére..... 93

A lapot

Magyarország legnagyobb médiafigyelője, a



» **OBSERVER** «

MAHIR OBSERVER MÉDIAFIGYELŐ KFT.

1091 Budapest, IX. Üllői út 51.

Tel.: 215-4713, 215-3421, 215-9932, Fax: 216-0688, 215-9934

rendszeresen szemlézi

·)48/3·180/·ŷ·∞·k+r·ŷ·ŷ·1⊕)ŷ·
·ŷ·ŷ·1)A)ŷ·41M·ŷAŷ⊕·ŷ/4·/ŷŷ·1Aŷ/·

HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás
Szerkesztő: Tóth Lajos
Szerkesztőbizottság: dr. Ádám Oszkár, dr. Ferenczy László, Kakas Kristóf, dr. Kis Károly, Verő László,
Zelei András
Szerkesztőség címe: Budapest, II., Fő u. 68. (1371 Budapest, Pf. 433)
Telefon: 201-9815

Tisztelt Kollégák !

MEGEMLEKEZÉS EGYED LÁSZLÓ HALÁLÁNAK 25 ÉVES ÉVFORDULÓJÁRA

EGYED László 1914-ben született és már 25 éve halott. A most működő geofizikusok közül sokan ismertük, tiszteltük és szerettük. A fájdalmasan korai halála óta eltelt negyedszázad alatt azonban új geofizikus generációk nőttek fel, akik kevéssé, vagy egyáltalán nem ismerik életét és munkásságát.

Jelenünk megértéséhez, jövőnk alakításához ismerni kell a múltat. Ez nemcsak a nemzetre, sokkal kisebb közösségekre is érvényes. Fontos számunkra is, hogy emlékezzünk a hazai geofizikai kutatások meghatározó személyiségeire. EGYED László szakmánk fejlődését meghatározó tudós, tanító és tudományos szervező volt.

Pályáját matematika—fizika szakos tanári diplomával kezdte. Tanársegédi kinevezést kapott és kutatásairól 1938-ban már előadást tartott a varsói matematikai kongresszuson. Ugyanabban az évben adta be doktori értekezését a kiválasztási axiómáról és első dolgozatai is matematikai tárgyúak voltak [1], [2], [3].

Később a Magyar—Amerikai Olajipari Részvénytársaságnál (MAORT) helyezkedett el, ahol megismerte és megszerette a geofizikát. Gravitációs és mágneses méréseket végzett, de a méréseknél jobban vonzotta az eredmények kiértékelése és értelmezése. Első geofizikai tárgyú dolgozatai a korrekciókról, az átlagsűrűség meghatározásáról, különböző hatók mágneses anomáliáiról és értelmezéséről szóltak [4]—[11]. Ebbe a sorozatba tartoznak, de már az általános geofizika felé mutatnak az izosztatikus anomáliákkal kapcsolatos munkái [12], [13].

A geofizika oktatása a MAORT-nál töltött időben keltette fel figyelmét, 1947-ben már egyetemi magántanár a budapesti Tudományegyetemen. Az első években geológusoknak adott elő geofizikai tárgyakat, majd VADÁSZ Elemér támogatásával megindította az önálló geofizikus képzést. 1951-ben alakult meg a — most már EÖTVÖS Loránd nevet viselő Tudományegyetem Természettudományi Karán — a Geofizikai Tanszék. Ennek volt először tanszékvezető docense, majd 1956-tól tanszékvezető professzora.

Oktatói működésének egyik legfontosabb eredménye az első magyar nyelvű geofizikai tankönyv megalkotása [14]. A munka 1955-ben jelent meg. Ma már csak néhány példánya van meg könyvtárakban

és régebben végzett geofizikusok birtokában, de 40 év után is érdemes kézbe venni. Jelentőségét szinte nem is lehet eléggé hangsúlyozni. Abban az időben nem bővelkedtünk magyar nyelvű geofizikai szakirodalomban. A néhány angol vagy német nyelvű geofizikai könyvhöz alig lehetett hozzáférni. EGYED László világos szerkezetű, igen jól illusztrált könyvéből mindenki tanulhatott az is, aki geofizikus hallgató volt, az is, aki más képzettséggel indulva a geofizikához érkezett, az is, aki rokon szakmákban (geológia, geodézia, földrajz) dolgozott és képet akart kapni a geofizika feladatairól, módszereiről és eredményeiről.

Az egyetemi Annalesekben elindította a Sectio Geologica évente megjelenő köteteinek sorozatát, mely napjainkban Sectio Geophysica et Meteorologica néven él tovább.

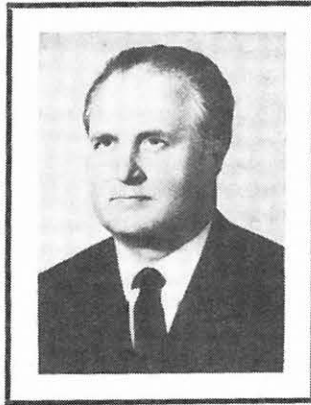
EGYED Lászlónak döntő szerepe volt a Magyar Geofizikusok Egyesülete megalakulásában. Szorgalmazta nemzetközi geofizikai ankétok, majd szimpóziumok szervezését. Fontosnak tartotta, hogy a geofizika különböző területén dolgozók meg-

ismerjék egymás gondjait, problémáit és eredményeit.

Tagja volt a Nemzetközi Űrkutatási Bizottság (COSPAR) elnökségének, jelentős szerepe volt a Nemzetközi Geofizikai Év és az akkori szocialista országok akadémiai között planetáris vizsgálatokat összehangoló szervezet, a KAPG megalakításában. Bár a KAPG 1990-re jelentőségét elvesztette és fel is oszlott, a maga idejében komoly szerepe volt a hazánkban működő geofizikusok és más földtudományi szakemberek látókörének bővítésében.

EGYED László nevét a lassú expanzió hipotézise, egyszerűbben fogalmazva a Föld tágulásának elmélete tette világszerte ismertté. Számos nemzetközi fórumon ismertette elméletét és nagyon sok egyetemre kapott meghívást előadás tartására. 1967—68 folyamán UNESCO szakértőként Japánban dolgozott.

Nemzetközi sikereit méltó hazai elismerések követték. 1957-ben Kossuth-díjat kapott, 1960-ban a MTA levelező tagjává, majd 1970-ben, halála évében rendes tagjává választotta. Halálakor már harmadik éve a Természettudományi Kar dékánja volt. Felismerte, hogy a Karnak új, jobb oktatási feltétele-



ket biztosító épületekre van szüksége és elfogadtatta az új elhelyezés terveit. A megvalósulást — több más, hasonlóan nagyszabású, a jövőt szolgáló tervvel együtt — már nem érthette meg.

Tudományos és tudományszervezői munkásságából négy fontos témakört emelek ki: a szeizmológiát, a paleomágneses kutatásokat, az űr kutatást és a tektonikai vizsgálatokat. Szerepe döntő volt e kutatások megindításában vagy nemzetközi szintre emelésében.

A szeizmológia a legfontosabb adatokat szolgáltatja a Föld szerkezetének megismeréséhez. A magyarországi szeizmológiai hálózat újjászervezése — beleértve a meglévő obszervatóriumok ellátását modern műszerekkel, új állomások kialakítását és a rendszeres állomásslátszókat — EGYED professzor érdeklődési köréből adódó evidencia volt. De ezen túl is támogatott olyan vizsgálatokat, melyek fontosságuk csak évtizedek után vált nyilvánvalóvá.

A makroszeizmológiai adatgyűjtés és feldolgozás a földrengés-veszélyeztetettség meghatározásának egyik fontos eszköze. Különböző nagy és megvédendő létesítmények (pl. erőművek) helyének kiválasztásában az utóbbi évtizedben vált döntő jelentőségűvé a földrengés-veszélyeztetettség objektív meghatározása.

A litoszféra- és asztenoszféra-kutatás támaszkodik az alacsony sebességű öv helyzetét és a benne terjedő szeizmikus hullámok sebességét meghatározni tudó szeizmológiai módszerekre. A Gutenberg-féle, illetve Gutenberg—Mohorovičić-féle számítások elvégzését EGYED László már az 1960-as években szorgalmazta. Lényegesnek tartotta a földrengések és a nukleáris robbantások elkülönítésére irányuló vizsgálatokat is.

Felesleges hangsúlyozni, hogy ezek a problémák ma is lényegesek a szeizmológiai kutatásokban. Az eszközök és a módszerek változtak. A szeizmikus tomográfia sokkal pontosabb képet tud adni a kéreg és köpeny sebességviszonyairól, mint a Gutenberg-módszer, a modern szeizmológiában ma használt digitális szeizmográfok és számítógépek 3 évtizeddel ezelőtt nem léteztek. A makroszeizmológiai anyagot a tektonikai ismeretekkel együtt bonyolult modellszámításokkal dolgozzák fel. De a szeizmológia jelentőségét, fontos vagy a jövőben fontossá váló feladatait EGYED László igen jól látta. Néhány saját vagy társszerzőkkel írt szeizmológiai tárgyú dolgozata mellett [15], [16], [17], [18] említést kell tenni a Korunk Tudománya sorozatban megjelent népszerűsítő könyvről is, melyben két szakember és egy érdeklődő beszélget a földrengésekről és a Földről [19].

EGYED Lászlónak döntő szerepe volt a hazai űr kutatási vizsgálatok és paleomágneses vizsgálatok megindításában is. Az űr kutatás rendkívül szerteágazó feladatai közül jó érzékkel választotta ki azokat, melyek hazánkban is eredményesen művelhetők. Az ionoszféra és magnetoszféra fizikai tulajdonságainak megismerésére, a kozmikus sugárzás vizsgálatára és a Nap—Föld fizikai kapcsolatok felderítésére helyezte a hangsúlyt. E kutatások fontossága napjainkban már alkalmazásai gazdasági következményei miatt sem kétséges. Sajnálatos, hogy ez a terület az utóbbi években már nem kapta meg azt az anyagi és erkölcsi támogatást, melyet fontossága és a

kiszámú, de nemzetközileg elismert kutatógárda méltán kiérdemelt. Ha hosszabb időn át hatott volna, EGYED László egyénisége, önzetlen támogatása talán más helyzetet eredményez.

A paleomágneses kutatások azért is érdekelték, mert eredményeikből a kontinensek relatív helyzetére lehet következtetni. A virtuális pólus-vándorlási görbék menete egyértelműen alátámasztotta a kontinensvándorlás elméletét, ezzel megerősítette nagy horizontális mozgások realitását. Bebizonyosodott az, ami EGYED László már az 1950-es évektől kezdve foglalkoztatta: a Föld dinamikus, állandóan változó, megújuló rendszer. A mozgások okát EGYED László a Föld lassú tágulásában kereste. A sugárnövekedés meghatározására a paleomágneses mérések eredményeinek felhasználásával két módszert dolgozott ki [20], [21]. A korabeli számítások az ún. gyors expanzió lehetőségét kizárták, de a mintegy 0,5 mm/év sugárnövekedésnek nem mondtak ellent. Bár a lassú expanzió hipotézise az általános geofizika igen sok területére kiterjedő munkásságának csak egy eleme, kétségtelen, hogy ő maga is igen fontosnak tartotta, mint olyan egységes okot, melyből a Föld szerkezete és fejlődése ellentmondás-mentesen levezethető. Az első közleményektől kezdve, melyek az 1950-es évek közepén jelentek meg [22], [23], egészen haláláig foglalkoztatta a hipotézis. Először a tágulással magyarázható megfigyeléseket gyűjtötte össze, majd fizikai okait igyekezett megtalálni és mindvégig bizonyítékokat keresett a hipotézis egyértelmű igazolásához. Eközben olyan részeredményeket fogalmazott meg az afrikai árkok kialakulásáról, az indiai félsziget és a Himalája szerkezetéről és lehetséges kialakulásáról, melyek ma is helytállóak és a modern lemeztektonika elméletének is egyik előfutárává teszik [24], [25], [26], [27].

A lassú expanziós elmélet általa adott — sajnos végső — megfogalmazását 1969-ben publikálta [28]. Ekkorra már kiderült, hogy a lassú expanzió egyedül nem tudja magyarázni az óceáni medencék kialakulását. A sea-floor spreading viszont elfogadott és bizonyított tény volt. EGYED László azt tette fel, hogy az expanzió az újonnan képződő óceáni területek 10-15%-át hozza létre. A közép-óceáni hátságok középvonala mentén a tágulásból adódó felszakadás után konvekció indul meg és kidomborodást, ún. megatumulót hoz létre. Ennek szárnyain, a megatumulor lejtőin a gravitációs csúszás miatt horizontális mozgás indul meg. A mélytengeri árkok környezetében a lecsúszó blokk már mélyen a köpenybe hatol, amit a mélyfészki földrengések hipocentrumainak eloszlása egyértelműen bizonyít. Mai szóhasználatul elve az elmélet a lemeztektonikai mozgások megindulását vezeti le a tágulásból és így a megatumulor elmélet, a passzív konvekció és a tágulás elmélete szintézisének tekinthető. A lemeztektonika kibontakozását, az új mérési eredményeket EGYED László már nem érthette meg, de nem kétséges, hogy invenciózus, új, merész szempontokat felvető munkái hozzájárultak volna az elmélet fejlődéséhez.

EGYED László sokunkat indított el vagy támogatott a geofizikai pályán. Mindig az értékek megbecsülése, a nagyvonalú, önzetlen segítőkészség vezette. Halálának 25. évfordulóján nemcsak a kiemelkedő életműre emlékszünk tisztelettel, de hálával és

szerepettel gondolunk arra a kollégára, akinek mint geofizikusnak is sokat köszönhetünk.

Meskó Attila

HIVATKOZÁSOK

1. A kiválasztási axiómáról és a vele kapcsolatos kérdésekről. Doktori értekezés. *Mat. és Fiz. Lapok XLV*, 1-20, 1938
2. Über die Äquivalenz einiger grundlegender Sätze aus der Theorie der Punktmengen. *Fundamenta Mathematicae*, (Warsawa), 74-78, 1938
3. Végtelen gráfok jólirányíthatóságáról. *Mat. és Fiz. Lapok XLVIII*, 505-509, 1941
4. Mágneses anomáliák értelmezése a vertikális és horizontális intenzitásgörbe egyesítése alapján. *Időjárás XLVII*, 185-188, 1943
5. Deutung unterirdischer geologischer Strukturen auf Grund der Drehwagemessungen. *Mat. és Term. Tud. Ért. LXII*, 635-636, 1943
6. Felszínalatti táblás előfordulások adatainak meghatározása gravitációs és mágneses mérések alapján. *Bányászati és Kohászati Lapok 8*, 1-3, 1944
7. Felszínalatti geológiai szerkezetek értelmezése a torziósinga mérések alapján. *Bányászati és Kohászati Lapok 5*, 1-6, 1947
8. Topografikus korrekció a graviméteres és ingamérések esetében. *Bányászati és Kohászati Lapok 10*, 1-3, 1948
9. The determination of an infinite inclined dike from the results of gravity and magnetic surveys. *Geophysics 13*, 3, 437-442, 1948
10. Az anomáliák magassági redukciójáról. *Földtani Közöny LXXIX*, 1-4, 1-20, 1949
11. Átlagsűrűség meghatározása gravitációs módszerekkel. *Bányászati és Kohászati Lapok 1*, 1-6, 1949
12. Az izosztázia kérdéséhez. *Földtani Közöny LXXXI*, 374-383, 1951
13. Some notes concerning the question of isostasy. *Acta Technica IV*, 1-4, 75-84, 1952
14. Geofizikai alapismeretek. Tankönyvkiadó, Budapest, 1955
15. On the mechanism of deep-focus earthquakes. *Studia geoph. et. geod. 2*, 291-292, 1958
16. Determination of focal depth from macroseismic data. (Társszerző: MESKÓ A.) *Pure and Applied Geophysics 67*, 107-111, 1967/II
17. New network of seismological stations in Hungary. *Proc. of the eight Assembly of the ESC.* (Társszerzők: BISZTRICSÁNY E., CSOMOR D., KISS Z.) Akadémiai Kiadó, Budapest, 333-338, 1968
18. Calculation of LVL depth for the territory of Hungary. (Társszerző: BISZTRICSÁNY E.) *Acta Geod. Geoph. 7*, 3-4, 403-404, 1972
19. A földrengések és a Föld. Akadémiai Kiadó, Budapest, 135, 1966 (Korunk tudománya sorozat)
20. Some remarks on continental drift. *Geofisica pura e applicata 45*, 115-116, 1960
21. Paleomagnetism and the ancient radii of the Earth. *Nature 190*, 4781, 1097-1098, 1961
22. A Föld belső felépítésének új elmélete és annak földtani-geofizikai következményei. *Földtani Közöny LXXXV*, 3, 277-318, 1955
23. The change of the Earth's dimensions determined from paleogeographical data. *Geofisica pura e applicata 33*, 42-48, 1956
24. A Vörös-tenger kialakulásának kérdéséhez. *Geofizikai Közlemények X*, 1-4, 69-75, 1962
25. The expanding Earth? *Nature 197*, 4872, 1059-1060, 1962
26. The satellite geoid and the structure of the Earth. *Nature 203*, 4940, 67-69, 1964
27. Ellipticity, viscosity and expansion of the Earth. *Nature 207*, 4999, 847, 1965
28. The slow expansion hypothesis. — S. K. RUN-CORN: The application of modern physics to the Earth and planetary interscience. London, New York, Sydney, Toronto, 1969



MGE közgyűlés '95. Emlékezőnk

KÖZGYŰLÉS '95



KISS Bertalan, az Egyesület búcsúzó elnöke



KÉSMÁRKY István, az Egyesület hivatalba lépő elnöke



FERENCZY László, az Egyesület titkára (a kontinuitás letéményese)

Egyesületünk 1995. április 7-én a MTESZ Fő utcai székházában tartotta meg évi rendes közgyűlését, amelyen a jelenléti ívek szerint 92 tagtársunk jelent meg.

A közgyűlést KISS Bertalan elnök nyitotta meg. Beszédében elmondta, hogy „az elmúlt év a jubileumok, a kiütkeresés, a minél jobb erőben történő fennmaradásra való törekvés, a kihívásokra való felkészülés és nem utolsósorban a rendezvények éve volt. Megkíséreltük élénkíteni az egyesületi munkát, tagtársainkat hitben erősíteni, ápolni hagyományos hazai és külföldi kapcsolatainkat. Rendszeresen informáltuk tagjainkat és támogatóinkat tevékenységünkről és eredményeinkről, megpróbáltunk érdekes témaköröket választani rendezvényeinknek és felkelteni irántuk az érdeklődést. Erőfeszítéseket tettünk Egyesületünk gazdasági fenntartásáért, zökkenőmentes működéséért. Ezekről részletesen az elnökség beszámolója és a Magyar Geofizika tájékoztató tagtársainkat.”

Az elnök üdvözölte meghívott vendégeinket: NÁRAY-SZABÓ Gábort, az MTESZ alelnökét, BREZSNYÁNSZKY Károlyt és HALMAI Jánost, a Magyarhoni Földtani Társulat alelnökét, illetve főtítkárát, FARKAS Istvánt, a Magyar Geológiai Szolgálat főigazgatóját, valamint jogi tagvállalataink jelen lévő vezetőit: BALLA Kálmán ügyvezető igazgatót (Geoinform Kft., Szolnok) és ZELEI András ügyvezető igazgatót (Geofizikai Szolgáltató Kft.).

A közgyűlés résztvevői néma felállással emlékeztek meg az elmúlt évben elhunyt tagtársainkról: BESE Vilmosról, RÁDLER Béláról és RÁKÓCZY Istvánról.

A napirendi pontok ismertetése és megszavazása után FERENCZY László titkár az elnökség írásbeli beszámolóját egészítette ki. Sajnálatosnak nevezte, hogy az Egyesület taglétszámának csökkenése fel-

gyorsult, a jelenlegi 621 fős létszám majd 10%-kal kevesebb a tavalyinál (671 fő).

A szakértői engedélyek meghosszabbításával kapcsolatban kiemelte, hogy az MTESZ irányelveihez igazodva az Egyesületen belül megalakult a Minősítő Bizottság. Ennek feladata a előírt feltételek alapján a kérelmek elbírálása. A régebbi szabályzathoz képest a leglényegesebb változás, hogy a szakértői engedélyek kiadása 5 éves szakmai gyakorlathoz kötött. A szakmai nomenklatúra is változni fog, de ennek véglegesítése még jelenleg is folyik. A részletes szabályzatot a Magyar Geofizika fogja leközzölni. Ezt követően a titkár a beszámolási időszak rendezvényeiről szólt. Megállapította, hogy szakmai szempontból az elmúlt időszak az utóbbi évek legsikeresebb periódusa volt: a 24 rendezvényen 240 előadás hangzott el, mindegy 1000 fő részvétele mellett. Egyes előadónál nem volt ritka a 100 fős hallgatóság. E pozitívumok mellett kitért arra is, hogy a Magyar Geofizikában a nagyszámú, színvonalas előadás ellenére csak 10 szakkikk jelent meg. Ezek után az Egyesület gazdálkodásával kapcsolatban kiemelte, hogy Egyesületünk továbbra is működőképes, a kamatok, a jogi tagdíjak és a takarékoság jóvoltából továbbra sem szükséges az alaptőkéhez hozzányúlni.

Reményét fejezte ki, hogy a jövőben is megkapjuk azokat a támogatásokat, amelyekkel a működés zökkenőmentesen fenntartható. Együttal az elnökség nevében köszönetét fejezte ki azon tagtársainknak és vállalatoknak, akik, ill. amelyek az elmúlt időszakban segítettek és hathatósan támogatták Egyesületünk munkáját.

Az Ellenőrző Bizottság elnöke, UJFALUSY Antal beszámolójában elmondta, hogy az Egyesület gazdálkodása az elmúlt évben is stabil és önfenntartó volt. Nagyrészt a felhalmozott tőke kamataiból, a

jogi tagdíjakból és a rendezvények bevételeiből fedezte költségeit. Kiadásaink között a legnagyobb tételt a Magyar Geofizika c. lap évi négy megjelenítése, a bérleti díjak, a bérköltségek, a postai és nyomdaköltségek jelentik. Az infláció növekedése ellenére, jó szervezéssel (az összekötőkön keresztül) sikerült a postaköltségeket csökkenteni. Lehetőségeinkhez mérten folytatódtak a működést segítő beruházások (írásvetítők, szoftverek).

Összességében az Ellenőrző Bizottság megállapította, hogy az Egyesület tisztességesen, a törvények figyelembevételével, az Alapszabálynak megfelelően tevékenykedett és a 2,3 MFT-os nyereség hozzájárult az Egyesület további gondtalan működéséhez szükséges anyagi bázis biztosításához, a Magyar Geofizikusokért Alapítvány vagyonának szerény mértékű (250 eFt) növeléséhez.

Az elnök ezután felkérte NEMESI Lászlót, a Kuratórium elnökét a Magyar Geofizikusokért Alapítvány beszámolójának megtartására. Az elnök kiemelte, hogy az alapítvány éppen 5 éves múltra tekinthet vissza és az induló vagyona (300 eFt) megsokszorozódott (jelenleg 11,5 MFT) az Egyesület, az intézményi és a magánbefizetők jóvoltából. (A beszámoló teljes szövegét lásd külön cikkben.)

NEMESI László végül a geofizika népszerűsége érdekében kifejett tevékenységről szóló pályázati felhívást tette közzé. E szerint azok a tagtársak pályázhatnak, akiknek napilapokban, népszerűsítő kiadványokban jelenik meg cikkük a geofizikáról. Pályázni a megjelölt cikk másolatával, a kiadvány pontos címének és dátumának feltüntetésével lehet. A döntés az utolsó negyedévi kuratóriumi ülésen születik.

Mielőtt a hozzászólások megkezdődtek, KISS Bertalan elnök felolvasta az OMBKE Kőolaj-, Földgáz- és Vízbányászati Szakosztály elnökének, ÖSZ Árpádnak levelét, amelyben megköszönve a meghívást, az elnök hivatali elfoglaltsága miatt kimentését kérte és az Egyesületnek sokáig tartó értelmes, aktív, eredményes munkát és sok sikert kívánt.

BREZSNYÁNSZKY Károly, az MFT alelnöke a társulat elnöksége és tagsága nevében üdvözölte a közgyűlést és a megjelenteket. Reményét fejezte ki, hogy a földtani kutatás, amely a geológiai és a geofizikai kutatás is magában foglalja, a jövőben jobb napokat fog megélni.

NÁRAY-SZABÓ Gábor alelnök HAVASS Miklós MTESZ elnök képviseletében tolmácsolta az MTESZ-be tömörült egyesületek üdvözlését, majd a szakértői tevékenységgel kapcsolatosan elmondta, hogy az MTESZ alapvető törekvése egy országosan egységes, az MTESZ tagegyesületei által kézben tartott szabályozás létrehozása és törvényi előkészítése.

BODOKY Tamás, lapunk főszerzője egy kis statisztikát ismertetett, amely szerint az elmúlt öt év cikkeinek gyakoriságát alapul véve a kollégák várható életműve a magyar nyelvű geofizikai szakirodalomban 0,6 cikk. A csökkenő taglétszám ezt a számot ugyan kedvezően érinti, de ez nem érdem. Mindenkit nyomatékosan kért a színvonalas előadások publikációkra való váltására.

NAGY Zoltán arra kérte az elnökséget, hogy az intézmények megfelelő vezetőivel való kapcsolatokat, ha lehet, még szorosabbá kell tenni. Ugyanis ezektől a vezetőktől sok minden függ, például a hazai

és a külföldi rendezvényeken való részvétel. Fel kellene kelteni figyelmüket, el kellene érni azt, hogy az egyesületi tevékenységet a szakma legfontosabb fórumának tekintsék, hiszen a rendezvényeken nemcsak új ismereteket szerezhethetünk, hanem olyan azonnal megvalósítható ötleteket is, amelyek a munkahelyi feladatok minőségi megoldásában hathatósan segíthetnek bennünket.

A cikkek csökkenésével kapcsolatosan elmondta, hogy az általános szakmai informáltság, a konferenciákon való korlátozott részvételi lehetőség szinte megköveteli a közlések számának gyarapodását. Az Alapítvány és az Egyesület is, amennyiben előadásokat (utazásokat) támogat, feltételként szabhatja meg a közlési kötelezettséget.

KISS Bertalan, reagálva a felszólalásra, elmondta, hogy támogatóinkat megpróbáljuk részletesen tájékoztatni az érdeklődésben is végzett tevékenységünkről és felhívni a figyelmüket arra, hogy az Egyesület hogyan, milyen módon tudja a szakmát és az adott vállalatot képviselni a különböző területeken. Ez irányban nagyon pozitív hozzáállás tapasztalható valamennyi támogatóknál. Példaképpen említette egy, az MFT-vel közös előadóiülés tervét, amelyen a ma oly sok problémával küszködő team-munkavégzés kerülne terítékre.

SZARKA László leköszönő alelnök felszólalásában Egyesületünk nemzetközi kapcsolatainak alakulásáról beszélt. Kiemelte, hogy megítélésünk a nemzetközi szakmai világban tovább javult. Részvételünk a nagy geofizikai egyesületek kisebb és nagyobb rendezvényein, sikeres nemzetközi rendezvényeink, külföldi neves szakemberek meghívása, külföldi jogi tagságaink, az egyéni külföldi egyesületi tagok számának folyamatos növekedése, részvételünk vezető testületek munkájában stb. megismerésünket és elismertségünket növeli.



A hozzászólások sorát KÉSMÁRKY István zárta, egy kis humorral fűszerezve: reméli, hogy a szakértői feltételek megszigorítása a fiatal kollégákban nem olyan érzést kelt, mintha az a kirekesztésükre irányulna. „Bár annak idején, amikor elvégeztem az egyetemem, az akkori rendelkezések szerint szintén öt éves gyakorlat kellett a szakértői engedély megszerzéséhez. Mire az öt éves terminus végéhez közeledtem, a rendelet megváltozott és az újabb feltétel már tíz év gyakorlathoz kötötte az engedély kiadását. Szeretném, ha ez nem ismétlődne meg.”

Az Elnökség 1994. évi beszámolóját és az Ellenőrző Bizottság jelentését a közgyűlés egyhangúlag elfogadta.

Az Egyesület alapszabályának pontosítására FERENCZY László tett javaslatot. Az állandóan változó szabályzók arra készítetik az Egyesületet, hogy folyamatosan revideálja Alapszabályát és a ma már talán félreérthető mondatokat egyértelműsítse. Így a 20. § 4. bekezdés — „Az Egyesület vállalkozásokat (szakmai rendezvények, továbbképzések, megbízási munkák) is folytathat. Az ebből származó eredménye vagyont módosítja.” — a következőképpen módosul: „Az Egyesület vállalkozási tevékenységet is folytathat.” A közgyűlés a változtatást egyhangúlag elfogadta.

A szünet után kitüntetések átadására került sor.

Az Egyesület elnöksége RENNER JÁNOS emlékéremmel tüntette ki

PAULIK Dezsőt, a MOL Rt. munkatársát az Egyesületben és annak érdekében végzett tevékenység elismeréseként, valamint az SPWLA Budapest Chapter elnökeként kifejtett, széles körű elismerést kiváltó, odaadó munkájáért és

SZARKA Lászlót, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet főosztályvezetőjét az Egyesületben és annak érdekében éveken át végzett tevékenységéért, Egyesületünk elnökeként és alelnökeként, valamint a Soproni Csoport titkáráként kifejtett magas szintű munkájáért.

Az elnökség az Egyesületben végzett kimagasló társadalmi tevékenységéért EGYESÜLETI EMLÉKLAPOT adományozott BEKE Balázs (Budapest), BERÉNYI István (Szolnok), SZERDAHELYI Gábor (Szolnok), TURI János (Sopron), VINCZE Tamás (Budapest) tagtársainknak.

Az MGE Tudományos és Oktatási Bizottsága a szakcikkek értékelésénél nem tett különbséget elméleti és gyakorlati cikkek között. Az 1994-es év legjobb szakcikkei címet az alábbi munkák nyerték el: VAKARCS Gábor, TARI Gábor: A szeizmikus és szekvencia sztratigráfia alapjai. A szeizmikus és szekvencia sztratigráfia alapfogalmainak magyarázata (Magyar Geofizika 34. évf. különszám),

PATTANTYÚS-Á. Miklós, NEDUCZA Boriszláv, PRÓNAY Zsolt, TÖRÖS Endre: A földradar módszerfejlesztés másfél éves tapasztalatai az ELGI-ben (Magyar Geofizika 35. évf. 1. szám).

Társadalmi munkájukért az Egyesület az alábbi tagtársakat jutalmazta: BODRI Bertalan, FLEISCHHACKER Imréné, JÁNVÁRINÉ KÁNTOR Ilona, LÁSZLÓ Csaba, NÉMETH Erzsébet, PÁLYI András, SZABÓ Imre és TÖRKÖLY József.

A jutalmazások után Egyesületünk elnöke, KISS Bertalan a titkárság munkatársainak odaadó munkáját nagy csokor virággal köszönte meg.

Ezután került sor az egyesületi alelnökválasztás előkészítésének és a szavazás eredményének ismertetésére. A GADÓ Károly által vezetett jelölőbizottság az alelnöki tisztségre DRASKOVITS Pált (ELGI) és ORMOS Tamást (MÉ) javasolta.

A Felszíni Geofizikai Szakosztály elnöke, KÉSMÁRKY István lemondott posztjáról. A megüresedett helyre GOMBÁR Lászlót jelölte a bizottság.

GADÓ Károly kérte a jelenlevőket, hogy jobban segítsék munkájukat, különös tekintettel arra, hogy jövőre ismét lejár egy hároméves periódus, amikor is 13 főre kell majd javaslatot tenni.



A levélbeni szavazás végeredményét HURSÁN László, a szavazatszámoló bizottság elnöke ismertetette. A kiküldött 629 szavazólapból 237 (37,7%) érkezett vissza, és ez azt jelenti, hogy tagságunk ismét aktívan vett részt a szavazásban. 150 szavazattal (63,3%) ORMOS Tamás lett az Egyesület új alelnöke. DRASKOVITS Pál 86 (36,3%), míg JÁNVÁRINÉ KÁNTOR Ilona 1 szavazatot kapott.

A Felszíni Geofizikai Szakosztály elnöke 136 szavazattal GOMBÁR László lett.

KISS Bertalan, a leköszönő elnök az elnökség nevében szeretettel gratulált a megválasztott új alelnöknek és megköszönte SZARKA László három éves alelnöki, illetve elnöki munkáját, majd átadta az elnöki tisztelet KÉSMÁRKY Istvánnak.

Az Egyesület új elnöke zárszavában a szakmai információcsere fontosságát hangsúlyozta és kérte a tagságot, hogy ismereteit publikációkon keresztül ossza meg másokkal. A bizalmat megköszönve ígéretet tett — a tagság támogatására számítva — az Egyesület működőképességének fenntartására és fejlesztésére, majd bezárta a nem túl hosszú, a kívülállónak problémamentesnek tűnő geofizikus társadalom közgyűlését.

A közgyűlést a Fő utcában a VII. emeleten lévő, étteremmé átrendezett nagyteremben nem túl nagy létszámú, de kellemes, jó hangulatú baráti vacsora zárta.

Ferenczy László

A MAGYAR GEOFIZIKUSOKÉRT ALAPÍTVÁNY KURATÓRIUMÁNAK BESZÁMOLÓJA AZ MGE 1995. ÉVI KÖZGYŰLÉSÉN

Tisztelt Közgyűlés!

A Magyar Geofizikusok Egyesülete éppen öt éve, 1990. április 6-án hozta létre Alapítványunkat. Mint tudják, az Alapítvány két legfontosabb célja az ifjú szakemberek tudományos fejlődésének elősegítése, és szociálisan rászoruló tagtársaink szerény támogatása. A Kuratórium kilenc tagja ennek érdekében fáradozik és várja az Önök véleményét, hogy tevékenységünkkel egyetértenek vagy sem.

Gazdálkodásunk alapelve, hogy lehetőleg az alapítványnak csak a hozadékához nyúljunk. Ez eddig sikerült, sőt voltak olyan esztendőik, amikor nem merült fel igény még az előző évi kamatok felhasználására sem. Ilyen volt az 1994-es esztendő is. Így állhatott elő az a helyzet, hogy noha az Alapítványba 1994 végéig összesen 7,23 MFt-t fizettek be intézmények és magánszemélyek, pénztárunkban 1995. március elején 11,5 MFt van, az előző év hasonló időszakában jegyzett 10 MFt-vel szemben.

Ezt az összeget, pénzügyi szakemberek tanácsainak megfelelően, a mindenkori kamatlehetőségeket figyelembe véve igyekszünk államilag garantált betétekben, hosszabb-rövidebb időre lekötni.

E bevezető után nézzük meg részletesen 1994. évi bevételeink és kiadásaink alakulását:

BEVÉTELEK:

Magyar Geofizikusok Egyesülete	360 000 Ft
POGÁCSÁS György	5 000 Ft
ifj. SOMFAI Attila	5 000 Ft
KÉSMÁRKY István	20 000 Ft
1994. évi kamatbevételek	1 817 341 Ft
BEVÉTELEK ÖSSZESEN	2 207 341 Ft

KIADÁSOK:

1) Tanulmányutak, konferenciák:	
SŐRÉS László, Grenoble (EGS)	26 000 Ft
LENKEY László, Amszterdam (TEMPUS)	42 000 Ft
FANCSIK Tamás, Bécs (EAEG)	31 000 Ft
PÁNCSICS Zoltán, Leeds (WEEGP)	42 620 Ft
2) Ifjúsági Anket díjai	65 000 Ft
3) Legjobb cikkek jutalmazása	40 000 Ft
4) Senior kirándulás költségei	22 089 Ft
5) Nyugdíjas találkozó költségei	4 600 Ft
6) Bankköltség	1 454 Ft
7) Egyéb (anyag, posta, terembérlés, pénzügyi adminisztráció költségei)	67 400 Ft
8) Szociális támogatás	415 000 Ft
KIADÁSOK ÖSSZESEN:	757 163 Ft

Néhány megjegyzést szeretnék fűzni a szociális támogatásokhoz.

Mindenekelőtt szeretném közölni, hogy 18 olyan tagtársunkon kívántunk segíteni, akik az APEH felé igazolható módon a létminimum alatt vannak. (Adómentes jövedelemtől lévén szó, ez sajnos, alapfeltétel.) Mivel valamennyien tisztességben megőszült, nemegyszer kiemelkedő tudományos sikerekben gazdag, aktív pályafutás után, sőt vezető beosztásból mentek nyugdíjba, hihetetlenül szomorú, hogy ide jutottak és méltányosságból kérem kell Önöket: tekintsenek el a névsor ismertetésétől.

Ugyanakkor azt is kérem minden tagtársunktól, hogy akinek információi vannak nehéz körülmények között élő bajba jutott társainkról, azok biztassák a rászorulókat a segítségkérésre, vagy tegyék meg ezt helyettük.

A következőkben szeretnék kitérni 1995. évi terveinkre.

A Kuratórium 1995. I. negyedévi ülésén az alábbiakról döntött:

1) Szociális támogatásra szánt keretösszeg	600 000 Ft
2) Seniorok kirándulása és találkozója	80 000 Ft
3) A legjobb cikkek szerzőinek jutalmazására	50 000 Ft
4) Ifjúsági Anketra	85 000 Ft
5) Egyetemisták zürichi szakmai kirándulására	80 000 Ft
6) A geofizika népszerűsítésére (sajtóban)	30 000 Ft
7) A 35 éven aluliak tanulmányútjaihoz	1 000 000 Ft
8) Egyéb költségekre	282 000 Ft

Az 1995-ben tervezett felhasználás: 2 207 000 Ft

Ez az összeg nagyjából megegyezik az 1994. évi kamatbevételekkel.

Megjegyzést a 6., 7., és 8. ponthoz kell fűznünk: — A 6. pont egyben a Kuratórium felhívása. Erre a keretösszegre azok a tagtársaink pályázhatnak, akiknek napilapokban, népszerűsítő kiadványokban jelenik meg cikkük a geofizikáról. Pályázni a megjelent cikk másolatával, a kiadvány pontos címének, dátumának feltüntetésével lehet, úgy, hogy ezt a szerző eljuttatja a Kuratóriumhoz, amely utolsó negyedévi ülésén dönt az odaítélésről és a konkrét összeg nagyságáról.

— A 7. pontban meghatározott keretösszeget csak megfelelő igénybejelentés és igényjogosultság esetén használjuk fel, de a Kuratórium attól sem zárkózik el, ha netán (1995-ben először) ezt a keretösszeget átlépné. Megjegyezzük, hogy 1995. I. negyedévében már 500 000 Ft (részben feltételes) odaítéléséről döntöttünk. A feltétel általában a szakmai konferenciára bejelentett előadás elfogadása (a rendező részéről).

— Az egyéb költségek általában nem tervezhetők pontosan.

Befejezésül köszönetet kell mondanom mindazoknak, akik anyagilag és erkölcsileg támogatták az Alapítványt.

Külön köszönjük, hogy a Kuratórium tagjait foglalkoztató intézmények, előző évi kérésünknek ele-

get téve, biztosították, sőt finanszírozták a kuratóriumi üléseken való részvételünket.

Ezúton is köszönjük belénk vetett bizalmukat, amit továbbra is igyekszünk megszolgálni. Várjuk észrevételeiket, kritikájukat és kérjük további segítségüket.

*Nemesi László,
a Kuratórium elnöke*

IFJÚSÁGI ANKÉT 1995

Az idei Ifjúsági Ankét április 20–21. között került megrendezésre Egerben.

Az előző évek hagyományát folytatva az idei évben is tartottak előadásokat a fiatal szakemberek, meghívott előadók, s maradt helye a szórakozásnak is.

Néhány számadat a rendezvényvel kapcsolatban:

- 57 résztvevője volt a rendezvénynek,
- 16 előadás hangzott el,
- 4 díjat osztott ki a zsűri, s külön értékelte a legjobb első előadót,
- 1 díjat ajánlott fel, s ítelt oda a GES Kft.,
- 184 db pogácsa fogyott el a Szépasszony völgyében lévő pincében.

A legfiatalabb geofizikus korosztály, közöttük számos egyetemi hallgató képviseltette magát nagy számban, de tapasztaltabb kollégák is megtisztelték rendezvényünket. Külön öröm volt számunkra, hogy a jelenlegi elnökség számos tagja is részt vett az idei Ifjúsági Ankéton.

Az előadások tartalmukban tükrözték az egyetemi kutatómunkák és az ipari gyakorlat tapasztalatait. Az ifjú szakemberek részére a bemutatkozáson kívül ez az alkalom lehetőséget adott a megmérettetésre, előadókészségük fejlesztésére.

A zsűri nagy szakértelemmel, odafigyeléssel egyelőre összeállított szempontrendszer alapján pontozta az előadásokat a tartalom, előadásmód, ábrák minősége s a rendelkezésre álló idővel való gazdálkodás fegyelme szerint. Külön pontot kaptak az első előadók. A zsűri egyhangú véleménye szerint a következő díjak születtek:

I. TÓTH Tamás, MAGYARI Orsolya (ELTE Geofizikai Tanszék): Nagyfelbontású szeizmikus mérések a Dunán,

II. KESZTHELYI Zoltán, OROSZ József (GES Kft.): Alacsony frekvenciás spektrum-kiegyenlítés alkalmazása az alaphegységi szerkezetek kutatásában,

III. Ahmed AMRAN (ME Geofizikai Tanszék): Felszínközeli inhomogén összetételben terjedő Love-típusú hullámok diszperzió adatainak inverziója,

III. BALOGH András (Geoinform Kft.): Pulzációs interferencia vizsgálatok hazai alkalmazásának alapjai,

Legjobb első előadó: GYÓRFI Ildikó (MOL Rt. KTÁ): Somogyudvarhely és Nagyatád környéké-

nek szénhidrogén generációs és migrációs viszonyai,

Közönségdíj: Ahmed AMRAN (ME Geofizikai Tanszék): Felszínközeli inhomogén összetételben terjedő Love-típusú hullámok diszperzió adatainak inverziója,

GES Kft. díja: Ahmed AMRAN (ME Geofizikai Tanszék): Felszínközeli inhomogén összetételben terjedő Love-típusú hullámok diszperzió adatainak inverziója.

Az I., II., III. helyezetteknek és a közönségdíjnak járó pénzjutalmat: 20, 15, 10, 10 és 5 ezer Ft-ot a Magyar Geofizikusokért Alapítvány ajánlotta fel. A helyezettek a díjakat az MGE Kőszegen megrendezésre került Vándorgyűlésén vehették át. Egyúttal KÉSMÁRKY István, az MGE elnöke felkérte TÓTH Tamást, hogy előadását tartsa meg a Vándorgyűlésen.

A legjobb első előadó jutalma a Zürichben megrendezésre került Geophysical Activity programon való részvétel finanszírozása volt, szintén a Magyar Geofizikusokért Alapítvány segítségével.

A GES Kft., amely egyben az előadóknak nyújtott ajándékokkal támogatója is rendezvényünknek, 10 ezer Ft-os díjat ítelt oda, melyet KÉSMÁRKY István adott át.

A szakmai rendezvény színvonalát emelte a MOBIL németországi képviselőinek előadása, akik a szervezet felépítésének és a projekt munkarendszer ismertetésével engedtek belepillantani vállalati kultúrájukba, illetve a németországi és magyar koncessziós lehetőségekről beszéltek röviden. A szakma másik oldalát mutatta be dr. FARKAS István, aki a MGSZ állami földtani feladatairól tartott előadást.

Az érdekesítő szakmai előadások mellett az Ifjúsági Bizottság most is gondoskodott szórakozási lehetőségről. Pihenésképpen és közös szórakozási lehetőséggként a Szépasszony völgyében gyűltek össze a kollégák vacsorára, s borozgatás közbeni tapasztalatcserére, ismerkedésre.

Összegzésként elmondható, hogy jó hangulatú, sikeres rendezvény volt az idei is. Köszönet mindenkinek, aki személyes közreműködésével, anyagi lehetőségeivel hozzájárult ehhez. Külön köszönet a háttérben és a színpalok mögött közreműködő Ifjúsági Bizottság tagjainak.

*Labóczki Enid
IB elnök*

BESZÁMOLÓ A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE 24. VÁNDORGYŰLÉSÉRŐL

Az MGE 1995. évi vándorgyűlésének május 18-19-én a kőszegi Jurisics-vár adott otthont.

A geológusokkal közösen rendezett néhány hónappal ezelőtti sárospataki vándorgyűlés után az ország másik végén 112 regisztrált résztvevő gyűlt össze a kétnapos rendezvényre.

A megnyitótülés díjátadással kezdődött: dr. KÉSMÁRKY István elnök az Ifjú Geofizikusok Ankétján elhangzott legjobb előadások szerzőinek adta át a megérdemelt jutalmakat (ld. az ifjúsági ankétról szóló összeállítást). A megnyitó programba utólag felvételre került az egri ankét legjobbnak tartott előadása, amelyet TÓTH Tamás tartott meg.

MESKÓ Attila professzor EGYED László tudományos életművét méltatta — halálának 25. évfordulója alkalmából került sor erre az ünnepi előadásra —, majd FARKAS István (MGSZ) Magyarország ásványi nyersanyagvagyonáról adott gyorsfényképes áttekintést.

A délutáni szekció a poszterek (köztük a Jurisics-várba barátként érkező török Büllent TEZKAN posztere) bemutatásával kezdődött, majd kezdetét vette a 20–20 perces szóbeli előadások sora: a csütörtök délutáni hét előadás szénhidrogén-tárolókkal, a pénteki tíz előadás pedig különféle regionális kutatási eredményekkel, illetőleg módszertani fejlesztésekkel foglalkozott.

A lovagterem folyosóján, a poszterek mellett került elhelyezésre a pécsi Geopolita Kft. kiállítóstandja is.

A programbizottság a legjobb szóbeli előadásnak a Szénhidrogéntelemek direkt kimutatásának kezdeti tapasztalatai Magyarországon (FERENCZY László, KLOSKA Károly, NAGY Zoltán, PÁPA Antal, TENKEI Sándor) című előadást tartotta. A legjobb poszter — többségi szavazás eredményeképpen — KUMMER István, ifj. TAKÁCS Ernő, PÁPA Antal munkája, a Gáztartalmú rétegek szeizmikus jellemzése a Pannon-medence különböző mélységtartományjaiban című tanulmány lett.

A programot egy geológiai tanulmányi kirándulás zárta, amelyet az MGSZ Nyugat-magyarországi Területi Irodájának munkatársai (IVÁNCICS Jenő és HORVÁTH Csaba) vezettek.

A vándorgyűlés jó hangulatához a kollégák előadó- és vitakedve, továbbá az Írottók és Strucc Szállók kényelme mellett a Gesztenyés étteremben elköltött ebédek és a Várpresszóban megrendezett baráti találkozó is jelentősen hozzájárult.

A rendezvény szervezését titkárságunk az EXPRESS helyi irodájára bízta, de a technikai előkészítésben a soproni csoport néhány tagja is részt vett.

Szarka László

AZ ÉV LEGJOBB SZAKCIKKEI (1983—1994)

A Magyar Geofizikusok Egyesülete 1983 óta díjazza — a Tudományos és Oktatási Bizottság döntése alapján — az év legjobb elméleti és gyakorlati geofizikai cikkét. 1993. évi 4. számunkban, amelyben megemlékeztünk a Magyar Geofizikusok Egyesülete alapításának 40. évfordulójáról, felsoroltuk az MGE alapító tagjait, eddigi vezető tisztségviselőit és kitüntetettjeit. Kimaradt azonban a legjobb cikkek szerzőinek felsorolása. Ezt a hiányt szeretnénk most pótolni.

Az évenkénti felsorolásban az első helyen található az adott év legjobb elméleti, utána pedig a legjobb gyakorlati témájú szakcikke.

1983

KORVIN G.: General theorem on mean wave attenuation. Geofizikai Közlemények 29, 3

NEMESI L., HOBOT J., VARGA G.: A tellurikus és magnetotellurikus mérések szerepe a Dunántúl földtani megismerésében. Magyar Geofizika XXIII, 5-6

1984

DOBRÓKA M.: Love típusú hullámok inhomogén háromréteges összletben. Geofizikai Közlemények 30, 3

KISS B., KORMOS L.: Agyagos homokkő formációk kvantitatív mélyfúrású geofizikai (karotázs) interpretációja. Magyar Geofizika XXIV, 5-6

1985

VERMES M.: Rétegsor-meghatározás karotázsszelvények számítógépes feldolgozásával. Magyar Geofizika XXV, 5-6

POGÁCSÁS Gy.: A Pannon-medence neogén üledékeinek szeizmikus sztratifráfiai vizsgálata. Geofizikai Közlemények 30, 4

1986

SZEMERÉDY P.: Problem of direct task in nuclear magnetism logging. Acta Geod. Geoph. et Mont. Acad. Sci. Hung. 21, 1-2

BODOKY T., HERMANN L., DIANISKA L., TÖRÖS E.: A szeizmikus csatornahullámok alkalmazása a szénbányászatban. Magyar Geofizika XXVII, 5

1987

PRÁCSER E.: Rétegezett féltér tranziens válaszának számítása, látszólagos ellenállás meghatározása. Geofizikai Közlemények 32, 3

VÁRHEGYI A., BARANYI I., GERZSON I., SOMOGYI G.: A radontranszport geogáz buborékmodellje és

ennek alkalmazása a mélységi uránkutatóban.
Magyar Geofizika XXVIII, 1

1988

MÁRCZ F.: Post-storm of ionospheric absorption depending on HSPS characteristic. Acta Geod. Geoph. et Mont. Acad. Sci. Hung. 23, 2-24

STEINER F.: Most frequent value procedures. Geofizikai Közlemények 34, 2-3

1989

VARGA P., DENIS C.: A földárapály paraméterek földszerkezet okozta lehetséges változásai. Geofizikai Közlemények, 34, 4

BALLA K., HAJDÚ D., KOVÁCS A., PAP S., SZALAY Á.: Eredmények és elképzelések kelet-magyarországi rejtett csapdák kutatásában. Magyar Geofizika XXX, 4-5

1990

SZARKA L.: A Coulomb-törvény: a geoelektromos anomáliák alapja. Magyar Geofizika XXXI, 1-2

SOMFAI A., ifj. SOMFAI A.: Szimulációs eljárás a másodlagos szénhidrogén vándorlás modellezésére. Magyar Geofizika XXXI, 3-4

1991

WÉBER Z., BODNÁR I.: Deriving velocity estimates from VSP data: a novel approach using edge detection. Acta Geod. Geoph. et Mont. Acad. Sci. Hung. 26, 1-4

VAKARCS G., VÁRNAI P.: A Derecskei árok környezetének szeizmosztratigráfiai modellje. Magyar Geofizika XXXII, 1-2

1992

HAJAGOS B., STEINER F.: A kovarianciamátrix általánosítása és robusztussá tétele. Geofizikai Közlemények, 37, 2-3

LÓRINCZ K., SZABÓ P.: Többfázisú oldaleltolódásos tektonizmus vizsgálata a Szolnok környéki szeizmikus szelvényeken. Magyar Geofizika 33, 2-3

1993

CSEREPES L.: A földköpeny termikus konvekciójának szerkezete a numerikus modellszámítások eredményeinek tükrében. Magyar Geofizika 34, 1

LENKEY L.: A tiszakécskei hőanomália vizsgálata termikus konvekció numerikus modellezésével. Magyar Geofizika 34, 1

1994

VAKARCS G., TARI G.: A szeizmikus és szekvencia sztratigráfia alapjai. A szeizmikus és szekvencia sztratigráfia alapfogalmainak magyarázata. Magyar Geofizika 34, különszám

PATTANTYÚS-Á. M., NEDUCZA B., PRÓNAY ZS., TÖRÖS E.: A földradar módszerfejlesztés másfél éves tapasztalatai az ELGI-ben. Magyar Geofizika 35, 1

Gadó Károly, Tóth Lajos



MGE Közgyűlés '95 . Teljes összhang

Felszínközeli geológiai szerkezetek vizsgálata 3-D analóg szeizmikus modellezéssel¹

ORMOS TAMÁS²

Az analóg szeizmikus modellezést az alkalmazott geofizikában különösen akkor használják, ha a geológiai szerkezetet szisztematikus vizsgálatnak nem vethetjük alá, ha ismételt mérésekre van szükség pl. különböző adatfeldolgozási módszerek tesztelésénél, ha olyan hatásokat kívánunk elkülönítetten vizsgálni, amelyek a normál méréseknél nem tisztán jelentkeznek, ha egy elméletet akarunk ellenőrizni, illetve ha a szeizmikus probléma numerikusan csak jelentős egyszerűsítésekkel, vagy egyáltalán nem lenne tárgyalható.

A dolgozat az analóg szeizmikus modellezést, és annak céljára a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén felépített berendezést ismerteti. Ezt követően egy háromdimenziós kétréteges sasbércmodell refrakciós mérésekkel történő kimutathatóságára végzett numerikus és 3-D analóg modellvizsgálatok eredményeiről számol be.

T. ORMOS: 3-D analogue seismic modelling in prospecting of nearsurface geological structures

Analogue seismic modelling in geophysical prospecting is especially applied when geological structures cannot be subjected to systematical investigations, or repeated measurements are required — for example for testing processing methods —, or the investigation of separated effects superposed in practice is needed. Besides these analogue seismic modelling can be an effective tool for checking theoretical assumption and for problems when seismic numerical modelling can only be done with significant restrictions or it cannot be done at all.

This paper reviews the basis and techniques of analogue seismic modelling, and describes the analogue modelling system developed at the Geophysical Department of the University of Miskolc. Then the results on numerical and 3-D analogue seismic refraction modelling for the detectability of upthrust with two layers are presented.

1. Bevezetés

Az analóg (vagy másképpen fizikai) szeizmikus modellezésen — modellszeizmikán — a kőzetösszetétel méretarányosan lekicsinyített „másán” végzett „szeizmikus” vizsgálatokat értjük.

Az analóg szeizmikus modellezést több évtizede alkalmazzák a rugalmas hullámok reflexiójának, refrakciójának, transzmissziójának, diffrakciójának, abszorpciójának tanulmányozására, mintegy összekötő kapocsként a „valódi” és numerikus-számítógépi szimulációs vizsgálatok között. Az alkalmazott geofizikában különösen akkor használják,

- ha a geológiai szerkezetet jellegénél fogva szisztematikus vizsgálatnak nem vethetjük alá;
- ha ismételt mérésekre van szükség pl. különböző adatfeldolgozási módszerek tesztelésénél;
- ha olyan hatásokat kívánunk elkülönítetten vizsgálni, amelyek a normál méréseknél nem tisztán jelentkeznek;
- ha egy elméletet akarunk ellenőrizni;
- ha a szeizmikus probléma numerikusan csak jelentős egyszerűsítésekkel, vagy egyáltalán

nem lenne tárgyalható [BEHRENS, DRESEN 1982].

A természet és modell kapcsolatát a modelltörvényekkel teremtjük meg [O'BRIEN, SYMES 1971; BEHRENS, WANIEK 1972]. Az alábbi összefüggések a legfontosabb és egyben a viszonylag legkönnyebben kezelhető paraméterek: a távolságok (pl. hullámút, rétegmélység, -vastagság, észlelési geometria stb.), periódusidők, frekvenciák, terjedési sebességek között teremtenek kapcsolatot.

$$S_V = V^m / V'; S_L = L^m / L'; S_T = T^m / T'; S_L = S_V \cdot S_T$$

ahol S_V , S_L , S_T a sebesség, hosszúság és idő skála-paramétereket; V^m , V' a hullámsebességeket; L^m , L' hosszúságokat (pl.: hullámhosszak); T^m , T' időket (pl. periódusidők) jelentik.

(Az m és t indexek a modellre, ill. a természetre utalnak, míg az L , T , V a hosszúságot, az időt és a sebességet jelöli.)

Látható, hogy a skálaparaméterek a természet és modell közti méretarányt fejezik ki, és egymástól függetlenül nem változtathatóak. A gyakorlatban háromdimenziós modellezés esetében az 1. táblázat szerinti természet—modell megfeleltetés ajánlható O'BRIEN és SYMES [1971] nyomán.

A kitézített feladatnak megfelelően három- (3-D) vagy kétdimenziós (2-D) modelleket kell készítenünk.

A kétdimenziós modellek 2—3 mm vastag lemezből készülnek, amelyek mintegy a kétdimenziós

¹ Beérkezett: 1995. április 26-án

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

Mennyiség	Dimenzió	Skálaparaméter	A paraméter javasolt értéke
Tömeg	M	S_M	10^{-15}
Hosszúság	L	S_L	10^{-5}
Idő	T	S_T	10^{-5}
Sűrűség	ML^{-3}	$S_M S_L^{-3}$	0.5-3
Sebesség	LT^{-1}	$S_L S_T^{-1}$	1
Rugalmissági állandó	$ML^{-1}T^{-2}$	$S_M S_L^{-1} S_T^{-2}$	0.5-3
Poisson hányados	-	S_P	1
Jóssági tényező, Q	-	S_Q	0.2-100
Hullámhossz	L	S_L	10^{-5}
Frekvencia	T^{-1}	S_T^{-1}	10^5

1. táblázat. A skálaparaméterek értékei [O'BRIEN és SYMES 1971 nyomán]
 Table 1. Quantities of the scaling factors [after O'BRIEN and SYMES 1971]

földtani szerkezet metszetét képezik le. Ez esetben természetesen csak kétdimenziós hullámterjedés modellezhető, azonban „cserébe” a könnyű kezelhetőséget, módosíthatóságot, a földtani metszet mentén való hullámterjedés tanulmányozhatóságának lehetőségét kapjuk.

A háromdimenziós modellek segítségével tanulmányozhatjuk a legjobban a valósághoz közelítő hullámterjedést, viszont ezek a modellek legtöbbször igen nagy méretűek, nehezen kezelhetők, módosíthatók. Amennyiben a modellezendő földtani szituáció és feladat ezt megengedi egy vagy több közeget folyadék képviselhet, ekkor azonban a transzverzális hullámok és egyes hullámkonverziók tanulmányozásáról le kell mondanunk.

A modellek szilárd anyagául fémeket, műanyagokat használnak. A kőzetek változatosságához mérten a rendelkezésre álló, szóba jöhető modellanyagok (pl. alumínium, plexiüveg, bonamid stb.) nem túl széles választékát pl. kétkomponenses műgyantákhoz különböző mennyiségben hozzákevert fém-, kőzet-, kvarcliszt, gipszek, fogtechnikai anyagok bővíthetik.

A gyakorlatban az ultrahangos modellezési technika nyert széles körű alkalmazást. E módszerrel a „valódi” mérésekhez hasonló észlelési geometria mellett nagyfrekvenciájú ultrahangimpulzust bocsátunk modellünkbe, majd a választ villamos feszültséggé alakítva és azt felerősítve oszcilloszkópon tanulmányozzuk, illetve digitálisan rögzítjük a modell-szeizmogramot. Hullámforrásként és modellgeofonként legtöbbször megfelelően kialakított piezokerámiákat alkalmaznak [O'BRIEN, SYMES 1971; DRESEN 1969]. A modellezéshez szükséges ultrahang frekvenciája a 10 kHz—5 MHz tartományba esik. A modellmérés számítógép-vezérelt digitális laboratóriumi mérés technikát, a mérések feldolgozása a szeizmikus gyakorlatban használthoz igen hasonló, vagy azzal teljesen megegyező programcsomagok meglétét igényli.

A dolgozatban összefoglaljuk a modellépítéssel és műszerezettséggel kapcsolatos legfontosabb ismereteket és tapasztalatokat, ismertetjük a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén megvalósított modellszeizmikus mérőrendszert, végezetül egy 3-D sasbérc-

cel modellezhető földtani szerkezet refrakciós modellméréssel való kimutathatóságát vizsgáljuk meg, amellyel a rendszer működését is bemutatjuk.

2. Az analóg szeizmikus modellek konstrukciója

A bevezetőben megfogalmazott célok és feladatok teljesítésénél arra törekszünk, hogy a modelltörvények szem előtt tartásával a valóságot minél jobban megközelítő modellt építsünk. A tervezéskor a rendelkezésre álló műszerezettség paraméterei alapján elsősorban a modell méretének, valamint anyagának célszerű megválasztása nagyon fontos azért, hogy végül is a kívánt méréseket még megfelelő pontossággal elvégezhessük a lehető legkisebb modellméret mellett.

A modell méretének meghatározásában a tervezett modell bonyolultsága, az elérhető építési pontosság, a nemkívánatos hullámok (pl.: oldalreflexiók) kiküszöbölésének módja, az észlelés geometriájának (adók, vevők pozícionálásának) pontossága, a jelregisztrálás frekvenciatartománya és teljesítménye, a regisztrálás frekvenciatartománya (mintavételezés) és dinamikája játszanak fontos szerepet.

A tervezett modell méretarányának (skálaparaméterének) megfelelően a hosszúságok a valóságnál hozzávetőlegesen 4—5 nagyságrenddel lesznek kisebbek (1. táblázat). Ezért elősorban bonyolultabb földtani struktúrák (pl. vékony rétegek, változó vastagságú összletek, erősen görbült felületek, vetők stb.) esetén megvizsgálándó az, hogy a skálaparaméter által megszabott méretarány mellett megfelelő pontossággal egyáltalán megépíthető-e. A problémát fordítva megközelítve tehát a modellépítés pontossága szabja meg a legkisebb földtani objektum modellméretét, a modell bonyolultsága pedig a teljes modell méretét. Egy megvalósított négyréteges modell méretei példaképpen a következők: skálaparaméter $S_L=12\ 000$; a legvékonyabb réteg 2,5 cm vastag; a modell horizontális mérete 120 cm, vastagsága 76 cm, amelyet megfelelően nagy méretű, vízzel telt kádba süllyesztettek [TATHAM et al. 1983]. 3-D to-

mográfiai vizsgálatokhoz is hasonló méretű modelleket alkalmaztak [LO et al. 1988].

A modellvizsgálatok rendszerint a valós földtani környezet egy szűkebb térfogatára terjednek ki, ezért csak e térrész megépítése célszerű. Ez esetben a modell szélein olyan, a természetben nem létező „inhomogenitások” jönnek létre, amelyekről a hullámok visszaverődnek és/vagy diffrakciót szenvednek, aminek következtében a vizsgálatok eredményei zavartak, vagy kiértékelhetetlenek lesznek.

E nemkívánatos hullámbeérkezésektől elvben több módon is megszabadulhatunk. A legegyszerűbben akkor járunk el, ha olyan nagy méretűre építjük meg a modellt, hogy a széleiről, sarkairól jövő hullámok beérkezési ideje olyan nagy legyen, hogy a számunkra érdekes folyamatok ez ideig már befejeződjenek. E módszert követve a 3-D modellezésnél igen nagy méretű modelleket kell építenünk.

A következő lehetőség abban áll, hogy a modell széleihez érkező hullámokat lecsillapítjuk, így számottevő rugalmas energia nem képes annak belsejébe visszaverődni. E célra — amennyiben lehetséges — nyersgumival „tapasztják” be a modell felületét, vagy úgy alakítjuk ki azt, hogy azon az odaérkező hullámok szétszóródjanak [TATHAM et al. 1983; MEEKES, RIDDER 1986].

Végezetül, amennyiben olyan modellt építettünk, amelyik folyadékba merül, a „ható” ki-be mozgásával a „ható”-val és „ható” nélkül megmért szeizmogramok különbségének képzésével juthatunk a valóban csak a „ható”-tól függő modellszeizmikus csatornához [LO et al. 1988].

Az analóg modelleken történő modellszeizmikus mérések geometriai elrendezése a „valós” észlelési rendszerekkel megegyezik, azzal a különbséggel, hogy célszerűen több csatornán történik egyidejűleg regisztrálás. Az észlelési geometriára is a modell hosszúság szerinti méretaránya vonatkozik. Eszerint, ha egy geofon pozíciójának pontosságára a valóságban kb. 0,1 m-t feltételezünk, ez a modellünkön kb. 0,01 mm nagyságrendbe eső pontosságú pozicionálást követelne meg, amely egy jó minőségű XY síkplotter felbontásának felel meg. A fent említett geometriai pontosság csak számítógép-vezérelt „manipulátorral” érhető el. [KOEK, FABER 1992; LO et al. 1988; MEEKES, RIDDER 1986].

Még az előzőnél is nehezebb az ultrahangforrásként és -vevőként alkalmazott piezokerámiák méretének megválasztása. A modelltörvények értelmében a modellgeofonként használt piezokerámiát tartalmazó vevő méretének is 0,01 mm-es nagyságrendbe kellene esnie. E nyilvánvalóan megvalósíthatatlan követelmény helyett legkisebb 1 mm átmérőjű vevőket alkalmaznak. Ez a skálaparaméter figyelembevételével 10—100 m átmérőjű „valódi geofonok”-nak felel meg [CHEN, MCMEHAN 1993; KOEK, FABER 1992].

Az adók és vevők méretével kapcsolatban a modell—valóság skálaparaméterétől való jelentős eltérést ma csak a modellek méretének növelésével csökkenthetjük. Ez azonban a korábban leírtak értelmében korlátokba ütközik. Ezért a szeizmikus modellmérések kiértékelése során az adók és vevők aránytalanul nagy méretéből adódó esetleges torzító hatásokkal számolnunk kell.

A rendelkezésre álló modellszeizmikus mérőberendezés egyes jellemzői is befolyásolhatják modellünk méretét. A hullámhosszak „méretarányának” meg kell egyeznie a modell méretarányával, hiszen a hullámhossz és a geológiai szerkezetek méretének viszonya a földtani kutatás szempontjából döntő jelentőségű. Ezért fontos kívánalom a gerjeszthető ultrahang frekvenciájának és amplitúdójának szabályozhatósága. A kívánalom teljesítésének nehézsége abban áll, hogy a digitális technika birtokában szinte tetszőlegesen előállítható villamos jelet nem könnyű alakhűen ultrahanggá alakítani és viszont. A rezgésforrásként és modellgeofonként széleskörűen alkalmazott piezokerámiák alakjának, méretének, mechanikai és elektromos csatolásának — igen munkaigényes — beállításával a kívánt jelalakot megközelítő hozhatunk létre. A 3-D modellezésben alkalmazott ultrahang frekvenciája többnyire 10 kHz—200 kHz frekvenciatartományban van [LO et al. 1988], azonban szükség lehet olykor akár 1,5 MHz alkalmazására is [KOEK, FABER 1992]. A sebességre vonatkozó skálaparaméter értékét egységnyinek feltételezve ez a távolságokra vonatkozó skálaparaméter — kb. 10^{-4} — értéke esetén 1—20 Hz, ill. 150 Hz-nek felel meg.

A modell anyagának kiválasztásakor a bennük terjedő hullámok sebességei, Poisson-hányadosuk, akusztikus impedanciájuk játsszák a legfontosabb szerepet. Valamennyi paraméter tekintetében „hű” modellek készítéséhez korlátozott számban állnak rendelkezésre a kereskedelemben beszerezhető anyagok. A legelterjedtebben alumíniumot, acélt, plexit, gipszet, műgyantákat használnak e célra. [O'BRIEN, SYMES 1971; FREYSTÄTTER, DRESEN 1977].

Amennyiben a modellépítés olyan anyag felhasználását igényli, amelyek „készen” nem kaphatók, a kutatónak magának kell azt előállítania. A legelterjedtebb módszer az, hogy különböző sebességű, sűrűségű és különböző szemnagyságúra őrölt anyagot valamilyen kötőanyaggal szilárdítunk. A különböző komponensek fajtája és aránya szabja meg a modellanyag szeizmikus szempontból lényeges paramétereit. Kötőanyagként a leggyakrabban kétkomponenses műgyantákat (epoxi, araldit stb.) alkalmaznak. Töltőanyagként fém- és kőzetpor, apró kerámiagömbök (ballontini), gumi stb. szerepelhetnek [SHAMINA 1965; ORMOS 1983; DRESEN et al. 1985; MEEKES, RIDDER 1986]. A kötő- és töltőanyagok tulajdonságától, valamint a keverési aránytól függően megbecsülhetők a „kompozit” anyag rugalmas sajátságai [MEEKES, RIDDER 1986].

A 3-D technikában modellanyagként igen gyakran használnak folyadékot vagy különböző géleket. A már említett hátrányuk mellett alkalmazásuknak előnye is van, mert az ultrahang adók és vevők „csatolása” a modellhez lényegesen egyszerűbb, megbízhatóbb és könnyebben reprodukálható. Ezáltal nyílik lehetőség a megfelelően pontos számítógépi pozicionálásra is. A folyadék alkalmazásának további előnye az, hogy a modell belsejében is van módunk mérések (pl. VSP) végzésére [TATHAM et al. 1983; MEEKES, RIDDER 1986; LO et al. 1988; CHEN, MCMECHAN 1993].

3. Az analóg szeizmikus modellező rendszer

A Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékének szeizmikus analóg modellező rendszerének megépítései elsősorban a Ruhr-Universität Bochum Geofizikai Intézetében szerzett tapasztalatokra támaszkodtunk egyéb források mellett [BEHRENS, DRESEN 1982; ORMOS 1983; MEISTER, DRESEN 1987; LO et al. 1988].

A szeizmikus modellező berendezés műszer-együttese egy a villamos jelet előállító függvénygenerátorból, teljesítményerősítő(k)ből, ultrahang forrásokból, ultrahang vevőkből, előerősítőkből, szűrőkből, analóg—digitális átalakítókból, valamint vezérlő—adatgyűjtő számítógépből épül fel (1. ábra). A rendszer szerves részei a vezérléshez, illetve a mérési adatgyűjtéshez és feldolgozáshoz szükséges speciális számítógépi programok.

A rendszer „központja” egy laboratóriumi számítógép (Hewlett-Packard 9000/217), amely a mérőműszerek vezérlésére nemzetközileg elterjedten alkalmazott szabványos párhuzamos interface-szel rendelkezik (IEEE 488 / HP-IB). E számítógép segítségével végezzük a mérőrendszer vezérlését, olvaszuk be a mért szeizmikus csatornákat (és egyéb be-

állított mérési paramétereket) a digitális oszcilloszkópról, végezzük el a szükséges számítások egy részét (pl. időbeni szűrés, időablakok alkalmazása, amplitúdó- és fázisspektrumok, a rendszer átviteli tulajdonságai, visszacsatolás stb.), nagy teljesítményű munkaállomásokra (IBM, SUN) továbbítjuk a mérési adatainkat további feldolgozás céljából.

A modellszeizmikus berendezés egyik legfontosabb eleme a digitális programozható függvénygenerátor (1. ábra, Wavetek 275). E számítógép-vezérelt műszerrel széles frekvenciatartományon belül ($1,0 \cdot 10^{-5} - 1,2 \cdot 10^7$ Hz) tetszőleges analóg jelalakot lehet létrehozni. A készülék digitális memóriája maximum 8192 ponton megmintázott 12 bit (70 dB) felbontású adatsort képes fogadni a számítógépről, amelyet a trigger hatására az előre beállított mintavételi idővel (267 ns — 267 s) maximum 10 V feszültségamplitúdóval analóg jelként jelenít meg a kimenetén. A műszer alkalmazása lehetővé teszi az ultrahang adók, ill. vevők valamint a további műszerek saját folyamatainak figyelembe vételét és visszacsatolás útján való korrekcióját [MEISTER, DRESEN 1987].

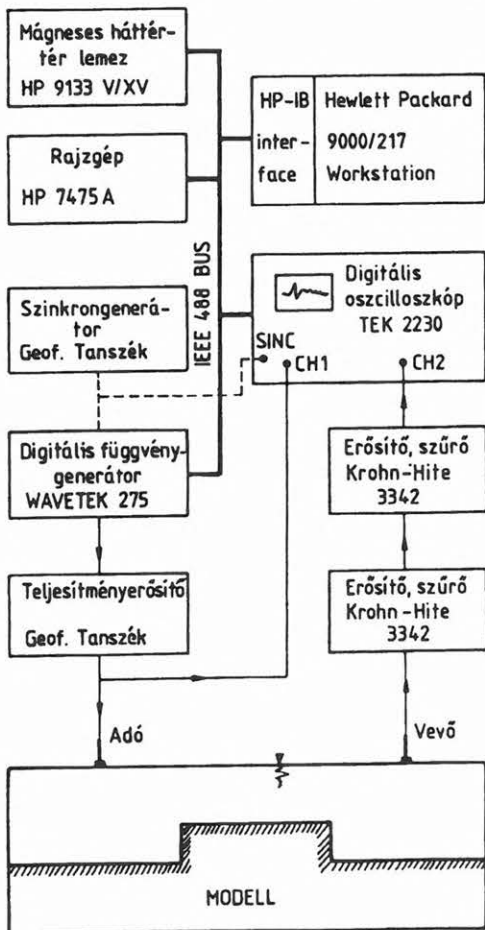
A megfelelő energiájú ultrahang hullámok gerjesztéséhez speciális szélessávú nagyfrekvenciás teljesítményerősítőre van szükség (1. ábra). A teljesítményerősítőt a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén készítettük, amely tervezésénél a szeizmikus modellezés mellett ultrahangos anyagvizsgálat lehetőségeit is szem előtt tartottuk. (frekvenciasáv $1,0 \cdot 10^3 - 5,0 \cdot 10^6$ Hz, maximális kimenő feszültség 80 Vpp).

A modellről visszaérkezett a modellgeofon által villamos feszültségváltozássá alakított kicsiny és nagyon gyakran „zajos” jelek szelektív erősítésére és szűrésére Krohn—Hite 3342 típusú analóg szűrő—erősítő műszereket alkalmazunk (max. erősítés 80 dB, max. frekvencia 10^5 Hz).

A felerősített és a feladatnak megfelelően szűrt jelsorozat egy digitális kétcsatornás számítógép-vezérelt 100 MHz-es oszcilloszkóppal (1. ábra, Tektronix 2230) regisztráljuk. Digitális memóriája max. 4096 mintából álló jelsorozatot fogad 8 bit (48 dB) felbontással. Fontos „szolgáltatása” az automatikus összegzés, ill. átlagolás, amelyre az ultrahang frekvenciatartományába eső nagy amplitúdójú rádiófrekvenciás kvázi véletlen zajok amplitúdójának csökkentése miatt van szükség.

A modellező berendezés időbeli vezérlését egy, a Geofizikai Tanszéken készült szinkrongenerátor látja el (1. ábra), amellyel változtatható szélességű 300 V feszültségű impulzus is előállítható.

A szeizmikus modellező rendszer irányítását végző számítógépi programok a számítógép és a mérőműszer „interface”-einek a speciális mérési feladatoknak megfelelő „szoftver”-összekapcsolását végzik el, amellyel a műszerek egyes kiválasztott mérési paraméterei változtathatók a számítógépről, valamint a kiadandó és mért jelek és szeizmogramok „olvashatók át” a számítógépből a műszerbe és viszont. A szeizmogramok a további feldolgozás céljaira SEG-Y formátumban állnak rendelkezésre.



1. ábra. A Geofizikai Tanszék szeizmikus analóg modellező rendszerének felépítése

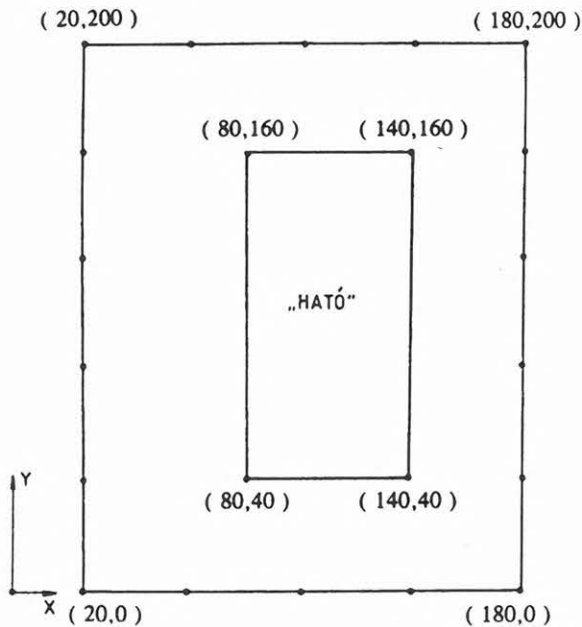
Fig. 1. Block diagram of the seismic analogue modelling system at the Department of Geophysics

4. Sasbérc kimutathatóságának vizsgálata refrakciós módszerrel

A mérnökgeofizikai gyakorlatban többször előfordul, hogy olyan térrész kutatása a feladat, amely felett nincs módunk geofizikai méréseket végezni (pl.: épületek, zagytárolók stb.). Az analóg modellezés adta lehetőségekre építve annak az esetnek megvizsgálását tűztük ki célul, miként mutatható ki egy nagy sebességű aljzat lokális kiemelkedése — sasbérc („ható”) — refrakciós módszerrel.

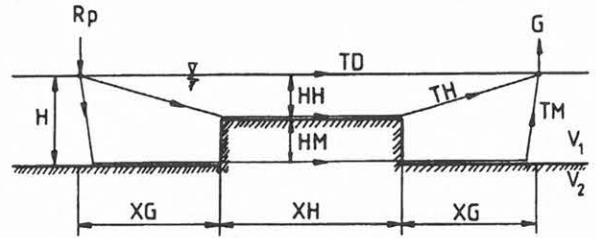
Vizsgálatainkhoz olyan, két közegből álló modellt készítettünk el, amelyben az aljzatot plexivel, a fedőösszletet vízzel modelleztük. A sasbércet egy, az aljzattal megegyező anyagú plexi hasábbal modelleztük, amely a modelltől eltávolítható.

A „felszíni” szeizmikus modellméréseket egy, a sasbércet körülfogó téglalap alakú keret mentén végeztük el úgy, hogy mind a rezgésforrások, mind a modellgeofonok e kereten helyezkedjenek el. (A geometriát egy későbbi tomográfiai feldolgozás céljából választottuk, amely nem e cikk tárgya.) 2. ábrán a sasbérc „ható” és a mérőkeret egymáshoz viszonyított helyzetét és méretét ábrázoltuk a sarokpontok koordinátaival együtt.



2. ábra. A sasbérc és a szeizmikus modellmérések helyei felülnézetben a sarokpontok X,Y koordinátaival
Fig. 2. Top view of the upthrust and of the actual layout of the measurements with X, Y coordinates of the edges

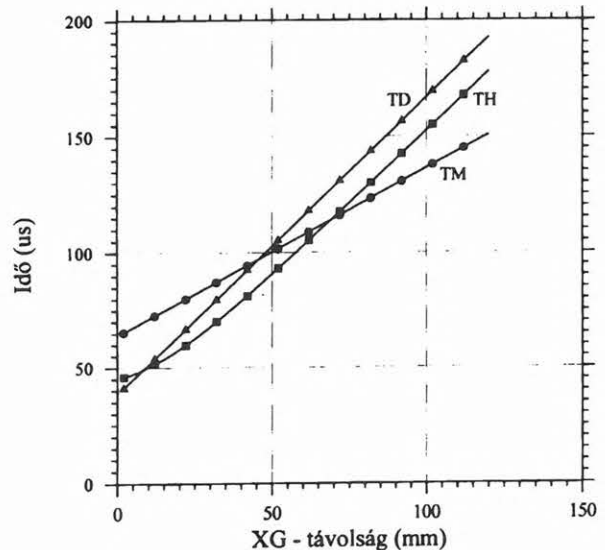
Az észlelési geometria (a mérőkeret méretei) helyes megválasztása igen fontos, hiszen arra kell törekednünk hogy, a sasbérc „ható” méreteitől és a sebességektől függően az első hullámbeérkezések túlnyomó többsége a sasbérctől származzon. A tervezéshez az egyszerűség kedvéért kétdimenziós modellt választottunk, amely a vizsgált 3-D modell egy metszetének tekinthető (3. ábra). A 2-D modellben három hullámfajta út-idő függvényeit vizsgáltuk. Az R_p rezgésforrás és G modellgeofon közötti közvet-



3. ábra. A sasbérc 2-D metszete és a hullámutak
Fig. 3. 2-D section of the upthrust and wave-path

len hullám TD , a sasbérctől refraktált hullám TH , és az aljzatról refraktált hullám TM terjedési időit számítottuk ki a sasbérc „szélétől” mért XG távolság függvényében. Az egyszerűség kedvéért a rezgésforrást ugyancsak XG távolságra helyeztük el a sasbérc szemközti oldalélétől számítva (3. ábra). A fedőösszlet vastagságát az aljzat felett H -val, a sasbérc felett HH -val, a sasbérc kiemelkedésének magasságát HM -mel, a longitudinális hullámsebességeket V_1 -gyel, ill. V_2 -vel jelöljük.

A három hullámra vonatkozó menetidőgörbéket a 4. ábrán mutatjuk be, amelyeket a modell alábbi paramétereit mellett számoltunk ki: $XH = 40$ mm, $H = 40$ mm, $HH = 20$ mm, $V_1 = 1560$ m/s, $V_2 = 2770$ m/s. Az ábráról látható, hogy a „ható” élétől számítva létezik egy szakasz, amelyen belül a sasbérctől származó hullámok érkezik be a leghamarabb. A „ható”-hoz közel eső szakaszon a közvetlen hullám, míg a távol eső szakaszon az aljzatról érkező refraktált hullám előzi meg a „ható”-ról származót. A méréseket tehát úgy kell megterveznünk, hogy mind a rezgésforrások, mind a geofonok e szakaszra essenek, amely helyzetét és szélességét számítjuk ki a modell paramétereinek függvényében a következőkben. A



4. ábra. A közvetlen hullám (●), az aljzatról származó refrakció (▲), és a sasbérc felszínéről származó hullámok beérkezéseinek út-idő függvényei. ($XH = 60$ mm)
Fig. 4. Travel time curves of the direct waves (●), the refracted waves from the basement (▲), and the refracted waves from the upthrust (■). ($XH = 60$ mm)

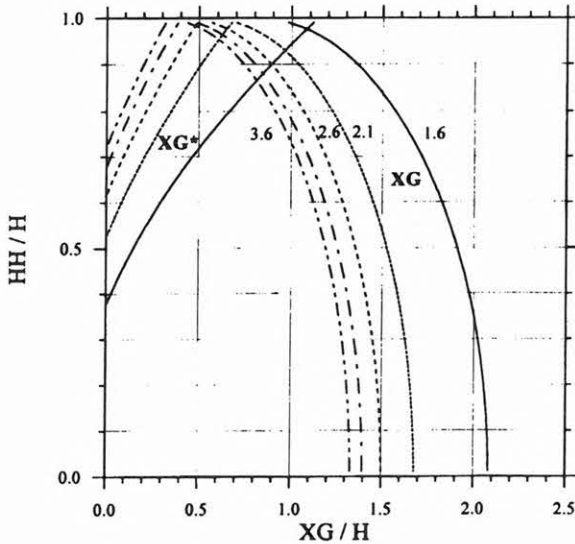
3. ábra jelöléseit használva az aljzatról refraktált és a sasbérc felszínéről érkező hullámok út-idő függvényeinek metszéspontjának a sasbérc szélétől mért XG távolságát dimenziótlan formában a következő — egyszerű levezetéssel nyerhető — összefüggésből számítjuk ki (a rezgéskeltés és az észlelés szimmetriáját továbbra is feltételezzük, 3. ábra):

$$\frac{XG}{H} = \frac{1 + V_2/V_1 \sqrt{1 - \left(\frac{HH}{H}\right)^2}}{\sqrt{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 - 1}}$$

A közvetlen és a sasbérc felszínéről érkező hullámok út-idő függvényeinek metszéspontja és a sasbérc széle között mért XG^* távolság az előzőhöz hasonlóan az alábbi dimenziótlan összefüggésből nyerhető:

$$\frac{XG^*}{H} = \frac{\left(\frac{HH}{H}\right)^2 - \left(\frac{XH}{2H}\right)^2 \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right)^2}{\frac{XH}{H} \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right)}$$

A fenti egyenletek segítségével megadható az a tartomány az $XG/H - HH/H$ síkon, amelyen belül kell a forrást és a geofont elhelyezni ahhoz, hogy a sasbérc felszínéről kapjunk első beérkezéseket. Egy $XH = 80$ mm szélességű sasbérc esetében különböző sebességarányok mellett mutatunk be görbeseregeket az 5. ábrán. Az azonos paraméterű XG és XG^* -vel jelölt függvények és a koordinátatengelyek zárják közre az imént említett tartományt.



5. ábra. Görbesereg azon tartomány meghatározásához, amelyen belül az első hullámbeérkezés a sasbérc felszínéről érkezik. A görbék paramétere a V_2/V_1 sebességviszony. ($XH=80$ mm)

Fig. 5. Set of curves for the determination of the range, within which the waves arrive from the upthrust at first. Parameter of curves is the ratio of velocities: V_2/V_1 . ($XH=80$ mm)

Az 5. ábra alapján megállapítható, hogy egy sasbérc „ható” felszínéről származó hullámok első beérkezésékként való detektálhatósága a sasbérc szélétől mért változó helyzetű és szélességű szakaszon lehetséges, amelyet a közvetlen és a sasbérc felszínéről érkező hullámok út-idő függvényeinek metszéspontjához tartozó távolság, valamint az aljzatról refraktált és a sasbérc felszínéről beérkező hullámok által hasonlóan kijelölt távolság zárja közre. E sáv szélessége a sasbérc szélesedésével nő, ha a sasbércet elfedő összlet vastagsága csökken (HH csökken) változatlan aljzattélység esetén, valamint ha a V_2/V_1 sebességkontraszt csökken. Az iménti 2-D vizsgálatok eredményeinek alapján háromdimenziós mérések esetére becsülhető egy sasbérc körüli sáv helyzete és szélessége, amelyen belül kell a mérőkeretet elhelyezni. Az analóg szeizmikus modellméréseket a fentiek alapján teveztük meg.

5. 3-D refrakciós modellszeizmikus mérések egy sasbérc kimutatására

A plexiből készült modellt egy kb. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ alapterületű modellkádban helyeztük el. A sasbérc „ható” egy szintén plexiből készült téglatest modellezte, amely mérete $60\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ volt. A sasbérc helyét az aljzat felszínén megjelöltük, azért, hogy eltávolítása után mindig eredeti helyzetébe állíthassuk vissza. A fedőösszletet víz képviselte, amelynek aljzat feletti vastagsága 40 mm , a sasbérc felett 20 mm volt. A rezgésforrások és modellgeofonok pozicionálását kézi úton végeztük el egy, a modell felszínének közvetlen közelében a modellhez rögzített, mm beosztású keret segítségével. Ezen a kereten jelöltük ki a források és modellgeofonok helyeit egymástól 40 mm távolságra (2. ábra).

A modell rezgésforrást BaTi piezokerámia körlepkéből készítettük (átmérő 18 mm , vastagság 3 mm). A körlepkát — tengelyével a modell felszínével párhuzamosan — úgy állítottuk be, hogy az egy műanyagból készült körlepká (átmérő 5 mm) közvetítésével a modell felszínét érintette. Az ultrahangot a piezokerámiára vezetett 300 V nagyságú és $1\text{ }\mu\text{s}$ időtartamú pozitív feszültségimpulzussal állítottuk elő.

Modellgeofonként szintén BaTi piezokerámia anyagból készült körlepkát alkalmaztunk. Az 5 mm átmérőjű és 1 mm vastag lapkát tengelyével a modell felszínére merőlegesen helyeztük el úgy, hogy az a modell felszínét érintse.

A modellgeofonon észlelt jelet 3 kHz sarkfrekvenciájú felüláteresztő szűrőn vezettük át és erősítettük. Az A/D átalakítást végző digitális oszcilloszkópon beállított mintavételi idő $0,05\text{ }\mu\text{s}$ volt. A kvázi véletlen zajok elnyomására mindegyik csatornát 256 -szoros összegzéssel (átlagolással) regisztráltuk. A beérkezési idők széles tartományban való változását csatornánként különböző nagyságú időbeli digitális késleltetéssel kompenzáltuk a sűrű mintavételezés és a korlátozott csatornánkénti mintaszám miatt. Így valamennyi beérkezés a regisztrált 50 s csatornahosszra esett. (A késleltetési idők és az egyéb mérési paraméterek a csatornaadatokkal együtt feljegyzésre kerültek.)

tett egyenesek segítségével a fedőösszlet sebességére (víz) $V_1 = 1540$ m/s (korr.: 0,996), az aljzatéra (plexi) $V_2 = 2680$ m/s (korr.: 0,980) értékeket kaptunk, amelyek jól egyeznek az irodalmi adatokkal. A fenti sebességekből és az ordinátametszetből $H=38$ mm aljzatmélység adódik szemben a beállított 40 mm-el.

6. Összefoglalás

A dolgozatban röviden összefoglaltuk az analóg szeizmikus modellezésre vonatkozó legfontosabb ismereteket. Bemutattuk a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékén megvalósított modellszeizmikus mérőrendszert. Numerikus vizsgálatok alapján megterveztünk egy későbbi tomográfiai kiértékelést lehetővé tevő refrakciós mérést egy kétréteges 3-D sasbérc „ható” kimutatására. A modellmérés során alkalmazott technikával egyértelműen eldönthető az, hogy a regisztrált első hullámbeérkezés a sasbérc „ható”-ról érkezett-e vagy sem.

Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton mond köszönetet az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA 2385) anyagi támogatásáért, és Dr. Dr. hc. Lothar DRESEN úrnak, a Ruhr Universität Bochum Geofizikai Intézete professzorának tapasztalatai átadásáért.

IRODALOM

- BEHRENS J., WANIEK L. 1972: Modellseismik, Zeitschrift für Geophysik 38, 1-44
BEHRENS J., DRESEN L. 1982: Zwei- und dreidimensionale analoge modellseismische Untersuchungen—Interpretationshilfe bei der Erkundung von Lagerstättenstrukturen. 2. Mintrop-Seminar, Bochum, Unikontakt 295-342
CHEN H. W., MCMECHAN G. A., 1993: 3-D physical modeling and pseudospectral simulation of seis-

mic common-source data volumes. Geophysics 58, 121-133

- DRESEN L. 1969: Das Schwingungsverhalten modellseismischer Geber und das von ihnen erzeugte Wellenfeld in zweidimensionalen Modellen. Dissertation, Technische Universität Clausthal
DRESEN L., KERNER C., KÜHBACH B. 1985: The influence of an asymmetry in the sequence rock/coal/rock on the propagation of Rayleigh seam waves. Geophysical Prospecting 33, 519-539
FREYSTÄTTER S., DRESEN L., 1977: Ausbreitung von Rayleigh-Kanalwellen in Steinkohlenflözen — Modellseismische Untersuchungen. Journal of Geophysics 43, 807-828
KOEK E. A., FABER G. 1992: Seismic modelling facility at Delft University. 54th EAEG Meeting Paris. Abstracts 128-129
LO T. W., TOKSÖZ M. N., XU S. H., WU R. S., 1988: Ultrasonic laboratory tests of geophysical tomographic reconstruction. Geophysics 53, 947-956
MEEKES J. A. C., RIDDER J. 1986: Seismic research applied to coal deposits in the Netherlands. TNO Institute of Applied Geoscience, Delft Rapport No. 0586-41
MEISTER J., DRESEN L. 1987: Hybrid seismic modelling: A technique to combine physical and computer methods for vertical wave incidence. Geophysical Prospecting 35, 815-831
O'BRIEN P. N. S., SYMES M. P. 1971: Model seismology, Reports on Progress in Physics 34, 697-764
ORMOS T., 1983: Abschlußbericht über die Tätigkeit an der Ruhr-Universität Bochum am Institut für Geophysik, Arbeitsgruppe Seismik, Megbízó: Deutsche Forschungsgemeinschaft Bonn és a Magyar Tudományos Akadémia. Az.: UNG-113/19/0. Bochum
SHAMINA O. G. 1965: A method of three-dimensional modelling of a wave-guide layer with solid media. Bull. (Izv.) Acad. Sci. USSR Earth Physics 3, 148-153
TATHAM R. H., GOOLSBEE D. V., MASSELL W. F., NELSON H. R. 1983: Seismic shear-wave observations in a physical model experiment, Geophysics 48, 688-701

Laterálisan inhomogén hullámvezetőben terjedő Love-típusú hullámok abszorpciós-diszperziós jellemzőinek joint inverziója¹

DOBRÓKA MIHÁLY²

WKB közelítésben megadjuk a sokréteges, horizontálisan inhomogén, változó csatornavastagságú szeizmikus hullámvezetőben terjedő Love-típusú vezetett hullámok komplex diszperziós relációját. Bemutatunk egy inverziós eljárást, amellyel a változó rétegvastagság és transzverzális testhullámsebesség meghatározható a Love-típusú hullámok abszorpciós-diszperziós jellemzői alapján. Az eljárás két lépésből áll: először a futási időkből tomográfiai módszerrel meghatározzuk a frekvenciafüggő fázis- ill. csoportsebességeket, majd ezeket az adatokat invertálva előállítjuk a hullámvezető (helyfüggő) anyagi és geometriai jellemzőit. A közelítő horizontális inverziós eljárást szintetikus adatokon teszteljük.

M. DOBRÓKA: Joint inversion of the absorption-dispersion characteristics of Love-type waves propagating in a laterally heterogeneous wave-guide

WKB dispersion relations are given for Love waves travelling in a multilayered horizontally inhomogeneous wave-guide with varying thickness. An inversion method is presented for the determination of the variation of the thickness (and/or that of the shear velocity) by means of the absorption-dispersion data. The procedure consists of two steps:

—the frequency dependent phase- and group velocities are determined by means of tomographic inversion of the traveltimes data and

—the material and structural characteristics of the laterally varying wave-guide are determined as a result of the inversion of the phase- and group velocity data.

The approximate horizontal inversion method is tested using synthetic data.

1. Bevezetés

Az a felismerés, hogy a szénteleges összetétel szeizmikus hullámvezetőként viselkedhet, EVISON nevéhez fűződik [EVISON 1955]. Az ilyen földtani szerkezetben kialakuló vezetett hullámokat a szénteleg vizsgálatának eszközeivé KREY munkássága emelte. A Love- és Rayleigh-típusú telephullámok diszperziós egyenleteit és amplitúdó-mélység függvényeit elsőként KREY [1963] tárgyalta háromréteges, állandó vastagságú, rétegenként homogén hullámvezető modellt feltételezve. Ugyanezen földtani szerkezetben terjedő Love-típusú telephullámok csillapodását — a konstans Q modell alapján — BUCHANAN [1978] írta le. A probléma részletesebb tárgyalását KREY et al. [1982] adták meg. A telephullámok abszorpciós-diszperziós tulajdonságainak leírása reológiai modellekkel is lehetséges. STIVELMAN [1974] a Kelvin-Voigt modellt, DOBRÓKA és ORMOS [1982] a Poynting-Thomson test anyagegyenletének felhasználásával adta meg a Love-típusú telephullámok komplex diszperziós relációját.

Sokréteges veszteségmentes szénteleges hullámvezető modellre RÄDER et al. (1985), majd BUCHANAN [1987] vezették le a Love-típusú telephullámok diszperziós egyenletét. Ezeket a vizsgálatokat disz-

zipatív közegre DOBRÓKA [1987a] terjesztette ki és egy kombinált (határesetben a konstans Q , ill. a Kelvin-Voigt test anyagegyenletét is visszaadó anelasztikus-reológiai) anyagmodellt bevezetve megadta a horizontálisan rétegzett, rétegenként homogén sokréteges hullámvezetőben terjedő Love-típusú telephullámok abszorpciós-diszperziós egyenletét és amplitúdó-mélység függvényeit.

A szénteleges összetétel gyakran mutat inhomogenitást. A telephullámok terjedése szempontjából első sorban a terjedés irányában jelentkező, ún. longitudinális vagy horizontális inhomogenitás figyelembevétele fontos. Háromréteges, állandó vastagságú, a konstans Q modell szerint veszteséges, horizontálisan gyengén inhomogén szénteleges összetétel Love-típusú vezetett hullámainak leírásával DOBRÓKA [1987b] foglalkozott. A WKBJ módszert alkalmazva levezette a telephullámok komplex diszperziós relációját, ill. elmozdulásfüggvényeit és megadta a közelítés érvényességének feltételeit. Változó vastagságú hullámvezető csatorna esetére a Love-típusú vezetett hullámok diszperziós relációját és elmozdulásfüggvényeit DOBRÓKA (1988) adta meg.

Bonyolult hullámvezető szerkezetekben terjedő hullámok vizsgálata fizikai modellezéssel [FREY-STÄTTER 1974; DRESEN et al. 1985] vagy numerikus modellezéssel [BODOKY T., BODOKY A. 1982; KERNER 1984] történhet. A numerikus modellezés általában véges differencia vagy véges elem módszer alkalmazását igényli és ezért igen nagy számítógépi kapacitásokat követel. Így annak ellenére, hogy ezekkel az eljárásokkal komplikált modelleken is lehetséges a hullámjelenség pontos leírása, rutinsze-

¹ Beérkezett: 1995. április 26-án

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

rű alkalmazásuk — pl. a telephullám mérések adatainak inverziójában — még várat magára.

Az utóbbi évek során a geofizikai módszerek alkalmazásában a figyelem egyre inkább a mérnökgeofizikai és környezetvédelmi feladatok megoldására irányul. Ezen a területen ígéretes alkalmazási lehetőség adódhat a diszperzív vezetett hullámok számára. Az ilyen geotechnikai, mérnökgeofizikai problémákban, miként a telephullám kutatásokban sem elegendő a horizontálisan rétegzett, rétegenként homogén modell feltételezése a mérési adatok feldolgozásához, még kevésbé az inverziójához. Mivel pedig a véges elemes, ill. véges differenciás modellezés ezen feladatokban sem kevésbé számításiidő-igényes, szükségesnek mutatkozik — legalább azokban a földtani szerkezetekben, amelyekben a rétegvastagság folytonosan (de nem túl „gyorsan”) változik és laterális irányban a szeizmikus anyagjellemzők gyenge inhomogenitást mutatnak — alkalmasan választott közelítő módszerekkel (pl. WKB-módszer) levezetni az abszorpciós-diszperziós relációt és az elmozdulásfüggvényeket.

A laterálisan lassan változó szeizmikus hullámvezetőben terjedő Love-típusú vezetett hullámok komplex diszperziós egyenletének WKB közelítésben történő levezetésével a direkt probléma gyors megoldásának lehetősége áll elő, amely módot ad a (gyenge) laterális változások inverziós módszerrel történő vizsgálatára. A jelen dolgozatban egy közelítő horizontális inverziós eljárást mutatunk be, amellyel a horizontális irány mentén változó rétegvastagság és/vagy változó transzverzális testhullám fázissebesség meghatározható a (felszíni vagy mélybeli) vezetett hullámok futási idő- és csillapodási adatai alapján. A horizontális inverziós eljárást hibával terhelt szintetikus adatokkal teszteljük részben pontosságuk, részben kiugró hibával terhelt adatokra vonatkozó érzékenységük vizsgálata céljából.

2. Love-típusú vezetett hullámok abszorpciós-diszperziós jellemzői

A széntelepes összletekben gyakorta előfordul az inhomogenitás. Az ilyen hullámvezető szerkezetben történő hullámterjedés leírása elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt fontos. A következőkben (x_3) irányban rétegzett csatornamodellre, a vastagság, a sűrűség és a komplex nyírás modulusz (x_1) függését feltételezve, az x_1 irányban haladó Love-típusú telephullám amplitúdó-mélység függvényét és komplex diszperziós egyenletét vezetjük le.

A gyengén inhomogén közegben terjedő transzverzális és longitudinális hullámok közötti csatolást jó közelítéssel elhanyagolhatjuk. Így x_1 irányban terjedő Love-típusú vezetett hullám esetén az elmozdulásvektort $\vec{s} = (0, u, 0)$ alakban vehetjük fel és jó közelítéssel érvényesnek tekinthetjük a $\text{div } \vec{s} = 0$ mellékfeltételt. Az elmozdulás időfüggését $e^{i\omega t}$ alakban feltételezve a mozgásegyenletet

$$\rho \omega^2 u + \mu \Delta u + \nabla \mu \nabla u = 0$$

alakban írhatjuk fel [DANILOV et al. 1989], ahol ρ a sűrűség, μ a komplex Lamé-állandó, amely a konstans- Q modell szerint

$$\mu = \mu^* (1 + i\epsilon),$$

alakú ($\epsilon = 1/Q$, Q a jóság tényező). A horizontális inhomogenitás miatt

$$\mu^* = \mu^*(x_1), \quad Q = Q(x_1) \quad \text{és} \quad \rho = \rho(x_1).$$

Bevezetve a $v = u\sqrt{\mu}$ változót, a mozgásegyenletet a

$$\Delta v + k_0^2 N^2 v + \left[\frac{1}{4} \left(\frac{1}{\mu} \nabla \mu \right)^2 - \frac{1}{2\mu} \Delta \mu \right] v = 0$$

alakra hozhatjuk, ahol $k_0 = \omega/\beta_0$, $N = \beta_0/\beta$, $\beta = \sqrt{\mu/\rho}$ és β_0 sebesség dimenziójú konstans. Feltetelezzük, hogy a közeg inhomogenitása gyenge abban az értelemben, hogy teljesül az

$$\left| \frac{1}{4} \left(\frac{1}{\mu} \nabla \mu \right)^2 - \frac{1}{2\mu} \Delta \mu \right| \ll k_0^2 N^2$$

reláció. A mozgásegyenlet ezzel a

$$\Delta v + k_0^2 N^2 v = 0 \quad (1)$$

alakban írható fel, amelynek megoldását a

$$v(x_1) = \tilde{v}(x_3, N(x_1), H(x_1)) w(x_1) \quad (2)$$

alakban keressük. Behelyettesítés után — ha az inhomogenitás elegendően gyenge — két szeparált egyenletre jutunk:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + k_0^2 n^2 w = 0 \quad (3)$$

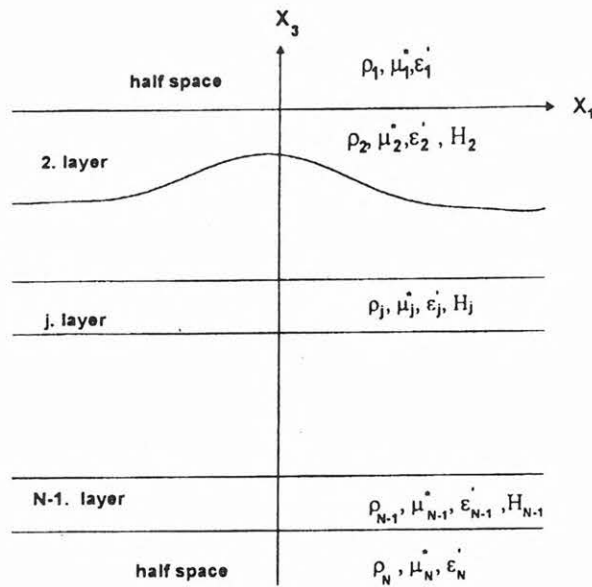
$$\frac{\partial^2 \tilde{v}}{\partial x_3^2} + k_0^2 (N^2 - n^2) \tilde{v} = 0 \quad (4)$$

amelyeket WKB módszerrel oldhatunk meg [DOBROKA 1987b]. A megoldás a WKB közelítés első rendjében így írható:

$$w \sim \frac{1}{\sqrt{n}} e^{ik_0 \int_0^{x_1} n dx}$$

$$\tilde{v}_j = A_j \exp(ik_0(x_3 - z_{j-1})\sqrt{N_j^2 - n^2}) + B_j \exp(-ik_0(x_3 - z_{j-1})\sqrt{N_j^2 - n^2}) \quad (5)$$

ahol $j=1, 2, \dots, N$ a 1. ábra szerinti rétegsorszám, z_{j-1} a j -ik réteg felső határának vertikális koordinátája.



1. ábra. Sokréteges, változó telepvastagságú szeizmikus hullámvezető modell
Fig. 1. The multilayered laterally inhomogeneous wave-guide model

A (5) függvény regularitásának biztosításához megállapodunk abban, hogy a komplex $\sqrt{N_j^2 - n^2}$ mennyiségek értékei közül azt fogadjuk el, amelyre $\text{Im} \{ \sqrt{N_j^2 - n^2} \} > 0$. Ekkor szükséges, hogy $B_1 = 0$ és $A_N = 0$ választást tegyünk a v_j függvény $x_3 \rightarrow \pm\infty$ -beli korlátossága érdekében.

A réteghatárokon az (u_2) elmozdulások és a $(\sigma_{32}$ -vel közelített) normális feszültségek folytonosságát kell megkövetelnünk. Az $x_3 = 0$ síkon ezek az

$$A_2 = \frac{A_1}{2} (1 + Z_1) \quad (6)$$

$$B_2 = \frac{A_1}{2} (1 - Z_1)$$

egyenletre vezetnek, ahol A_1 tetszőleges konstans és $Z_j = \frac{\mu_j}{\mu_{j+1}} \sqrt{\frac{N_j^2 - n^2}{N_{j+1}^2 - n^2}}$ ($j=1$). Az $x_3 = -H_2(x_1)$ felületen a peremfeltételek teljesülése az

$$A_3 = \frac{1}{2X_2} [A_2(1+Z_2) + B_2X_2^2(1-Z_2)]$$

$$B_3 = \frac{1}{2X_2} [A_2(1-Z_2) + B_2X_2^2(1+Z_2)]$$

egyenleteket írja elő, ahol bevezettük az

$$X_j = \exp \{ ik_0 H_j \sqrt{N_j^2 - n^2} \}$$

jelölést ($j=2$). A fentiek alapján tetszőleges j -re az

$$A_{j+1} = \frac{1}{2X_j} [A_j(1+Z_j) + B_jX_j^2(1-Z_j)] \quad (7)$$

$$B_{j+1} = \frac{1}{2X_j} [A_j(1-Z_j) + B_jX_j^2(1+Z_j)]$$

rekurziós formulákat kapjuk. A komplex diszperziós egyenletet az $A_N=0$ regularitási feltételből a (24) egyenletnek megfelelően az

$$A_{N-1}(1+Z_{N-1}) + B_{N-1}X_{N-1}^2(1-Z_{N-1}) = 0 \quad (8)$$

alakban írhatjuk fel. Az egyenlet az $A_1 \neq 0$ -val való osztás után csupán az anyagi (μ, ρ) és geometriai (H) jellemzőket és a frekvenciát tartalmazza. Numerikus módszerrel az n komplex telephullám törésmutató (8) alapján meghatározható, ennek ismeretében pedig az abszorpciós-diszperziós jellemzők (fázis- és csoportsebesség, abszorpciós tényező) is kiszámíthatók.

3. Változó rétegvastagságú, horizontálisan inhomogén hullámvezető szerkezet jellemzőinek meghatározása közelítő inverziós módszerrel

A hullámvezető csatorna vastagságváltozásának és horizontális inhomogenitásának meghatározása mind bányageofizikai, mind mérnökgeofizikai problémák megoldása során fontos feladat. A következőkben olyan inverziós algoritmust mutatunk be, amely alkalmas ezen laterális változások meghatározására. Átvéve KREY [1983] terminológiáját, a horizontálisan inhomogén vagy változó rétegvastagsággal jellemezhető hullámvezető szerkezetben terjedő vezetett hullámok abszorpciós-diszperziós jellemzőinek inverzióját a továbbiakban a rövidség kedvéért horizontális inverzióknak fogjuk nevezni.

A közelítő horizontális inverziós eljárás első lépésében a futási időkből a fázissebességet mint a hely függvényét tomográfiai eljárással minden frekvencián meghatározzuk, majd a lokális fázissebességeket a lokális vastagságokkal egy inverziós eljárásban összekapcsoljuk. Ez utóbbi lépés — KREY [1983] terminológiájával élve — vertikális inverzióknak is tekinthető, azaz a horizontális inverzió problémáját (közelítő) vertikális inverzióra vezetjük vissza.

A WKB közelítés 0-ik rendjében az ω frekvenciájú Love-hullám összetevő futási idejét a

$$t_{ph}(\omega) = \int_{\Gamma} s(\omega, \vec{x}, \vec{m}) dl \quad (9)$$

integrál adja meg, ahol

$$s(\omega, \vec{x}, \vec{m}) = [v_{ph}(\omega, \vec{x}, \vec{m})]^{-1}$$

a fázislassúsági függvény, v_{ph} a változó rétegvastagsággal jellemzett hullámvezetőben terjedő Love-hullám (8) egyenlet alapján meghatározott fázissebessége, \vec{m} a paramétervektort, \vec{x} a helyvektort jelöli, Γ a hullámút. (A WKB közelítésben kapott diszperziós egyenletek alapján meghatározható az — általános esetben — görbült hullámút is. Ez azonban olyan mérvű nemlinearitást és ezzel együtt számítási idő szükségletet hoz az inverziós eljárásba, amelyet a továbbiakban kizárunk azzal, hogy a Γ hullámutat egyenessel közelítjük.)

A tomográfiai eljárások egy nagy csoportjában az s lassúsági függvényt (slowness) valamely alkalmazott $\varphi_j(\vec{x})$ bázisfüggvény-rendszer szerinti sorfejtés alakjában keressük:

$$s(\omega, \vec{x}) = \sum_{i=1}^M B_j(\omega) \varphi_j(\vec{x}), \quad (10)$$

ahol $B_j(\omega)$ az ω frekvenciához tartozó sorfejtési együttható. A φ_j bázisfüggvények lehetnek (ortogonális) polinomok, leggyakrabban azonban az ún. cellánként konstans függvények használatosak:

$$\varphi_j(\vec{x}) = \begin{cases} 1 & \text{ha } \vec{x} \in V_j \\ 0 & \text{egyébként} \end{cases},$$

ahol V_j azt a tartományt jelenti, amelyben a j -ik cellát definiáltuk. A (9) szerinti k -ik futási időt a (10) sorfejtést figyelembe véve

$$t_k(\omega) = \sum_{j=1}^M B_j(\omega) \int_{\Gamma_k} \varphi_j(\vec{x}) dl$$

alakban írhatjuk fel. Bevezetve az

$$S_{kj} = \int_{\Gamma_k} \varphi_j dl \quad (11)$$

mátrixot, az egyenlet a

$$t_k(\omega) = \sum_{j=1}^M B_j(\omega) S_{kj}$$

alakot ölti, vagy vektor alakban

$$\vec{t}(\omega) = S \vec{B}(\omega). \quad (12)$$

Cellánként konstans bázisfüggvények esetén a $B_j(\omega)$ sorfejtési együtthatók közvetlenül a lassúsági függvény j -ik cellabeli értékét jelentik, az S_{kj} mátrixelemek pedig a k -ik sugárútnak a j -ik cellába eső D_{kj} hosszúságú szakaszát adják. A (12) egyenlet ekkor

$$\vec{t}(\omega) = D \vec{s}(\omega). \quad (13)$$

alakú, ahol D a távolságmátrix.

A (12), ill. (13) egyenletek általában túlhatározott egyenletrendszerként jelentenek a $\vec{B}(\omega)$, ill. $\vec{s}(\omega)$ ismeretlenekre. Az egyenletek megoldására a tomográfia területén számos módszert fejlesztettek ki. Csak a fontosabbakat említve: megoldhatjuk a (12), ill. (13) egyenleteket az egyszerű legkisebb négyzetek módszerével, szinguláris értékek szerinti felbontással (SVD), a konjugált gradiens módszerével, — ill. a (13) egyenletrendszer esetén nagyméretű tomográfiai problémáknál igen gyakori — ART vagy SIRT módszerekkel (és ezek különböző variánsaival).

$B_j(\omega)$ sorfejtési együtthatók ismeretében a (10) egyenlet szerint az \vec{x} helyen előállíthatjuk a lassúsági függvény értékét. (A (13) egyenlet megoldásai közvetlenül adják ugyanezen mennyiségeket, hiszen az $\vec{s}(\omega)$ vektor i -ik eleme az i -ik cellában adja meg a lassúsági függvény értékét.) Így tehát a tomográfiai probléma megoldásával — adott frekvencián — a hullámvezető (horizontális síkbeli) különböző pontjaiban előállítottuk a lassúsági függvény értékeit, ill. ezek reciprokaként a fázissebességeket. Ezt az eljárást kellően sok frekvencián (N_f) megismételve a hullámvezető különböző pontjaiban (például az egyes cellákban) N_f számú fázissebesség adatot kapunk, azaz minden cellában rendelkezésünkre áll a diszperziós görbe N_f összetartozó frekvencia-fázissebesség értékpárja. (Ha a φ_j bázisfüggvények polinomok, akkor a hullámvezető síkjában definiálnunk kell a vastagságfüggvény inverziós meghatározásához elegendően sok vizsgálati pontot, amelyekben a (10) egyenlet alapján a fázissebesség most már meghatározható.) Ha N_x a hullámvezető síkjában felvett cellák vagy a vizsgálat céljából felvett pontok száma, akkor összesen $N_f \cdot N_x$ fázissebesség adat áll rendelkezésünkre ahhoz, hogy a hullámvezető anyagi jellemzőit és a változó vastagságot meghatározzuk.

3.1. A vastagságfüggvény meghatározása közelítő horizontális inverziós eljárással szintetikus adatok alapján

A közelítő horizontális inverziós eljárást vonalmenti mérési elrendezésen generált szintetikus adatrendszerrel teszteljük. Numerikus vizsgálataink céljára az 1. táblázatnak megfelelő kétréteges modellt vesszük fel úgy, hogy a rétegvastagság a WKB közelítés érvényességi feltételeinek eleget tevő

$$H(X) = d [1 + \exp(-X^2)], \quad X > 0 \quad (14)$$

β (m/s)	r (kg/dm ³)	e
500	1,3	0,05
1000	2,2	0,02

1. táblázat

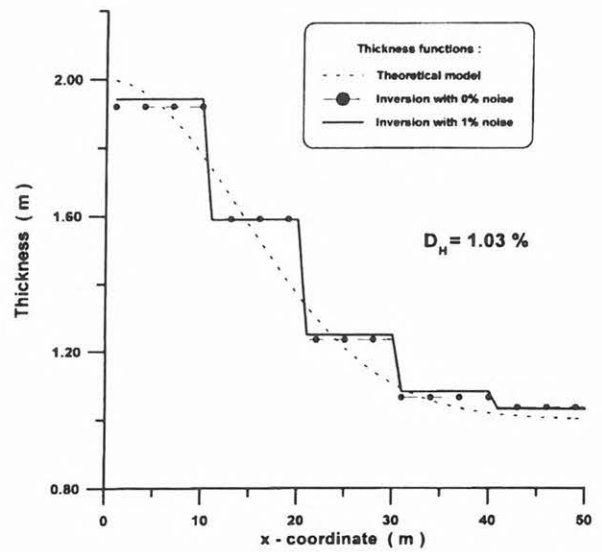
függvény szerint változzon, ahol $X = \frac{x_1}{20d}$, $d=1$ (m).

A modell tehát $x_1 < 0$ esetén $H=2d$, $x_1 > 50d$ esetén $H=d$ (jó közelítéssel) állandó vastagságú hullámvezető szerkezetet jelent, amely a $0 < x_1 < 2d$ tartományban az 1. fejezet WKB közelítésben levezetett abszorpciós-diszperziós egyenleteivel írható le.

A szintetikus adatrendszer a következőképpen állítottuk elő: a vizsgálati pontokat az origóba és az $x_n = (10, 20, 30, 40, 50)$ (m) koordinátájú pontokba helyezve numerikus integrálással meghatároztuk a $(0, x_n)$ intervallumokat megtételéhez szükséges időt különböző frekvencián úgy, hogy az intervallumot $\Delta x = 1$ m-es szakaszokra osztva, a szakasz közepén (14) szerinti vastagsággal számolva az adott frekvencián megoldottuk a 40 diszperziós egyenletet és a kapott v_{ph} fázissebességekkel a $\Delta x/v_{ph}$ elemi időket összegeztük. Mivel a $(0, 50)$ intervallum így szeizmikus sugárutakkal nem egyenletesen lefedett, a fenti eljárást megismételtük úgy, hogy a hullámot az átellenes oldal felől érkezőnek feltételezve hasonló módon számítottuk az 50 m-nél elhelyezett érzékelőtől az x_n -nél levőig terjedő hullámút megtételéhez szükséges időket. A számításokat 30 frekvenciapontban végeztük el 30 Hz-től indulva 10 Hz frekvenciaközzel, ezáltal biztosítva, hogy adataink a vastagság változása ellenére az Airy-frekvencia körüli azon tartományba essenek, amelyben a fázissebesség vastagságérzékenységi függvénye viszonylag nagy értéket vesz fel. Így tehát 300 futási időadatot állítottunk elő, majd ezeket különböző módon hibákkal terhelve megkapjuk a horizontális inverziós eljárás tesztelésére alkalmas adatrendszert.

Mivel a tomográfiai vizsgálatokban a cellánként konstans bázisfüggvények alkalmazása a leggyakoribb, ezért a fázissebesség futási idők alapján történő tomográfiai rekonstrukciójában ezzel a választással élünk. Az eddigiekben a fázissebesség lassú, a WKB közelítés érvényességét nem sértő változását tételeztük fel. A bázisfüggvények cellánként — ill. egydimenziós példánkban szakaszonként — konstans választása ellentmondásban van ezzel a követelménnyel. Mint minden diszkrétizálás, a folytonosan változó fázissebesség lépcsős függvénnyel történő közelítése modellhibával jár. Ezt a hibát a cellák (szakaszok) szűkítésével csökkenthetjük, de ezzel együtt az adatok számát megfelelő módon növelni kell. (Ezt a követelményt úgy elégítjük ki, hogy minden cellába helyezzünk érzékelőt.)

Az egydimenziós tomográfiai elrendezésre felállítható egyenletrendszert a legkisebb négyzetek módszerével oldottuk meg. Az így minden cellában 30 frekvencián meghatározott fázissebesség adatokat (összesen tehát 150 adatot) az ezután következő linearizált inverziós eljárás bemenő adatrendszerének tekintettük, a változók az egyes cellákhoz tartozó vastagságok és a β_1 transzverzális testhullám sebesség voltak. Az utóbbi változó minden esetben pontosan meghatározhatónak bizonyult. A vastagságfüggvény meghatározását hibátlan adatokkal, 1%, ill. 5% Gauss-eloszlást követő zajjal terhelt adatokkal végeztük el. A 2. ábrán a hibamentes, ill. az 1% zajt tartalmazó adatrendszer közelítő inverziójával kapott eredményt mutatjuk be. Az eljárás zajérzékenységének jellemzésére a hibamentes, ill. a zajjal



2. ábra. A közelítő horizontális inverzió eredménye 1% zajjal terhelt bemenő adatok esetén

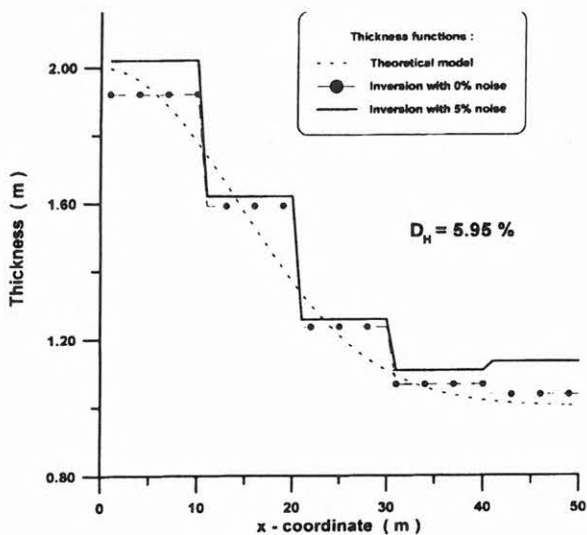
Fig. 2. The result of the approximate horizontal inversion in the case of data contaminated by 1% random noise

terhelt adatrendszer inverziójával előállított vastagságfüggvények relatív távolságát

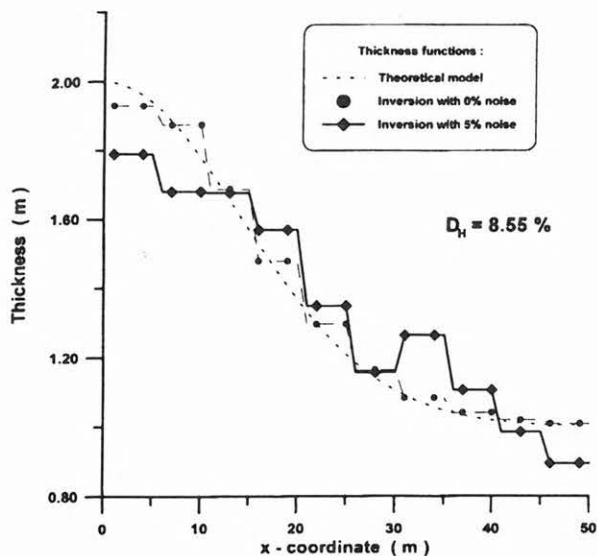
$$D_H = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \left(\frac{H_0(x_j) - H_1(x_j)}{H_0(x_j)} \right)^2} \cdot 100\% \quad (15)$$

vezetjük be, ahol $H_0(x_j)$ a hibamentes, $H_1(x_j)$ az 1% zajjal terhelt adatrendszerrel a j -ik cellában kapott vastagságot jelöli, M a cellák száma. A $D_H = 1,03\%$ távolságot az ábrán is feltüntettük. Amint látható, a két inverziós eredményként kapott vastagságfüggvény a modellben felvett függvényt jól közelíti. Hogy az inverziós eljárás zajérzékenységéről képet kapjunk, a 3. ábrán bemutatjuk az 5% zajjal terhelt adatrendszerrel végzett közelítő horizontális inverzió eredményét. A hibátlan és a zajjal terhelt adatrendszer inverziójával kapott vastagságfüggvények távolsága itt 5,95%. Bár a kis vastagságú tartományban az utóbbi inverziós eredmény meglehetősen pontatlan, mégis a 2. és 3. ábrák alapján indokoltnak tűnik a közelítő horizontális inverzió megismétlése a cellaméret csökkentése mellett is. Ehhez a mérési elrendezés is meg kell változtatnunk: az 50 m-es terítési szakaszon 10 érzékelőt helyezünk el egyenként és a cellaméretet 5 m hosszúságúnak választjuk. Ekkor új adatrendszer generálva az előbb elvégzett vizsgálatokat megismételhetjük.

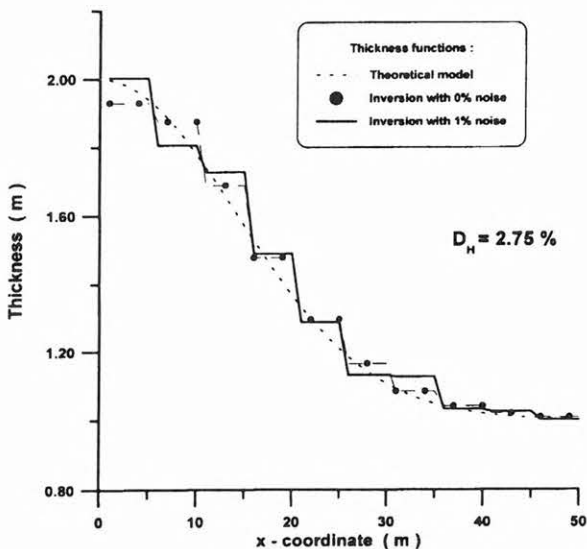
Az 1% zajjal terhelt adatrendszer közelítő horizontális inverziójának eredményét a 4. ábra mutatja. Összehasonlításként feltüntettük a hibátlan adatokkal kapott vastagságfüggvényt is. A két függvény távolsága $D_H = 2,75\%$, amely a hasonló (2. ábrán bemutatott) az előző vizsgálatban kapott értéknél mintegy kétszer nagyobb. Ennek ellenére az eredmény jónak mondható, különösen akkor, ha tekintetbe vesszük, hogy a vastagságadatokat becslési hibája 2,1% és 2,7% között változik. Az eljárás zajérzékenységének to-



3. ábra. A közelítő horizontális inverzió eredménye 5% zajjal terhelt bemenő adatok esetén
 Fig. 3. The result of the approximate horizontal inversion in the case of data contaminated by 5% random noise



5. ábra. A közelítő horizontális inverzió eredménye 5% zajjal terhelt bemenő adatok esetén
 Fig. 5. The result of the approximate horizontal inversion in the case of data contaminated by 5% random noise



4. ábra. A közelítő horizontális inverzió eredménye 1% zajjal terhelt bemenő adatok esetén
 Fig. 4. The result of the approximate horizontal inversion in the case of data contaminated by 1% random noise

vábbi vizsgálatára ismételjük meg a horizontális inverziót 5% Gauss-zajjal generált adatrendszerrel! Az eredményt a 5. ábrán szemléltetjük. A hibátlan adatokkal kapott vastagsággfüggvénytől számított (15) szerinti relatív távolság ez esetben $D_H = 8,55\%$, ami viszonylag nagy érték.

Az eljárás csak további adatok inverzióba vonásával javítható. A Love-típusú vezetett hullámok esetén a csoportsebességekkel számított futási idők

$$t_g(\omega, \vec{m}) = \int_{\Gamma} \frac{dl}{v_g(\omega, \vec{m})} \quad (16)$$

és az abszorpciós tényező

$$A(\omega, \vec{m}) = \int_{\Gamma} a(\omega, \vec{m}) dl \quad (17)$$

vonalegáljai jöhetnek szóba. Ezekkel a mennyiségekkel a fázissebesség kapcsán ismertett tomográfiai eljárást megismételve elérhetjük, hogy minden cellában N_f számú csoportsebesség és abszorpciós tényező adat is rendelkezésünkre álljon, amelyekkel a vertikális inverziót együttes (joint) inverzióként végzhetjük el.

A 4. ábra adatainak számításához definiált elrendezésben numerikus integrálással — a diszperziós egyenletet $\Delta x=1$ m-es lépésközönként megoldva — a (16), (17) kifejezésekben meghatározott mennyiségeket számíthatjuk, ill. a korábbiakban követett eljárással hibával terheltjük. Az így létrehozott három adatrendszerrel végrehajtott tomográfiai rekonstrukció eredményeként minden cellában előállított fázis- és csoportsebesség, ill. abszorpciós tényező adatok közül a fázis- és csoportsebességet, ill. a fázissebességet és az abszorpciós tényezőt vontuk joint inverzióba. A 6. ábrán a fázis- és csoportsebesség együttes inverziójának eredményét láthatjuk. A (15) szerint a hibátlan adatokkal végrehajtott horizontális inverzió vastagsággfüggvényétől számított relatív távolság $D_H = 5,00\%$, ami az 5. ábrához tartozó 8,55%-hoz képest jelentős javulás. A 7. ábrán a fázissebesség és abszorpciós tényező adatok joint inverziójának eredményét tüntettük fel. Az ezt jellemző $D_H = 3,26\%$ relatív távolság még jobb közelítést mutat. A 6. és 7. ábrák alapján megállapíthatjuk, hogy a különböző diszperziós adatrendszerek joint inverzióba vonásával a közelítő horizontális inverziós eljárás pontossága növelhető.

nerált adatrendszer felhasználásával vizsgáltuk, a modell paramétereit a 2. táblázat szerint vettük fel.

H (m)	β (m/s)	ρ (kg/dm ³)	ϵ
—	2000	2,7	0,02
$H(x)$	$\beta(x)$	1,3	0,05
—	2000	2,7	0,02

2. táblázat

$$H(x) = d [2 - \exp(-X^2)]$$

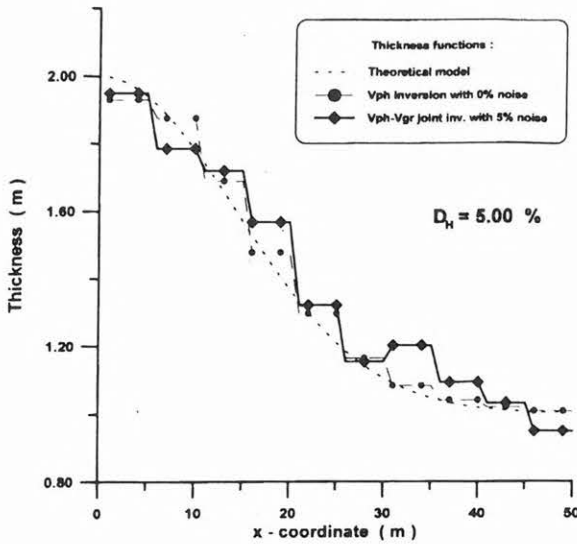
$$\beta(x) = 1000 [1 - 0,25 \exp(-X^2)]$$

ahol $X = x_1/10d$, $d=1$ (m). A modellen az előbbieken választott, a (0, 50) (m) intervallumon 11 egyenközűen elhelyezett érzékelőt tartalmazó mérési elrendezés adatait kiszámítottuk. (Mint korábban, ezt most is $\Delta x=1$ (m) lépésköz mellett végzett numerikus integrálással végeztük, a (8) diszperziós egyenlet lépésközönként történő megoldásával). A (9), (16) és (17) integrálok értékét a (0, x_n) intervallumon minden érzékelőre ($n=1, \dots, 10$) meghatároztuk, majd az eljárást a terítés átellenes oldaláról érkező hullámokra vonatkozóan az (50, x_n) intervallumon megismételtük. A számítást 600 Hz-ig 30 egyenközűen választott frekvenciapontban végeztük el, majd az adatokat 5% Gauss-hibával terheltük.

Az adatrendszer inverziójában a tomográfiai rekonstrukció utáni lépésként a 3.1.-ben legmegbízhatóbbnak talált fázissebesség-abszorpciós tényező joint inverziót választottuk. A 8. ábrán a vastagságfüggvényt láthatjuk. Összehasonlításként feltüntettük a modellben felvett függvényt és a hibátlan adatokkal kapható eredményt is. Az utóbbi függvénytől való relatív eltérést (15) szerint meghatározva azt kapjuk, hogy az 5% zajt tartalmazó adatrendszer inverziójával előállított vastagságfüggvényre $D_H = 3,25\%$. A 9. ábrán a $\beta(x)$ transzverzális testhullámsebességfüggvény horizontális inverzióval előállított közelítését láthatjuk. Szaggatott vonallal itt is feltüntettük a modellben felvett $\beta(x)$ függvényt és bemutatjuk a hibamentes adatokkal kapott sebességfüggvényt is. A diszkretizálási hibát az eredmény jóságának, ill. az eljárás zajérzékenységének megítélésében úgy választhatjuk le, ha bevezetjük a

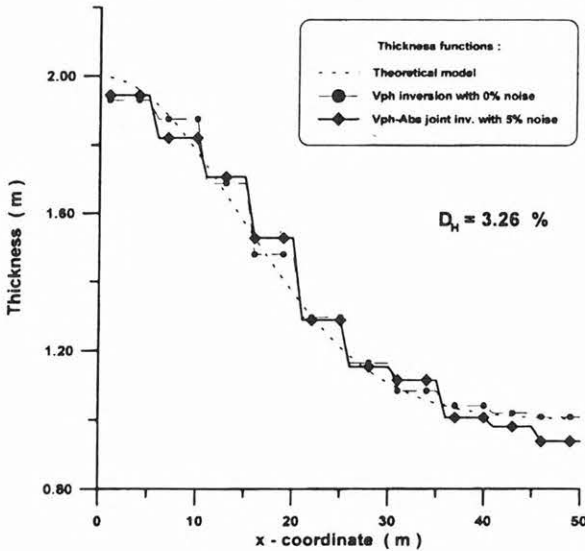
$$D_v = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{\beta(x_i) - \beta_0(x_i)}{\beta_0(x_i)} \right)^2} \cdot 100\%$$

relatív távolságot, ahol $\beta_0(x_i)$ az i -ik cellában hibamentes adatokkal, $\beta(x_i)$ pedig zajos adatokkal kapott sebességet jelöli, $N=10$ a cellák száma. A D_v mennyiség értéke $D_v=2,88\%$. Az 8. és 9. ábrák alapján megállapíthatjuk, hogy a bemutatott horizontális inverziós eljárással a laterálisan inhomogén hullámvezető vastagságváltozása és horizontális inhomogenitása elkülöníthető és egyidejűleg meghatározható.



6. ábra. A közelítő horizontális fázissebesség-csoportsebesség joint inverzió eredménye 1% zajjal terhelt bemenő adatok esetén

Fig. 6. The result of the approximate horizontal phase velocity-group velocity inversion in the case of data contaminated by 1% random noise

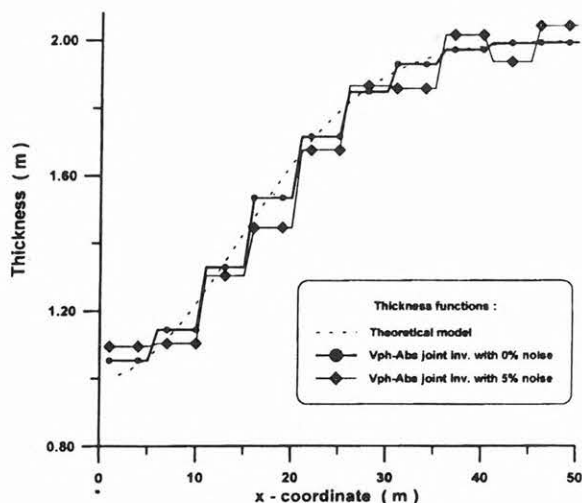


7. ábra. A közelítő horizontális fázissebesség-abszorpciós tényező joint inverzió eredménye 1% zajjal terhelt bemenő adatok esetén

Fig. 7. The result of the approximate horizontal phase velocity-absorption coefficient inversion in the case of data contaminated by 1% random noise

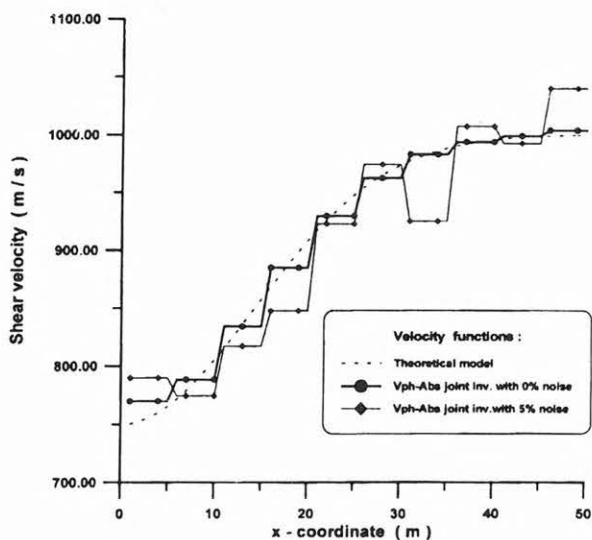
3.2. Vastagság- és transzverzális testhullámsebesség-függvények meghatározása közelítő horizontális inverziós eljárással szintetikus adatok alapján

A szeizmikus hullámvezetőkben gyakran jelentkezik egyidejűleg a vastagságváltozás és a horizontális inhomogenitás. Felmerülhet a kérdés, vajon a közelítő inverziós eljárással szétválasztható-e a két-féle változás! Ennek céljából az eljárást szimmetrikus háromréteges széntelepes összetétel-modellen ge-



8. ábra. A fázissebesség-abszorpciós tényező joint inverzió eredményeként kapott vastagsággüggvény 5% zajjal terhelt bemenő adatok esetén (változó vastagságú, horizontálisan inhomogén széntelepes csatornamodell)

Fig. 8. The thickness function found in a phase velocity-absorption coefficient joint inversion. The input data were contaminated by 5% random noise. (Laterally inhomogeneous wave-guide model)



9. ábra. A fázissebesség-abszorpciós tényező joint inverzió eredményeként kapott transzverzális testhullámsebesség-függvény 5% zajjal terhelt bemenő adatok esetén (változó vastagságú, horizontálisan inhomogén széntelepes csatornamodell)

Fig. 9. The shear velocity function found in phase velocity-absorption coefficient joint inversion. The input data were contaminated by 5% random noise. (Laterally inhomogeneous wave-guide model)

4. Összefoglalás

A tanulmányban WKB közelítésben megadtuk a sokréteges, változó rétegvastagságú, horizontálisan inhomogén szerkezet Love-típusú vezetett hulláma-

inak diszperziós relációját. A levezetett összefüggések alapján mód van a laterálisan (gyengén) inhomogén hullámvezetőben terjedő SH hullámok fázis- és csoportsebességének, valamint abszorpciós tényezőjének gyors számítására. Így racionális számítási idők mellett lehetővé válik viszonylag komplex hullámvezető szerkezetekben is a vezetett hullámok abszorpciós-diszperziós jellemzőinek inverziója és ezzel a (helyfüggő) anyagi és geometriai paraméterek (vastagságok) meghatározása. Bemutattunk egy közelítő horizontális inverziós eljárást és szintetikus adatokon vizsgáltuk annak pontosságát és zajérzékenységét.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányban bemutatott eredmények az OTKA által támogatott kutatások keretében születtek (OTKA nyilvántartási szám: 2385). A szerző köszönetét fejezi ki a támogatásért.

IRODALOM

- BODOKY T., BODOKY A. 1982: Numerical modelling of seismic seam waves. Proceedings of the 27th Int. Geoph. Symp. Bratislava, 41-52
- BUCHANAN D. J. 1978: The propagation of attenuated SH channel waves. Geophysical Prospecting 26, 16-28
- BUCHANAN D. J. 1987: Dispersion calculations for SH and P-SV waves in multilayered coal seams. Geophysical Prospecting 35, 62-70
- DANILOV V. N., DOBRÓKA M., YAMSHIKOV V. Sz. 1989: The propagation of channel waves in a coal seam with horizontal and vertical inhomogeneities. Geophysical Transactions 35, 199-208
- DOBRÓKA M., ORMOS T. 1982: Absorption-dispersion relations for Love channel waves. Geophysical Transactions 29, 117-128
- DOBRÓKA M. 1987a: Love-típusú telephullámok elmozdulásfüggvényei és abszorpciós-diszperziós tulajdonságai I: horizontálisan homogén földtani szerkezet. Magyar Geofizika XXVIII, 1, 20-33
- DOBRÓKA M. 1987b: Love seam-waves in a horizontally inhomogeneous three-layered medium. Geophysical Prospecting 35, 502-516
- DOBRÓKA M. 1988: On the absorption-dispersion characteristics of channel waves propagating in coal seams of varying thickness. Geophysical Prospecting 36, 318-331
- DRESEN L., KERNER C., KÜHBACH B. 1985: The influence of an asymmetry in the sequence rock-coal-rock on the propagation of Rayleigh seam waves. Geophysical Prospecting 33, 519-539
- EVISON F. F. 1955: A coal seam as a guide for seismic energy. Nature 176, 1124-1225
- FREYSTÄTTER S. 1974: Modellseismische Untersuchungen zur Anwendung von Flözwellen für die untertägige Vorfelderkundung im Steinkohlenbergbau, Dissertation, Institut für Geophysik der Ruhr-Universität Bochum, Germany
- KERNER C. 1984: Untersuchungen an zweidimensionalen analogen und numerischen Modellen zur

- Transmission und Reflexion von Love- und Rayleigh-Flözwellen. Berichte des Institutes für Geophysik der Ruhr-Universität Bochum, Reihe A. Nr. 14. Bochum
- KREY Th. 1963: Channel wave as a tool of applied geophysics in coal mining. *Geophysics* **28**, 701-704
- KREY Th. 1983: Some problems concerning the inversion of observed in-seam seismic dispersion data, presented at the 53rd SEG Meeting, Las Vegas, Expanded Abstracts, 55-68
- KREY Th., ARNETZL H., KNECHT M. 1982: Theoretical and practical aspects of absorption in the application of in-seam seismic coal exploration. *Geophysics* **47**, 1645-1656
- RÄDER R., SCHOTT W., DRESEN L., RÜTER H. 1985: Calculation of dispersion curves and amplitude-depth distributions of Love channel waves in horizontally layered media, *Geophysical Prospecting* **33**, 800-816
- STIVELMAN V. J. 1974: Volni Ljava v uprugovjazkom szloje. *Geologija i Geofizika* **10**, 122-127

A tomográfiai rekonstrukció zajérzékenységének csökkentése¹

DOBRÓKA MIHÁLY²

A konjugált gradiens, a SIRT és a Simulated Annealing módszerek súlyozott változatait mutatjuk be és azok tomográfiai alkalmazására teszünk javaslatot. Az MFV súlyokkal bevezetett súlyozott tomográfiai algoritmusokat (M-CGRAD, M-SIRT és M-SA) szintetikus Gauss-eloszlású zajjal terhelt, majd kiugró adatokat is tartalmazó adatrendszeren teszteljük. Igazoljuk, hogy a továbbfejlesztett tomográfiai módszerek kiugró adatokkal szemben mutatott rezisztenciája jelentősen megnövekedett. Javaslatot teszünk különbségi adatok tomográfiai rekonstrukciójára szolgáló rekonstrukciós eljárások súlyozására is.

M. DOBRÓKA: On the decrease of the noise-sensitivity of tomographic reconstructions

The weighted versions of three tomography algorithms (Conjugated Gradients, SIRT and Simulated Annealing) is presented. Synthetic travelttime data are applied to test the reconstruction methods using MFV weights. It is proved that the sensitivity for outlier data is sufficiently reduced in the case of the weighted (M-CGRAD, M-SIRT and M-SA) reconstruction methods. The weighted versions of three double-trace tomography algorithms are also presented.

Bevezetés

A szeizmikus tomográfia módszereivel leggyakrabban a rugalmas hullámok futási idő adatai alapján a helyfüggő fázissebességet határozzuk meg, de lehetőség van a hullám amplitúdó adatai alapján az abszorpciós tényező helyfüggésének meghatározására is. A szeizmikus futási idő adatok tomográfiai inverziójára szolgáló eljárások jól ismertek, közülük a leginkább elterjedtek az ART (Algebraic Reconstruction Technique) és a SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), ill. ezek különféle variánsai. Közös jellemzőjük ezeknek, hogy az inverziót iteratív úton, egy lépésben csak az adatok (ill. az ezekhez tartozó egyenletek) egy részén (vagy csupán egyetlen adaton) végzett műveleteken keresztül valósítják meg. Ez adja e két módszernek a mérési adatok által hordozott zajjal szembeni viszonylag jó toleranciáját.

Tomográfiai feladatok megoldására a geofizikai inverzióban használt általános módszereket (az adatok és az ismeretlenek nagy száma, a szükséges számítógépi kapacitásigény, leginkább azonban a megoldandó egyenletrendszer kedvezőtlen numerikus tulajdonságai miatt) rendszerint nem alkalmazhatjuk. Viszonylag „kisméretű” tomográfia problémák megoldására a szükséges stabilitás mellett alkalmazható a szinguláris érték szerinti felbontás módszere [LINES, TREITEL 1984; NOLET 1985]. SCALES [1987] bizonyította be, hogy konjugált gradiens módszerrel nagy tomográfiai egyenletrendszerek is stabilan oldhatók meg.

A szeizmikus futási idők tomográfiai inverziója számos mérési elrendezés vonatkozásában sikeres alkalmazást nyert. Fúrólukak, ill. fúróluk—felszín közötti szeizmikus átvilágítás adatainak tomográfiai feldolgozásáról számolt be BOIS et al. [1972], LYTTLE, DINES [1980], PETERSON et al. [1985] és IVANSON [1985]. Reflexiós időadatok feldolgozására szolgáló tomográfiai eljárást közölt BISHOP et al. [1985] és STARK, CLAYTON [1986], míg 2-D szerkezetek fölött mért refrakciós időadatok tomográfiai inverziójáról WHITE [1989] számolt be. A szeizmikus tomográfiai módszer bányabeli alkalmazásának néhány eredményét MASON [1981], KÖRMENDI et al. [1986] és GUSTAVSSON et al. [1986] mutatta be.

A szeizmikus abszorpciós tényező tomográfiai meghatározása a sebességtomográfiahoz képest számos új problémát is felvet (polarizáció, diffrakció, multipath stb.). WONG et al. [1983] fúrólukak közötti átvilágítás amplitúdó adatainak tomográfiai feldolgozásáról számolt be. Méréseikben piezoelektromos rezgéskeltést alkalmaztak. BREGMAN [1986] ugyanezen adatrendszert feldolgozva megállapította, hogy a piezoelektromos rezgéskeltő, valamint az érzékelők csatolása a fúróluk falához 50% hibát is okozhat az amplitúdók meghatározásában. Az ilyen jellegű problémák kiküszöbölésére DOBRÓKA [1985] normált amplitúdók tomográfiai feldolgozására alkalmas eljárást javasolt, amelynek továbbfejlesztett változatát DOBRÓKA et al. [1992] és DOBRÓKA [1993] közölte. A normálás eredményeként az adataink mindegyikéhez két (az aktuális és a normáló) sugárút rendelhető, ami a standard tomográfiai eljárások módosítását követeli meg (kétsugárutas tomográfiai algoritmusok).

Mind a sebesség- mind az abszorpciós tomográfiaiban a használatos rekonstrukciós eljárásnak fontos jellemzője a bemenő adatok által hordozott zajra vonatkozó érzékenység. Különösen nagy torzítókat okozhatnak a ritkán előforduló nagy hibák (kiug-

¹ Beérkezett: 1995. április 26-án

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

ró adatok vagy outlierek). A következőkben három tomográfiai eljárás továbbfejlesztett változatait mutatjuk be, amelyekkel a kiugró adatokat is tartalmazó adatrendszer tomográfiai inverziója a hagyományos eljárásokat messze felülmúló pontossággal valósítható meg.

1. A szeizmikus tomográfiai probléma

A geofizikai tomográfiában a szeizmikus futási idők tomográfiai inverziója az egyszerűbb feladat. Mint ismeretes, a hullám futási ideje a meghatározandó $n(x,y,z) = c/v(x,y,z)$ törésmutató eloszlással

$$t = \frac{1}{c} \int_{\Gamma} n \, dl$$

kapcsolatban van, ahol c sebesség dimenziójú konstans, $v(x,y,z)$ a lokális terjedési sebesség, Γ a sugárút, amely maga is függ (a kezdő és végpontokon kívül) a törésmutató eloszlástól. Az összefüggés tehát nemlineáris kapcsolatot ad a futási idő és a törésmutató között, ennek megfelelően a futási idő adatok tomográfiai inverziója egyben nemlineáris inverziós eljárás. A feladat megoldására a leggyakrabban alkalmazott módszer a probléma linearizálása valamely referencia törésmutató eloszlás körül:

$$\delta t = \frac{1}{c} \int_{\Gamma_0} \delta n \, dl \quad (1)$$

ahol δt a mért és a (referencia eloszláson) számított futási idők különbsége, δn a valódi és a referencia törésmutató különbsége, Γ_0 a referencia eloszláson számított sugárút. Az (1) egyenlet diszkrétizálására a szeizmikus tomográfiában igen gyakran az ún. cellánként konstans függvények szerinti sorfejtést alkalmazzák, amely vektori alakban

$$\delta \vec{t} = \mathbf{D} \delta \vec{s} \quad (2)$$

egyenletre vezet, ahol $\delta \vec{t}$ az N dimenziós adattérben $\delta \vec{t}$ az M dimenziós paraméterterében definiált vektorok, \mathbf{D} az úgynevezett távolságmátrix. Részletezve: δt_k az (1) szerinti k -ik adatot, δs_j a j -ik cellában a valódi és referencia lassúságok ($s = n/c$) eltérését, D_{kj} a k -ik adathoz tartozó — referencia eloszláson számított — sugár által a j -ik cellában megtett út hosszát adja meg. (A \mathbf{D} mátrix ún. ritka mátrix, azaz elemeinek nagy része zérus.)

A linearizált tomográfiai eljárás során a (2)-ben meghatározott lineáris feladat inverzét oldjuk meg, azaz megkeressük azt a $\delta \vec{s}$ vektort, amely az

$$\vec{r} = \delta \vec{t} - \mathbf{D} \delta \vec{s} \quad (3)$$

vektor valamilyen normáját minimalizálja. Az $\|\vec{r}\|^2$ Euklideszi norma (L_2) minimalizálásával a

$$\mathbf{D}^T \mathbf{D} \delta \vec{s} = \mathbf{D}^T \delta \vec{t} \quad (4)$$

jól ismert normálegyenletre jutunk. Gyakran előfordul, hogy adataink nem egyforma megbízhatóságúak vagy egyéb okunk van arról gondoskodni, hogy egyes adataink különböző mértékben járuljanak hozzá az inverz feladat megoldásához. Ezt legkönnyebben adattérben definiált \mathbf{W} súlymátrix segítségével érhetjük el úgy, hogy $\|\vec{r}\|^2$ helyett $\langle \vec{r}, \mathbf{W} \vec{r} \rangle$ skalárt minimalizáljuk. Ekkor a súlyozott legkisebb négyzetek elvének megfelelő

$$\mathbf{D}^T \mathbf{W} \mathbf{D} \delta \vec{s} = \mathbf{D}^T \mathbf{W} \delta \vec{t} \quad (5)$$

normálegyenletet kapjuk [MENKE 1984].

Ismeretes, hogy az egyszerű legkisebb négyzetek elvének megfelelő (4) normálegyenlet optimális eredményt akkor ad, ha az adatrendszert terhelő zaj Gauss-eloszlást követ. A geofizikai inverzió gyakorlata azt mutatja, hogy ritkán előforduló nagy hibák (kiugró adatok) esetén az L_2 norma minimalizálása esetenként elfogadhatatlan eredményre vezet. Az ilyen adatrendszer inverziója számos más módszerrel eredményesebben végezhető el, például az L_1 norma minimalizálását, a Cauchy- vagy a leggyakoribb érték módszer szerinti kritérium alkalmazását említhetjük.

SCALES et al. [1988] bebizonyította, hogy az $\vec{r} = \delta \vec{t} - \mathbf{D} \delta \vec{s}$ vektor L_1 normájának minimalizálására olyan iteratív, minden lépésében a súlyozott legkisebb négyzetek módszerének megfelelő eljárást is alkalmazhatunk, amelyben a k -ik adathoz rendelt súlyt az iteráció j -ik lépésében a

$$W_k^{(j-1)} = \left| \delta t_k^{(j-1)} - \sum_{i=1}^M D_{ki} \delta s_i^{(j-1)} \right|^{-1} \quad (6)$$

formula szerint (azaz a $(j-1)$ -ik iterációban kapott eltéréstől) számítjuk ki. Az így definiált IRLS (Iteratively Reweighted Least Squares) eljárás normálegyenlete a j -ik iterációban az (5)-nek megfelelő

$$\mathbf{D}^T \mathbf{W}^{(j-1)} \mathbf{D} \delta \vec{s} = \mathbf{D}^T \mathbf{W}^{(j-1)} \delta \vec{t} \quad (7)$$

Az eljárást SCALES et al. [1988] sikerrel alkalmazta kiugró hibákkal terhelt szeizmikus időadatok tomográfiai inverziójára és HERING et al. [1995] egyenáramú geoelektromos adatok, valamint felületi hullám diszperziós adatok együttes inverziójára.

Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer inverziójának egy másik útja a k -ik adathoz

$$W_k = \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + r_k^2} \quad (8)$$

szerint Cauchy-súlyokkal definiált $(\vec{r}, W\vec{r})$ skalár minimalizálása (σ^2 a skálaparaméter). Mivel ez a mennyiség a W súlyokban is tartalmazza az ismeretleneket, a normálegyenlet ez esetben az (5) egyenlettől eltérő alakú lesz. Definiálhatunk azonban az IRLS módszerhez hasonlóan olyan iteratív eljárást, amelyben a j -ik iterációban a (8) szerinti súlyokat az előző iterációbeli $r_k(j-1)$ reziduálisokból számítjuk:

$$W_k^{(j-1)} = \frac{\sigma^2}{\sigma^2 + (r_k^{(j-1)})^2} \quad (9)$$

Ennek a tartalmilag szintén iterációnként újrásúlyozott, legkisebb négyzetek elve szerinti eljárásnak minden lépésében a (7) lineáris normál-egyenletrendszert oldjuk meg. Cauchy-inverziónál esetén a σ skálaparaméter meghatározására AMUNDSEN [1991] közölt meglehetősen számításgényes módszert. Numerikusan egyszerűbb és gyakorlati alkalmazásokra inkább ajánlható a leggyakoribb érték módszer [STEINER 1988] szerinti súlyok használata, mivel ekkor a skálaparaméter iteratív úton magából az adatrendszerből állítható elő.

1.1. A konjugált gradiens módszer

A konjugált gradiens módszer lineáris egyenletrendszerek megoldására kidolgozott iteratív eljárás, amely a Gauss-Seidel módszer javított változatának tekinthető. Az iteráció során a paraméterterben a korrekcióvektor iránya és nagysága úgy van meghatározva, hogy a konvergencia a lehető leggyorsabb legyen. SCALES [1987] a konjugált gradiens módszert tomográfiai feladatok megoldására alkalmazva annak olyan változatát adta meg, amely a D távolságmátrix ritka mátrix voltát kihasználja. Ennek az algoritmusnak előnye, hogy a (4) normálegyenlet megoldása során nem kell képezni a $D^T D$ mátrixot, amely „sűrű” annak ellenére, hogy D ritka mátrix. A SCALES [1987] által javasolt algoritmus az $\vec{x}^* = \delta \vec{s}$, $\vec{b}^* = \delta \vec{r}$ helyettesítéssel a következőképpen adható meg:

legyen \vec{x}_0 a kezdeti becslés és ezzel számítsuk ki az

$$\vec{s}_0 = \vec{b}^* - D\vec{x}_0, \quad \vec{r}_0 = \vec{p}_0 = D^T(\vec{b}^* - D\vec{x}_0), \quad \vec{q}_0 = D\vec{p}_0$$

kezdeti vektorokat, majd ezekkel kezdjük iteratív eljárást az

$$\alpha_{k+1} = \frac{(\vec{r}_k, \vec{r}_k)}{(\vec{q}_k, \vec{q}_k)}$$

$$\vec{x}_{k+1} = \vec{x}_k + \alpha_{k+1} \vec{p}_k$$

$$\vec{s}_{k+1} = \vec{s}_k - \alpha_{k+1} \vec{q}_k$$

$$\vec{r}_{k+1} = D^T \vec{s}_{k+1} \quad (10)$$

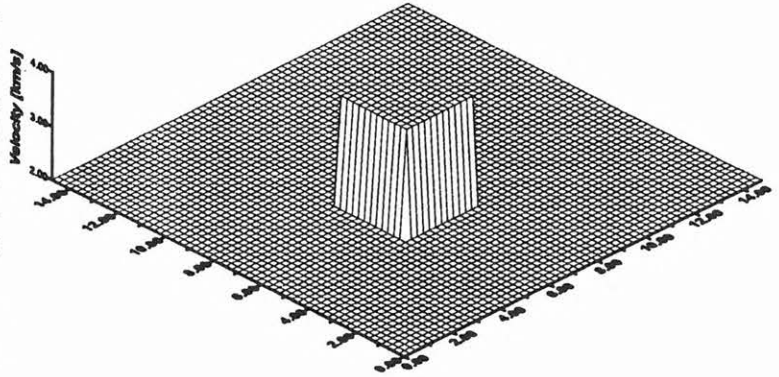
$$\beta_{k+1} = \frac{(\vec{r}_{k+1}, \vec{r}_{k+1})}{(\vec{r}_k, \vec{r}_k)}$$

$$\vec{p}_{k+1} = \vec{r}_{k+1} + \beta_{k+1} \vec{p}_k$$

$$\vec{q}_{k+1} = D \vec{p}_{k+1}$$

egyenleteknek megfelelően, ahol $k=0,1,2,\dots$ az iteráció sorszám.

A konjugált gradiens (CGRAD) módszer zajérzékenységének szemléltetésére végezzünk vizsgálatot az 1. ábra szerint felvett modellen, ill. mérési elrendezésben számított szintetikus adatrendszer segítségével.

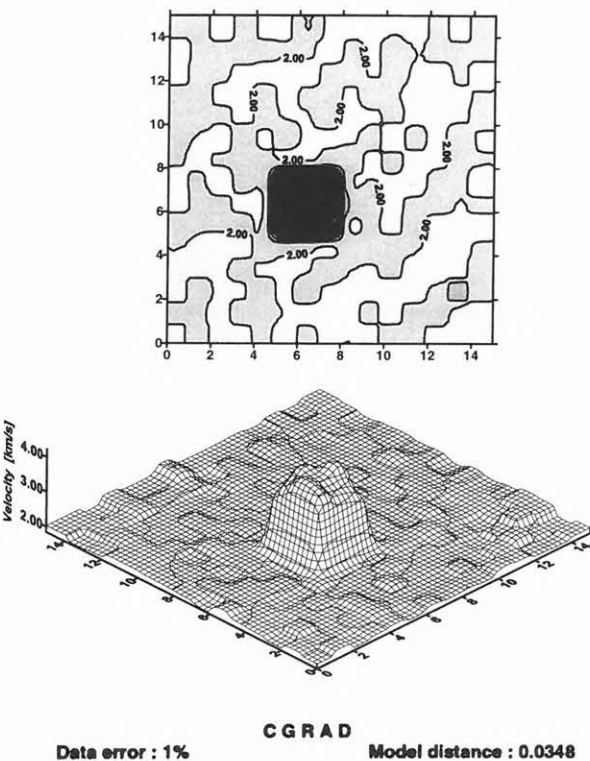


1. ábra. A tomográfiai vizsgálatok céljából felvett modell
Fig. 1. The model used in tomographic investigations

gével. A mérési területet 15×15 egység méretűnek vesszük fel, a diszkretizáláshoz használt hálót négyzetesnek és 1×1 egység méretű cellákból felépítettnek tekintjük. A vizsgálati területen a szeizmikus hullám terjedési sebességét 2000 m/s-ban adjuk meg, kivéve a kissé aszimmetrikusan mindkét síkbeli irányban a 6-7-8 cellákban felvett (3×3 egység méretű) anomáliát, amelyben a sebesség 4000 m/s. A mérési terület határain (a cella-perem közepén) forrás- és érzékelő pontokat helyezünk el úgy, hogy a lehető legteljesebb tomográfiai lefedettség valósulhasson meg. Az így definiált 1125 átvilágítási sugáron számítottuk a futási időket, majd ezeket a valós adatok szimulációja érdekében hibával tehettük. (Itt és a későbbi rekonstrukciós vizsgálatokban a számítási idő redukálása végett modellhibát követünk el, amikor is a hullámutakat egyenesnek tételezzük fel. Mivel mind a szintetikus adatok számításában, mind

a tomográfiai inverzió során ugyanezen közelítéssel élünk, a vizsgált tomográfiai algoritmusok zajérzékenységevel kapcsolatos következtetéseinket — legalábbis az egyenes sugárút közelítést megengedően kicsiny sebességkontrasztal definiált modellek vonatkozásában — nem érinti. Ebben a dolgozatban kitűzött célunk — a kiugró hibákkal terhelt adatrendszeren is kielégítő eredményt nyújtó tomográfiai algoritmus bemutatása — egyenes sugárút közelítésben is teljesíthető, ugyanakkor vizsgálataink kézenfekvően kiterjeszthetők görbe sugárutas előremodellezés esetére is.)

A 2. ábrán a hibamentes adatokhoz 1% Gauss-eloszlású zajt keverve előállított szintetikus adatrendszeren (nevezzük a továbbiakban I. adatrendszernek)



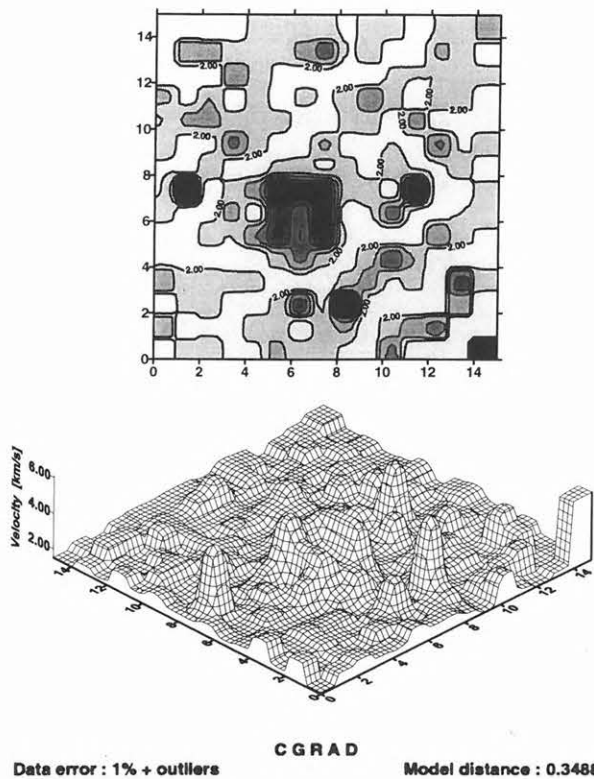
2. ábra. Gauss-eloszlású zajjal terhelt adatrendszer CGRAD tomográfiai inverziójának eredménye
Fig. 2. The tomographic CGRAD inversion of the data contaminated by Gaussian noise

a CGRAD eljárással végrehajtott tomográfiai inverzió eredményét mutatjuk be. Az eredmény minőségére (mivel szintetikus vizsgálatainkban ismert a rekonstruálandó modell) a

$$D = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \left(\frac{v_j(r) - v_j^{(0)}}{v_j^{(0)}} \right)^2}$$

formula szerint a paraméterterben számított relatív modelltvávolságot ($v_j(r)$ a j -ik cellában rekonstruált,

$v_j^{(0)}$ a felvett sebességet jelöli, M a cellák száma) vezetjük be. Hogy érzékeltecsük, milyen érzékenyen reagál a rekonstruált eloszlás az adatrendszer által hordozott zaj nem-Gauss eloszlására, generáltunk egy adatrendszert úgy, hogy az előző (1% Gauss-zajt hordozó) adatrendszer véletlenszerűen kiválasztott 20%-ához további 20% véletlen zajt kevertünk (nevezzük a továbbiakban II. adatrendszernek). Így tehát az adatok 1/5-e (igen erősen) kiugró értéket képvisel. (A gyakorlati sebesség tomográfiai problémákban ettől rendszerint jobb adatrendszerrel van dolgunk.) A 3. ábrán a CGRAD rekonstrukció eredményét mutatjuk be. Amint várható volt, a ható alig felismerhető. Az előző numerikus példával való összehasonlítás azt mutatja, hogy a relatív modelltvávolság mintegy tízszeresére növekedett. Az eredmény igazolja azt a várakozásunkat, hogy nem-Gauss eloszlású zajt hordozó adatrendszert a legkisebb négyzetek elve alapján invertálva nem kaphatunk az optimálisához közel eső rekonstrukciót.



3. ábra. Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer CGRAD tomográfiai inverziójának eredménye
Fig. 3. The tomographic CGRAD inversion of the data set containing Gaussian noise and outliers

Könnyen adódhat a gondolat, hogy geofizikai inverzióban használt robusztus inverziós eljárások valamelyikét alkalmazzuk az iménti (II.) adatrendszer tomográfiai inverziójára. Vizsgálatainkban a leggyakoribb érték módszer (MFV) szerint számított súlyokkal felépített IRLS eljárást választottuk, amelynek normálegyenlet rendszere (7)-nek megfelelő.

Mivel az egyenletrendszer a súlymátrix megjelenése miatt formailag eltér a (4) egyenlettől, a SCALES [1987] által felállított (10) egyenletek szerinti CGRAD algoritmust módosítanunk kell. Nyilvánvaló, hogy a módosítás csupán annyi, hogy a (10)-ben szereplő D^T mátrix helyére (a j -ik IRLS iterációban) $D^T W^{(j-1)}$ kerül. Így az MFV súlyok szerint súlyozott, legkisebb négyzetek elve szerint felépített konjugált gradiens algoritmus (rövidítsük M-CGRAD-ként) a következőképpen adható meg (ismét alkalmazva az $\vec{x} = \delta \vec{s}$, és $\vec{b} = \delta \vec{r}$ helyettesítést):

legyen \vec{x}_0 a kezdeti becslés és ezzel számítsuk ki az

$$\vec{s}_0 = \vec{b} - D\vec{x}_0, \quad \vec{r}_0 = \vec{p}_0 = D^T W^{(j-1)} (\vec{b} - D\vec{x}_0),$$

$$\vec{q}_0 = D\vec{p}_0$$

kezdeti vektorokat, majd az iteráció k -ik lépésében járjunk el az

$$\alpha_{k+1} = \frac{(\vec{r}_k, \vec{r}_k)}{(\vec{q}_k, \vec{q}_k)}$$

$$\vec{x}_{k+1} = \vec{x}_k + \alpha_{k+1} \vec{p}_k$$

$$\vec{s}_{k+1} = \vec{s}_k - \alpha_{k+1} \vec{q}_k$$

$$\vec{r}_{k+1} = D^T W^{(j-1)} \vec{s}_{k+1} \quad (11)$$

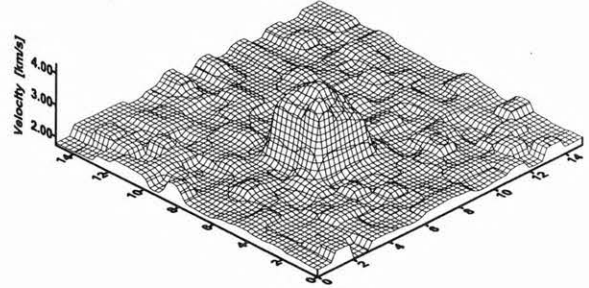
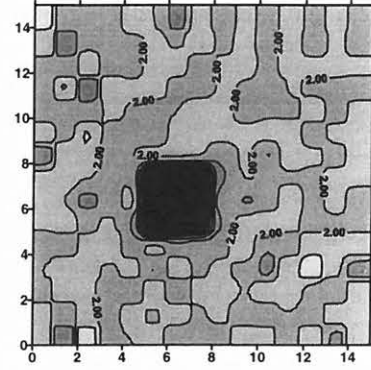
$$\beta_{k+1} = \frac{(\vec{r}_{k+1}, \vec{r}_{k+1})}{(\vec{r}_k, \vec{r}_k)}$$

$$\vec{p}_{k+1} = \vec{r}_{k+1} + \beta_{k+1} \vec{p}_k$$

$$\vec{q}_{k+1} = D \vec{p}_{k+1}$$

egyenleteknek megfelelően, ahol $k=0,1,2,\dots$ az iteráció sorszáma. (Megjegyzendő, hogy minden iterációs lépésben az IRLS algoritmusból adódóan egy belső $j=1, 2, \dots, J$ -re futó iteráció is végbemeget. Tapasztalataink szerint ezt elegendő $J=10$ -ig futtatni.) Ismeretes, hogy a leggyakoribb érték módszer kiugró adatokhoz relatív kis súlyokat rendel így várhatjuk, hogy ezek hozzájárulása a tomográfiai inverzió eredményéhez csökken.

Végezzük el ezek után a II. adatrendszer MFV súlyokkal definiált M-CGRAD inverzióját! Az eredményt a 4. ábra mutatja. Amint látható, a ható ismét jól felismerhető, a rekonstruált modell relatív távolsága a felvett modelltől 0,0636, ami alig kétszerese a Gauss-hibákkal terhelt I. adatrendszeren a legkisebb négyzetek elve szerint CGRAD módszerrel végzett inverzió esetében kapott értéknek. A 4. ábrát az ugyanezen (II.) adatrendszer súlyozatlan (CGRAD) inverziójának eredményét bemutató 3. ábrával összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az MFV súlyokkal definiált M-CGRAD algoritmus igen eredményesen redukálja a kiugró hibákkal ter-



M - C G R A D
Data error : 1% + outliers Model distance : 0.0636

4. ábra. Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer súlyozott konjugált gradiens (M-CGRAD) inverziójának eredménye
Fig. 4. The tomographic M-CGRAD inversion of the data set containing Gaussian noise and outliers

helt adatok hozzájárulását az inverzió végeredményéhez. Másként kifejezve az M-CGRAD algoritmus a kiugró adatokra nézve meglehetősen rezisztensnek mondható.

1.2. A SIRT módszer

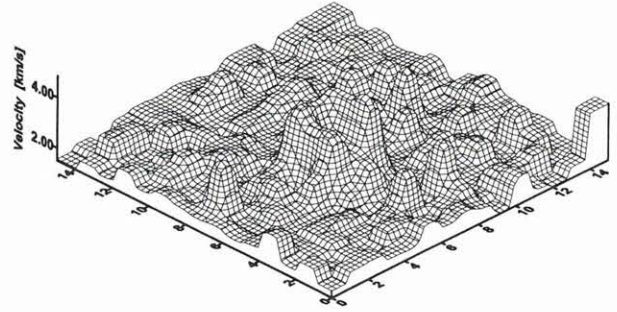
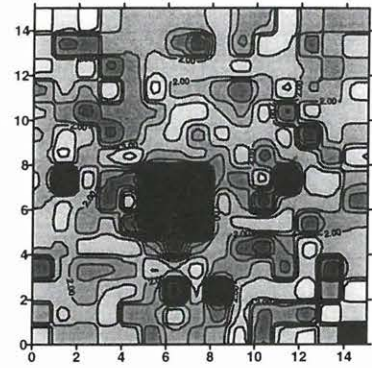
A SIRT módszer mint az ART javított változata az egyik leggyakrabban használt tomográfiai eljárás. Mint ismeretes, a geofizikai tomográfiában az adataink száma rendszerint messze meghaladja az ismeretlenek számát, ezért indokolt lenne a probléma megoldását a túlhatározott vagy kevert határozottságú inverz feladatokra kidolgozott eljárások között keresni. Ezzel szemben az ART módszer esetében szélsőségesen alulhatározott (egy adatból akár száz-as nagyságrendű ismeretlen meghatározó) inverziós lépéseken keresztül közelítünk iteratív úton a megoldáshoz. Az eljárás tipikus q -ik lépésében az i -ik sugárút által metszett j -ik cellában számított korrekció (ismét alkalmazva az $\vec{x} = \delta \vec{s}$ jelölést)

$$x_j^{(q+1)} = x_j^q + \frac{D_{ij} r_i^{(q)}}{\sum_k D_{ik}^2}, \quad (12)$$

ahol az összegzés k -ra az i -ik sugár által metszett cellákra történik, $r_i(q)$ a (3)-ban meghatározott vektor i -ik eleme, D_{ij} az i -ik sugár j -ik cellabeli metszete. (A (12) az ART algoritmus ún. energia-minimalizációs verziójának felel meg.) A SIRT módszer keretében valamely (j -ik) cellabeli $x_j(q)$ értéket a cellát metsző összes (Q_j számú) átvilágítási sugárral (12) alapján számított korrekciók átlagával módosítjuk:

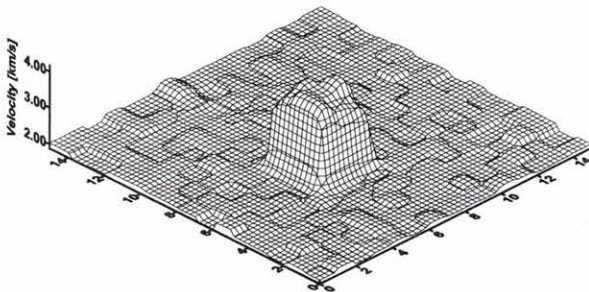
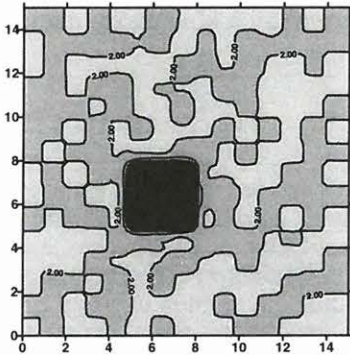
$$x_j^{(q+1)} = x_j^{(q)} + \frac{1}{Q_j} \sum_{i=1}^{Q_j} \frac{D_{ij} r_i^{(q)}}{\sum_k D_{ik}^2} \quad (13)$$

Ebből az átlagolásból adódik a SIRT eljárás közismert stabilitása és viszonylag kis zajérzékenysége. Példaként az 5. ábrán bemutatjuk az előbbi numerikus vizsgálatainkban használt I. (Gauss-hibákkal terhelt) adatrendszer SIRT inverziójának eredményét. Mint láthatjuk, a rekonstruált modell relatív távolsága a felvett modelltől 0,0260, ami kb. 25%-kal kisebb a CGRAD eljárással kapott értéknél. A SIRT módszer kiugró adatokra vonatkozó érzékenységét vizsgálandó végezzük el a II. adatrendszer SIRT inverzióját is. Az eredményt szemléltető 6. ábra tanúsága szerint a relatív modell-távolság 0,2244-nek adódott, ami (kb. 35%-kal) jobb ugyan a hasonló körülmények között a CGRAD algoritmus által adott értéknél, de a ható



SIRT
Data error : 1% + outliers Model distance : 0.2244

6. ábra. Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer SIRT tomográfiai inverziójának eredménye
Fig. 6. The tomographic SIRT inversion of the data set containing Gaussian noise and outliers



SIRT
Data error : 1% Model distance : 0.0260

5. ábra. Gauss-eloszlású zajjal terhelt adatrendszer SIRT tomográfiai inverziójának eredménye
Fig. 5. The tomographic SIRT inversion of the data contaminated by Gaussian noise

továbbra is alig felismerhető. A modell-távolság a kiugró adatokat nem tartalmazó (Gauss-zajjal terhelt) I. adatrendszer SIRT inverziójánál kapott értéknek ismét csaknem 10-szerese. A SIRT módszer tehát valóban kevésbé érzékeny az adatrendszer által hozott zajra, mint a konjugált gradiens módszer, azonban megállapíthatjuk, hogy kiugró adatokra vonatkozó rezisztenciája nem kielégítő. Ez a megállapításunk érthetővé válik, ha figyelembe vesszük VAN DER SLUIS és VAN DER VORST [1987] által bizonyított eredményt, amely szerint a SIRT eljárással kapott megoldás az

$$\vec{r} = \mathbf{w} (\delta \vec{r} - \mathbf{D} \delta \vec{s})$$

vektor legkisebb négyzetek elve szerinti minimumához tartozik, ahol

$$\mathbf{w} = \text{diag} \left\{ \left(\sum_k D_{ik}^2 \right)^{-1/2} \right\}.$$

Felvetődik a kérdés, nem lehetne-e az M-CGRAD módszernél követett eljáráshoz hasonlóan a SIRT módszer kiugró adatokra vonatkozó rezisztenciáját is megnövelni. A (13) formula önként kínálja a meg-

oldást: az egyszerű átlagolás helyett képezzük az MFV- (vagy Cauchy-) súlyokkal számított súlyozott átlagot:

$$x_j^{(q+1)} = x_j^{(q)} + \frac{1}{\sum_{l=1}^{Q_j} W_{ll}} \sum_{i=1}^{Q_j} W_{ii} \frac{D_{ij} r_i^{(q)}}{\sum_k D_{ik}^2}, \quad (14)$$

ahol W_{ll} (ill. W_{ii}) az l -ik (ill. i -ik) adathoz rendelt MFV- (vagy Cauchy-) súly. Nézzük meg most, hogy az így súlyozott SIRT eljárás (nevezzük a továbbiakban M-SIRT-nek) milyen eredményt ad a II. adatrendszer tomográfiai inverziója során! Amint a 7. ábrán látható, a rekonstruált sebességeloszlás alig megkülönböztethető a kiugró adatokat nem tartalmazó, adatrendszer SIRT inverziójának eredményétől (a modell-távolság a II. adatrendszer M-SIRT inverziójánál mindössze 8%-kal nagyobb). Az ábrákat összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az M-SIRT eljárás jelentős rezisztenciával rendelkezik a kiugró adatokkal szemben. Az M-SIRT és M-CGRAD algoritmusok összehasonlítása azt mutatja, hogy a SIRT módszer előnye a CGRAD módszerrel szemben a súlyozás során megmarad, sőt növekszik. (Megjegyezzük, hogy a (14) egyenletben meghatározott műveletek által a hagyományos SIRT eljáráshoz képest megkö-

vetelt többlet számítási idő jelentéktelen és az MFV-súlyok iterációnkénti kiszámítását tekintetbe véve is csupán néhány %-kal több számítási idő adódik. Ez tehát igen csekély „ár” az M-SIRT nyújtotta előnyökért.)

1.3. A Simulated Annealing módszer

A Simulated Annealing (SA) módszer [KIRKPATRICK et al. 1983] a globális optimalizáció egyik leggyakrabban használt eljárása, amelyet valamely (nem negatív) $E(x_1, \dots, x_M)$ függvény minimalizálására fejlesztettek ki. A módszer legfőbb előnye, hogy nemlineáris inverz problémák esetében közvetlenül (linearizálás nélkül) alkalmazható és segítségével elkerülhető, hogy a minimalizálás során az eljárás valamely lokális minimumnál elakadjon. A módszer rövid ismertetése végett, mivel egyébként is egyenes sugarút közelítéssel élünk, vezessük be az

$$e_i = t_i - \sum_k D_{ik} x_k$$

jelölést, ahol x_k és D_{ik} jelentése azonos a korábbiakkal.

Definiáljuk az

$$E = \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (15)$$

fiktív energia függvényt, vezessük be a T fiktív „hőmérsékletet” és ezzel a következő (nem normált) eloszlásfüggvényt:

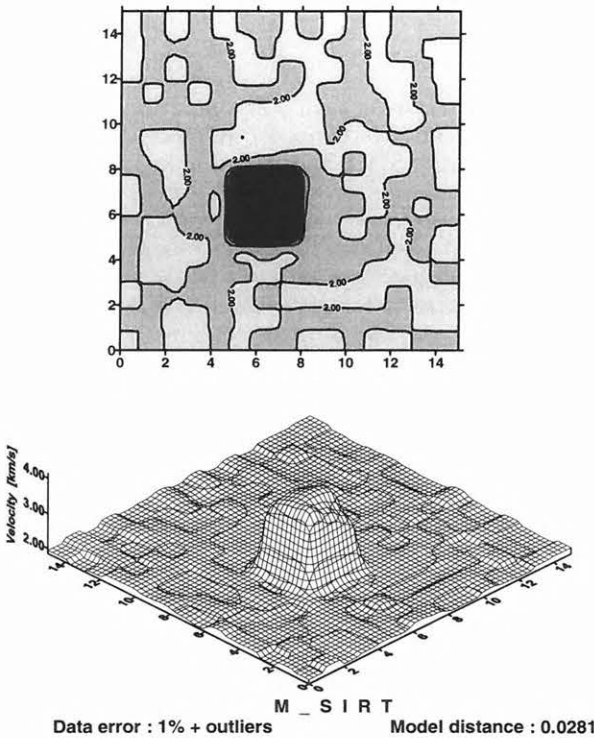
$$P(x_1, \dots, x_M, T) = \exp(-E/T).$$

A függvénynek az a jellemzője, hogy nagy hőmérsékletnél minden x_k egyformán valószínű, míg elegendően kis hőmérsékletnél a függvény „éles” maximumot mutat. Az eljáráshoz fel kell venni a paraméterter minden koordinátája mentén egy-egy Δx_k inkrementumot és egy elegendően nagy kezdeti T_0 hőmérsékletet, valamint meg kell adni az x_0 kezdeti becslést. Jelölje β_k a $(0,1)$ intervallumon egyenletesen eloszló valószínűségi változó valamely kisorsolt értékét. Ha $\beta_k < 1/2$, akkor az x_k változó új értéke legyen $\hat{x}_k = x_k + \Delta x_k$, egyébként pedig $\hat{x}_k = x_k - \Delta x_k$. Számítsuk most ki a

$$\Delta E = E(x_1, \dots, \hat{x}_k, \dots, x_M) - E(x_1, \dots, x_k, \dots, x_M)$$

különbséget. Ha $\Delta E < 0$, akkor az x_k új értékét fogadjuk el: $x_k = \hat{x}_k$. Az SA eljárás legsajátosabb lépése az, hogy amennyiben $\Delta E > 0$, az új x_k -t nem feltétlenül utasítjuk el. A változó új értékét megtartjuk akkor is, ha $\Delta E > 0$, de

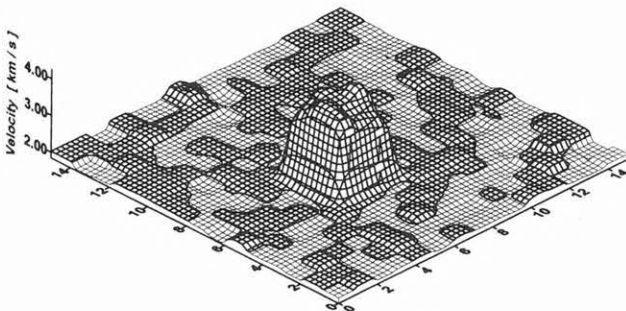
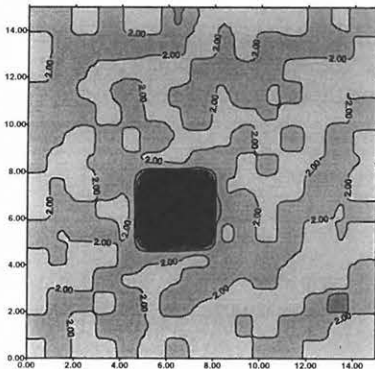
$$P(x_1, \dots, \hat{x}_k, \dots, x_M) = \exp(-E/T) > \beta_k.$$



7. ábra. Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer súlyozott konjugált gradiens (M-SIRT) inverziójának eredménye
Fig. 7. The tomographic M-CGRAD inversion of the data set containing Gaussian noise and outliers

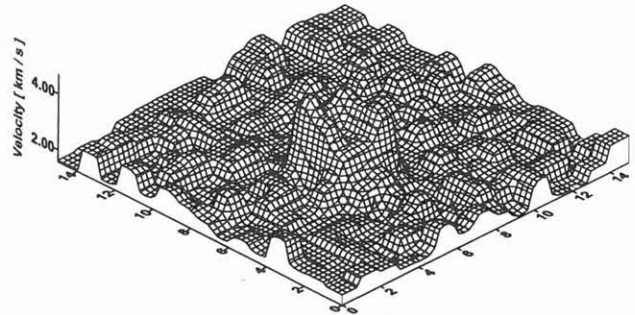
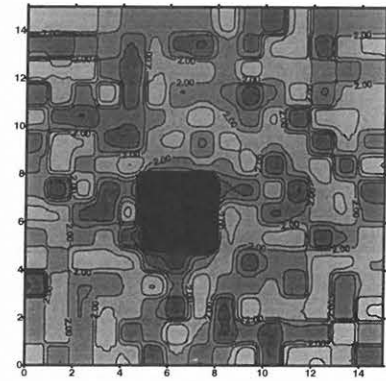
Ez a sajátosság adja meg azt a lehetőséget, hogy a lokális minimumokból az SA eljárás során kilépjünk. A fenti műveletet $k=1, \dots, M$ -re (minden változóra) elvégezzük, majd az egész ciklust megismételjük (10–100 alkalommal). Ezután a T hőmérsékletet megfelelően kicsiny ΔT -vel csökkenthetjük és az egész eljárást megismételjük. (A T_0 és ΔT kontrollparamétereket tapasztalati úton választjuk meg.) Az eljárás automatikusan szolgáltatja a stopkritériumot, mivel egy elegendően kicsiny hőmérséklet alatt már hiába csökkentjük a hőmérsékletet, új elfogadható x_k értéket nem találunk. Látható, hogy az SA algoritmus rendkívül számításigényes. (Ez az oka, hogy numerikus példáinkban az egyenes sugárút közelítéssel élünk.)

Az SA eljárás zajérzékenységének szemléltetésére végezzük el a korábbi numerikus vizsgálatainkban is használt Gauss-eloszlású zajjal terhelt I. adatrendszer inverzióját. Az eredményt a 8. ábra mutatja. A kiugró adatokat is tartalmazó II. adatrendszer SA tomográfiai inverziója a 9. ábrán bemutatott eredményre vezet. Noha ez a sebességeloszlás a CGRAD módszerrel kapott 3. ábrával, ill. a SIRT módszerrel kapott 6. ábrával összehasonlítva a legjobb (a relatív modell-távolság 0,17), megállapíthatjuk, hogy az SA eljárás is meglehetősen érzékeny a kiugró adatokra. Ez nem is meglepő, hiszen a (15) egyenletben bevezetett fiktív energia minimalizálása a legkisebb négyzetek elvének felel meg. Az 1.1-ben és 1.2-ben látott módon az SA eljárás kiugró adatokra vonatko-



SIMULATED ANNEALING
Data error : 1% Model distance: 0.0332

8. ábra. Gauss-eloszlású zajjal terhelt adatrendszer SA (Simulated Annealing) tomográfiai inverziójának eredménye
Fig. 8. The tomographic SA inversion of the data contaminated by Gaussian noise



SIMULATED ANNEALING
Data error : 1% + outliers Model distance : 0.1702

9. ábra. Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer SA (Simulated Annealing) tomográfiai inverziójának eredménye
Fig. 9. The tomographic SA inversion of the data set containing Gaussian noise and outliers

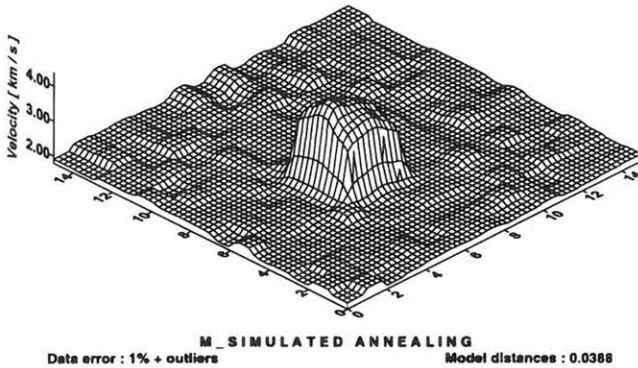
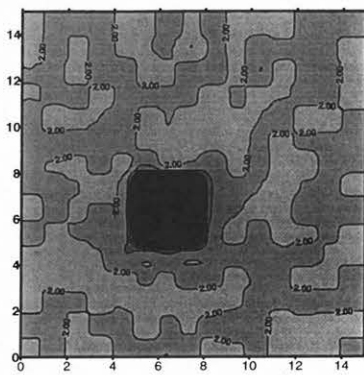
zó rezisztenciáját is megnövelhetjük, ha (15) helyett az

$$E = \sum_{i=1}^N W_{ii} e_i^2$$

fiktív energiafüggvényt vezetjük be, ahol W_{ii} az i -ik adathoz rendelt MFV- (vagy Cauchy-) súlyt jelenti. Az így módosított M-SA eljárással a II. adatrendszert invertálva a 10. ábrán bemutatott eredményt kapjuk. Mint láthatjuk, a súlyozás hasonló eredményre vezetett kiugró hibákkal terhelt adatrendszer inverziójánál, mint a hagyományos SA módszer a csupán Gauss-zajt tartalmazó adatrendszer inverziója során. Az M-SA eljárás tehát szintén jelentős rezisztenciával bír a kiugró adatokra vonatkozóan.

1.4. A súlyozott tomográfiai eljárások rövid összehasonlítása

Az előzőekben bevezetett M-CGRAD, M-SIRT és M-SA súlyozott tomográfiai eljárások közös jellemzője, hogy a kiugró adatokkal szemben tanúsított rezisztenciájuk a hagyományos (nem súlyozott) algoritmusokhoz képest igen jelentős. A számítási idő tekintetében elmondhatjuk, hogy az M-CGRAD és



10. ábra. Kiugró hibákkal terhelt adatrendszer súlyozott konjugált gradiens (M-SA) inverziójának eredménye
Fig. 10. The tomographic M-SA inversion of the data set containing Gaussian noise and outliers

M-SIRT eljárásokban a súlyozás nem jelent lényegesen nagyobb futási időigényt. Az M-SA algoritmus azonban tapasztalataink szerint akkor stabilan konvergens, ha a W súlyokat az SA algoritmus leírásában említett cikluson belül állandóan újra számítjuk. Ez viszont az egyébként is jelentős számítási időt észrevehetően növeli. Az SA és M-SA algoritmusok jelentősége a fiktív energiafüggvény abszolút minimumának meghatározásában van, ami inkább elvi, mint gyakorlati előny.

Az M-CGRAD és M-SIRT algoritmusok alkalmazása az előzőekben bemutatott példák alapján gyakorlati előnyöket kínál, különösen, ha tekintetbe vesszük, hogy ezek az eljárások csupán Gauss-eloszlású zajt hordozó adatrendszer tomográfiai inverziója során közel azonos eredményt adnak, mint a hagyományos CGRAD ill. SIRT módszer.

2. Normált adatok tomográfiai inverziója

Az abszorpciós tényező tomográfiai meghatározásában igen gyakran a rugalmas hullám intenzitására vonatkozó

$$I = I_0 \exp \left\{ - \int_{\Gamma} a \, dl \right\}$$

egyenlet szolgál kiindulással, ahol I_0 az intenzitás a forrásnál, Γ a sugárút, a az abszorpciós tényező. I_0 ismeretében az intenzitás adatokból képezhetők a

$$\gamma_i = - \ln \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

mennyiségek, amelyek a tomográfiai módszerekkel invertálható

$$\int_{\Gamma_i} a \, ds = \gamma_i \quad (16)$$

egyenletrendszer írható fel [DINES, LYTTLE 1979]. Az eljárás feltételezi az I_0 intenzitás ismeretét, amely elsősorban az ultrahang tomográfiában valósulhat meg, akusztikus és még inkább szeizmikus mérések-nél I_0 rendszerint ismeretlen. Különösen igaz ez akkor, ha a hullám forrásaként robbantás szolgál. Ilyenkor a forrás rendszerint spektrálisan sem reprodukálható, így a mérések alapján a γ_i mennyiségek nem határozhatók meg.

Jelölje valamely szeizmikus átvilágítás során a K -ik forrásból az i -ik érzékelőhöz érkező szeizmikus jel Fourier-amplitúdóját $U_{ik}(\omega)$, amelyre jó közelítéssel teljesül az

$$U_{ik}(\omega) = F_k(\omega) C_i(\omega) G_{ik} A_{ik}(\omega)$$

egyenlet, ahol $F_k(\omega)$ a forrásereőség, $C_i(\omega)$ a geofon és környezete közötti csatolási tényező, G_{ik} a geometriai csillapodást leíró tényező és

$$A_{ik}(\omega) = \exp \left\{ - \int_{\Gamma_{ik}} a \, dl \right\}$$

a hullám abszorpcióját írja le. A mérést egyidőben több szeizmikus csatornán végezve egyet közülük, pl. az n -iket, amelyre az

$$U_{nk}(\omega) = F_k(\omega) C_n(\omega) G_{nk} A_{nk}$$

kifejezés teljesül, normalásra használhatunk és a forrásereőséget kiküszöbölve képezhetjük a

$$v_{ij}^{(n)}(\omega) = \frac{U_{ik}(\omega)}{U_{nk}(\omega)} = \frac{C_i(\omega)}{C_n(\omega)} \frac{G_{ik}}{G_{nk}} \exp \left\{ - \left[\int_{\Gamma_{ik}} a \, dl - \int_{\Gamma_{nk}} a \, dl \right] \right\}$$

mennyiségeket. A csatolási tényezők $C_i \approx C_n$ közelítő azonosságát feltételezve a

$$T_{ik}^{(n)} = - \ln \left(v_{ik}^{(n)} \frac{G_{nk}}{G_{ik}} \right)$$

jelölés bevezetésével az

$$\int_{\Gamma_{ik}} a \, dl - \int_{\Gamma_{nk}} a \, dl = T_{ik}^{(n)} \quad (17)$$

egyenletre jutunk. Ezzel az eljárással a (16) típusú egyenletek helyett a tomográfiai rekonstrukció alapjául olyan egyenletrendszert kapunk, amelyben egy adat (a normalás miatt) két sugárúthoz tartozik.

Hasonló egyenleteket írhatunk fel akkor is, ha a szeizmikus hullám abszolút futási ideje (pl. a szeizmikus műszer indítási hibája vagy az indítójel hiánya miatt) nem állapítható meg. Ekkor is lehetséges azonban az n -ik geofont referenciaként használva a

$$\Delta t_{ik}^{(n)} = t_{ik} - t_{nk}$$

időkülönbség mérése, amelyre a (17)-hez hasonló alakú

$$\int_{\Gamma_{ik}} s \, dl - \int_{\Gamma_{nk}} s \, dl = \Delta t_{ik}^{(n)} \quad (18)$$

egyenlet írható fel.

A (17), (18) egyenletek ún. kétsugaras tomográfia egyenletek, amelyeket a hagyományos tomográfiai algoritmusokkal nem lehet kezelni. A konjugált gradiens és a SIRT módszerek azonban könnyen módosíthatók úgy, hogy különbségi adatok inverziójára is alkalmasak legyenek. Hogy ezt belássuk, fel kell írunk a (17) egyenletek diszkretizált alakját, bázisfüggvényekként cellánként konstans függvényeket használva. A Γ_{ik} sugárúton az integrál a K index elhagyásával az

$$\int_{\Gamma_i} a \, dl = \sum_{j=1}^M D_{ij} a_j,$$

a Γ_{nk} sugárúton pedig

$$\int_{\Gamma_n} a \, dl = \sum_{j=1}^M D_{nj} a_j$$

alakban írható fel, ezért (17) a

$$\sum_{j=1}^M (D_{ij} - D_{nj}) a_j = T_i \quad (19)$$

diszkretizált formában állítható elő. Hasonló eljárással (18) a

$$\sum_{j=1}^M (D_{ij} - D_{nj}) s_j = \Delta t_i \quad (20)$$

egyenletet eredményezi. A (19), (20) kétsugaras tomográfiai egyenletek közös alakban

$$\sum_{j=1}^M A_{ij} x_j = b_i \quad (21)$$

szerint írhatók fel, ahol $A_{ij} = D_{ij} - D_{nj}$, b_i pedig értelemszerűen T_i vagy Δt_i .

Mivel a (21) egyenletrendszer a (2) egyenlet pontos megfelelője, az

$$\vec{r} = \vec{b} - \mathbf{A} \vec{x} \quad (22)$$

vektor normanégyszetének minimalizálásával a (4)-nek megfelelő

$$\mathbf{A}^T \mathbf{A} \vec{x} = \mathbf{A}^T \vec{b} \quad (23)$$

normálegyenletet kapjuk, amelynek megoldására ($\mathbf{D} \rightarrow \mathbf{A}$ helyettesítéssel) alkalmazhatjuk az 1.1.-ben ismertetett CGRAD eljárást.

A SIRT módszer különbségi integrálok kezelésére alkalmas algoritmusának kialakítása részletesebb megfontolást kíván. Amint ismeretes, az ART eljárás mint alulhatározott inverziós módszer feltételes szélsőérték számítási feladaton keresztül definiálható: minimalizálnunk kell a paraméter korrekció vektor normanégyszetét úgy, hogy a (22) szerint képzett

$$\delta r_i = \delta b_i - \sum_{j=1}^M (D_{ij} - D_{nj}) \delta x_j$$

mennyiségekre $\delta r_i = 0$ teljesüljön. Ez másként a

$$\varphi = \sum_{j=1}^M (\delta x_j)^2 + \lambda \left[\delta b_i - \sum_{j=1}^M (D_{ij} - D_{nj}) \delta x_j \right]^2$$

függvény minimalizálását követeli meg, ahol λ a Lagrange-féle multiplikátor. Az extrémum feltétele a

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_l} = 2\delta x_l - 2\lambda \delta r_i (D_{il} - D_{nl}) = 0$$

egyenletre vezet és teljesülni kell a

$$\delta b_i - \sum_{j=1}^M (D_{ij} - D_{nj}) \delta x_j = 0$$

egyenletnek is. Az egyenletrendszert megoldva a δx_j ART korrekcióra a

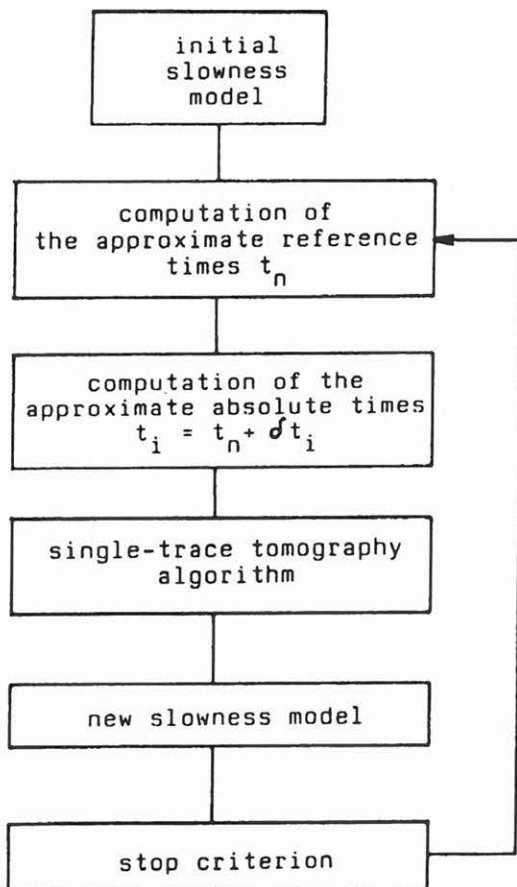
$$\delta x_j = \frac{D_{ij} - D_{nj}}{\sum_{k=1}^M (D_{ik} - D_{nk})^2} \delta b_i^{(q)}$$

kifejezést kapjuk. Ezekkel a korrekciókkal a SIRT algoritmus különbségi integráladatok inverziójára alkalmas változatát (D-SIRT) az

$$x_j^{(q+1)} = x_j^{(q)} + \frac{1}{Q_j} \sum_{i=1}^{Q_j} \frac{D_{ij} - D_{nj}}{\sum_{k=1}^M (D_{ik} - D_{nk})^2} \delta b_i^{(q)} \quad (24)$$

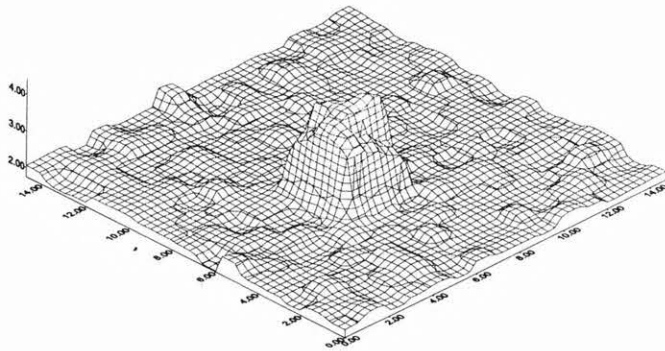
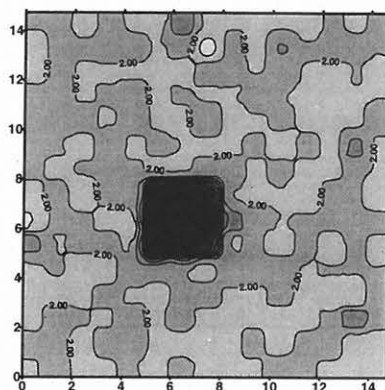
formulával definiálhatjuk.

A (22) egyenletrendszer konjugált gradiens módszerrel történő megoldása, ill. a (24) szerinti D-SIRT algoritmus alkalmazása esetén a (19), ill. (20) egyenletekben meghatározott kétsugárutas tomográfiai feladatot közvetlenül oldjuk meg. A 11. ábrán látható folyamatábrán egy közvetett eljárást mutatunk be, amely a kétsugárutas problémát iteratív úton visszavezeti hagyományos (egy sugárutas) tomográfiai problémára.



11. ábra. A kétsugárutas tomográfiai probléma visszavezetése hagyományos tomográfiai feladatra
Fig. 11. The flow chart of algorithm reducing the double trace tomography problem to an ordinary one

A különbségi adatok tomográfiai rekonstrukciójára bemutatott három módszer mindegyike az 1.1-ben és 1.2-ben ismertetett úton továbbfejleszhető úgy, hogy megfelelő súlyok alkalmazásával kiugró adatokkal szemben mutatott rezisztenciája megnövekedjék. A formulák automatikusan képezhetők, így azokat nem mutatjuk be. Ehelyett példaként a D-SIRT algoritmus MFV módszer szerinti súlyokkal súlyozott változata (MD-SIRT) által az 1. pontban végzett vizsgálatainkban használt II. adatrendszerből megfelelően előállított különbségi időadatokkal végrehajtott tomográfiai rekonstrukció eredményét mutatjuk be. A 12. ábra tanúsága szerint kiugró hibákkal terhelt különbségi integráladatok tomográfiai inverziója során is elfogadható eredmény kapható. Ez azt mutatja, hogy a súlyozott M-SIRT algoritmus kétsugaras változata is jelentős rezisztenciával rendelkezik a kiugró adatokra vonatkozóan.



M - DSIRT
Data error : 1% + outliers Model distances : 0.0502

12. ábra. Különbségi időadatok súlyozott SIRT rekonstrukciójának (MD-SIRT) eredménye
Fig. 12. The tomographic MD-SIRT inversion of the double trace data set containing Gaussian noise and outliers

3. Összefoglalás

A tanulmányban javaslatot tettünk a globális optimalizációból ismert Simulated Annealing módszer tomográfiai alkalmazására és bemutattuk a konjugált gradiens, a SIRT és a Simulated Annealing eljárások súlyozott változatát. A továbbfejlesztett tomográfiai

algoritmusok tesztelését szintetikus adatrendszeren végeztük. Összehasonlítva a csupán Gauss-eloszlású zaj mellett kiugró hibákat is tartalmazó adatokon végzett tomográfiai rekonstrukció eredményeit megállapítottuk, hogy az MFV (és hasonlóan a Cauchy) súlyokkal definiált M-CGRAD, M-SIRT és M-SA eljárások kiugró adatokkal szemben tanúsított rezisztenciája a hagyományos algoritmusokhoz képest jelentősen megnövekedett. A három bemutatott súlyozott tomográfiai eljárás közül a zajérzékenység szempontjából az M-SIRT módszer bizonyult legjobbnak. Mivel ennél az eljárásnál a súlyozás okozta többlet számítási idő (a SIRT-re vetítve) mindössze néhány %, ezért az M-SIRT algoritmus gyakorlati alkalmazásba vétele indokolt.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmányban bemutatott eredmények az OTKA által támogatott kutatások keretében születtek (OTKA nyilvántartási szám: 2385). A szerző köszönetét fejezi ki a támogatásért.

HIVATKOZÁSOK

- AMUNDSEN L. 1991: Comparison of the least-squares criterion and the Cauchy criterion in frequency-wavenumber inversion. *Geophysics* **56**, 2027-2035
- BISHOP T. N., BUBE K. P., CUTLER R. T., LANGAN R. T., LOVE P. L., RESNICK J. R., SHUEY R. T., SPINDLER D. A., WYLD H. W. 1985: Tomographic determination of velocity and depth in laterally varying media. *Geophysics* **50**, 903-923
- BOIS P., LA PORTE M., LAVERGNE M., THOMAS T. 1972: Well to Well Seismic Measurements. *Geophysics* **37**, 471-480
- BREGMAN N. D. 1986: Tomographic Inversion of Crosshole Seismic Data. Thesis of Doctorate of Philosophy, University of Toronto
- DINES K. A., LYTLE R. J. 1979: Computerized geophysical tomography. *Proc. IEEE* **67**, 1065-1073
- DOBRÓKA M. 1985: Szénteleges összletek inhomogenitásának és tektonikai zavarainak vizsgálata telephullámok abszorpciója útján. Kandidátusi értekezés. Miskolc
- DOBRÓKA M., DRESEN L., GELBKE C., RÜTER H. 1992: Tomographic inversion of normalized data — double-trace tomography algorithm. *Geophysical Prospecting* **40**, (In press)
- DOBRÓKA M. 1993: Tomographic reconstruction by means of normalized data — an approach to the channel wave tomography problem. *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geophysica et Meteorologica. Tomus IX.* Budapest. 51-78
- GUSTAVSSON M., IVANSSON S., MOREŇ P., JÖRGEN P. 1986: Seismic borehole tomography-measurement system and field studies, *Proc. IEEE*, **74**, 339-346
- HERING A., MISIEK R., GYULAI Á., ORMOS T., DOBRÓKA M., DRESEN L.: 1995. A joint inversion algorithm to process geoelectric and surface wave seismic data. Part I: basic ideas. *Geophysical Prospecting* **43**, 135-156
- IVANSSON S. 1985: A study of methods for tomographic velocity estimation in the presence of low-velocity zones. *Geophysics* **50**, 969-988
- KIRKPATRICK S., GELATT C. D., VECCHI M. P. 1983: Optimization by simulated annealing. *Science* **220**, 671
- KÖRMENDI A., BODOKY T., HERMANN L., DIANISKA L., KÁLMÁN T. 1986: Seismic measurements for safety in mines. *Geophysical Prospecting* **34**, 1022-1037
- LINES L., TREITEL S. 1984: A review of least-square inversion and its application to geophysical problems. *Geophysical Prospecting* **32**, 159-186
- LYTLE R. J., DINES K. A. 1980: Iterative ray tracing between boreholes for under-ground image reconstruction, *IEEE Trans. Geosci. remote Sensing*, GE-18, 234-240
- MASON I. 1981: Algebraic reconstruction of a two dimensional seismic channel wave velocity field in the High Hazles seam of Thoresby Colliery. *Geophysics* **46**, 298-308
- MENKE W. 1984: *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*, Academic Press, Orlando
- NOLET G. 1985: Solving or resolving inadequate and noisy tomographic systems, *J. Comp. Phys.* **61**, 463-482
- PETERSON J. E., PAULSSON B. N. P., MCEVILLY T. V. 1985: Applications of algebraic reconstruction techniques to cross-hole seismic data, *Geophysics*, **50**, 1566-1580
- SCALES J. A. 1987: Tomographic inversion via the conjugate gradient method. *Geophysics* **52**, 2, 179-185
- SCALES J. A., GERZTENKORN A., TREITEL S., LINES L. R. 1988: Robust optimization methods in geophysical inverse theory. 58th SEG meeting, Anaheim, Expanded Abstracts, 827-830
- STEINER F. 1988: Most frequent value procedures. (A short monograph). *Geophysical Transactions* **34**, 139-260
- STARK C., CLAYTON R. W. 1986: Analysis of the resolution between ambiguous velocity and reflector position for travelttime tomography, SEG Expanded Abstracts, 56th Annual International SEG Meeting
- VAN DER SLUIS A., VAN DER VORST H. A. 1987: Numerical solution of large, sparse linear algebraic systems arising from tomographic problems, in *Seismic Tomography*, ed. Nolet, G., 49-83, Reidel, Dordrecht
- WHITE D. J. 1989: Two-dimensional seismic refraction tomography, *Geophysical Journal* **97**, 223-245
- WONG J., HURLEY P., WEST G. F. 1983: Crosshole seismology and Seismic Imaging in Crystalline Rocks. *Geophys. Res. Lett.* **10**, 686-689

Dőlt réteges földtani szerkezetek geoelektromos kutatási lehetőségének vizsgálata analitikus előremodellezéssel¹

GYULAI ÁKOS²

A tanulmány áttekinti a különböző szerzők által dőlt réteges modellekre megadott, a potenciáltér leírására szolgáló egyenleteket. Bemutatja több geoelektromos mérési elrendezésre a látszólagos fajlagos ellenállás egyenleteket, az ezekkel számított szondázási görbéket, dőlés- és csapásirányú mérések látszólagos fajlagos ellenállás izovonalas szelvényét két- és többretegű modellekre. Paraméter-érzékenységeket definiál dőlt réteges modellekre és vizsgálja a különböző mérési elrendezéseket a paraméter-érzékenységek alapján, az optimális mérőrendszer kiválasztása céljából.

Á. GYULAI: Geoelectrical investigation of dipping beds with analytical forward modelling

The paper reviews potential field equations over dipping bed developed earlier. It presents apparent resistivity equations for different geoelectrical configurations. By means of them sounding curves, apparent resistivity sections are computed perpendicularly to the strike of structures containing at least two layers. Parameter sensitivities are defined for dipping beds and geoelectric configurations are investigated on the basis of parameter sensitivities to select optimum geoelectrical array for exploration.

Bevezetés

A földtani-geofizikai kutatások geoelektromos gyakorlatában bonyolultabb szerkezetek meghatározásánál gyakran élünk azzal a közelítéssel, hogy a két- vagy akár háromdimenziós szerkezeteket lokálisan egydimenziós problémák sorozataként kezeljük és oldjuk meg.

A sík párhuzamos rétegek kutatására kidolgozott egyenáramú módszerek jó összefoglalását adja KOEFOED [1979] mind az előremodellezések, mind az inverzió vonatkozásában. Ezekre a geoelektromos feladatokra sokféle analitikus megoldást dolgoztak ki, amelyek jórészt közismertek és problémát inkább csak a választékban való eligazodás jelenthet.

A sík párhuzamos réteges esettől eltérő, a földtani valóságot sokkal jobban megközelítő, bonyolultabb szerkezetek geoelektromos kutatására is dolgoztak ki analitikus megoldásokat. Sok egyenletet közöl és elméleti látszólagos fajlagos ellenállás görbeseregeket mutat be ALPIN et al. [1966]. Érdekes analitikus megoldást mutat be SZIGETI [1980], amely a konform leképezés módszerén alapul. Ezen számítások eredménye azt mutatja, hogy lépcsős, vetős, antiklinális szerkezetek, a dőlt rétegek olyan eltéréseket okoznak a sík párhuzamos modellhez képest, melyek alapján a mérési görbék analizálásával, a szerkezetek okozta torzító hatásokból következtetni lehet a földtani szerkezetekre (alakjára, helyére, dőlésére). Eddig azonban még nem dolgoztak ki a szerkezetek jellemző paramétereinek meghatározására alkalmas,

— analitikus előremodellezésen alapuló — inverziós eljárásokat, illetve nem terjedtek el ilyen módszerek.

Valószínű, hogy bonyolult földtani szerkezetek esetén tomográfiai mérési és feldolgozási módszerekkel lehet majd az eddigiekhez képest nagyobb pontosságú megoldásokat nyerni, és az is valószínű, hogy ebben az analitikus előremodellezés helyett más, például véges differenciás módszerek alkalmazása is szükséges.

Mégis célszerű dőlt réteges esetek analitikus előremodellezésével foglalkozni és vizsgálatokat végezni elsősorban a következők miatt:

- analitikus megoldásra alapozva szondázási mérési adatokból inverziós módszerrel becsülhetők többretegű modellekre a rétegparaméterek, közöttük például a rétegek dőlésszöge és dőlésiránya (csapásiránya);
- a bonyolultabb szerkezetek vízszintes és dőlt rétegek kombinációjával jól közelíthetők, ezért azok meghatározása várhatóan pontosabb lesz, ha a kiértékelést nemcsak lokálisan egydimenziós, hanem kétdimenziós megoldások sorozatával végezzük;
- a dőlt réteges modellekre nagy pontossággal számítható ki analitikusan a látszólagos fajlagos ellenállás eloszlása, amely alapján a mérési elrendezés laterális változásokra vonatkozó érzékenysége vizsgálható;
- numerikus módszerek (pl. véges differenciás) teszteléséhez pontos adatok számíthatók;
- nagy pontosságú adatok számíthatók különféle tomográfiai mérési elrendezésekre geoelektromos tomográfiai feldolgozáshoz. Az így végzett vizsgálatok alapján tesztelhetők az egyes mérési és feldolgozási módszerek.

¹ Beérkezett: 1995. április 26-án

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

1. A potenciál függvények dőlt réteges modellekre

1.1. Kétréteges modell dőlt határfelülettel

CHASTENET DE GERY és KUNETZ [1956] szerint kétréteges modellre dőlt határfelületnél sík felszín esetére (1., 2c. ábra) az első rétegben a potenciál:

$$U_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty A(t) \cosh \theta t dt \cdot \int_0^\infty \frac{\cos ts}{[z^2+r_0^2+r^2+2rr_0 \cosh s]^{1/2}} r ds \right\} \quad (1)$$

a második rétegben a potenciál:

$$U_2 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{2}{\pi} \int_0^\infty B(t) \cosh (\pi-\theta)t dt \cdot \int_0^\infty \frac{\cos ts}{[z^2+r_0^2+r^2+2rr_0 \cosh s]^{1/2}} ds \right\} \quad (2)$$

ahol

r_0 a forrás távolsága a vízszintes és a dőlt határfelület metszéspontjától (továbbiakban sarokvonaltól),

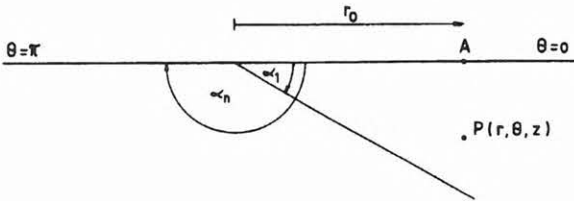
r, θ, z a P (potenciál pont) koordinátái,

R a P pont távolsága a forrástól,

α_1 a dőlt réteghatár sík felszínrel bezárt szöge,

θ 0 és π között változik, 0 az első réteg felszínén,

π a második réteg felszínén.



1. ábra. Kétréteges dőlt modell
Fig. 1. Dipping bed model

$A(t)$ és $B(t)$ a rétegparamétereket tartalmazó függvények, amelyek beírásával CHASTENET DE GERY és KUNETZ [1956] megadja az első réteg vízszintes felszínén elhelyezett forrásra az U_1 potenciált ugyancsak az első rétegben:

$$U_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + \frac{2k_{21}}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sinh (\pi-\alpha_1) 2t \cosh \theta t}{\sinh \pi t - k_{21} \sinh (\pi-2\alpha_1)t} dt \cdot \int_0^\infty \frac{\cos ts}{[z^2+r_0^2+r^2+2r_0r \cosh s]^{1/2}} ds \right\} \quad (3)$$

és az U_2 potenciált a vízszintes felszínű második rétegben:

(ld. I. táblázat (4) képlet).

A szerző továbbá megmutatja, hogy amennyiben $0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$ és $\theta = 0$, továbbá $\alpha_1 = \frac{\pi}{2N}$ (ahol N egész szám), akkor

(ld. I. táblázat (5) képlet).

Amennyiben $|k_{21}| = 1$, akkor az (5) egyszerűsödik:

$$U_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + \frac{k_{21}^N}{[z^2+(r_0+r)^2]^{1/2}} + 2 \sum_{n=1}^{N-1} \frac{k_{21}^n}{[z^2+r_0^2+r^2-2rr_0 \cos 2n\alpha_1]^{1/2}} \right\} \quad (6)$$

KOEFOED [1979] a 232-233. oldalon $|k_{21}| = 1$ esetre az alábbi egyenletekkel adja meg a potenciált:

$$z_n = w \sin (2n\alpha_1) \quad (7)$$

$$x_n = w [\cos (2n\alpha_1)-1] \quad (8)$$

$$U_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{\sqrt{x_p^2+y_p^2}} + (2-\delta) \sum_{n=1}^{m/2} \frac{k_{21}^n}{\sqrt{(x_p-x_n)^2+y_p^2+z_n^2}} \right\} \quad (9)$$

ahol

$\delta = 1$, ha $n=m/2$ és 0 minden más esetben, w a forrás távolsága a sarokvonaltól (a rétegtávástól),

α_1 dőlésszög, $\alpha_1 = \frac{\pi}{2N}$ (N egész szám),

x_p és y_p a potenciál pont (mérőpont) koordinátái. Átalakítva a törtek nevezőjét kapjuk, hogy

$$U_1 = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + \frac{k_{21}^N}{[y^2+(x_0+x)^2]^{1/2}} + 2 \sum_{n=1}^{N-1} \frac{k_{21}^n}{[x^2+x_0^2+y^2-2xx_0 \cos (2n\alpha_1)]^{1/2}} \right\} \quad (10)$$

A (6) és (10) csak a koordináta-rendszerek közötti különbségekből adódó jelölésbeli eltérést mutatja.

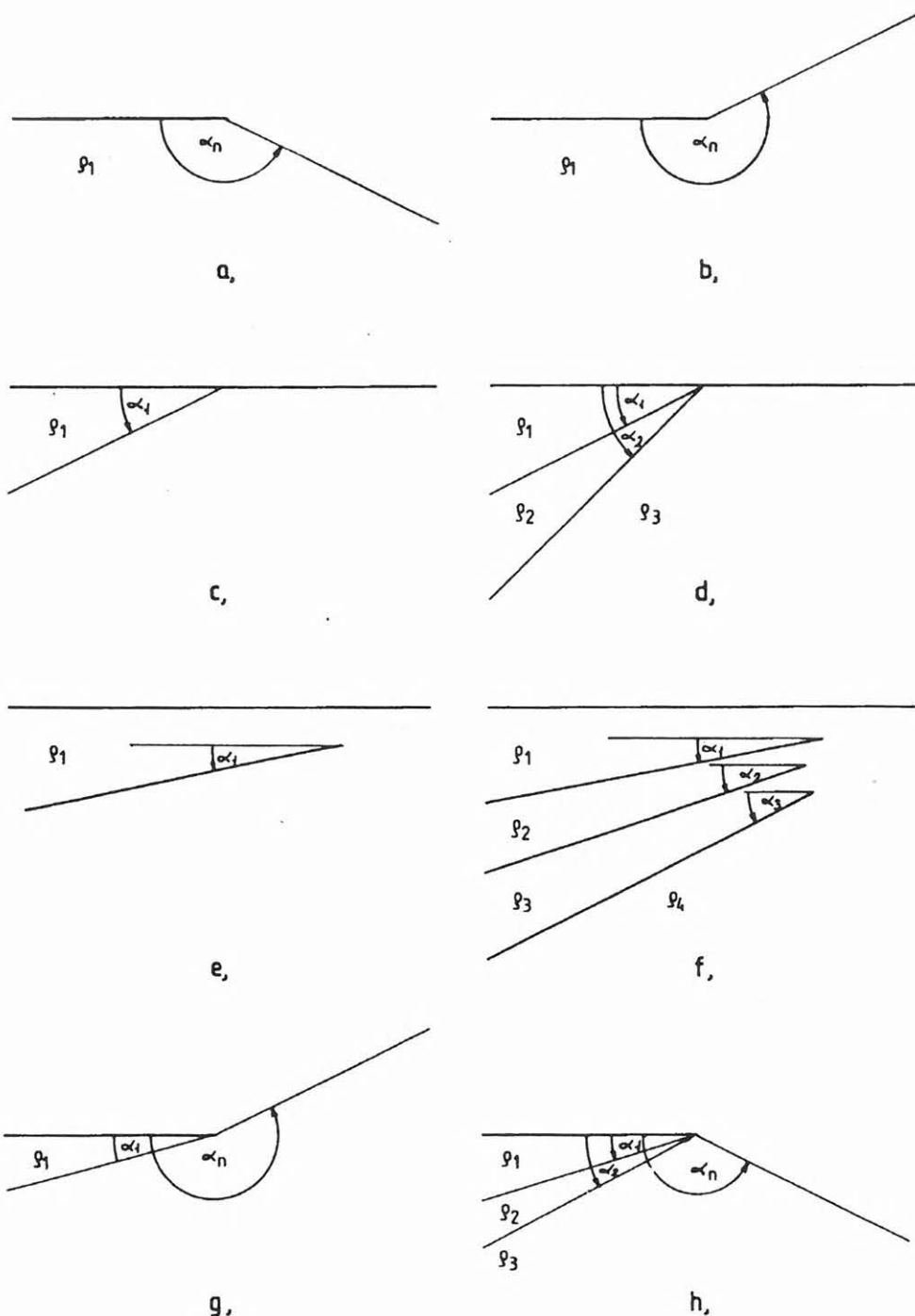
A (6) vagy (10) alkalmazásának előnye az egyszerű és a gyors számíthatóság, különösen nagyobb dőlésszög esetén. Hátránya, hogy nem alkalmazható tetszőleges α_1 szögekre és fajlagos ellenállás kontrasztokra.

$$U_2 = \frac{Ie_1}{2\pi} \left\{ \frac{1+k_{21}}{R} + \frac{2k_{21}(1+k_{21})}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sinh(\pi-2\alpha_1)t \cosh(\pi-\theta)t}{\sinh \pi t - k_{21} \sinh(\pi-2\alpha_1)t} dt \cdot \int_0^{\infty} \frac{\cos ts}{[z^2+r^2+r_0^2+2rr_0 \cosh s]^{1/2}} ds \right\} \quad (4)$$

$$U_1 = \frac{Ie_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + \frac{k_{21}^N}{[z^2+(r_0+r)^2]^{1/2}} + 2 \sum_{n=1}^{N-1} \frac{k_{21}^n}{[z^2+r_0^2+r^2-2r_0r \cos 2n\alpha_1]^{1/2}} - \frac{2(1-k_{21}^2)}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sum_{n=1}^{N-1} k_{21}^n \sinh 2n\alpha_1 t}{\sinh \pi t - k_{21} \sinh(\pi-2\alpha_1)t} dt \cdot \int_0^{\infty} \frac{\cos ts}{[z^2+r_0^2+r^2+2rr_0 \cosh s]^{1/2}} ds \right\} \quad (5)$$

$$e_a(e_1s\sigma) = e_1 \left\{ 1 + \frac{R \cdot k_{21}^N}{[R^2+4r(r-R \cos \beta)]^{1/2}} + 2R \sum_{n=1}^{N-1} \frac{k_{21}^n}{[R^2+2r(r-R \cos \beta)(1-\cos 2n\alpha_1)]^{1/2}} \right\} -$$

$$- \frac{2R}{\pi} (1-k_{21}^2) \int_0^{\infty} \frac{\sum_{n=1}^{N-1} k_{21}^n \sinh 2n\alpha_1 t}{\sinh \pi t - k_{21} \sinh(\pi-2\alpha_1)t} dt \cdot \int_0^{\infty} \frac{\cos ts}{[R^2+2r(r-R \cos \beta)(1+\cosh s)]^{1/2}} ds \quad (24)$$



2. ábra. Dőlt réteges modellek
Fig. 2. Models for dipping beds

1.2. Többréteges modell dőlt határfelületekkel

Az $A(r_0, \theta_0, 0)$ forrás potenciálja a $P(r, \theta, z)$ pontban az alábbi egyenlettel írható le a 2h. ábrán bemutatott modellre [HMELEVSZKOJ, BONDARENKO 1989, SKABARNYA, SZEVOZTJANENKO 1985]:

$$U(P) = \frac{I\rho_i\omega}{2\pi R} + \frac{I}{2\pi\sqrt{r\cdot r_0}} \int_0^\infty \frac{f_k(\theta, t)}{\cosh \pi t} P(\cosh \delta) dt \quad (11)$$

ahol

I a bemenő áram,
 ρ_i fajlagos ellenállás,
 ω az A és B pontok elhelyezkedésétől függő koeficiens. Ha az A forrás az első réteg felszínén, és P pont ugyanebben a rétegben van, akkor $\omega = 1$, míg ha a két pont különböző rétegek felszínén van, $\omega = 0$,

$$R = (r_0^2 + r^2 + 2rr_0 \cos(\theta - \theta_0)).$$

Az első réteg felszínén a potenciál ($\theta = 0$):

$$U_1(r,0,z) = \frac{I\rho_1}{2\pi [(r-r_0)^2+z^2]^{1/2}} + \frac{I}{2\pi\sqrt{r\cdot r_0}} \int_0^\infty \frac{f_1(t)}{\cosh \pi t} P(\cosh \delta) dt \quad (12)$$

$$U_1(r,z,0) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + \frac{2}{\pi} \int_0^\infty f_1(t) dt \cdot \int_0^\infty \frac{\cos ts}{[r^2+r_0^2+z^2+2rr_0 \cosh s]^{1/2}} ds \right\} \quad (21)$$

és

A második réteg felszínén a potenciál ($\theta = \alpha_n$):

$$U_2(r,\alpha_n,z) = \frac{I\rho_1}{2\pi\sqrt{r\cdot r_0}} \int_0^\infty \frac{f_2(t)}{\cosh \pi t} P(\cosh \delta) dt \quad (13)$$

$$U_2(r,z,\alpha_n) = \frac{I\rho_1}{\pi^2} \int_0^\infty f_2(t) dt \cdot \int_0^\infty \frac{\cos ts}{[r^2+r_0^2+z^2+2rr_0 \cosh s]^{1/2}} ds \quad (22)$$

ahol $f_1(t) = \frac{\rho_1 T(t)}{Y(t)} \quad (14)$

$$f_2(t) = \rho_1 \frac{(1+k_{21}) \cdot (1+k_{32}) \dots (1+k_{n,n-1}) \sinh \pi t}{Y(t)} \quad (15)$$

$$k_{ij} = \frac{\rho_i - \rho_j}{\rho_i + \rho_j} \quad (16)$$

Az $Y(t)$ és $T(t)$, a rétegparamétereket tartalmazó függvények, háromréteges modellre a következők szerint határozhatók meg:

$$T(t) = -\sinh(\alpha_n - \pi)t + k_{21} \sinh(\alpha_n + \pi - 2\alpha_1)t + k_{32} \sinh(\alpha_n + \pi - 2\alpha_2)t - k_{21}k_{32} \sinh(\alpha_n - \pi + 2\alpha_1 - 2\alpha_2)t \quad (17)$$

$$Y(t) = \sinh \alpha_n t - k_{21} \sinh(\alpha_n - 2\alpha_1)t - k_{32} \sinh(\alpha_n - 2\alpha_2)t + k_{21}k_{32} \sinh(\alpha_n + 2\alpha_1 - 2\alpha_2)t \quad (18)$$

A $P(\cosh \delta)$ függvény a

$$P(\cosh \delta) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cosh \pi t \int_0^\infty \frac{\cos ts}{\sqrt{\cosh \delta + \cosh s}} ds \quad (19)$$

$$\cosh \delta = \frac{r^2 + r_0^2 + y^2}{2rr_0} \quad \text{-ből} \quad (20)$$

határozható meg.

A (19), (20)-at behelyettesítve a (12), (13)-ba kapjuk, hogy:

ahol $f_1(t)$, és $f_2(t)$ a (14)–(18)-cal számítható ki.

A (21), (22) és az (1), (2) hasonlósága szembeötölő. A CHASTENET DE GERY és KUNETZ [1956]-nál szereplő $A(t)$ és $B(t)$ függvények azonban csak sík felszínre és kétréteges esetre adottak, míg az $f_1(t)$, $f_2(t)$ függvények egy pontból (sarokvonalból) kiinduló sokréteges modellre vannak megadva (ez értelemszerűen magában foglalja az előbbi egyszerűbb esetet), és az n . rétegre a sík felszínnel α_n törésszöveget bezáró megtört dőlt felszínt is megengednek. Az (1), (2) viszont annyival több a (21), (22)-nél, hogy azok a θ -tól való függést is tartalmazzák. A θ -tól való függés átvezethető a (21)-be és (22)-be azzal, hogy dőlt felszín esetén U_2 -nél $\cosh(\pi - \theta)t$ helyett $\cosh(\alpha_n - \theta)t$ tényező szerepel.

2. A látszólagos fajlagos ellenállás számítási felszíni mérési elrendezésekre

2.1. A látszólagos fajlagos ellenállás értéke kétréteges, dőlt határfelületű modellre

Ebben a fejezetben az 1. ábra és a 2c. ábra szerinti modellre az (5)-tel megadott potenciálból kiindulva adjuk meg a látszólagos fajlagos ellenállás egyenleteket az első réteg felszínén elhelyezett mérési elrendezésekre. Az első és második réteg felszínén végzett mérések a fajlagos ellenállások a 2.2. fejezetben bemutatott egyenletekkel számíthatók a $k_{32} = 0$ helyettesítés után. Bár az (5) csak speciális kétréteges modellekre alkalmazható, ezekben az esetekben érdemes a fajlagos ellenállások kiszámítását erre alapozni, ugyanis, ahogy azt már az 1.1. fejezetben említettük, $|k_{21}| = 1$ esetén egyszerű és gyors számítást tesz lehetővé. Továbbá a $|k_{21}| \neq 1$ -nél az egyenletben szereplő integrálok pontosabban határozhatók meg numerikus módszerekkel, mint az általános esetben leíró integrálok.

Kételektől elrendezésnél a látszólagos fajlagos ellenállás értéke a

$$\rho_a = 2\pi R \left(\frac{U}{I} \right) \quad \text{-vel} \quad (23)$$

határozható meg.

Legyen az M mérőelektroda helye rögzített és változtassuk a dőlésirányhoz képest ($180 \pm \beta$) irányban R -távolságra levő A áramelektroda helyzetét.

Ha $\alpha_n = \pi$ és $0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$, továbbá $\alpha_1 = \frac{2\pi}{2N}$ és mindkét elektroda az első réteg felszínén helyezkedik el, akkor az (5) és (23)-ból

(ld. I. táblázat (24) képlet).

Ha $k_{21} = \pm 1$, akkor egyszerűsödik a ρ_a kiszámítása (lásd (6)).

Háromelektrodás elrendezésre (A áramelektroda és M, N mérőelektrodák)

$$\rho_a = k \cdot \frac{\Delta U}{I}, \quad (25)$$

ahol

$$\Delta U = U_A^M - U_A^N, \quad (26)$$

$$k = \frac{2\pi r_{AM} \cdot r_{AN}}{r_{AN} - r_{AM}} \quad (27)$$

A (25), (26), (27)-tel és az (5)-tel tetszőleges helyzetű háromelektrodás mérésekre kiszámíthatók a ρ_a értékek.

Ha az \overline{MN} távolság kicsi az \overline{AM} távolsághoz képest, akkor a ρ_a -t egyszerűbb differenciálással meghatározni a potenciálfüggvényből.

$$\rho_a = \frac{2\pi R^2}{I} \left(- \frac{dU}{dR} \right) \quad (28)$$

Ha $\alpha_n = \pi$ és $0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$, továbbá $\alpha_1 = \frac{2\pi}{2N}$ és az első réteg felszínén helyezkednek el az A, M, N elektrodák, akkor az (5)-ből és a (28)-ból

(ld. II. táblázat (29) képlet),

ahol R az A távolsága az MN középtől (terítéstávolság).

Schlumberger-elrendezésre a látszólagos fajlagos ellenállás β és $\beta + \pi$ irányú háromelektrodás terítésekre számított értékek átlagából határozható meg.

Dipól radiális elrendezésre a dőlésiránnyal $\pi \pm \beta$ és $2\pi \pm \beta$ szöget bezáró terítésre az (5)-ből

$$\rho_a = \frac{\pi R^3}{I} \cdot \frac{d^2 U}{dR^2} \quad \text{-tel} \quad (30)$$

számíthatjuk a látszólagos fajlagos ellenállásokat, ahol R a két dipólközéppont távolsága.

Ha $\alpha_n = \pi$ és $0 < \alpha_1 < \frac{\pi}{2}$, továbbá $\alpha_1 = \frac{2\pi}{2N}$ és a mérés az első réteg felszínén van, akkor

(ld. II. táblázat (31) képlet).

Dipól-dipól elrendezésre általános helyzetű dipólokra a (5), (25), (32), (33)-mal lehet a látszólagos fajlagos ellenállást meghatározni:

$$\Delta U = (U_A^M - U_A^N) (U_B^M - U_B^N), \quad (32)$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BM}} + \frac{1}{r_{BN}}}. \quad (33)$$

2.2. A látszólagos fajlagos ellenállás többréteges, dőlt határfelületű modellekre

A (14), (15), (16), (17), (18), (21), (22) olyan α_1, α_2 dőlésű háromréteges modellekre (2d., 2h. ábra) adja meg a potenciál értékét, amelynél a harmadik réteg α_n szöget zár be a vízszintes felszínnel. Amennyiben $\alpha_n < \frac{\pi}{2}$, akkor értelemszerűen egy olyan négyréteges modellt is kiszámíthatunk ezekkel az egyenletekkel, amelynél a legutolsó, $\alpha_n = \alpha_3$ dőlésű réteg $\rho_4 = \infty$ fajlagos ellenállással rendelkezik (2f. ábra). A $k_{32} = 0$ -val kétréteges és $k_{32} = k_{21} = 0$ -val egyréteges (homogén), de tört felszín esetére határozható meg a látszólagos fajlagos ellenállás értéke.

A (14)–(22)-ből a 2.1. fejezetben leírt módon felírhatjuk a látszólagos fajlagos ellenállás kiszámítására szolgáló egyenleteket.

Kételektrodás elrendezésre a látszólagos fajlagos ellenállás:

(ld. III. táblázat (34) képlet)

(ld. III. táblázat (35) képlet)

ahol

$$R^* = \left\{ (r/\cos \beta)^2 + (R-r/\cos \beta)^2 - 2r/\cos \beta (R-r/\cos \beta) \cos \alpha_n \right\} \quad (36)$$

és

$$a = \alpha_n - \pi, \quad b = \alpha_n + \pi - 2\alpha_1, \quad c = \alpha_n + \pi - 2\alpha_2, \\ e = \alpha_n - \pi + 2\alpha_1 - 2\alpha_2, \quad f = \alpha_n, \quad g = \alpha_n - 2\alpha_1, \quad (37)$$

$$h = \alpha_n - 2\alpha_2, \quad i = \alpha_n - 2\alpha_1 - 2\alpha_2$$

jelöléseket alkalmaztuk.

Háromelektrodás elrendezésre a (14)–(18)-ből és (21), (22)-ből a (25), (26), (27)-tel kiszámíthatjuk a látszólagos fajlagos ellenállás értékeit az első réteg és az első–második réteg felszínén végzett mérésekre. Egy másik lehetőség, hogy a (14)–(18)-ból és a (21) és (22)-ből a (28) szerint határozzuk meg a ρ_a egyenleteket. A következőkben ezzel a módszerrel meghatározott, a látszólagos fajlagos ellenállások kiszámítására szolgáló egyenleteket mutatjuk be.

$$e_a(els\sigma) = e_1 \left\{ 1 + \frac{R^2(R+2r\cos\beta - 2R\cos^2\beta) \cdot k_{21}^N}{[R^2 + 4r(r - R\cos\beta)]^{3/2}} + 2R^2 \sum_{n=1}^{N-1} \frac{[R + (r - R\cos\beta)\cos\beta(1 - \cos 2n\alpha_1)] \cdot k_{21}^n}{[R^2 + 2r(r - R\cos\beta)(1 - \cos 2n\alpha_1)]^{3/2}} - \right.$$

(29)

$$\left. - \frac{2R^2(1 - k_{21}^2)}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sum_{n=1}^{N-1} k_{21}^n \sinh 2n\alpha_1 t}{\sinh \pi t - k_{21} \sinh(\pi - 2\alpha_1)t} dt \cdot \int_0^\infty \frac{[R + (r - R\cos\beta)\cos\beta \cdot (1 + \cosh s)] \cos ts}{[R^2 + 2r(r - R\cos\beta) \cdot (1 + \cosh s)]^{3/2}} ds \right\}$$

$$e_1(els\sigma) = e_1 \left\{ 1 - \frac{R^3(1 - 2\cos^2\beta) k_{21}^N}{2[R^2 + 4r(r - R\cos\beta)]^{3/2}} + \frac{3R^3(R^2 - 2R^2\cos^2\beta - 4r^2\cos^2\beta + 4rR\cos^3\beta) k_{21}^N}{2 \cdot [R^2 + 4r(r - R\cos\beta)]^{3/2}} - R^3 \sum_{n=1}^{N-1} \frac{1 - \cos^2\beta(1 - \cos 2n\alpha_1) k_{21}^n}{[R^2 + 2r(r - R\cos\beta) \cdot (1 - \cos 2n\alpha_1)]^{3/2}} + \right.$$

$$\left. + 3R^3 \sum_{n=1}^{N-1} \frac{[R - r\cos\beta(1 - \cos 2n\alpha_1)] \cdot [R + (r - R\cos\beta)\cos\beta(1 - \cos 2n\alpha_1)] k_{21}^n}{[R^2 + 2r(r - R\cos\beta)(1 - \cos 2n\alpha_1)]^{3/2}} - \frac{(1 - k_{21}^2)R^3}{\pi} \int_0^\infty \frac{[-1 + \cos^2\beta(1 + \cosh s)]}{[R^2 + 2r(r - R\cos\beta)(1 + \cosh s)]^{3/2}} ds \right\} \quad (31)$$

$$+ \left. \frac{3[R - r\cos\beta(1 + \cosh s)] \cdot [R + (r - R\cos\beta)\cos\beta(1 + \cosh s)]}{[R^2 + 2r(r - R\cos\beta) \cdot (1 + \cosh s)]^{3/2}} \cos ts ds \cdot \int_0^\infty \frac{\sum_{n=1}^{N-1} k_{21}^n \sinh 2n\alpha_1 t}{\sinh \pi t - k_{21} \sinh(\pi - 2\alpha_1)t} dt \right\}$$

II. táblázat.
Table II.

$$e_a(els\bar{o}) = e_1 \left\{ 1 + \frac{2R}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{-\sinh at + k_{21} \sinh bt + k_{32} \sinh ct + k_{21} k_{32} \sinh et}{\sinh ft - k_{21} \sinh gt - k_{32} \sinh ht + k_{21} k_{32} \sinh it} dt \cdot \left. \int_0^{\infty} \frac{\cos ts}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 + \cosh s)]^{1/2}} ds \right\} \quad (34)$$

$$e_a(els\bar{o} - harmadik) = \frac{2e_1 R^* (1 + k_{21})(1 + k_{32})}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{\sinh \pi t}{\sinh ft - k_{21} \sinh gt - k_{32} \sinh ht + k_{21} k_{32} \sinh it} dt \cdot \int_0^{\infty} \frac{\cos ts}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 - \cosh s)]^{1/2}} ds, \quad (35)$$

$$e_a(els\bar{o}) = e_1 \left\{ 1 + \frac{2R^2}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{-\sinh at + k_{21} \sinh bt + k_{32} \sinh ct - k_{21} k_{32} \sinh et}{\sinh ft - k_{21} \sinh gt - k_{32} \sinh ht + k_{21} k_{32} \sinh it} dt \cdot \left. \int_0^{\infty} \frac{[R + (r - R \cos \beta) \cdot \cos \beta(1 + \cosh s)] \cos ts}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 + \cosh s)]^{3/2}} ds \right\} \quad (38)$$

$$e_a(els\bar{o} - harmadik) = e_1 \frac{2R^{*2}}{\pi} (1 + k_{21})(1 + k_{32}) \cdot \int_0^{\infty} \frac{\sinh \pi t}{\sinh ft - k_{21} \sinh gt - k_{32} \sinh ht + k_{21} k_{32} \sinh it} dt \cdot \left. \int_0^{\infty} \frac{[R + (r - \cos \beta) \cos \beta(1 - \cosh s)] \cos ts}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 - \cosh s)]^{3/2}} ds \right\}, \quad (39)$$

(Ld. III. táblázat (38) képlet),

ahol a, b, c, e, f, g, h, i értékek a (37)-tel számíthatók.

(Ld. III. táblázat (39) képlet),

ahol R^* a (36)-tal, az f, g, h, i értékek pedig a (37)-tel számíthatók.

Schlumberger-elrendezésre a $\rho_a(\text{első})$ és $\rho_a(\text{első-harmadik})$ értékeit a „dőlésben fel” β irányú és „dőlésben le” ($\beta + \pi$) irányú háromelektrodás mérések átlagából számíthatjuk ki.

Radiális dipól elrendezésre a (14)—(18)-ból és (21), (22)-ből a (30)-cal határozhatjuk meg a látszólagos fajlagos ellenállás értékét.

(Ld. IV. táblázat (40) képlet),

ahol az $a-i$ értékek a (37)-tel számíthatók.

(Ld. IV. táblázat (41) képlet),

ahol R^* a (36)-tal, az $f-i$ értékek a (37)-tel számíthatók.

3. A látszólagos fajlagos ellenállások és paraméter-érzékenységek vizsgálata dőlt többréteges modelleknél

3.1. Látszólagos fajlagos ellenállások két- és többréteges modellekre

A geoelektromos módszereken belül több mérési elrendezés alkalmazása terjedt el. Ismert, hogy a különböző elrendezésekkel mérhető látszólagos fajlagos ellenállások nagymértékben függenek az alkalmazott mérési módszertől és másként érzékelik a geofizikai modell megváltozásait. Többréteges egydimenziós modellre mutat szondázási görbéket kételektrodás, Schlumberger- és radiális dipól elrendezésre HERING et al. [1995]. A szerzők bemutatják, hogy nemcsak a görbék lefutásában van eltérés, hanem az egyes szondázások paraméter-érzékenységeiben is.

A dolgozatban bemutatjuk, hogy az egyes mérési módszerek látszólagos fajlagos ellenállás értékei még nagyobb mértékben eltérnek egymástól dőlt réteges modelleknél. Ezeknél a mérés azimutja is jelentősen befolyásolja a látszólagos fajlagos ellenállásokat. Nézzünk először kétréteges modellre példákat a 3—6. ábrákon. Ezeket kételektrodás, háromelektrodás, Schlumberger- és dipól radiális elrendezésre számított látszólagos fajlagos ellenállás izovonalas szelvények láthatók. A kétréteges modell: $\rho_1 = 10 \Omega\text{m}$, $\rho_2 = 10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1 = 30^\circ$. A látszólagos fajlagos ellenállás izovonalakat az ún. vonatkozási pontokban ábrázolt értékek alapján szerkesztettük. A vonatkozási pontokat a kételektrodás elrendezésnél (A az áramelektroda, M a mérőelektroda, N és $B \rightarrow \infty$) az AM távolság közepe alatt $\overline{AM} = \overline{R}$ távolság-

ban vettük fel. Ezzel a vonatkozási pont rendszerrel sem az A , sem az M nem kap kitüntetett szerepet, másrészt ezen a módon a „dőlésben fel” és „dőlésben le” mérési adatok közös szelvényben ábrázolhatók. Háromelektrodás méréseknél és Schlumberger-elrendezésnél a vonatkozási pontokat az MN középpontja alatt \overline{R} távolságban vettük fel. A dipól méréseknél kétféle vonatkoztatási pontrendszerrel is ábrázoltuk a látszólagos fajlagos ellenállásokat. Az egyiknél MN középpontja alatt \overline{R} mélységekben, a másiknál az \overline{R} távolságok közepénél $\overline{R}/2$ mélységekben vannak a vonatkozási pontok. A gyakorlatban az utóbbi módszert alkalmazzuk, mivel ilyen módon egyik dipól sem kap kitüntetett szerepet és vízszintes rétegződésnél így kapunk a Schlumberger-elrendezéshez leginkább hasonló szelvényt.

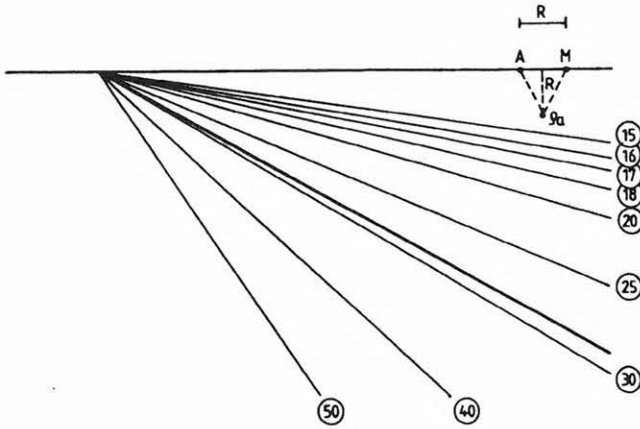
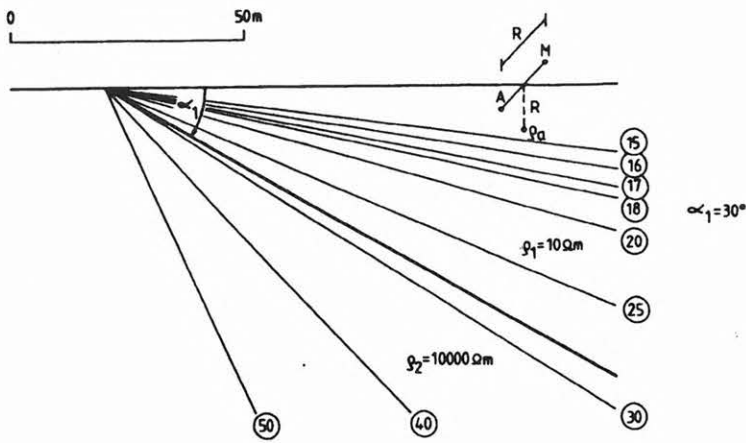
Az ábrák „dőlésben fel”, „dőlésben le” és csapásirányú mérésekre mutatnak be izovonalas szelvényeket. A látszólagos fajlagos ellenállás izovonalai mindegyik elrendezésnél a felszíni metszéspontból (sarokvonalból) indulnak ki és szétterülnek a dőlés irányában. Szembeötlük a különböző elektróda elrendezésre kapott látszólagos fajlagos ellenállások nagy eltérése. A további fontosabb észrevételeink:

- A kételektrodás elrendezésnél kis mélységeknél nagy látszólagos fajlagos ellenállások adódnak (3. ábra). Az összes mérési módszer közül a legnagyobb behatolást mutatja ez a mérés. A pozitív fajlagos ellenállás kontraszt minden pontban a látszólagos fajlagos ellenállások növekedését okozza. A réteghatárnál az értékek 2,5–3-szor nagyobbak, mint az első réteg fajlagos ellenállása. A csapásirányú méréseknél a „dőlésben fel” és „dőlésben le” mérések látszólagos fajlagos ellenállásai közé esnek az értékek.
- A háromelektrodás elrendezésnél (4. ábra) a pozitív fajlagos ellenállás kontraszt a „dőlésben fel” mérésnél jelentős látszólagos fajlagos ellenállás növekedést okoz. A „dőlésben le” elrendezésnél növekvő behatolással csökkenő látszólagos fajlagos ellenállások adódnak, negatív fals anomália jelentkezik.
- A Schlumberger-elrendezés (5. ábra) csapásirányú szelvénye értelemszerűen megegyezik a háromelektrodás elrendezésével. A dőlésirányú méréseknél a látszólagos fajlagos ellenállások értéke a háromelektrodás elrendezés „dőlésben fel” és „dőlésben le” értékeinek átlaga.
- A dipól radiális elrendezésnél (6. ábra) „dőlésben fel” és „dőlésben le” is csökken a látszólagos fajlagos ellenállás ennél a rétegdőlésnél a nagy fajlagos ellenállású dőlt réteg hatására. Ez a negatív fals anomália különösen jelentős a rétegtöbbség (sarokvonal) környezetében levő dipólokhoz tartozóan. A csapásirányú mérések viszont jól jelzik a nagy fajlagos ellenállású réteget a látszólagos fajlagos ellenállás megnövekedésével. Kisebb behatolásoknál az emelt fajlagos ellenállású zónát megelőzi az első réteg fajlagos ellenállásánál alacsonyabb látszólagos fajlagos ellenállású zóna (hasonlóan a síkreteges modellhez). Ennek a fals anomáliának az értéke azonban csak mintegy 2—3%.

$$\begin{aligned}
 \varrho_a(\text{első}) = \varrho_1 \left\{ 1 + \frac{R^3}{\pi} \int_0^\infty \frac{-\sinh at + k_{21} \sinh bt + k_{32} \sinh ct + k_{21} k_{32} \sinh et}{\sinh ft - k_{21} \sinh gt - k_{32} \sinh ht + k_{21} k_{32} \sinh it} dt \right. \\
 \left. + \int_0^\infty \frac{-1 + \cos^2 \beta (1 + \cosh s)}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 + \cosh s)]^{3/2}} ds \right. \\
 \left. + \frac{3(R - r \cos \beta)(1 + \cosh s)(R + (r - \cos \beta) \cos \beta (1 + \cosh s))}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 + \cosh s)]^{3/2}} \right\} \cos ts ds,
 \end{aligned}
 \tag{40}$$

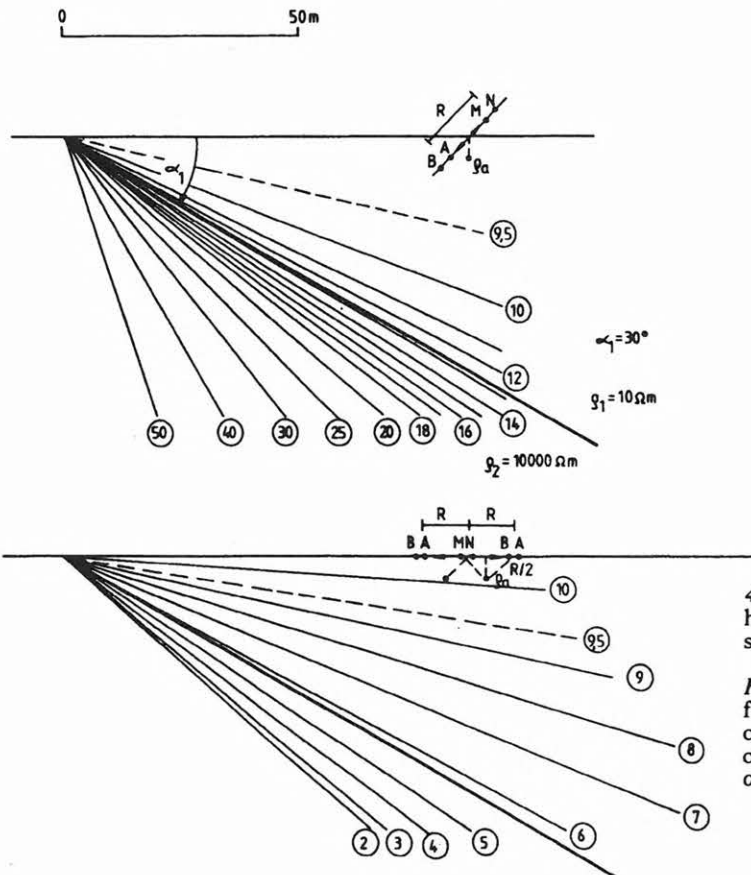
$$\varrho_a(\text{első - harmadik}) = \varrho_1 \frac{(1 + k_{21})(1 + k_{32})R^3}{\pi} \int_0^\infty \frac{\sinh \pi t}{\sinh ft - k_{21} \sinh gt - k_{32} \sinh ht + k_{21} k_{32} \sinh it} dt.$$

$$\int_0^\infty \left[\frac{-1 + \cos^2 \beta (1 - \cosh s)}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 - \cosh s)]^{3/2}} + \frac{3(R - r \cos \beta)(1 - \cosh s)(R + (r - R \cos \beta) \cos \beta (1 - \cosh s))}{[R^2 + 2r(r - R \cos \beta)(1 - \cosh s)]^{3/2}} \right] \cos ts ds,
 \tag{41}$$



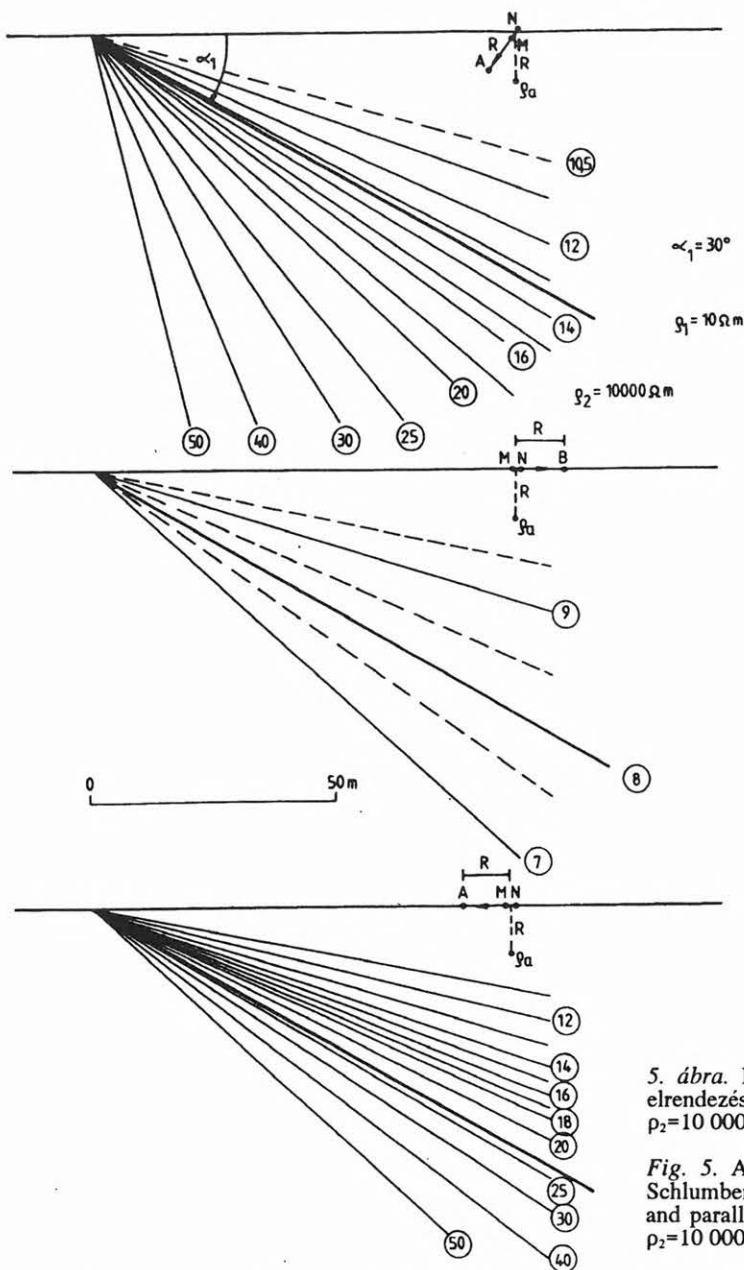
3. ábra. Dőlés- és csapásirányú kételektrodás mérési elrendezés izovonalas szelvénye; $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$

Fig. 3. Apparent resistivity sections on the basis of pole-pole profile measurements oriented perpendicular and parallel to the strike of a dipping bed with dip $\alpha_1=30^\circ$, and $\rho_1=10 \Omega\text{m}$ and $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$



4. ábra. Dőlés- és csapásirányú háromelektrodás mérési elrendezés izovonalas szelvénye; $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$

Fig. 4. Apparent resistivity sections computed from three-electrode profile measurements oriented perpendicular and parallel to the strike of the model with $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$



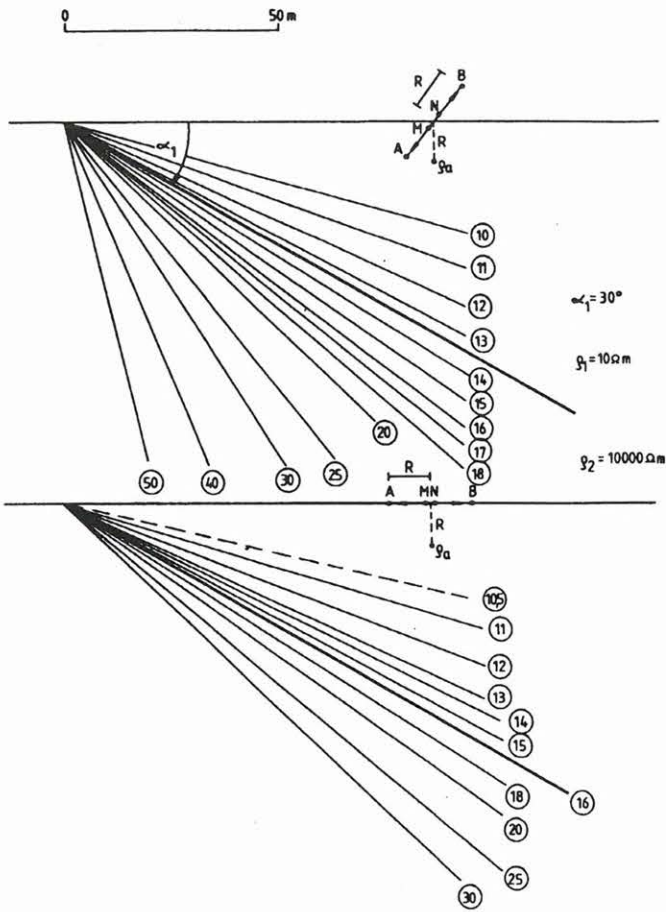
5. ábra. Dőlés- és csapásirányú Schlumberger mérési elrendezés izovonalas szelvénye; $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$

Fig. 5. Apparent resistivity sections computed from Schlumberger configuration along profiles perpendicular and parallel to the strike of the model with $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$

Vizsgáljuk meg a továbbiakban dipól radiális elrendezésnél a k_{21} fajlagos ellenállás kontraszt és az α_1 dőlésszög csökkenésének a hatását a szelvényeken a 7. és 8. ábra segítségével. Ezek az ábrák is bejelöltünk egy-egy vonatkozási pontot. Az ábrák a látszólagos fajlagos ellenállás izovonalas szelvényeit mutatják. A 7. ábrán $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=20 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=10^\circ$ -os modellre láthatók a szelvények. Érdekes, hogy kis fajlagos ellenállás kontrasztnál nagy dőlésszög esetén nincs jelentős különbség a dőlésirányú és csapásirányú mérések között és nem jelentkezik a $\rho_2=\infty$ esethez hasonló nagy negatív fals anomália. Az előbbieket azt jelenti, hogy egy adott dőlésszög esetén közepesen nagy fajlagos ellenállás kontrasztnál a dőlésirányú mérések szelvénye nagy behatolásokig homogén modellnek megfelelő képet mutathat és csak a csapásirányú mérések szelvénye utal a rétegzett kőzetre. Az α_1 dőlésszög csökkenésével, $\alpha_1=10^\circ$ -nál $k_{21}=1$ esetén a dőlésirányú méréseknel „normális” anomáliaképp alakul ki a kibúvás

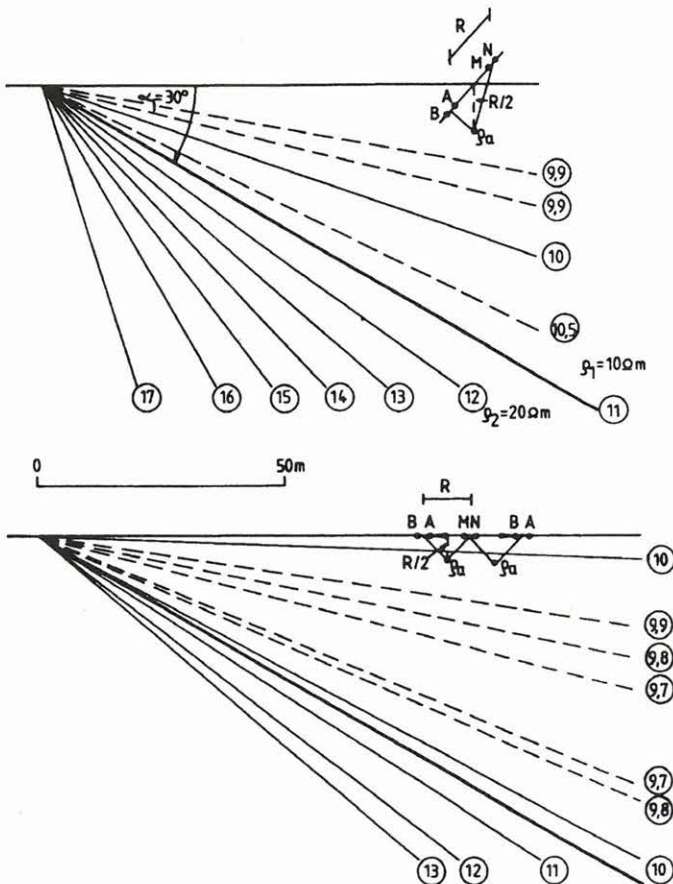
közvetlen közelében lévő dipólok kivételével, amint azt a 8. ábra mutatja. A kibúvástól nagy távolságban (200 m) a dőlés- és csapásirányú mérések szelvénye csaknem megegyezik egymással. A nagy behatolásoknál a két szelvény azonban eltér egymástól. Az eltérés egyre nagyobb a behatolás növelésével és a kibúváshoz közeledve. A kibúvás közvetlen közelében levő dipólokhoz egy keskeny sávban ennél a modellnél is kialakul a negatív fals anomália zóna, amely a vonatkozási pontrendszerből adódóan behúzódik a szelvény alá a nagy mélységekben (a nagy behatolású méréseknél).

A látszólagos fajlagos ellenállások értéke dőlt többréteges modellekre a (34)–(41)-gyel kiszámítható. Azonban pontossági problémák adódnak az ρ_a (első) számításánál, ha nagy különbség van az egyes rétegek fajlagos ellenállása között. Ilyen modellviszonyoknál a számítási hibák sokkal kisebbek, ha a (14)–(18)-at és a (21)-et felhasználva a (25), (30), (31) segítségével határozzuk meg a látszó-



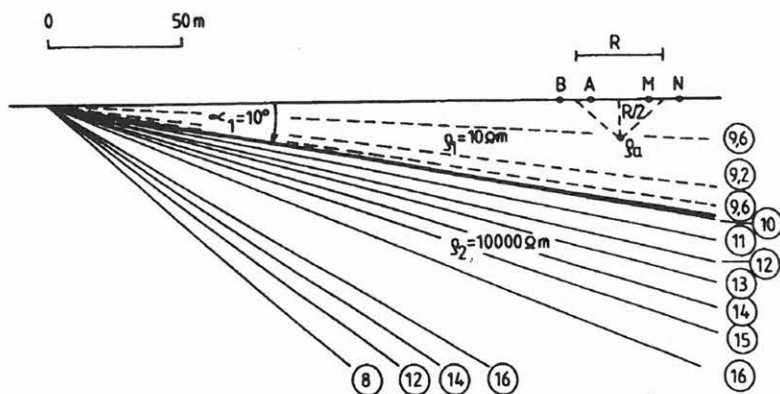
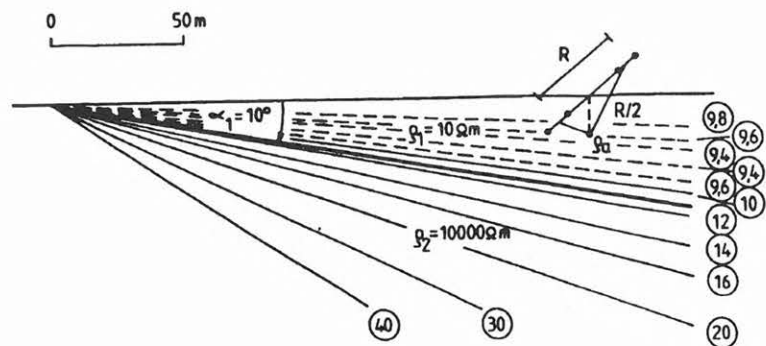
6. ábra. Dőlés- és csapásirányú dipól radiális mérési elrendezés izovonalas szelvénye; $\rho_1 = 10 \Omega\text{m}$, $\rho_2 = 10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1 = 30^\circ$

Fig. 6. Apparent resistivity sections from dipole radial measurements along profiles perpendicular and parallel to the strike of the structure with $\rho_1 = 10 \Omega\text{m}$, $\rho_2 = 10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1 = 30^\circ$



7. ábra. Dőlés- és csapásirányú dipól radiális mérési elrendezés izovonalas szelvénye; $\rho_1 = 10 \Omega\text{m}$, $\rho_2 = 20 \Omega\text{m}$, $\alpha_1 = 30^\circ$

Fig. 7. Apparent resistivity sections from dipole radial arrangements along profiles perpendicular and parallel to the strike of the model with $\rho_1 = 10 \Omega\text{m}$, $\rho_2 = 20 \Omega\text{m}$, $\alpha_1 = 30^\circ$



8. ábra. Dőlés- és csapásirányú dipól radiális mérési elrendezés izovonalas szelvénye; $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$

Fig. 8. Apparent resistivity sections from dipole radial arrangements along profiles perpendicular and parallel to the strike of the model with $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=10\,000 \Omega\text{m}$, $\alpha_1=30^\circ$

lagos fajlagos ellenállások értékeit. Az alkalmazott algoritmus ilyen esetben is megkívánja a „négyzeres” pontosságot ahhoz, hogy a látszólagos fajlagos ellenállásokat 1%-nál pontosabban tudjuk kiszámítani. Valószínű, hogy az algoritmus továbbfejlesztésével feloldhatók ezek a pontossági korlátok.

A 9. és 10. ábrán 4 réteges dőlt modellre láthatók szondázási görbék kételektrodás, háromelektrodás, Schlumberger- és dipól radiális elrendezésre. A 9. ábrán a síkréteges modellre is bemutatjuk a különböző mérési elrendezések szondázási görbéit azért, hogy a szondázási görbék összehasonlításával vizsgálhassuk a rétegdőlés hatását.

A modell paraméterei: $\rho_1=10 \Omega\text{m}$, $\rho_2=20 \Omega\text{m}$, $\rho_3=5 \Omega\text{m}$, $\rho_4=\infty$, $h_1=5,2 \text{ m}$, $h_2=3,5 \text{ m}$, $h_3=8,9 \text{ m}$, $\alpha_1=3^\circ$, $\alpha_2=5^\circ$, $\alpha_3=10^\circ$. A KH típusú modell olyan földtani szituációnak felel meg, amelynél a közepesen nagy dőlésű, végtelen fajlagos ellenállású aljzatközet fölött több, változó vastagságú és váltakozó fajlagos ellenállású, kisebb dőlésű réteg helyezkedik el.

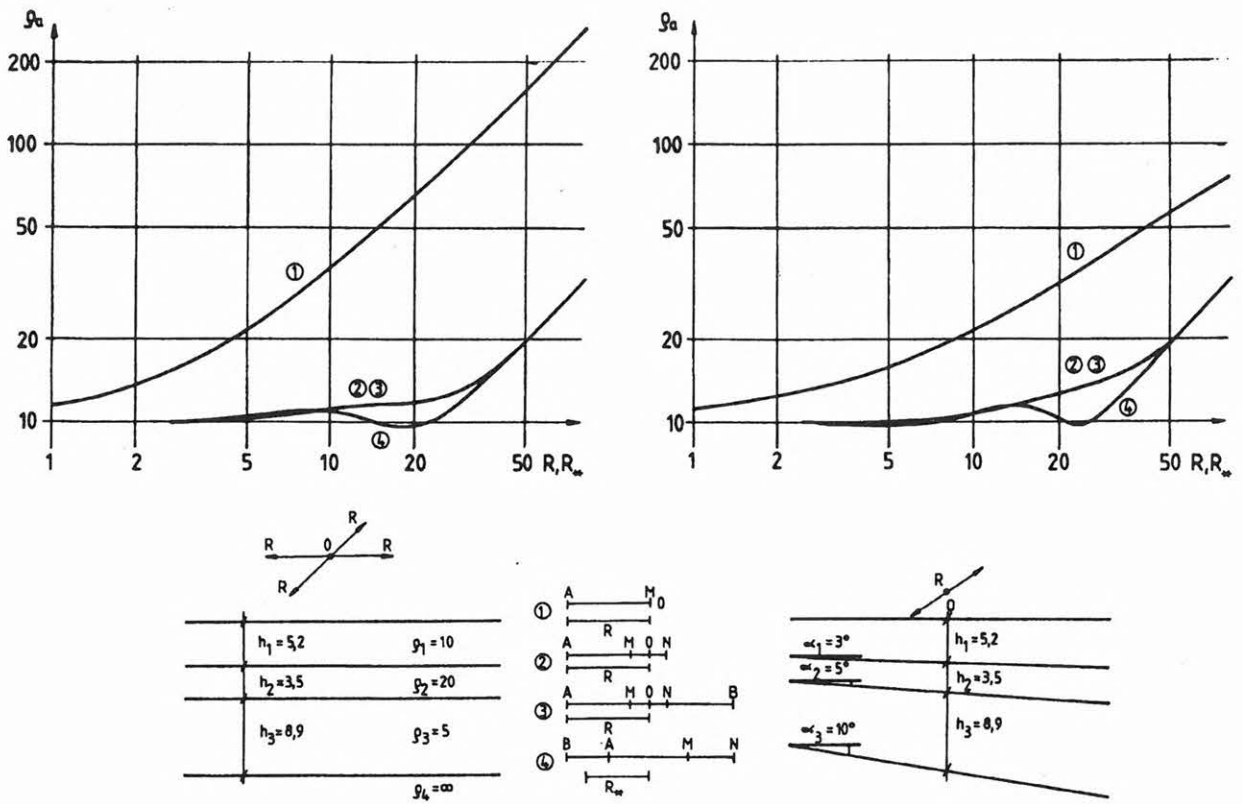
Az ábrák azt mutatják, hogy a dőlt réteges modell szondázási görbéi a kis rétegdőlések ellenére a „dőlésben fel” és „dőlésben le” mérések esetében jelentősen eltérnek egymástól, illetve a síkréteges modell szondázási görbéitől. Különösen nagy eltérés mutatkozik a háromelektrodás szondázás „dőlésben fel” és „dőlésben le” értékei között. A „dőlésben le” szondázási görbe alig jelzi a rétegsor változását, a görbe kisebb változásai a mérési hibahatáron belül esnek. Megfigyelhető még, hogy a modell KH jellege legjobban a dipól radiális elrendezésnél jelentkezik mind a dőlésirányú, mind a csapásirányú mérések-

nél. Érdekes továbbá, hogy amíg a csapásirányú méréseknél a háromelektrodás (azonos a Schlumberger-elrendezésben mérttel) és a dipól radiális szondázási görbék alig különböznek a síkréteges modellhez tartozó szondázási görbektől, a kételektrodás elrendezésnél ennél az azimutnál is igen jelentős eltérés adódott.

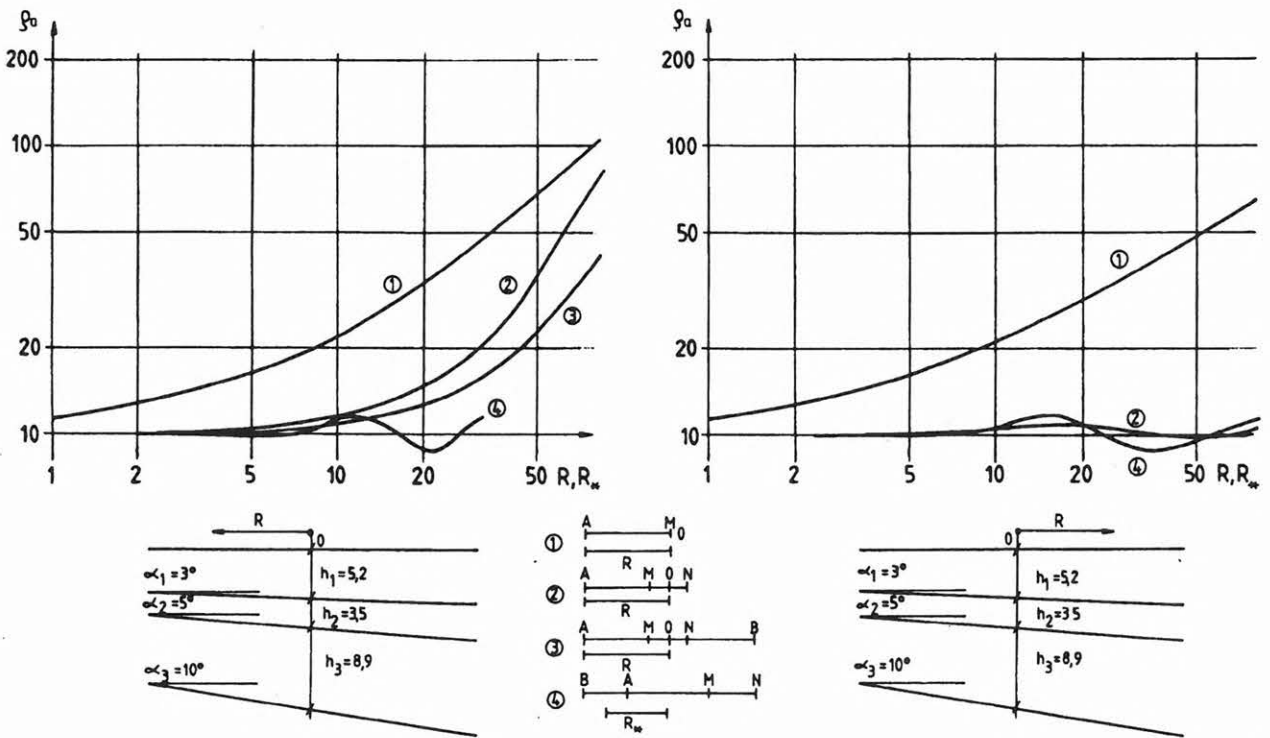
A modellparamétereknek a szondázási görbékre gyakorolt hatásával a későbbiekben még részletesebben foglalkozunk a paraméter-érzékenységek kapcsán. A dőlt rétegsor feletti több azimutban („dőlésben fel”, „dőlésben le”, csapásirányú) mért szondázási görbék eltérései azt jelzik, hogy lehetőség van a rétegdőlések meghatározására a szondázási görbék-ből.

Ezt a feltételezést erősíti meg a 11. ábra, amely kételektrodás szondázási görbéket mutat háromréteges K típusú modellre különböző rétegdőlések esetén. Látható, hogy az α_2 változása, amely egyben a rétegvastagság változását is okozza, jelentősen befolyásolja a szondázási görbék lefutását. Azonban az α_2 hatása csak addig nagy, amíg a kibúvás felé „mozgó” A elektróda el nem éri a kibúvásban megjelenő harmadik réteget. Ezután a szondázási görbék alig térnek el egymástól a különböző modellek (dőlés- szögek) esetében.

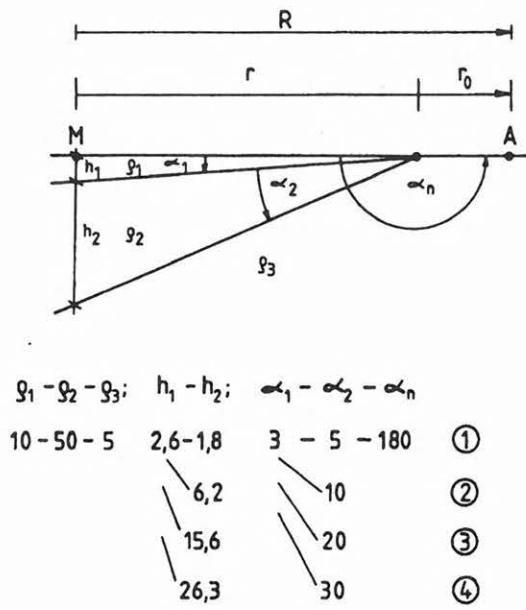
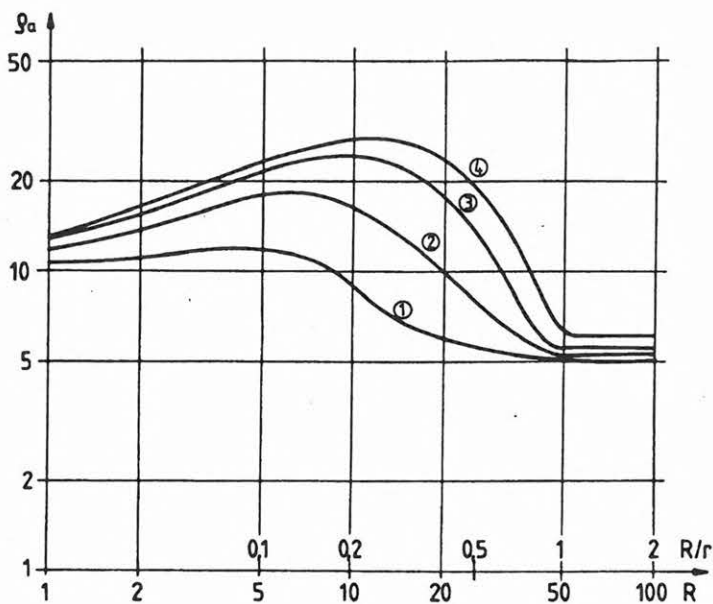
A 12. ábra segítségével megmutatjuk, hogy egy H típusú modellnél az α_2 növelésével a dőlés- és csapásirányú szondázási görbék egyre jobban eltérnek egymástól. Az ábrán az is látható, hogy — a rétegdőlésre viszonylag érzéketlennek mondott — Schlumberger-elrendezéssel végzett mérés dőlés- és csapásirányú szondázási görbéje már 10° -os rétegdő-



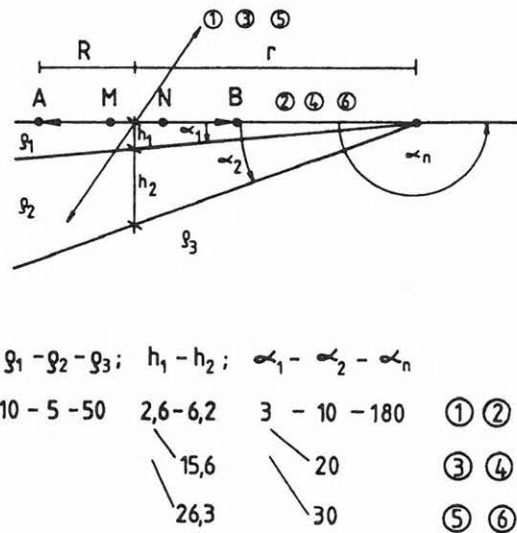
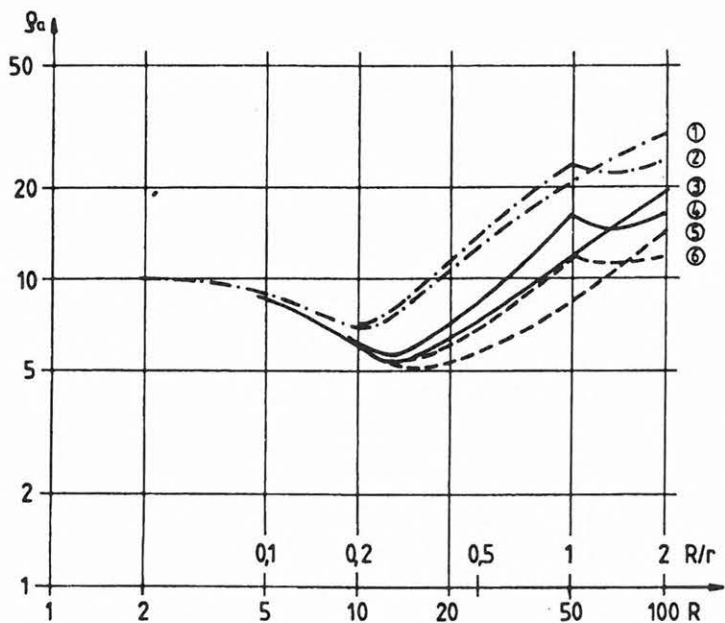
9. ábra. Szondázási görbék 4 réteges dőlt modellnél csapásirányban
 Fig. 9. Apparent resistivity sounding curves parallel to the strike over dipping beds with four layers



10. ábra. Szondázási görbék 4 réteges dőlt modellnél dőlésirányban
 Fig. 10. Apparent resistivity sounding curves perpendicular to the strike over dipping beds with four layers



11. ábra. Szondázási görbék 3 réteges dőlt modellnél dőlésirányban
 Fig. 11. Apparent resistivity sounding curves perpendicular to the strike over dipping beds with three layers

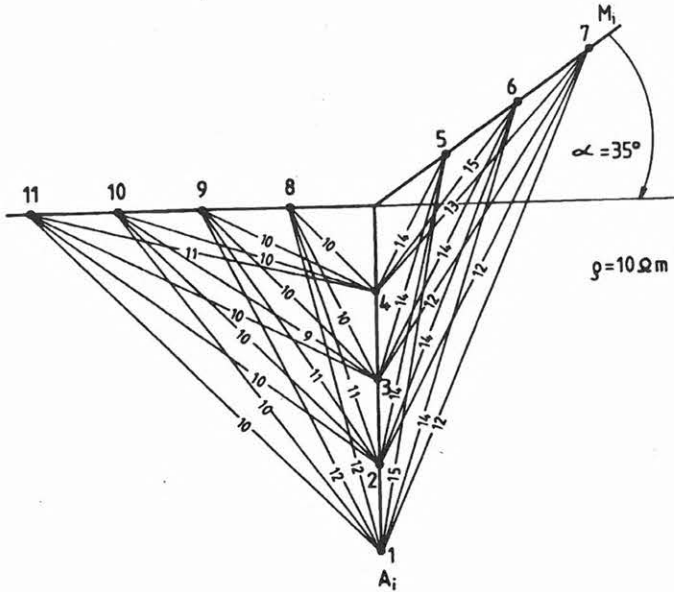
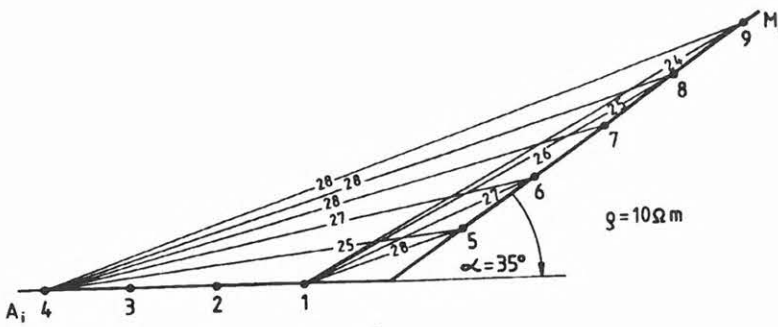


12. ábra. Dőlés- és csapásirányú szondázási görbék 3 réteges dőlt modellnél
 Fig. 12. Apparent resistivity sounding curves along profiles perpendicular and parallel to the strike over dipping beds with three layers

lésnél is jelentősen eltér egymástól, ezért ezen adatok átlagolásánál inkább romlik, mint javul a kiértékelés pontossága, ha modellparamétereket síkréteges (egydimenziós) modellként becsülik. (A 9. ábrán láthattuk, hogy dőltréteges modellnél a csapásirányú

szondázási görbe hasonlít leginkább a síkréteges modellhez).

A terepi méréseknél előfordulhat, hogy a sík felszín megtörik, ill. megdő. Ilyen eset jelentkezhet a hegyi és domblábi méréseknél, vagy például gátteszten vagy a gáttalpon végzett méréseknél. Mivel ezen



15. ábra. Terepkorrekciók tomográfiai méréseknél
 Fig. 15. Topographical corrections applied to geoelectrical tomography

os dőlése csaknem 30%-os eltérést okoz a sík felszínhez képest. Az is látható, hogy ez az eltérés már akkor jelentkezik, amikor a kibúvás felé „mozgó” A elektródára attól még nagy távolságra van. A 14. ábra kételektrodás és Schlumberger-elrendezésre mutat csapásirányú szondázási görbéket sík és dőlt felszín esetén. Látható, hogy a dőlt felszín csak kismértékben befolyásolja a szondázási görbék lefutását. Az ábrán ugyanakkor az is látható, hogy a kételektrodás mérési elrendezés a Schlumberger-szondázáshoz képest távolabbról érzékeli a felszín változását.

A mérési távolság növekedésével azonban ez a ρ_{a2}/ρ_{a1} eltérés csaknem azonos lesz a kétféle elrendezésnél. Fontos észrevennünk még, hogy Schlumberger mérési elrendezésnél az $AB/2=R=r$ -nél (ahol r a kibúvás távolsága a szondázás vonatkozási pontjától) a felszín 30°-os dőlésének hatása alig 1%-os hibát okoz a szondázási görbénél. A hagyományos VESZ méréseknél (csapásirányban) tehát csak akkor van szükség terepkorrekcióra, ha a $R/r > 1$. Viszont $R/r > 4$ -nél ez a korrekció már jelentős, elérheti, illetve meghaladhatja a 10%-ot is.

A 15. ábrán néhány tomográfiai mérőponthoz, illetve „átvilágítási sugárhoz” tartozó, a felszín dőléséből (töréséből) adódó „terep korrekció” értéke lát-

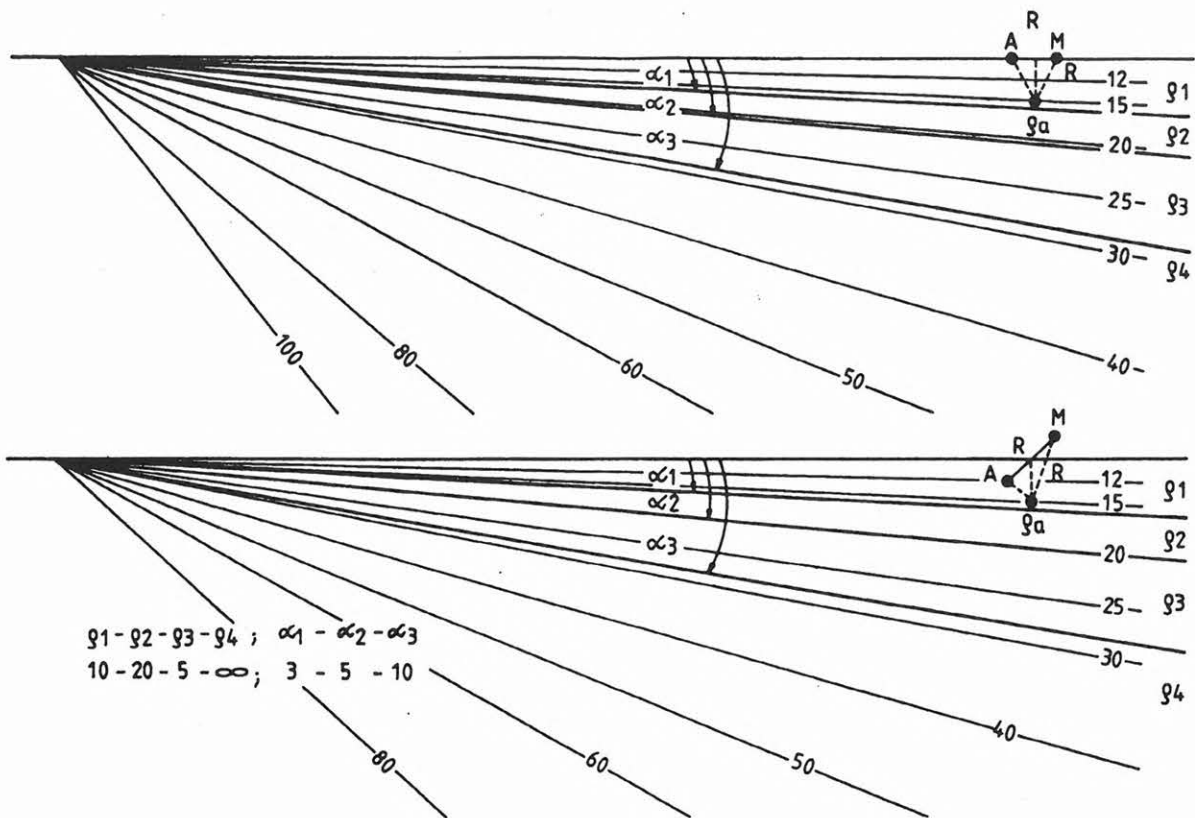
ható. Az ábra felső része a felszíni mérőpontok közötti, az alsó része pedig felszín alatti (fúrásban elhelyezett) és felszíni mérőpontok között mutatja a korrekció nagyságát százalékban kifejezve. A 10–30% közötti korrekció értékek azt jelentik, hogy az ilyen tomográfiai méréseknél a terepkorrekciók nem hanyagolhatók el, mivel azok nagyságrendje azonos lehet a mérhető változásokkal.

Térjünk vissza a 9. és 10. ábrán látott modellre és szondázásokra olyan módon, hogy most több szondázási pont alapján a dőlés- és csapásirányú mérési elrendezések látszólagos fajlagos ellenállás izovonala szelvényét mutatjuk be kételektrodás és Schlumberger-elrendezésre (16. és 17. ábra). A látszólagos fajlagos ellenállás izovonalak itt is egyenesek és az egyes rétegek találkozási pontjából (a kibúvási pontból) indulnak ki, mint kétréteges esetben. (Az ábrákon megmutatjuk a számított látszólagos fajlagos ellenállások egy-egy vonatkozási pontját, amely pontokban ábrázolt értékek alapján szerkesztettük meg az izovonalakat.) A 17. ábrán látható dőlés- és csapásirányú szelvények összehasonlítása azt mutatja, hogy ennél a többreteges modellnél ugyanúgy nincs lényeges különbség a kételektrodás dőlés- és csapásirányú mérések szelvényei között, mint a kétréteges modellnél. Ezenkívül még az is megállapítható, hogy a kételektrodás mérés „szemmel láthatóan” nem bontja fel a rétegsort egyik szelvény-

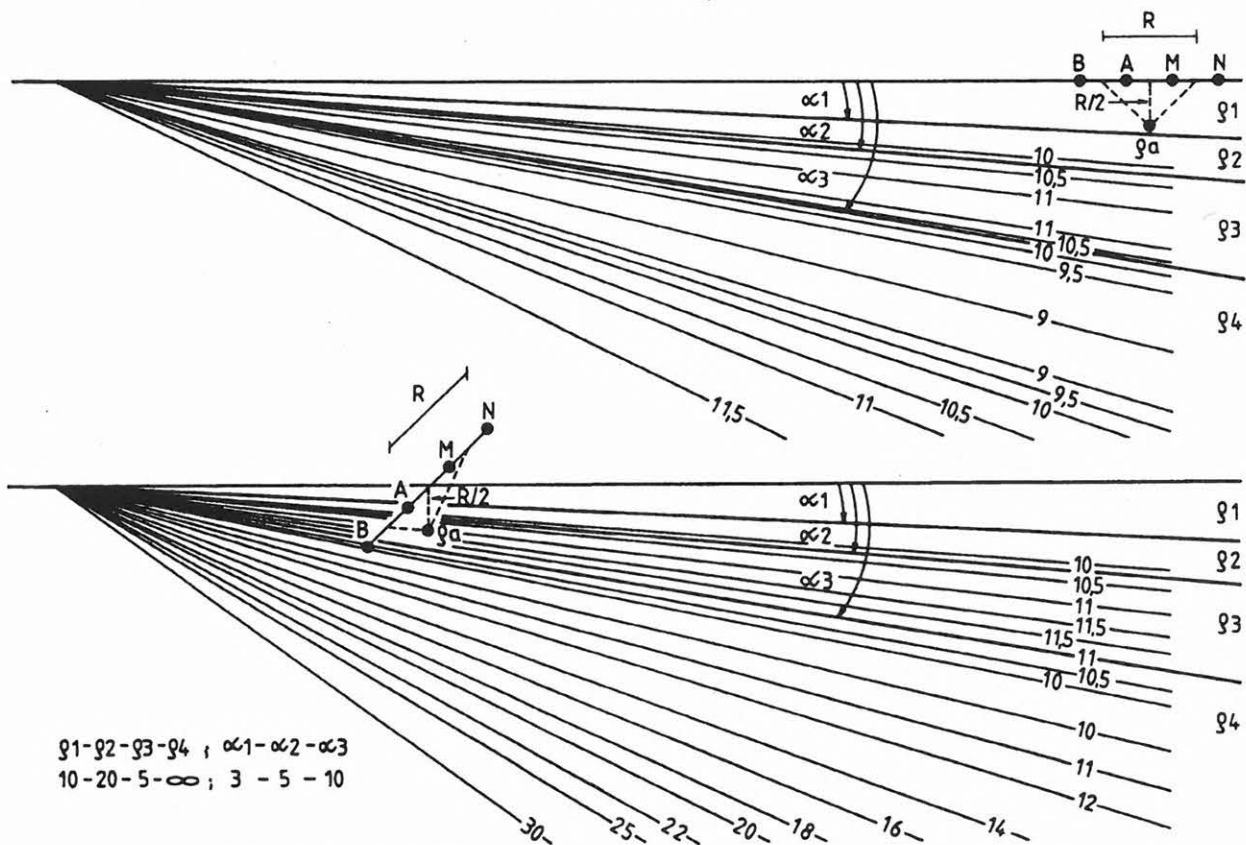
ben sem. A látszólagos fajlagos ellenállások nagy értékei (a 17. ábrához viszonyítva) azt mutatják, hogy a szelvényeken a legalsó, $\rho_4 = \infty$ fajlagos ellenállású réteg hatása dominál. A 17. ábrán látható Schlumberger mérési elrendezésre számított dőlés- és csapásirányú mérések szelvényén felismerhető a modell KH típusa. Az ábrázolt legnagyobb mélységeknél a dőlés- és csapásirányú adatok nagymértékben eltérnek egymástól, a dőlésirányú mérések szelvényében lényegesen kisebbek a látszólagos fajlagos ellenállás értékek. Érdekes még, hogy a vékony és környezeténél alig magasabb ρ_2 fajlagos ellenállású réteg hatására a látszólagos fajlagos ellenállás izovonalai jelentősen eltolódnak a rétegekhez képest. Így a ρ_2 által megnövelt izovonalak a kis fajlagos ellenállású ρ_3 rétegbe esnek, és a ρ_3 által csökkentett izovonalak is jelentősen beletolódnak a $\rho_4 = \infty$ rétegbe.

3.2. Paraméter-érzékenység vizsgálatok

A különböző mérési elrendezések összehasonlításához, a leghatékonyabb mérési módszerek kiválasztásához, illetve megtervezéséhez célszerű paraméter-érzékenység vizsgálatokat végezni [GYULAI



16. ábra. Kételektrodás mérési elrendezés izovonalas szelvénye 4 réteges dőlt modellnél
 Fig. 16. Apparent resistivity sections from measurements along profiles perpendicular and parallel to the strike of the dipping beds with four layers



17. ábra. Schlumberger mérési elrendezés izovonalas szelvénye 4 réteges dőlt modellnél
 Fig. 17. Apparent resistivity section from Schlumberger configuration directed perpendicular and parallel to the strike of the dipping beds with four layers

1989]. Dőlt, kétréteges modellekre az alábbi paraméter-érzékenységeket definiáljuk:

$$\Psi_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial h_i} \cdot \frac{h_i}{\rho_a} \quad (41)$$

$$\varphi_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_i} \cdot \frac{\rho_i}{\rho_a} \quad (42)$$

$$\theta_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial \rho_i} \cdot \frac{\rho_i}{\rho_a} \quad (43)$$

$$\delta_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial \beta} \cdot \frac{\beta}{\rho_a} \quad (44)$$

ahol Ψ_i a mélységérzékenységet, φ_i a fajlagos ellenállás-érzékenységet, θ_i a dőlésszög-érzékenységet és δ_i az azimutérzékenységet jelenti.

Három- vagy többregeges modellekre (közös kibúvással) a Ψ_i és θ_i helyett újabb paraméter-érzékenységeket kell definiálni, mivel ezeknél az α_i dőlésszög megváltoztatásával együttjár a mélység megváltozása a közös kibúvási pont (vonal) miatt.

$$\Psi\theta_i = \frac{\partial \rho_a}{\partial \alpha_i} \cdot \frac{\alpha_i}{\rho_a} \quad (45)$$

$$\varepsilon = \frac{\partial \rho_a}{\partial r} \cdot \frac{r}{\rho_a} \quad (46)$$

ahol r a mérőpont (MN középpont) távolsága a rétegkibúvástól.

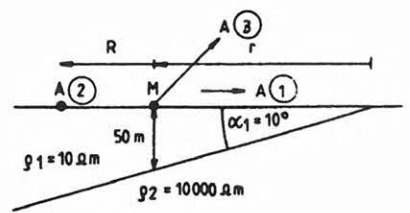
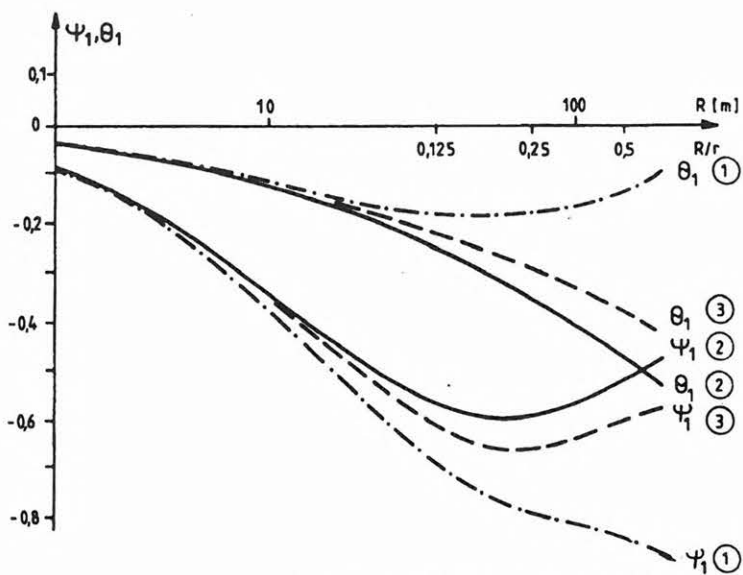
Nevezzük a $\Psi\theta_i$ -t mélységszög-érzékenységnek, az ε -t pedig összesített mélységérzékenységnek. Az ε jelentése: a legalsó réteg mélységére vonatkozó olyan paraméter-érzékenység, amely a felette levő összes rétegnek az α_i szögek megtartása melletti, arányos vastagságváltozásaiból adódik össze. (Vízszintes modellnél ez értelemszerűen a Ψ_i összegét jelenti.) Az ε szerinti vizsgálatnak például dőlt végtelen fajlagos ellenállású aljzatközvet mélységének kutatásakor van gyakorlati jelentősége. (Az előbbieket kapcsán megjegyezzük, hogy többregeges inverzió-nál az egyes rétegek vastagsága külön-külön nem, csak az összesített mélység kaphat megbízhatósági jellemzőt.)

Röviden összefoglaljuk a paraméter-érzékenységekkel kapcsolatos néhány korábbi [GYULAI 1989] megállapításunkat azért, hogy segítsük a dőlt réteges modell ilyen irányú vizsgálatának értékelését. A paraméter-érzékenységek a definícióból adódóan azt mutatják meg, hogy a rétegeparaméterek differenciális megváltoztatása milyen mértékben és irányban változtatja meg az adott mérési elrendezéssel kapható látszólagos fajlagos ellenállás értékét. Az érzékenység negatív, ha a rétegeparaméter megváltozása ellentétes irányú változást okoz a látszólagos fajlagos ellenállásban. A paraméter-érzékenység 0-helyei

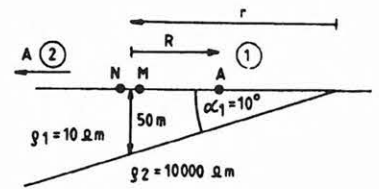
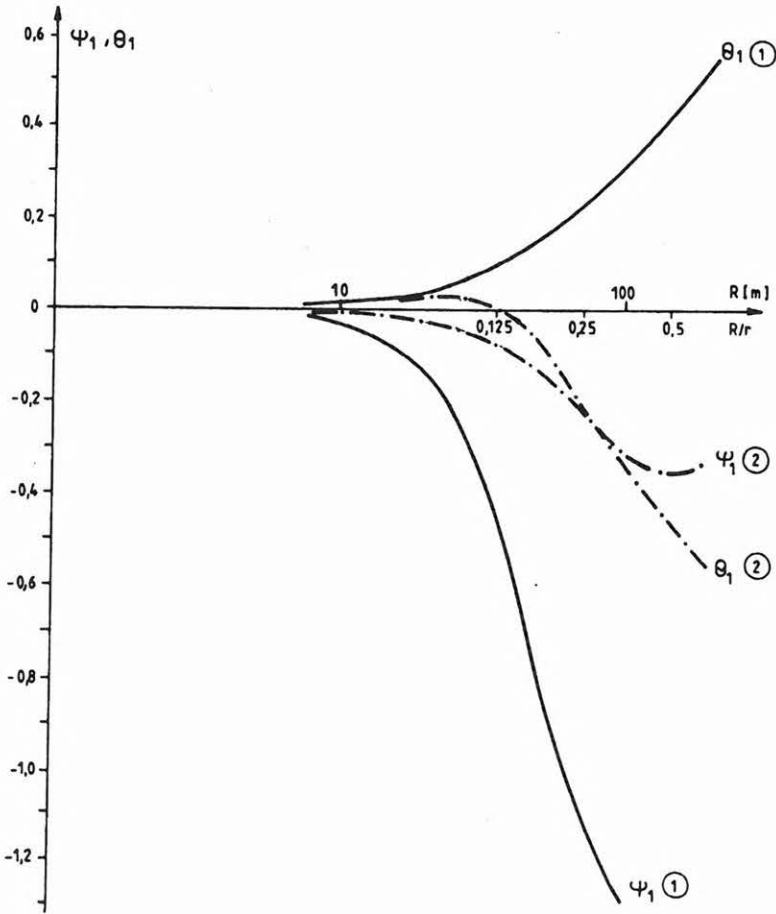
megadják a geoelektromos mérések és modell érzéketlen viszonyait. A geoelektromos gyakorlatban nagyon jónak mondható a paraméter-érzékenység, ha abszolút értéke megközelíti az 1-et. Kutatás szempontjából kedvezőtlennek tekintjük azokat a modellviszonyokat vagy mérési elrendezéseket, amelyeknél az érzékenység abszolút értéke kisebb 0,1-nél. Az érzékenységfüggvényeket vagy a rétegeparaméterek vagy a mérési távolság függvényében szoktuk megadni attól függően, hogy egy adott mérési elrendezésben a modell megváltozásának, vagy pedig adott modellnél a mérési elrendezés változásának hatását kívánjuk vizsgálni. A gyakorlati kutatási feladat megoldására olyan mérési elrendezést és távolságot célszerű alkalmazni, amelynél a vizsgálandó (kutatott) rétegeparaméter tekintetében nagy, a többiek irányában kis érzékenység adódik. Tomográfiai mérésekhez azon mérési elrendezések alkalmazása kedvező, amelyeknek nagy a paraméter-érzékenysége és csak kismértékben változik a mérési elrendezés függvényében. Szondázási módszereknél — ha több ismeretlen rétegeparaméter együttes meghatározása a feladat — a paraméter-érzékenységi vizsgálatoknál azok korrelációjára is figyelemmel kell lenni (inverzmodellezési vizsgálat).

Nézzünk először kétréteges modellre paraméter-érzékenységek alakulását kételektródás (18. ábra) és háromelektródás (19. ábra) mérési elrendezésre több mérési azimutban. Az áttekinthetőség érdekében a paraméter-érzékenységek közül csak a Ψ_1 mélység- és θ_1 dőlésszög-érzékenységeket mutatjuk be. A fajlagosellenállás-érzékenységeket (φ_i) ezeken nem ábrázoltuk, mivel $k_{21} \approx 1$ esetében a $\varphi_1 \approx 1$, $\varphi_2 \approx 0$ minden mérési távolságnál. Az (1) jelű görbék a „dőlésben fel”, a (2) jelűek a „dőlésben le”, a (3) jelűek a csapásirányú mérésekre mutatják a paraméter-érzékenységeket. A kételektródás mérési elrendezésnek feltűnően kicsi a „dőlésben fel” dőlésszög-érzékenysége, és ez az egyébként is alacsony érzékenység csökken, amikor az A jelű áramelektroda a kibúváshoz közeledik. A kételektródás mérési elrendezés különös sajátága, hogy a csapásirányú mérés jelentős dőlésszög-érzékenységgel rendelkezik más mérési elrendezésekkel szemben. A Wenner-, Schlumberger-, dipól radiális elrendezéseknél $\alpha_1 = 10^\circ$ -nál a csapásirányú dőlésszög-érzékenység 0-tól alig nagyobb ($\theta_1 \approx |0,05|$). Ezért is van az, hogy ezeknél a méréseknél a csapásirányú szondázásokból dőlt réteges modelleknél a síkréteges kiértékeléssel is elég pontos mélységadatot kaphatunk. Érdekes még, hogy kételektródás elrendezésnél a Ψ_1 mélységérzékenységek egyik azimutnál sem érik el a -1 értéket (mint síkréteges modellnél). A csapásirányú azimutnál $|\Psi_1|_{\max}(3) = 0,6$ elérése után folyamatosan csökken a mérési távolság növelésével. Ez azt jelenti, hogy túlságosan nagyra választott \overline{AM} távolság esetében ($k_{21} \approx 1$ esetben is) leromlik az aljzattmélység kutatásának lehetősége.

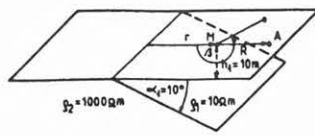
A 20. ábrán háromelektródás mérési elrendezésre mutatja a Ψ_1 és θ_1 paraméter-érzékenységeket. Látható, hogy a „dőlésben fel” és „dőlésben le” érzékenységek nagyon eltérnek egymástól. A θ_1 esetében még előjelben is különböznek egymástól, amely azt jelenti, hogy α_1 növelésével „dőlésben fel” méréseknél növekednek, míg „dőlésben le” méré-



18. ábra. Kételektrodás mérések dőlésszög- és mélységérzékenysége
 Fig. 18. Dip angle and depth sensitivity of pole-pole configuration

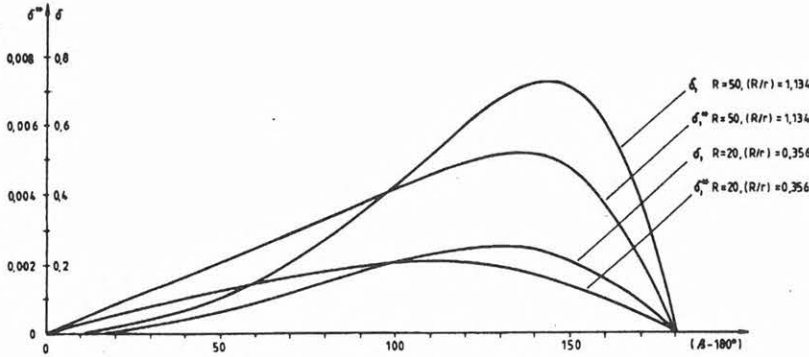


19. ábra. Háromelektrodás mérések dőlésszög- és mélységérzékenysége
 Fig. 19. Dip angle and depth sensitivity of three-electrode configuration



$$\delta'' = \frac{\partial \rho_a}{\partial A} \cdot \frac{1}{\rho_a}$$

$$\delta' = \frac{\partial \rho_a}{\partial A} \cdot \frac{A}{\rho_a}$$



20. ábra. Kételektrodás mérések azimutérzékenysége
Fig. 20. Azimuthal sensitivity of pole-pole configuration

seknél csökkennek a látszólagos fajlagos ellenállás értékei. A $\theta_1(1)$ és $\Psi_1(1)$ érzékenységek azt mutatják, hogy a mélység és dőlésszög kutatására kedvező a „dőlésben fel” mérési elrendezés. A $|\Psi_1|_{\max}(2)=0,35$ alapján nem mondható jónak a mélységkutatás feltétele „dőlésben le” mérésekkel. A $\theta_1(2)$ értékei azt mutatják, hogy a dőlésszög kutatásának feltétele hasonló, mint a „dőlésben fel” mérésekénél.

Érdeemes még megvizsgálni az azimutérzékenység alakulását is azért, hogy ennek alapján ki tudjuk jelölni a legalkalmasabb mérési irányokat a dőlés azimutjának a meghatározáshoz. A 21. ábra kételektrodás elrendezésre mutatja az azimutérzékenység változását a mérési irány (azimut) függvényében, két kiválasztott mérési távolságra. Az ábrán látható, hogy az azimutérzékenység a $\beta=0$ „dőlésben fel” és a $\beta=180^\circ$ „dőlésben le” mérésekénél 0 értéket vesz fel és maximuma a csapásirány és a $\beta=0$ „dőlésben fel” közötti mérésekénél alakul ki. A maximális érzékenység mintegy kétszerese a csapásirányú mérések érzékenységének. Az előbbieket azt jelentik, hogy a dőlésirányhoz közeli mérési adatok függetlenek a dőlés azimutjától. Ez két szempontból is figyelemre méltó. Egyrészt a dőlésirányhoz közeli mérésekből az azimut nem határozható meg, másrészt viszont az azimut ismeretlensége nem befolyásolja a többi paraméter meghatározását, illetve azok pontosságát. A csapásirányú méréseknek viszont jelentős információtartalma van a dőlés azimutjáról. A modellparaméterek meghatározásához tehát érdemes legalább három azimutban végezni a szondázásokat. Ha közelítőleg ismerjük a dőlésviszonyokat, akkor dőlésirányban, csapásirányban és a „dőlésben fel” és csapásirány közé eső mérési irányban, ha viszont nem ismerjük a dőlésviszonyokat, akkor egymással 60° -ot bezáró (nem pedig egymásra merőleges) mérési irányokban célszerű a méréseket végezni.

Többretegű modellre a paraméter-érzékenységeket a 9., 10. ábrán is látható modellekre és szondázásokra (kételektrodás, Schlumberger- és dipól radiális elrendezésre) számítottuk ki. A 21., 22. és 23. ábrán

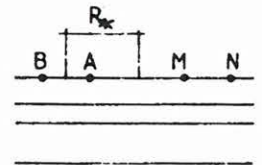
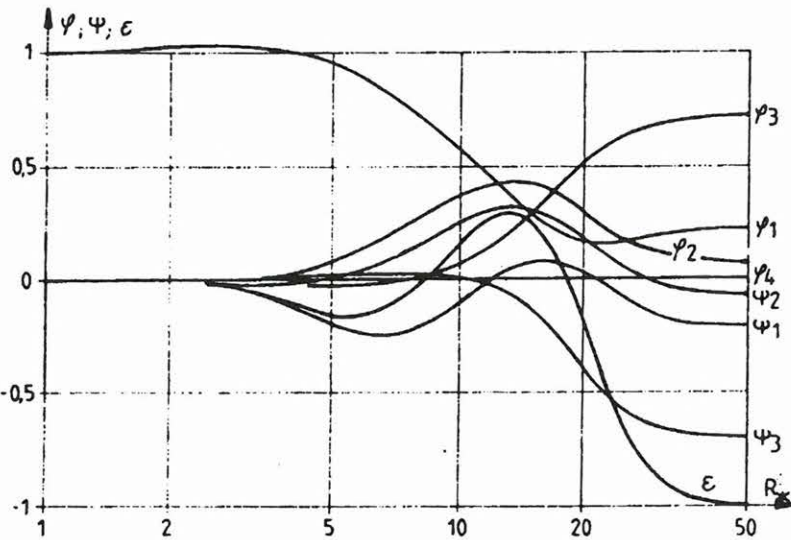
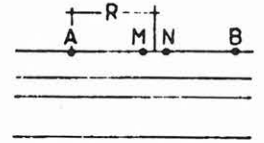
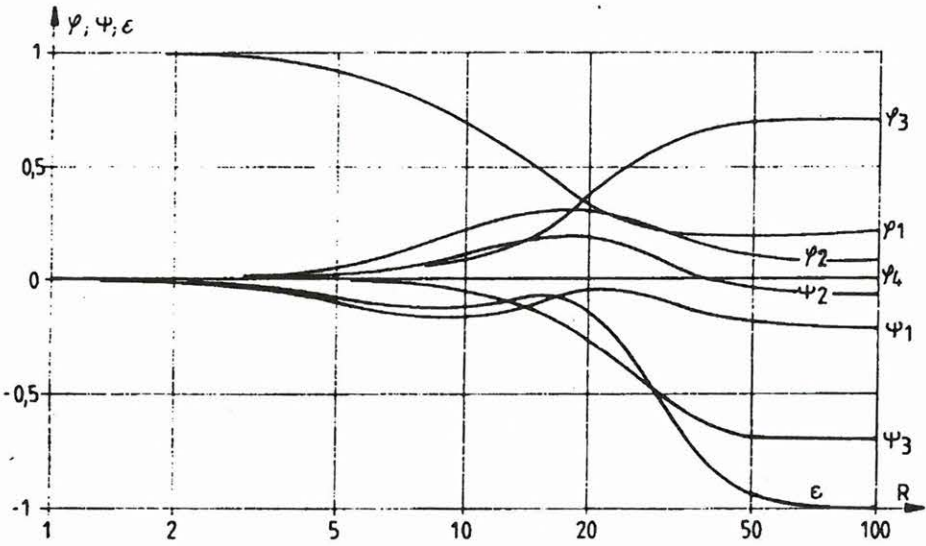
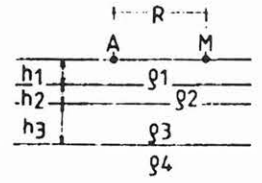
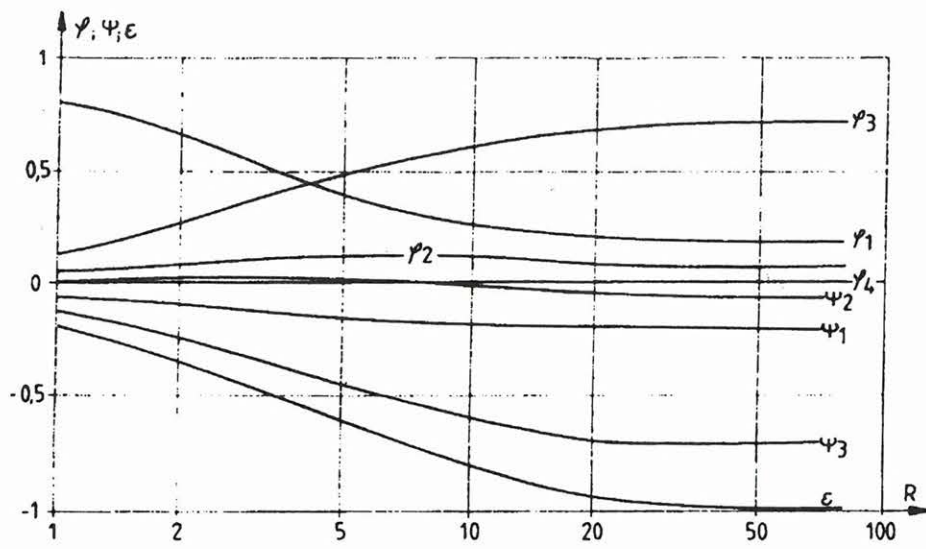
a dőlt réteges modell mellett a vízszintes rétegződési modell paraméter-érzékenységeit is bemutatjuk azért, hogy lássuk a rétegdőlésnek az érzékenységekre gyakorolt hatását.

Először a vízszintes modellre vonatkozó érzékenységeket vizsgáljuk meg. A legfontosabb észrevételeinket a következőkben összegezzük:

- A kételektrodás mérés paraméter-érzékenységei a mérési távolság függvényében sokkal elnyúltabban jelentkeznek, és $|\varphi_2|$, $|\Psi_2|$ sokkal kisebb, mint a másik két mérési elrendezésnél.
- A vékony és környezeténél nagyobb fajlagos ellenállású réteg kutatására a radiális dipól elrendezés a legkedvezőbb, mert ennél a legnagyobb a $|\varphi_2|$ és $|\Psi_2|$.
- Az ϵ összesített mélységérzékenység (itt $\epsilon = \Psi_1 + \Psi_2 + \Psi_3$) mindhárom mérési elrendezésnél a mérési távolság növelésével -1-hez tart. Ezt a határértéket jól megközelítő -0,95 értéket azonban nagyon eltérő mérési távolságoknál (a kételektrodás mérésnél 16 m-nél, a Schlumberger-mérésnél 45 m-nél, a dipól radiális elrendezésnél $R/2=30$ m-nél) éri el.
- Dipól radiális elrendezésnél a közepes mérési távolságoknál (8–18 m) az ϵ előjelet vált, pozitív értéke azt jelenti, hogy h_1 , h_2 , h_3 , vastagságok egyidejű növekedése esetén (az aljzat mélységének növekedése ellenére) megnő a látszólagos fajlagos ellenállás értéke. Ezt elsősorban a Ψ_1 és Ψ_2 alakulása okozza.

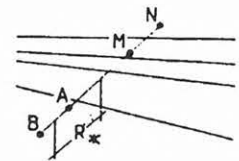
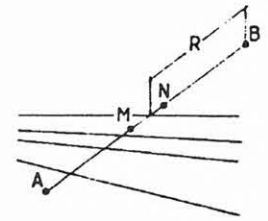
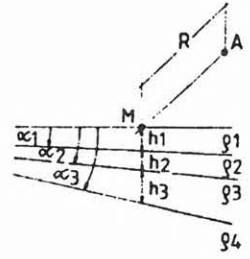
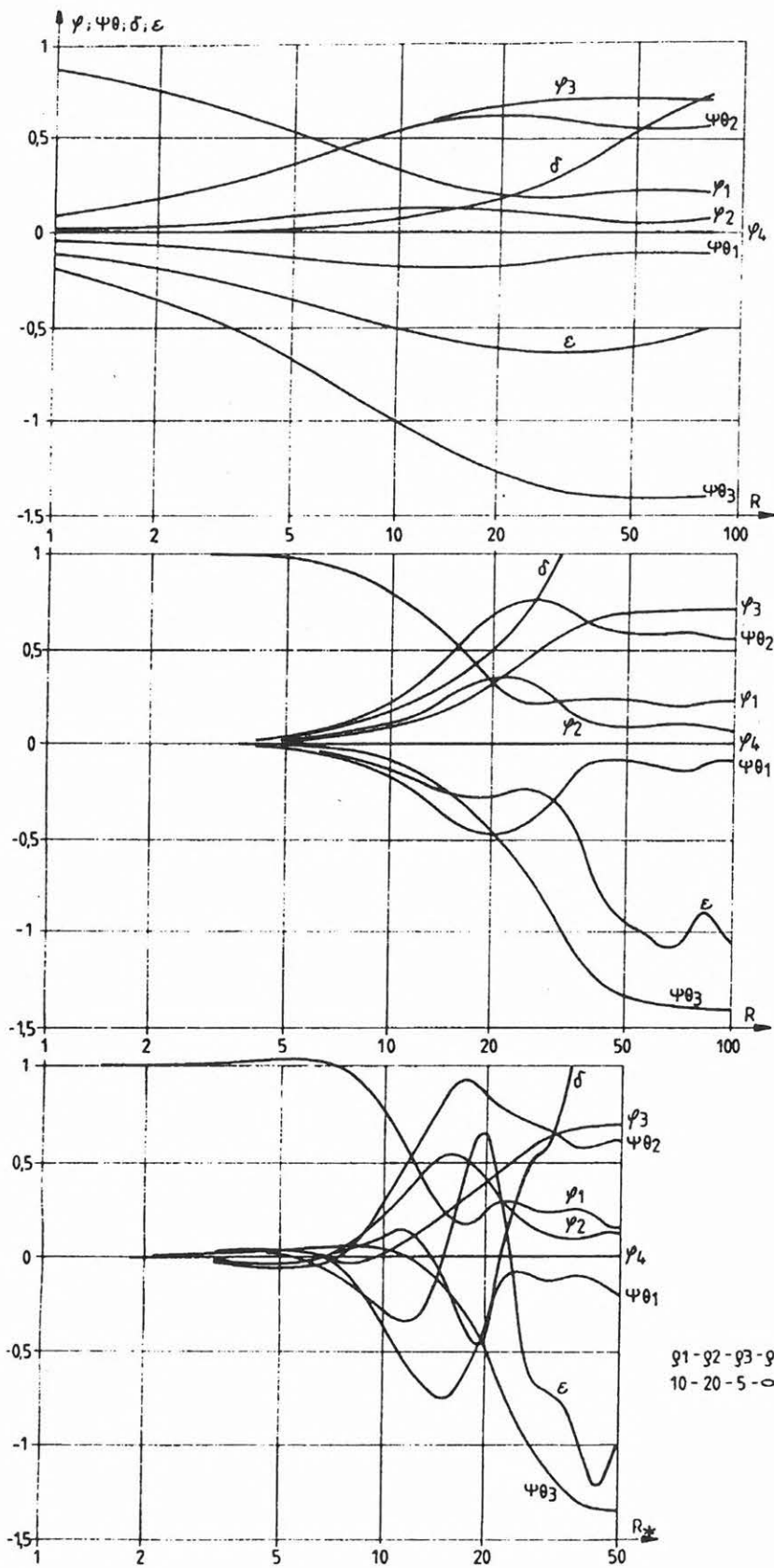
Összehasonlítva a síkréteges és dőlt réteges modell paraméter-érzékenységeit megállapíthatjuk, hogy azok sok vonatkozásban és jelentősen eltérnek egymástól. Ezen eltérések közül csak a legjellemzőbekeket emeljük ki.

- A dőlt réteges kételektrodás csapásirányú mérések $(T_{cs})|e|_{\max}$ érzékenysége jóval kisebb, mint a síkréteges mérésnél. A nagy mérési távolságoknál az $|e|$ folyamatosan csökken,



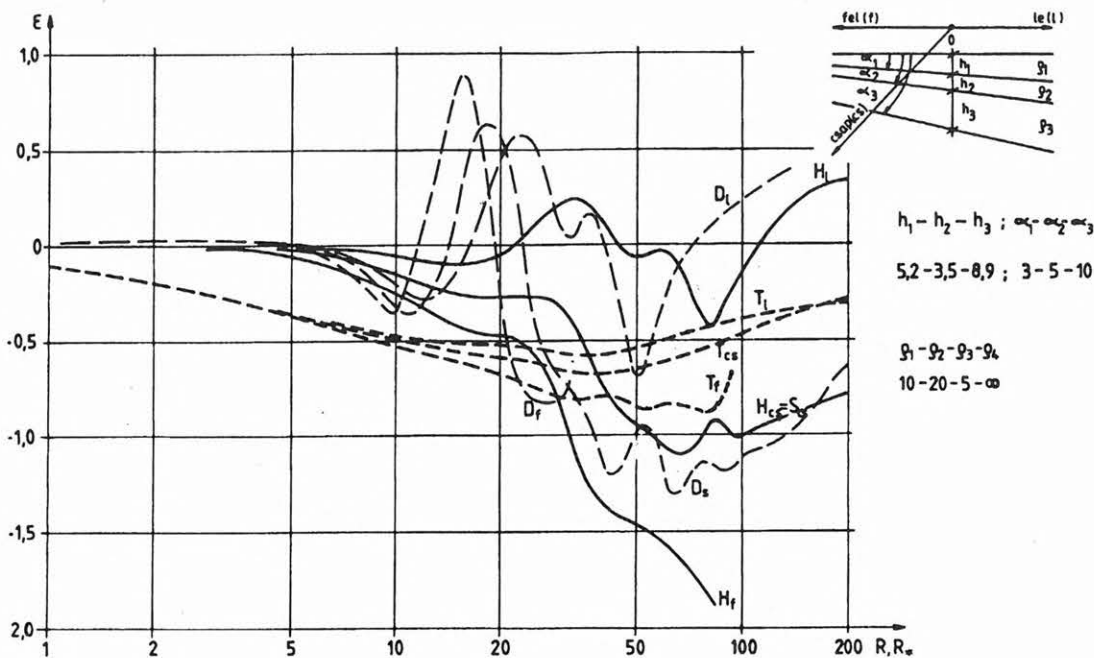
$\rho_1 - \rho_2 - \rho_3 - \rho_4; h_1 - h_2 - h_3$
 $10 - 20 - 5 - \infty; 52 - 35 - 89$

21. ábra. Paraméter-érzékenységek vízszintesen rétegzett 4 réteges modellre
 Fig. 21. Parameter sensitivities over a horizontally layered four-layer half-space model



$g_1 - g_2 - g_3 - g_4$; $h_1 - h_2 - h_3$; $\alpha_1 - \alpha_2 - \alpha_3$
 $10 - 20 - 5 - \infty$; $5.2 - 3.5 - 8.9$; $3 - 5 - 10$

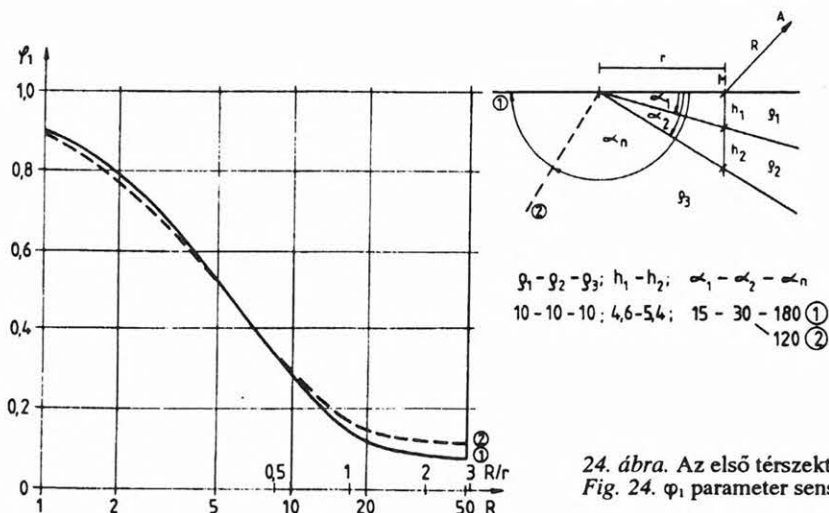
22. ábra. Paraméter-érzékenységek 4 réteges dőlő modellre csapásirányú mérésekre
 Fig. 22. Parameter sensitivities along structural strike of dipping beds with four layers



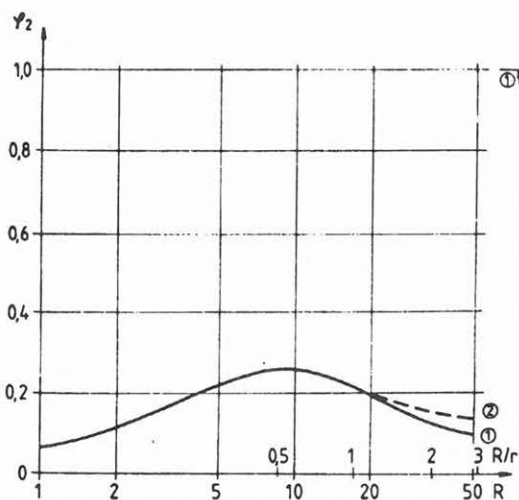
23. ábra. Paraméter-érzékenységek 4 réteges dőlő modellre dőlés- és csapásirányú mérésekre
 Fig. 23. Parameter sensitivities along lines directed perpendicular and parallel to the strike of dipping beds with four layers

- $R=200$ m-nél csak mintegy fele a maximális értékek.
- b) A Schlumberger- és radiális dipól csapásirányú (S_{cs} , D_{cs}) mérések mélységérzékenysége dőlő réteges modellnél is eléri, illetve meghaladja a -1 értéket. A nagy mérési távolságoknál (24. ábra) ezeknél az elrendezéseknél is romlik az összesített mélységérzékenység a távolság további növelésével.
- c) A csapásirányú kételektródás mérés (T_{cs}) azimutérzékenysége sokkal kisebb, mint a másik két (D_{cs} , H_{cs}) mérési módszeré. A Schlumberger- és radiális dipól elrendezésnél az azimutérzékenység meghaladja az 1 értéket, amely azt jelenti, hogy csak a csapásirányú mérésekből is jó lehetőség van az azimut meghatározására.

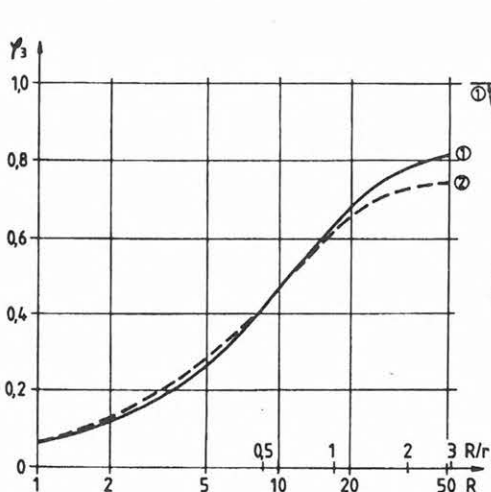
- d) A háromelektródás „dőlésben le” (H_l) és dipól radiális „dőlésben le” (D_l) mérés szűk mérési tartományban (dipólmérésnél $R \sim 50$ m, háromelektródás mérésnél $AB/2 \sim 80$ m) éri el a közepesen jó ϵ érzékenységet ($\epsilon = -0,5$). Ez azt jelenti, hogy ezekkel a mérésekkel kedvezőtlenebb az aljzat mélységváltozásának kutatása, mint a csapásirányú mérésekkel. Ennél is fontosabb azonban, hogy nagyobb mérési távolságoknál ϵ pozitív lesz, azaz az aljzatközvet mélységének növekedésével nem csökken (amint azt várnánk), hanem növekszik a látszólagos fajlagos ellenállás értéke. (Visszautalunk a 4. és 6. ábránál jelentkező negatív fals anomáliára).
 Végül vizsgáljuk meg a felszín dőlésének (törésének) az egyes térszektorok φ_i paraméter-érzékenysége gyakorolt hatását a 24., 25. és 26. áb-



24. ábra. Az első térszektor φ_1 paraméter-érzékenysége
 Fig. 24. φ_1 parameter sensitivity for the first space sector



25. ábra. A második térszektor φ_2 paraméter-érzékenysége
 Fig. 25. φ_2 parameter sensitivity for the second space sector



26. ábra. A harmadik térszektor φ_3 paraméter-érzékenysége
 Fig. 26. φ_3 parameter sensitivity for the third space sector

rák segítségével. A 24. ábrán a φ_1 , a 25. ábrán a φ_2 , a 26. ábrán a φ_3 érzékenységek láthatók. Mindhárom ábrán az $\alpha_n = 180^\circ$ -os vízszintes felszíni és $\alpha_n = 120^\circ$ -os dőlt felszínre láthatók a szektorok φ_i értékei a mérési távolság függvényében. Érdekes, hogy a felszín dőlésének hatására a kisebb mérési távolságnál ($R < 5$ m) csökken, a nagyobb mérési távolságoknál ($R > 10$) növekszik az első szektor φ_1 fajlagos ellenállás érzékenysége. A felszín dőlése a második szektor φ_2 fajlagos ellenállás érzékenységét kismértékben megnöveli a nagyobb mérési távolságoknál. A felszín dőlésének a legnagyobb hatása a harmadik érzékenységre van, amelynek φ_3 paraméter-érzékenysége $\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2$ -vel csökken ($\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = 1$) nagy terítési távolságoknál. Megállapíthatjuk, hogy a felszín dőlése nem változtatja meg jelentősen az egyes szektorok befolyását a látszólagos fajlagos ellenállás alakulására, amennyiben a szektorok fajlagos ellenállása közel azonos vagy csak kismértékben tér el egymástól. Ezért ilyen esetekben a homogén modellre számított topográfia korrekcióval nem befolyásoljuk érdemben a szektorparaméterek meghatározásának megbízhatóságát.

4. Tomográfiai adatok számítása dőlt modellekre

Tomográfiai adatokat a 27. ábrán látható modellel mutatunk be. A modell kétréteges, a rétegdőlés $\alpha_1 = 10^\circ$, a rétegek fajlagos ellenállása $\rho_1 = 10 \Omega\text{m}$, $\rho_2 = 1000 \Omega\text{m}$. A mérőkeret $40 \text{ m} \times 60 \text{ m}$, amelyen a mérőpontok 10 m-enként voltak elhelyezve. Kételektrodás és dipól-dipól elrendezésre láthatók számított látszólagos fajlagos ellenállások a 28a. és 28c. ábrán. A dipól-dipól elrendezésnél ún. hosszú dipólokat alkalmaztunk, amely alatt azt értjük, hogy az \overline{AB} és \overline{AM} dipóltávolság sokkal nagyobb volt (3–6-szor), mint a legnagyobb \overline{AM} távolság.

A tomográfiai feldolgozáshoz, a geoelektromos rekonstrukcióhoz az ún. normál térhez viszonyított E_k eltérés adatokat számítottunk [CSÓKÁS et al. 1986]. Normál térnek egy kétréteges vízszintes rétegzettségű modellt választottunk, amelyre kiszámítottuk a látszólagos fajlagos ellenállásokat:

$$E_k = \frac{\rho_a(\text{ferde}) - \rho_a(\text{vízszintes})}{\rho_a(\text{vízszintes})} \cdot 100\% \quad (47)$$

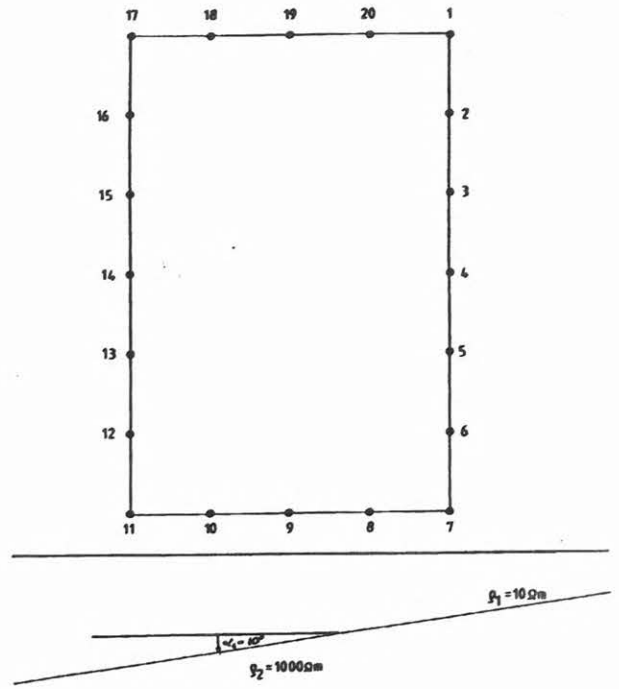
A 28. ábrán a néhány jellemző átvilágítási sugárhoz tartozó látszólagos fajlagos ellenállás adaton kívül ugyanezen sugarakhoz tartozó E_k adatokat is feltüntettük (28/b. és 28/d. ábra).

Látható, hogy a kétféle mérési elrendezésben mért látszólagos fajlagos ellenállások és az E_k adatok jelentősen eltérnek egymástól. Nagy különbségek tapasztalhatók a különböző mérőpontokhoz tartozó átvilágítási sugaraknál, amelyek jó lehetőséget kínálnak tomográfiai feldolgozáshoz.

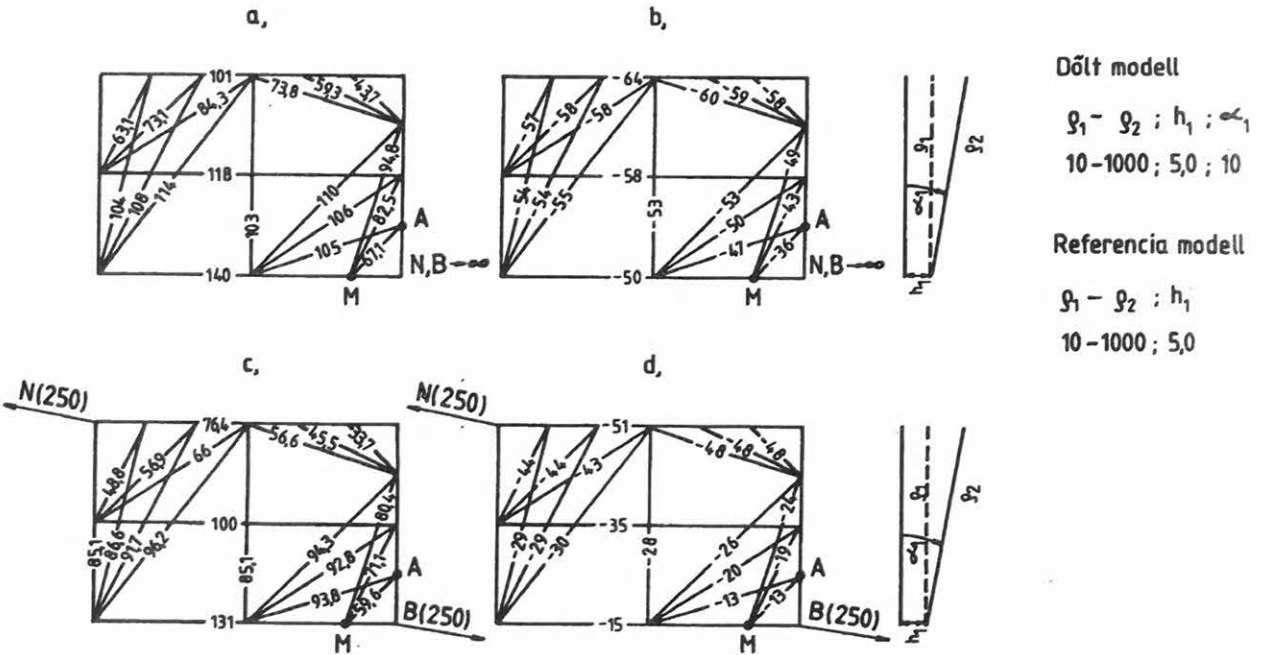
5. Összefoglalás

Dőlt réteges földtani szerkezet kutatására a geoelektromos módszerek előnyös tulajdonságokkal rendelkeznek, illetve jó lehetőséget kínálnak. A φ_i , Ψ_i , θ_i , δ_i , $\Psi\theta_i$, ε fajlagos ellenállás-, mélység-, dőlésszög-, azimut-, mélység- és összesített mélységérzékenység vizsgálatok azt bizonyítják, hogy többretegű modelleknél is elérhető olyan felbontóképesség pontosság, amely e módszerek gyakorlati (földtani, mérnöki) alkalmazását teszi lehetővé.

A dőlt réteges szerkezetek kutatására szelvényezési, szondázási és tomográfiai módszerek egyaránt alkalmasnak látszanak.



27. ábra. Tomográfiai mérési helyszínrajz és modell
Fig. 27. Scheme of tomographical measurement and the investigated model



28. ábra. Tomográfiai mérések látszólagos fajlagos ellenállás (Ωm) és eltérés (%) adatai
Fig. 28. Data of apparent resistivity (Ωm) and those of difference $E(\%)$ between the dipping bed and the horizontal two-layer half-space

Köszönetnyilvánítás

A fenti kutatásokat a 2385 sz. OTKA projekt keretében végeztük el. A szerző köszönetét fejezi ki a támogatásért.

HIVATKOZÁSOK

- ALPIN L. M., BERDICHEVSKII M. N., VEDRINTSEV G. A., ZAGARMISTR A. M. 1966: Dipole methods for measuring earth conductivity. New York
- CHASTENET de GERY J., KUNETZ G. 1956: Potential and apparent resistivity over dipping beds. *Geophysics* XXI, 3, 780-793
- CSÓKÁS J., DOBRÓKA M., GYULAI Á. 1986: Geoelectric determination of quality changes and tectonic disturbances in coal deposits. *Geophysical Prospecting* 34, 1067-1081
- GYULAI Á. 1989: Parameter sensitivity of underground DC measurements. *Geophysical Transactions* 35, 3, 209-225
- HERING A., MISIEK R., GYULAI Á., ORMOS T., DOBRÓKA M., DRESEN L. 1995: A joint inversion algorithm to process geoelectric and surface wave seismic data. Part I.: Basic ideas. *Geophysical Prospecting* 43, 135-156
- HMELEVSZKOJ V. K., BONDARENKO V. M. 1989: *Elektrorazvedka*. Moszkva, Nyedra, 52-55
- KOEFOD O. 1979: *Geosounding Principles, Resistivity Sounding Measurements*. Amsterdam—Oxford—New York
- SKABARNYA N. G., SZEVOSTJANENKO V. P. 1985: Algoritm rascseta kazsusihszja szoprotyivlenyij i poljarizujemosztyej dlja szredi sz naklonnimi granyicami razdela. *DVNC AN SZSZSZR*, 153-161
- SZIGETI G. 1980: A konform leképezés módszerének alkalmazása egyenáramú vonalforrás által keltett, végtelen ellenállású aljzatból kiemelkedő félhenger feletti elektromos tér meghatározására. *Magyar Geofizika* XXI, 4, 121-133

A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia alkalmazási lehetőségei a földtani és környezetvédelmi kutatásokban¹

ANDRÁSSY LÁSZLÓ², LENDVAY PÁL², LUPKOVICS GÁBOR⁴, KOZMA LÁSZLÓ³,
NÉMETH BÉLA³

A szerzők a dolgozatban áttekintik a lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópiai vizsgálatok földtani és környezetvédelmi alkalmazásának lehetőségeit és az elvégzett laboratóriumi mérések eredményeiről rövid összefoglalást adnak.

Ismertetik a mérések céljaira az OTKA Pécsi Regionális Műszerközpont Lézer-spektroszkópiai Laboratóriumában kifejlesztett OSMA spektrométert. Ismertetik a kísérleti méréseknél alkalmazott Nd:YAG lézerforrás és mérőrendszer főbb paramétereit és beszámolnak néhány optimalizálási kísérletről is.

Nagy tisztaságú Cd, Cu, Pb, Zn nehézfém mintákon mért lézer-indukált plazma emissziós spektrumokat mutatnak be és a 2. táblázatban összefoglalják az említett nehézfém minták emissziós spektrumvonal-hullámhossz, intenzitás relatív gyakoriság értékeit és összehasonlítják irodalmi (szikra, iv) adatokkal. A lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli vizsgálatának lehetőségeit Cd és Pb mintákon végzett mérések alapján bizonyítják.

L. ANDRÁSSY, L. KOZMA, P. LENDVAY, G. LUPKOVICS, B. NÉMETH: Application possibilities of the laser-induced plasma atomic emission spectroscopy in geological prospecting and in environmental protection research

The authors in this paper study the application possibilities of the laser induced plasma atomic emission spectroscopic investigation in geology and in environmental protection and give a brief summary of the results of laboratory measurements.

The introduce the OSMA spectrometer, developed for the measurements in Laser Spectroscopy Laboratory of the Regional Instrument Centre of OTKA in Pécs. The main features of the Nd:YAG laser source and of the measuring system are reviewed and a few experiments for optimization are introduced, too.

Laser induced plasma emission spectra are introduced which were measured on high-purity metal samples of Cd, Cu, Pb, Zn. The wavelength, the density and the probability values of the spectral lines are summarized in Table 2 and they are compared to literature data (spark, arc). The possibility to examine the time characteristics is proved by measurements made on Cd and Pb samples.

Bevezetés

A lézerek ipari alkalmazása nem vezethető vissza hosszú múltra. A jelen időszakban az ipar egyes területein (elektronikus alkatrészek előállítás, szerkezetvizsgálat, analitika, hírközlés és információfeldolgozás, gyártási és megmunkálási eljárások stb.) a lézertechnika bevezetése megtörtént és alkalmazási területe egyre bővül.

A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia elméleti, laboratóriumi és módszertani hátterével foglalkozó irodalmak az utóbbi néhány évben jelentek meg, bemutatva az egyes országokban folyó kutatások eredményeit. A megjelent pub-

likációk közül csak néhány foglalkozik a lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia földtani alkalmazásával.

FRANZKE és társai [1992] tiszta fémek és fémötvözetek vizsgálatán túl néhány geológiai ásvány vizsgálatát is elvégezték. Az ablációt XeCl lézerrel pumpált festéklézer 370 nm-es, 8 mJ-os (teljesítménysűrűség $2 \cdot 10^7$ W/cm²) impulzusával végezték el. Az egyik kőzet főleg ólom-szulfidot tartalmazott. Ezt a komponens a Pb(I) vonalak alapján lehetett azonosítani, de jelentkeztek Ca(I) és Ca(II) vonalak is (1. ábra).

A színeképek felvétele során az eddigi munkákban, a lövésenkénti szórások kiátlagolása miatt, mindig legalább 20–30 lézer impulzust követő mérés összegével vagy annak átlagával számoltak. A mikroanalitika számára azonban a lézer-indukált plazma emisszió akkor képes nagyon kis koncentrációk kimutatására, ha egyetlen impulzusból tud felvételt készíteni. Példaként a 2. ábrán irodalmi vizsgálatok alapján 0,02% alumíniumot tartalmazó mintán végzett egymást követő lézerlövések által indukált emissziós spektrumok láthatók.

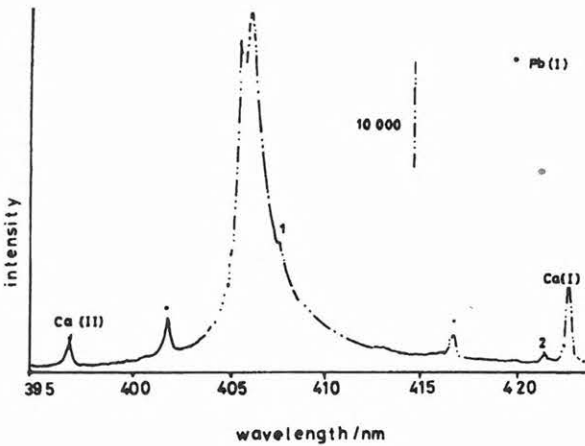
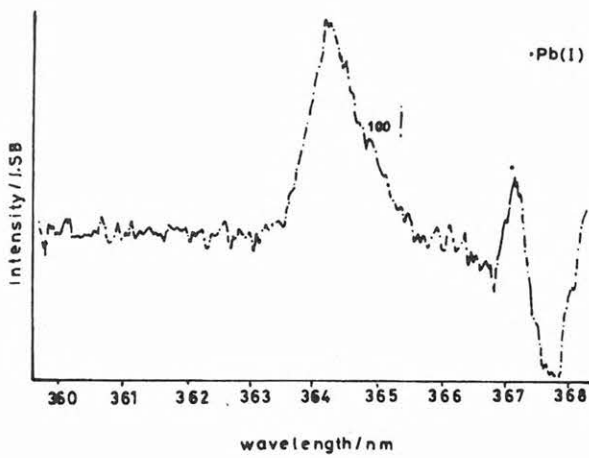
Lézerforrással gerjesztett laboratóriumi mikroanalitikai módszert (LMA) fejlesztettek ki [MOENKE

¹ Beérkezett: 1995. április 11-én

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

³ Janus Pannonius Tudományegyetem Fizika Tanszék, H-7604 Pécs, Ifjúság útja 6.

⁴ BIOMOM Orvosi, Optikai Fejlesztő és Gyártó Mémöki Kft., H-1125 Budapest, Rózse u. 19.



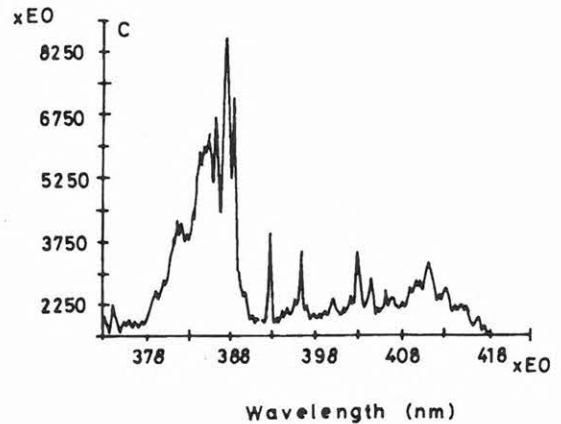
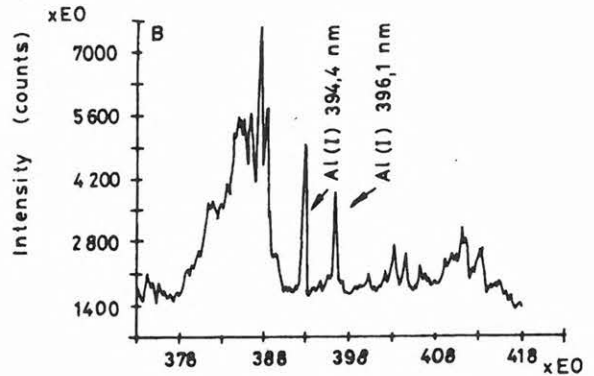
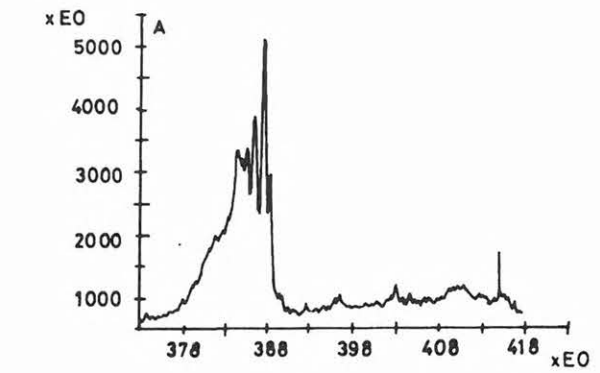
1. ábra. Galenit (PbS) lézer-indukált plazma emissziós spektruma [FRANZKE et al. 1992 nyomán]
Fig. 1. Emission spectra of Galenit (PbS) [after FRANZKE et al. 1992]

et al. 1989] a Balti-tengerben előforduló ferromágneses konkréciók elemtartalmának a vizsgálatára. Az atom emissziós spektrometriai (AES) eljárásnál a plazma gerjesztést Q-kapcsolt rubinlézerrel oldották meg. A szilárd mintákat egy ultramikroszkóp mozgatható tárgyasztalára helyezték és a gerjesztett emissziós spektrumokat egy PGS2 spektrográffal vizsgálták.

Lézer forrással gerjesztett laboratóriumi fluoreszcencia módszert [KWANG BUM HONG 1989] fejlesztettek ki urán, európium és szamárium nyomelemek meghatározására. A fluoreszcencia emissziós spektrumot Yvon-3 spektrofluoriméterrel mérték. A gerjesztő lézerforrás nitrogén lézer volt. A fluoreszcencia keltést különböző adalékanyagok oldatba vitelével oldották meg.

A lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia földtani és környezetvédelmi alkalmazásának célkitűzéseit a következőkben foglaljuk össze:

A földtani alkalmazásnál a nyersanyaglelőhelyek előkutatási fázisában, illetve a bányüzemek részletező feltárási munkáinál a fúrómagminták elemi összetételének meghatározása a kitűzött feladat. A



2. ábra. Alumínium emissziós spektrumok porított mintán. A, B és C az első, második és harmadik megfigyelés után [OWENS, MAJIDI 1991 nyomán]

Fig. 2. Aluminium emission lines from a powder sample. A, B, and C are the emission profiles observed first, second, and third plasma, respectively [after OWENS, MAJIDI 1991]

környezetvédelmi alkalmazásnál a talajban előforduló és ott felhalmozódó, toxikus hatást előidéző nehézfémek (Cd, Cu, Pb, Zn) kimutatása a cél. A minták laboratóriumi vizsgálata, eltérően az ICP, ICP-MS és atomabszorpciós mérésektől (AAS), roncsolásmentesen, a kőzet eredeti állapotában történik. A kiválasztott minták elemi összetételének meghatározásán túl lehetőség nyílik az elemeloszlás szelvény menti tanulmányozására is, a minta folyamatos mozgatásával.

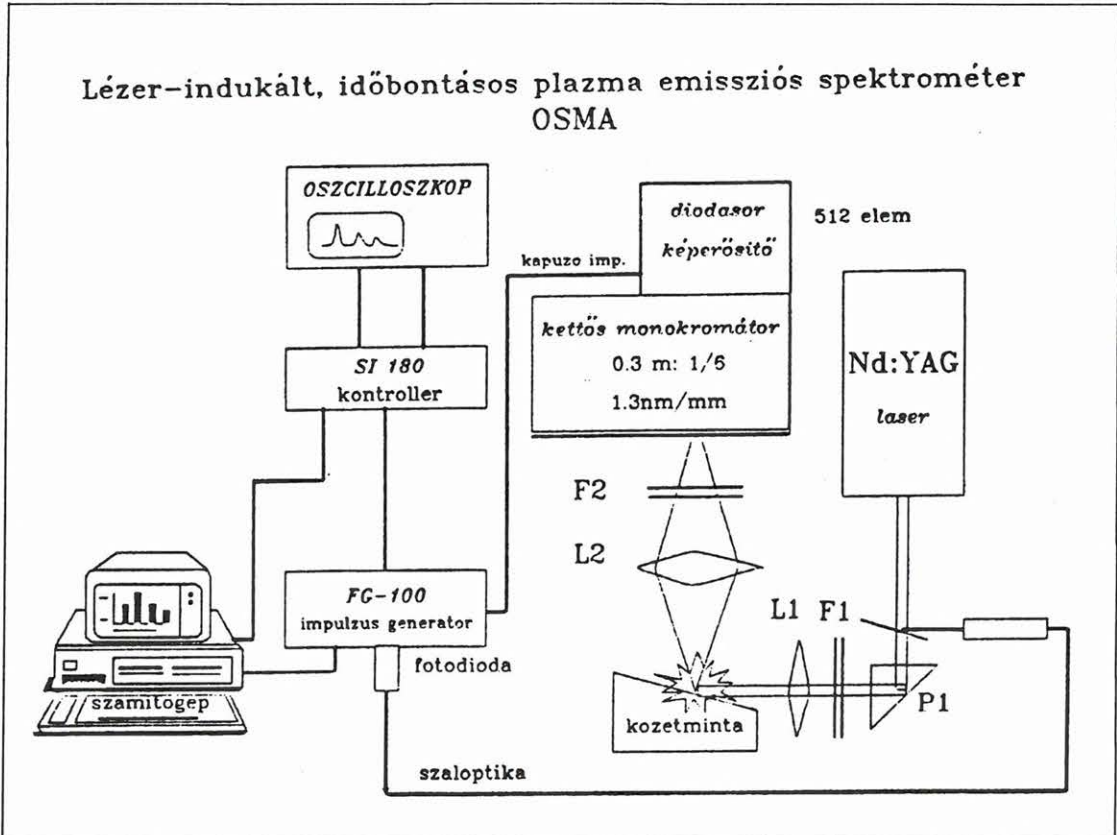
Egy nagy teljesítményű lézer impulzus (közelítőleg: 50 GW/cm^2) és a szilárd test (esetünkben kőzetminta, talajminta) kölcsönhatását követő folyamatokat, a szilárd test anyagi jellemzői (abszorpciós-reflexiós koeficiensek, hővezetési állandó, olvadáspont, ionizációs potenciál) határozzák meg. A kibocsátott lézer impulzus energiájának egy része abszorbeálódik, míg másik része reflektálódik. Az elnyelt energia az anyag helyi melegítését, majd a szilárd-folyékony átmenet teljes olvadékbá történő átalakulását eredményezi. A továbbiakban elnyelt lézerenergia a párolgáshőt fedezi, majd a magas hőmérséklet mellett a gyors gőzfejlődés jelentős felületi recessziót okoz, amely a kráter kialakulásához vezet.

A kiszakított forró plazmában kezdetben elsődleges elektronok, ionok találhatók, amelyekre mint töltéssel bíró részecskékre szintén hat a lézer fénye, ami további lavinaszerű ionizációt eredményez. A plazma hőmérséklete a kezdeti extrém magas értékről kb. $1 \mu\text{s}$ elteltével lassan lecsökken és a gerjesztett atomi és ionos formák sugárzás kibocsátásával az alapállapotba kerülnek. A kibocsátott sugárzás hullámhossza jellemző a vizsgált anyagot felépítő elemi összetételre.

Az irodalomban összefoglalt elméleti alapokat, a mérések elvégzésére kialakított mérési elrendezéseket, a plazma atom emissziós spektrumok feldolgozására kidolgozott eljárásokat szem előtt tartva az OTKA Pécsi Regionális Műszerközpont Lézerspektroszkópiai Laboratóriumában alapkutatói célokból kísérleti méréseket végeztünk az OSMA laboratóriumi spektrométerrel tiszta fém és kőzetmintákon a méréseknél alkalmazott Nd:YAG lézer paramétereinek optimalizálására, a mért indukált plazma emissziós spektrumok időbeli változásainak vizsgálatára és a vizsgált minták elemi összetételének a meghatározására. A laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapul szolgáltak a kifejlesztett LIPS2 hordozható lézer-indukált plazma spektrométerrel felvett emissziós spektrumok feldolgozásához és kiértékeléséhez, amelyről részletesen beszámolunk egy későbbi publikációnkban.

A méréseknél használt laboratóriumi összeállítás

A kísérleti mérések céljaira kialakított OSMA laboratóriumi spektrométer összeállítását a 3. ábrán mutatjuk be. A nagy teljesítménysűrűségű lézerim-



3. ábra. Lézer-indukált, időbontásos plazma emissziós spektrométer (OSMA) elrendezési rajza
 Fig. 3. Scheme of laser induced, time resolved plasma emission spectrometer (OSMA)

pulzus előállítására Nd:YAG lézert használtunk, Q-kapcsolt üzemmódban.

A kísérleti méréseknel alkalmazott lézerforrás és mérőrendszer főbb paraméterei a következők:

jellegetes kimenő hullámhossz:	1,06 μm
a sugárnyaláb teljesítménye impulzus üzemenben:	1 MW
az emittált impulzus energiája:	20 mJ
az emittált impulzus időtartama:	12 ns
az emittált impulzus teljesítménysűrűsége:	50 GW/cm ²
a késleltetés időtartama:	0,05–1,7 μs
az időkapu hossza:	0,4–2,5 μs
felbontóképeség:	0,03 nm/dióda.

A Nd:YAG lézerből kibocsátott nagy energiájú sugárnyalábot a 3. ábrán látható sematikus elrendezés szerint két nyalábra bontottuk. A nyaláb kis része egy vékony üveglap segítségével egy száloptika végére van kicsatolva, amely ezt a fényt a késleltetőkapuzó FG-100 típusú impulzus generátorba beépített fotodiódára juttatja, amely dióda triggereli ezt a generátort.

A lézer nyaláb 90–92%-a a P₁ prizmán és az L₁ lencsén keresztül jut a tárgyasztalra elhelyezett közetmintára. A nagy teljesítménysűrűségű lézerimpulzus által indukált plazma fényét egy monokromátor belépő részére fókuszáltuk. A belépő rész szélességét 30 μm -re állítottuk be. A monokromátorba elhelyezett optikai rács vonalsűrűsége 1200 vonal/mm. A monokromátor szinusz-meghajtón keresztül állítható be, amelyet léptető motor mozgat. A monokromátor kilépő része helyére egy sokcsatornás optikai detektor-együttes van felszerelve. Ennek alapja egy szilíciumfotodióda-sor, amely elé egy csatornaelemes erősítő van illesztve. Az 512 dióda kiolvasását és digitális jelle alakítását az ST 180 típusú kontrollor végzi. A jobb jel/zaj viszony érdekében a diódasort termoelektromos hűtővel hűtjük. A mérőrendszer vezérlését, az adatok tárolását és feldolgozását egy IBM kompatibilis AT-386 típusú számítógép végzi, a POSMA nevű program felhasználásával.

A mérések elvégzéséhez a 250 nm-től 550 nm-ig terjedő hullámhossz-tartományt 15 nm-es egyenlő szakaszokra bontottuk fel. Az emissziós spektrumokat 20 lézerlövés átlagából számolva, szakaszonként az optikai rács motoros léptetésével regisztráltuk. A mérőrendszer kalibrációját higanygőz lámpa segítségével végeztük el. Felhasználva a higany 250 nm-től 550 nm-ig terjedő hullámhossz tartományba eső színképvonalait, az ismert csúcsok azonosítása után görbe illesztéssel meghatároztuk a hullámhossz csatornaszám összefüggést.

Alapkutatások a méréseknel alkalmazott Nd:YAG lézer paramétereinek optimalizálására

Alapkutatásokat végeztünk a laboratóriumi összeállításban szereplő Nd:YAG lézer paramétereinek optimalizálására, a gerjesztő impulzus jellemzőinek (impulzusenergia, Q-kapcsolt impulzus időbeli lefu-

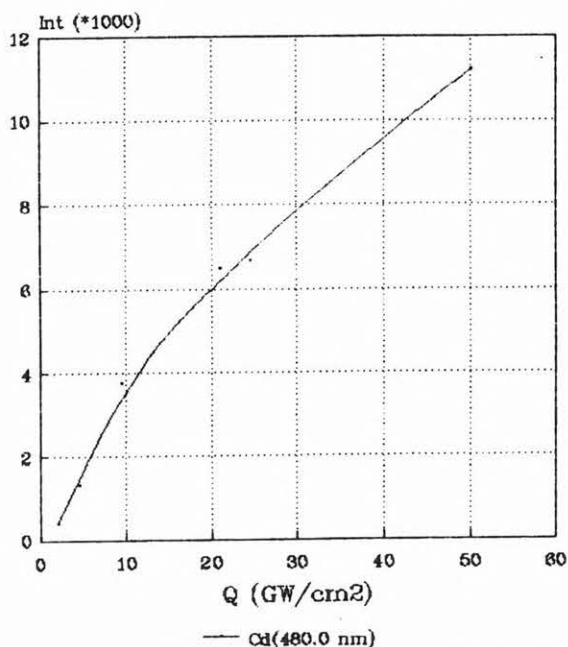
tása, átlagos teljesítménysűrűség) mérésére. A Nd:YAG lézerből kibocsátot fény útjába négy különböző vastagságú fénygyengítő üvegszűrőt helyeztünk el az energia csökkentése céljából. A vizsgált elemek a következők voltak: Al, Cd, Cu, Zn.

Az 1. táblázatban feltüntetjük a méréseknel beállított fénygyengítők transzmisszióját, a mintára jutó lézer impulzus energiáját és a minták felületén mért teljesítménysűrűség értékeket.

Kódszám	Transzmisszió %	Energia mJ	Teljesítménysűrűség 10 GW/cm ²
1	100	20,0	50
2	42	8,4	21
3	18	3,6	9
4	9	1,8	4,5
5	4,5	0,9	2,2

1. táblázat. A méréseknel használt fénygyengítők transzmissziója, a lézer impulzus energiája és a teljesítménysűrűség értékek áttekintő táblázata
Table 1. Surveying table of the transmission of the light-reducer used at measurements of the energy of the laser pulse and of the power density

A kiválasztott elemeken indukált plazma emissziós spektrumok vizsgálatából megállapítható, hogy a mintákon mért spektrumvonalak intenzitás értékei monoton növekvő polinomiális függvénykapcsolatban vannak a teljesítménysűrűség növekedésével. A 4. ábrán Cd nehézfém spektrumvonal intenzitás (Cd(I):479,80 nm) és teljesítménysűrűség görbéje látható. A teljesítménysűrűség változása a vizsgált tartományon belül nem volt hatással a vonalak alak-



4. ábra. Összefüggés a spektrumvonal intenzitás és a lézerforrás teljesítménysűrűség értékek között Cd elemre
Fig. 4. Relation of spectral line intensity and the power density values of the laser source in case of Cd

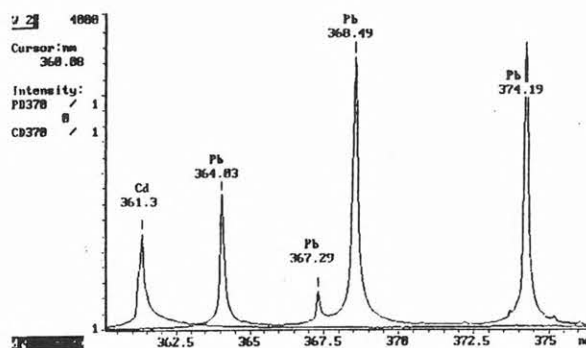
jára, ezért a minőségi analízist nem befolyásolja. A mennyiségi kiértékelésnél az elemi koncentráció meghatározása a vonal intenzitás értékekből történik, ezért a mérések elvégzéséhez stabil lézer impulzus ismétlődés szükséges és 10%-nál kisebb impulzus fluktuáció engedhető meg.

Nagy tisztaságú fém mintákon végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményei

Egyszerű tiszta fém minták plazma emissziós spektrumai

A gyakorlati feladat megoldásához egyszerű tiszta fém minták vizsgálatát végeztük el, abból a célból, hogy kiválasszuk az ultraibolya és a látható (kék, zöld) színek tartományban azokat a jellemző atom (ion) emissziós vonalakat, amelyek segítségével a vizsgált elemek egyértelműen azonosíthatók. A vizsgálatok másik célja az volt, hogy az említett szennyező elemek, illetve átlagos talajösszetételt feltételezve a mátrixelemek (Si, Fe, Ca, Mg, Al, P, Na, K) jellemző emissziós vonalainak azonosítása után az értelmezés elvégzéséhez nélkülözhetetlen elem adatkönyvtár létre tudjuk hozni.

A nagy tisztaságú Cu, Cd, Pb és Zn fém mintákon végzett lézer indukált plazma atom emissziós vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az egyes elemeken mért emissziós vonalak élesen elkülönülnek a felvett spektrumon. A vizsgált hullámhossz tartomány 250–550 nm volt. Példaként egy kiválasztott hullámhossz tartományban a 5. ábrán Cu és Zn, a 6. ábrán Cd és Pb tiszta fémek emissziós



6. ábra. Pb és Cd nehézfémek emissziós spektrumai a 360 nm-től 376,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban
Fig. 6. Emission spectra of heavy metals Pb and Cd in the wavelength range 360 nm—376,5 nm

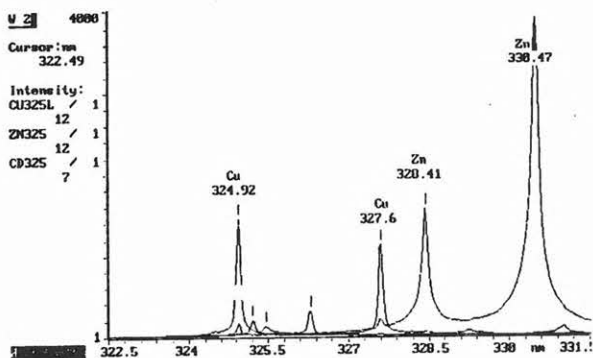
A teljes hullámhossz tartomány vizsgálata során a kiválasztott nehézfémekre (Cd, Cu, Pb és Zn) kijelölt interferenciamentes emissziós spektrumvonalak hullámhossz, intenzitás, relatív gyakorisági értékeit és az irodalmi adatokat a 2. táblázatban foglaljuk össze. Az egyes elemekre a teljes hullámhossz tartományban kijelölt és irodalmilag is egyeztetett interferenciamentes spektrumvonalak a kiértékelő szoftver számára létrehozott adatkönyvtárban megtalálhatók.

A lézerrel indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli változásainak vizsgálata

A vizsgálatok célja annak tanulmányozása, hogy a kiválasztott nagy tisztaságú fém minták esetében, a lézer impulzusokat követően a plazma háttérsugárzása (plazma elektronsűrűsége) és az egyes elemekre jellemző színekvonalak intenzitása milyen időbeli változást mutatnak. Az időben bontott mérések eredményei alapján lehetővé válik az egyes nehézfémekre vonatkozó időkésleltetések és időkapu-hosszak optimális értékeinek meghatározása.

Az indukált plazma atom (ion) emissziós spektrumok időbeli változásainak elméleti alapja az, hogy a vizsgált színekvonal intenzitást és a plazma sugárzást az indukáló lézer impulzustól követően számos tényező befolyásolja. A plazma elektron hőmérsékletének 200–300 ns alatti gyors csökkenése 100 000 K-ről 5000–7000 K-re, a plazmában lévő elektronok koncentrációjának és kinetikai energiájának eloszlása a kisebb értékek felé tolódik el, csökken az atomok erőteljes ionizációja, csökken az ionizált atomok száma, következésképpen nő a neutrális formák aránya. Az atomi átmenetek számától függően a vizsgált nehézfémek „gerjesztett állapot” élettartama időben eltérő. A megfelelően beállított időkésleltetések segítségével az egyes elemekre jellemző spektrumvonalak kiemelhetők a háttérből és jól elkülöníthetők.

A vizsgálatok során a korábbiakban már optimalizált paraméterek mellett a méréseket négy különböző időkésleltetés mellett végeztük el. Az időkapu



5. ábra. Cu és Zn nehézfémek emissziós spektrumai a 321,5 nm-től 331,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban
Fig. 5. Emission spectra of heavy metals Cu and Zn in the wavelength range 321.5 nm—331.5 nm

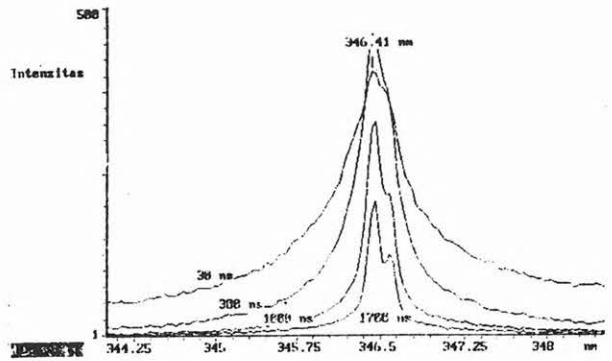
spektrumai láthatók. Az emissziós spektrumokról az irodalmi adatokkal (szikra és ív) is jól egyező spektrumvonalak olvashatók le, amelyekre jellemző hullámhossz értékek a következők az egyes elemekre:

Cd (I)	361,3 nm
Cu (I)	324,92 , 327,6 nm
Pb (I)	364,03 , 367,29 , 368,49 , 374,19 nm
Zn (I)	328,41 , 330,47 nm.

Elem	Hullám-hossz (nm)	Eltérés (nm)	Hullám-hossz (nm)	Intenzitás	Relatív gyakoriság	
	Irodalmi adat		Laboratóriumi mérés			
Cd	326.108	-0.184	326.29	320	4.0	
	340.300	-0.220	340.52	2000	12.5	
	346.620	-0.010	346.63	3000	18.7	
	361.051	-0.249	361.30	10000	62.5	
			441.60	1700	10.6	
			467.60	4000	25.0	
			479.80	14400	90.0	
			508.25	16000	100.0	
			533.30	1600	10.0	
			537.50	3000	18.7	
Cu	324.764	-0.156	324.92	1448	85.9	
	327.396	-0.204	327.60	1128	66.9	
	427.310	-0.390	427.66	1059	62.8	
	465.110	0.010	465.10	887	51.4	
	510.550	0.340	510.21	1885	100.0	
	515.320	0.440	514.88	559	33.2	
	521.820	0.460	521.36	1153	68.4	
	Pb	280.199	-0.081	280.28	230	1.9
		283.306	-0.154	283.46	238	1.9
				357.50	1231	10.2
363.958		-0.072	364.03	1711	14.2	
			367.29	450	3.7	
368.348		-0.142	368.49	3451	28.6	
			374.19	3650	30.2	
405.783		-0.017	405.80	12065	100.0	
			504.20	400	3.3	
			536.70	1400	11.6	
Zn	328.233	-0.177	328.41	1560	10.1	
	330.259	-0.211	330.47	3930	25.4	
	334.557	0.337	334.22	2470	15.9	
			468.00	3130	20.2	
	472.216	0.116	472.10	9370	60.6	
	481.053	0.053	481.00	15470	100.0	

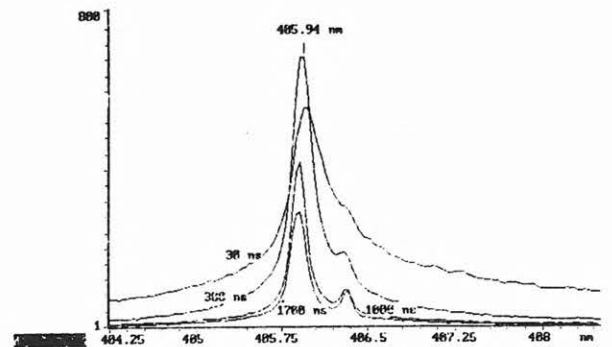
2. táblázat. Nagy tisztaságú fém mintákon laboratóriumban végzett lézer-indukált plazma emissziós spektrumvonalak táblázata

Table 2. Table of the laser-induced plasma emission spectral lines of high purity metal samples measured in laboratory



7. ábra. Cd nehézfém emissziós spektrumának időbeli alakulása a 344 nm-től 348,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban

Fig. 7. Changing in time of emission spectra of heavy metal Cd in the wavelength range 344 nm—348.5 nm



8. ábra. Pb nehézfém emissziós spektrumainak időbeli alakulása a 404,25 nm-től 408,5 nm-ig terjedő hullámhossz tartományban

Fig. 8. Changing in time of emission spectra of heavy metal Pb in the wavelength range 404.25 nm—408.5 nm

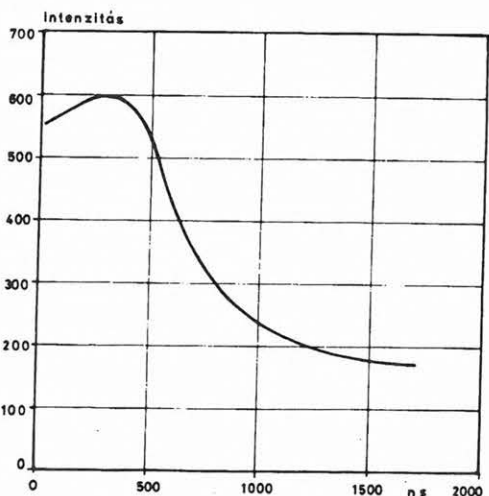
hossza 0,4 μ s volt. Az időkésltetések és hozzájuk tartozó kódok a következők voltak:

Kód	Késleltetési idő
A3	30 ns
C2	300 ns
C6	1000 ns
C10	1700 ns

A színképi eloszlás időbeli alakulásait láthatjuk a 7. ábrán Cd-ra és a 8. ábrán Pb-ra. Az ábrák alapján az időbeli eloszlás azzal jellemezhető, hogy a kezdeti magas háttérből alig kiemelkedő, széles vonalak, időben egyre keskenyebbek lesznek, ugyanakkor a háttér szintje nagyon gyorsan lecsökken. Példaként a 9. ábrán a Pb 405,94 nm-es spektrum vonal intenzitás eloszlását láthatjuk a késleltetési idő függvényében. Az intenzitás érték a kezdeti növekedés után, kb. 300–500 ns késleltetésnél éri el a maximumot, majd lassú csökkenést mutat.

Következtetések

Dolgozatunkban a lézer-indukált plazma atom emissziós spektroszkópia laboratóriumi mérések eredményeiről adtunk rövid összefoglalást. A labo-



9. ábra. Pb 405,94 nm spektrumvonal intenzitás eloszlása az időkésltetés függvényében

Fig. 9. Changing in time of intensity of Pb 405.94 nm spectral line depending on time delay

ratóriumai vizsgálatokat a talajban előforduló, majd ott felhalmozódó, toxikus hatást előidéző nehézfém (Cd, Cu, Pb és Zn) vizsgálatokkal kezdtük el, a mért emissziós spektrumok kiértékelése céljából. Az általunk mért spektrumokon a kiválasztott elemekre élesen elkülöníthető, interferenciamentes spektrum vonalak jelölhetőek ki, amelyek igen jól felhasználhatók a későbbi kiértékelés számára.

Jövőbeli feladatunk az egyszerű minták vizsgálatán túl bonyolultabb elemi összetételű fűrómag minták, szennyezett talajminták (iszap) és a LIPS2 hordozható lézer-indukált plazma spektrométer hitelesítése céljából beszerzésre kerülő etalon minták vizsgálata.

Folytatni kívánjuk a lézer-indukált plazma atom emissziós spektrumok időbeli eloszlás vizsgálatait bonyolultabb összetételű geológiai mintákon. A mintákban előforduló elemekre meghatározzuk az időkéseletések és időkapuhosszak optimális értékeit. Tanulmányozni kívánjuk a geológiai minták roncsolásmentes vizsgálata során az indukált emissziós spektrumok és a mikro környezet közötti kapcsolatot. A geológiai minták vonalmenti, illetve területmenti elemeloszlása alapján meghatározzuk a mintára jellemző vizsgált elem reprezentatív értékét.

HIVATKOZÁSOK

- FRANZKE D., KLOS H., WOKAUN A. 1992: Element Identification on the Surface of Inorganic Solids by Excimer Laser-Induced Emission Spectroscopy. *Appl. Spectrosc.*, **46**, 4, 587-592
- KWANG BUM HONG 1989: Application of Laser-Induced Fluorescence for determination of trace Uranium, Europium and Samarium. *Talanta*, **36**, 1095-1099
- MOENKE L., JAHN K., BRÜGMAN L. 1989: Laser-Micro-Analytical Studies on Distribution Pattern

of Manganese, Iron and Barium in Fe/Mn-Accumulates of the Western Baltic Sea. *Chem. Erde* **49**, 39-46

- OWENS M., MAJIDI V. 1991: Effect of high pressure buffer gases on emission from laser-induced plasmas. *Appl. Spectrosc.*, **45**, 6, 949-952

IRODALOMJEGYZÉK

- ANDRÁSSY L., KOZMA L., LENDVAY P., LUPKOVICS G., NÉMETH B. 1993: Real Time in Situ Application of the Laser Induced Plasma Spectrometry. The Field Mode Laser Spectrometer LIPS-1-60, SPIE Vol, 1993 Optics as a Key to High Technology 1005
- HWANG Z.V., TENG Y. Y., SNEDDON K. P. 1991: Interaction of a Laser Beam with Metals, Part I :Quantitative Studies of Plasma Emission. *Appl. Spectrosc.*, **45**, 3, 435-441
- KO J. B., SDORRA W. 1989: On the Internal Standardization in Optical Emission Spectrometry of Microplasmas Produced by Laser Ablation of Solid Samples. *Fresenius Z. Anal. Chem.*, **335**, 648-651
- LEE Y. I., SEWAN S. P., THIEM T. L., TENG Y.Y. 1992: Interaction of a Laser Beam with Metals, Part II: Space-Resolved Studies of Laser-Ablated Plasma Emission. *Appl. Spectrosc.*, **46**, 3, 436-441
- NIEMAX K., SDORRA W. 1990: Optical Emission Spectrometry and Laser-Induced Fluorescence of Laser Produced Sample Plumes. *Appl. Opt.*, **29**, 33, 5000-5006
- NORDSTROM R. 1993: Laser-Induced Plasma Spectroscopy. *Lasers & Optronics*, 23-24
- RADZIEMSKI L. J., CREMERS D. A. 1989: Laser-Induced Plasmas and Applications. Marcel Dekker, New York, Chap 7

A magyarországi „bright spot”-ok egy lehetséges magyarázata¹

A possible interpretation of the bright spots in Hungary

STEGENA LAJOS²

Egy tanulmány [STEGENA 1994] több folyadék- és gázindikátor (CH₄, CO₂, He, Cl⁻, SiO₂) felszínközeli eloszlása, valamint a nagy amplitúdóval jelentkező reflexiók (bright spot-ok) közötti kapcsolatot vizsgálta. E vizsgálat nem mutatott ki szignifikáns korrelációt egyik indikátorral sem.

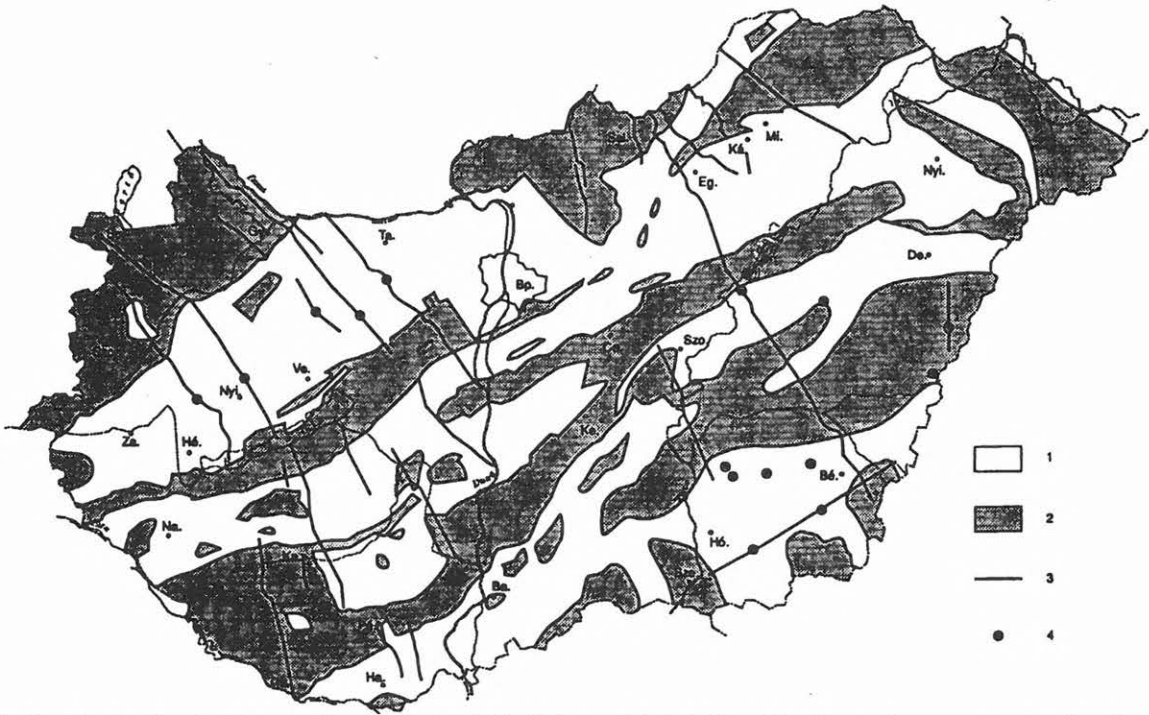
Az akusztikus impedancia változása, és evvel együtt a reflexiókoefficiens várhatóan a folyadék-tartalmú (porózus, karsztos, tektonikusan igénybevett) rétegek felszínén nagy, a folyadék kis sűrűsége és alacsony szeizmikus sebessége folytán.

A bright spot-ok meghatározása a szeizmogramok amplitúdó-hű feldolgozása révén történik. A módszerrel, valamint a bright spot-os helyek leírásáról legújabbán POSGAY Károly [1995] ad számot.

Összesen 16 ilyen bright spot-os helyet ismerünk hazánk területén.

A térkép feltünteti a harmadkori medence aljzatának „karsztosodott” területeit is. A lehatárolásra lényegében ALFÖLDI et al. [1977] térképe szolgált, kiegészítve néhány, főleg a tektonizáltságon alapuló újabb adattal. Joggal tehetjük fel, hogy a lehatárolás, legalábbis egyes területeken spekulatív jellegű, újabb adatrendszer azonban sajnos nem állt rendelkezésre.

A térkép igazolja, vagy legalábbis valószínűsíti azt a tételt, hogy tí. a bright spot-ok a hévíztároló medencealjzatu területekre esnek. A 16 hot spot közül 12 „karsztos” területre esik, 2 annak határára és 2 nem karsztosodott területre. A hévíztárolók lehatá-



1. ábra. Szeizmikus bright spot-ok, valamint hévíztároló és nem-hévíztároló területek, a medence pre-tercier aljzatában. 1—hévíztároló; 2—tömör terciér medencealjzat; 3—szeizmikus szelvények; 4—bright spot-ok. A számítógépes térképet BECKER László térképész készítette

Fig. 1. Seismic bright spots and the aquifer - non-aquifer type pre-Tertiary basement areas in Hungary. 1—aquifer; 2—non-aquifer type, mostly Mesozoic basement; 3—seismic profiles; 4—bright spots

¹Beérkezett: 1995. április 3-án

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

rolása azonban olykor csak hozzávetőleges; a bright spot-ok helyzete biztos, de nem tudjuk, hogy a szeizmikus szelvényeken kívül van-e és hány bright spot.

E tanulmány az 1875. sz. OTKA pályázat keretében készült (témavezető: dr. POSGAY Károly).

ALFÖLDI L., BÖCKER T., LORBERGER Á. 1977: Magyarország karbonátos-repedezett hévíztárolóinak hidrogeológiai jellemzői. In: Magyarország hévízkútjai. VITUKI, Budapest, 3, 17-28

POSGAY K. 1995: A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása. OTKA 1875. sz. téma zárójelentése

STEGENA L. 1994: Folyadék- és gázindikátorok és a nagymélységű reflexiók kapcsolatának vizsgálata. Jelentés a MÁELGI részére, az OTKA 1875. sz. pályázat keretében

Az egyiptomi-magyar geofizikai kapcsolatok egy korai emléke

1995 áprilisában az Egyiptomi Tudományos Akadémia Geofizikai Observatóriumának (Heluán) két kutatója, Abd-el-Rady HASSANEEN és Fathy Mohamed AHMED látogatást tett Magyarországon, többek között az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben is. Itt tartózkodásuk utolsó napjaiban előadást is tartottak az Observatórium tevékenységéről, elsősorban az Egyiptomban folyó mágneses kutatásokról. Mindez önmagában is érdekes lehet, de ilyesmi valószínűleg hetente történik egyik vagy másik földtudományi intézetnél és nem adunk hírt róla. Ez az esemény csak indok arra, hogy egy érdekes, 1911. március 6-án kelt levelet ismertessünk. HEGYMEGI László főosztályvezető, aki már hosszabb ideje kapcsolatban van ezzel az obszervatóriummal is és komoly segítséget nyújtott a mágneses tér folyamatos regisztrálásának megindításában, meglepetésként adta át a levél másolatát az egyiptomi kollégáknak. Feltűnő, hogy ez a levél mennyire hasonló azokhoz, amelyeket akár mi magunk is nemrég írtunk, érdeklődve valamely műszaki újdonság iránt. A levél másolata mellett annak fordítását is közöljük.

Báró Eötvös professzor úrnak
Magyar Királyi Egyetem
Budapest
MAGYARORSZÁG

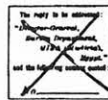
Tisztelt Uram!

Nagyon szeretnék több részletet megtudni az Ön által feltalált „Drehwage”-ről, mint amennyi a könyvtárunkban található. Nemrég határoztuk meg a nehézségi erőt néhány állomáson Kairó és Kartúm között ingákkal, de ezekkel a megfelelő mérésekhez szükséges idő a költségeket megfizethetlenné teszi. Nagyon le lennék kötelezve, ha küldene bármely, az Ön berendezésével foglalkozó irodalmat, amelyből több példánya is lehet, és ha arról is tudna informálni, hogy melyik cég gyártja a műszert és nagyjából mennyiért.

Tisztelt Uram, az Ön híve

(olvashatatlan aláírás)
szuperintendáns
Khedivial Observatórium
Heluán

MINISTRY OF FINANCE.
SURVEY DEPARTMENT.



(Send: Survey, Civil, Postal, Marine, Forest, etc.)
Cable: A.B.C. 204 and 205.



Giza (Helwan) — March 6, 1911.

Dear Sir,

I am anxious to obtain further particulars than we have in our library concerning the "Drehwage" invented by you. We have recently determined the force of gravity at several stations between Cairo and Khartoum, using pendulums, but the time occupied in making a satisfactory observation with these makes the cost prohibitive. I should be greatly obliged if you could send me any literature dealing with your apparatus of which you may have spare copies, and also if you could inform me what firm makes the instrument and at about what cost.

I am, Dear Sir,

Yours faithfully,

Superintendent,
Khedivial Observatory,
Helwan.

Herrn Professor Baron Eötvös,
Königliche Ungarische Universität,
Budapest,
HUNGARY.

Érdekes lenne kideríteni, ki volt a levél aláírója és lett-e valami folytatása ennek a levélnek, erre azonban még nem volt időnk. Mindenesetre köszönettel tartozunk ezért az érdekes emlékért SZABÓ Zoltánnak, aki az Eötvös-hagyatékban bukkant rá.

Verő László

A szénhidrogén-kutatásban alkalmazott geofizikai módszerek fejlődésének főbb állomásai a kezdetektől napjainkig

A történelmi Magyarországon az 1850-es években kezdődtek az intenzív szénhidrogén-kutatások, elsősorban felszíni szivárgások, kibúvások területén. A magyar ipari kormányzat már az I. világháború előtt felismerte, hogy az „államnak kell kezébe vennie az ország valószínű petróleum területeinek szakszerű átkutatását és megnyitását”. E célkitűzésekről az 1911. évi VI. törvénycikk is rendelkezett. A törvény ugyanakkor arról is szólt, hogy a pénzügyminiszter a kutatás és bányaművelés jogát az országgyűlés tudomásul vétele mellett harmadik személyre átruházhatja.

A számos, koncessziós jogot kapott vállalkozás közül pusztán kettő érdemes említésre. 1933-ban az European Gas and Electric Company (Eurogasco) kapott koncessziót a Dunántúl területére, és több átalakulás után 1938-ban létrejött a Magyar—Amerikai Olaj Rt. (MAORT).

1937. november 26-án a magyar olajbányászat fontos dátuma, mert a B-2 (Budafa) jelű fúrás e napon kezdett olajat termelni.

A MAORT az ismert per kapcsán 1948. szeptember 24-én került állami tulajdonba.

A Nagyalföld déli részére 1940-ben a Magyar—Német Asványolaj Művek Kft. (MANÁT) kapott kutatási engedélyt.

E két magánérdekeltség mellett a kincstár is végzett — anyagi lehetőségeinek függvényében — az ország számos helyén szénhidrogén-kutatásokat, de az 1918—1940 közötti évek ipari jelentőségű felfedezéseket nem eredményeztek, csupán enyhén gázos termálvizeket.

Az 1910-es évek közepéig a fúrások helyét elsősorban felszíni geológiai térképezés és a felszínen észlelhető különböző kibúvások (szivárgások) adatai alapján határozták meg. E területek elfogyásával a kutatások olyan területekre helyeződtek, ahol a fúrások kockázata egyre nagyobb lett és megnövekedett — világszerte is — a meddő fúrások száma.

Az egyre mélyebb tározók (rezervoárok) térképezése szinte parancsolóan kiáltott olyan „eszköz” után, amely a meddő fúrások számát minimálisra csökkenti. Az eszköz EÖTVÖS Loránd torziós ingája révén adott volt, de kellett még egy olyan nagytudású olajgeológus is, mint BÖCK Hugó, aki felismerte a torziós ingában rejlő kőolajkutatási lehetőségeket.

Az 1916. évi egbelli (ma Gbely, Szlovákia) sikeres mérésekkel indult el az Eötvös-féle torziós inga világhódító útjára és hosszú ideig a szénhidrogén-kutatások fő eszközének bizonyult nemcsak itthon, hanem szerte a világon.

A 30-as évek közepéig a kőolajkutatásoknál majdnem kizárólag Eötvös-inga és graviméteres méréseket végeztek, de a említett érdekeltségek koncessziós területein külföldi szeizmikus csoportok is mértek. 1936-ban az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet is megkapta első szeizmikus berendezését, amellyel kincstári megrendeléseknek tett eleget.

A II. világháború, illetve az azt követő évek nemcsak a politikai, gazdasági berendezkedésben, hanem éppen ennek következményeként a szénhidrogén-kutatások területén is jelentős változásokat hoztak. A magyar és a szovjet kormány 1946-ban létrehozta a közös Magyar—Szovjet Nyersolaj Rt.-t (MASZOVOL) a Dunától keletre eső terület rész kutatására. E vállalat birtokába került az addig végzett kincstári, ill. a MANÁT által végzett összes kutatási eredmény.

A MAORT államosítása után 1953-ban az állam megalapította a MAORT és a MASZOVOL összevonásával a MASZOLAJ Rt.-t, amely magyar—szovjet érdekeltségű volt, és kutatási tevékenysége már az egész országra kiterjedt. E vállalat 1955-ben teljes vagyonával a magyar állam tulajdona lett és 1991-ig OKGT (Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt) névvel végezte kizárólagos joggal a hazai kőolaj- és földgázkutatást, ill. -termelést.

Az OKGT, ill. jogelődje fokozatosan kiépítette mindazon szervezeteit — köztük a geofizikai kutató egységet is 1952-ben — amelyek a kutatás és termelés különböző fázisaihoz kapcsolódó tevékenység elvégzésére alkalmasak voltak.

Az OKGT (és elődei) számára szükséges geofizikai mérések zömét a Geofizikai Kutató Vállalat (GKV) megalapításáig az ELGI végezte, sőt a későbbiekben is részt vállalt a kőolajkutatás szerteágazó tevékenységéből. A soproni, majd a miskolci egyetem Geofizikai Tanszéke és a Soproni Akadémiai Kutató Laboratórium (ma GGKI) elsősorban geoelektromos fejlesztő, és részben mérési tevékenységgel járult hozzá az elmúlt évtizedek szénhidrogén-lelőhelyeinek felfedezéséhez.

Gravitációs kutatás

A gravitációs kutatások a II. világháború után reneszánszukat élték. Az Eötvös-inga mérések ugyan háttérbe szorultak, de a nagy teljesítményű graviméterek továbbra is tartották vezető szerepüket a szénhidrogén-kutatásban és hozzájárultak több olajmező felfedezéséhez. A Bouguer-anómália térképek elemzésére a 70-es években különböző szűrő-sorozatokat is alkalmazásba kerültek reziduális, regionális és sávszűrt térképek formájában.

E munka sok új eredményt hozott, amelyek elsősorban a szeizmikus mérések tervezésénél és a komplex kutatásoknál voltak jól felhasználhatók, ugyanakkor az elemzések arra is rávilágítottak, hogy a nem szabályos hálózatban mért 1 pont/km^2 sűrűségű hálózat nem mindig ad egyértelmű eredményeket. E felismerés nyomán a Geofizikai Kutató Vállalat a 70-es évektől megkezdte a szabályos hálózatú, 4 pont/km^2 sűrűségű graviméteres méréseket. E mérések eredményei az integrált értelmezésben sikeresen alkalmazhatók.

Mágneses kutatás

A magyarországi kutatások arzenáljában a mágneses mérések is mindig megfelelő szerephez jutottak. Az elmúlt néhány évben e módszert felhasználták a szénhidrogének direkt detektálására is. A 4 pont/km² területi sűrűségű mérés használhatósága azon alapul, hogy a telepéből migrált szénhidrogének katalizálják az üledékben lévő vasásványok átalakulását. Így a talajvízszint közelében az üledékek hematitjából és goethitjéből magnetit keletkezik, amely néhány nT-s, 0,5-2 km hosszúságú jeleket generál, és ezek érzékeny magnetométerekkel jól mérhetők. A módszer gyakorlati eredményeket hozott.

Geoelektromos kutatás

A kőolajipar saját geoelektromos részlegét 1963-ban hozta létre tellurikus (TE) és dipol (DE) egyenáramú mélyszondázások végzésére alkalmas felszereltséggel. A megalapításig, és részben azután is az előzőekben már említett intézmények elégtették ki a kőolajipar ezirányú igényeit. A mérések a üledékes öszletvastagság változásainak, valamint a medencealjzat morfológiájának térképezésére voltak elsősorban felhasználhatók, de főképpen csak átnézetes részletességgel.

A 70-es években bekövetkezett szeizmikus módszer- és műszerfejlesztések az említett geoelektromos méréseket túlhaladottá tették, tehát szükségessé vált e területen is a módszerek korszerűsítése.

A TE-t felváltotta a magnetotellurikus szondázás (MT), a DE-t pedig az elektromágneses frekvencia-szondázás (CSEM, CSAMT) módszere. E módszereknél megnövekedett a felbontóképesség, a lehatalási mélység, amely új földtani feladatok megoldására tette alkalmassá ezen új módszereket (pl. vulkáni képződményekkel lefedett terciér öszletek és paleozoós, mezozoós aljzat belső szerkezetét vizsgáló kutatásoknál).

A 80-as évektől napjainkig sikeresek voltak azok az elektromágneses kutatások is, amelyek a szénhidrogén-telepekből történő másodlagos migráció által okozott geokémiai változásokhoz kapcsolódó geoelektromos anomáliák kimutatására irányultak.

Szeizmikus kutatás

Az 50-es évektől a hazai szénhidrogén-kutatásban mind mennyiségben, mind jelentőségben a szeizmikus módszerek vették át a vezető szerepet. Általában a módszer reflexiók válfaja volt túlsúlyban, de volt olyan időszak is, amikor — főképpen műszeres okokból — a refrakciós módszer is fontos szerepet játszott, azonban akkor is csak a regionális és átnézetes kutatási fázisban.

A korábban említett nem-szeizmikus módszerek a fejlett országokban általában kevésbé voltak használatosak, mint az akkori, ún. keleti blokk országaiban. A hazai szeizmikus kutatások azonban — ugyan némi késéssel —, de mindig követték a világban kialakult tendenciákat.

A terepi mérési technológia, feldolgozási eljárások és interpretációs munka azonban mindig megkívánták a speciális alkalmazásokat, amelyeket a hazai szerkezetek kis kiterjedése, a telepek viszonylag kis vastagsága, ugyanakkor bonyolult földtani felépítése tett indokolttá.

A magyarországi szeizmikus kutatásoknál is jól megkülönböztethető a hagyományos fotoregisztrálásos (1952—1966), az analóg (1966—1971) és a digitális (1971-től) jelrögzítés korszaka, napjainkban pedig a 3-D-technika (1989) egyre nagyobb térhódítása és a különböző felvételezési technikákhoz tartozó számítógépes feldolgozás és munkaállomással támogatott értelmezés elterjedése.

A technológiák és a műszerezettség fejlődésével, valamint a korszerű mérésekkel számos, korábban sikertelenül kutatott területen váltak eredményessé a kutatások.

Napjainkig a hagyományos szerkezeti csapdák nagy részét megismertük. Hátramaradtak a rejtett (szubtilis) csapdák, amelyek feltérképezése egyrészt igényli a nem szeizmikus módszerek további, korszerűbb alkalmazását; másrészt a szeizmikus módszerek területén a terepi felvételezésnél, a feldolgozásnál és értelmezésnél igényli a

- megnövelt horizontális és vertikális felbontást,
- részletes sebességanalízist,
- ál-akusztikus szelvények készítését,
- a jel amplitúdónak az észlelési távolságtól való függése elemzését,
- szeizmikus litológiai modellezést,
- attributum szelvények előállítását,
- a fúrólukban a teljes szeizmikus hullámtér felvételezését (VSP).

Az említett feladatok megoldásához mind a személyi feltételek, mind a műszerezettség (hardver), mind pedig a programrendszerek (szoftver) rendelkezésre állnak. A nemzeti olajipari vállalat 1991-ben történt átszervezése szervezetenként is olyan feltételeket teremtett, ahol az integrált munkavégzés (team) lehetősége is adva van.

E rövid, de átfogó elemzés összegezeként megállapítható, hogy az eddigi kutatások két nagy szakasza különíthető el egymástól: a II. világháború előtti és a világháború utánira. Ez utóbbi az új bányatörvény életbe lépésével lezárult, és kezdődik egy olyan szakasz, amelyre ismét a koncessziós lehetőségek, a vállalkozások lesznek a jellemzők, bennük remélhetően sok geofizikai feladattal.

*Összeállította Molnár Károly,
Kloska Károly, Nagy Zoltán, Rumpler János és
Tóth János közreműködésével*

IRODALOM

- SZÉNÁS Gy., ÁDÁM O. 1953: Szeizmogeológiai viszonyok DNY-Magyarországon. Geofizikai Közlemények II, 9
- SELÉNYI P. 1953: Roland Eötvös Gesammelte Arbeiten. Budapest

- RENNER J. 1959: A magyar országos gravitációs alaphálózat végleges feldolgozása. *Geofizikai Közlemények VIII*, 3
- VARGA I. 1960: A kőolajipari szeizmikus mérések néhány földtani eredménye. *Magyar Geofizika I*, 2
- ÁDÁM O. 1964: Szeizmikus felszíni zavarhullámok (ground roll) dinamikai tulajdonságainak vizsgálata. *Magyar Geofizika V*, 1-2
- SZ. KILÉNYI É., RÁKÓCZY I. 1966: Módszertani szeizmikus mérések a Nagyalföldön. *Geofizikai Közlemények 15*, 1-4
- RENNER J. 1966: A magyar geofizika története Eötvös Loránd halálától a felszabadulásig. *Magyar Geofizika VII*, 1
- HÁMOR N., MOLNÁR K., RUMPLER J., VARGA I. 1966: A nagyalföldi reflexiós-szeizmikus mérések eredményei és problémái a földtani felépítés tükrében. *Magyar Geofizika VII*, 2-3
- MESKÓ A. 1966: Szűrőelmélet alkalmazása a gravitációs interpretációban. *Magyar Geofizika VII*, 1
- LANTOS M., NAGY Z., NEMES I. 1966: A komplex geoelektromos módszer alkalmazásának tapasztalatai a Bugyi-i - Nagykáta-i rögvonulat területén. *Magyar Geofizika VII*, 2-3
- ACZÉL E., STOMFAI R. 1968: Az 1964—65. évi magyarországi földmágneses alaphálózat-mérés. *Geofizikai Közlemények XVII*, 3
- MOLNÁR K., RUMPLER J., SÁGHY Gy., ZSITVAY Sz. 1969: A magyarországi szénhidrogén kutatásban alkalmazott többszörös fedéses eljárással szerzett tapasztalatok. *Magyar Geofizika X*, 2-3-4
- POLCZ I. 1969: Komplex geofizikai szénhidrogén kutatás az Alföldön. *Földtani Kutatás 12*
- RUMPLER J., SÁGHY Gy., TÓTH J., VÁNDOR B., ZSITVAY Sz. 1970: Az analóg mágneses regisztrálású szeizmikus kutatás helyzete Magyarországon. *Magyar Geofizika XI*, 1-2
- MIKLÓS G., SÁGHY Gy. 1970: A kőolajipari szeizmikus kutatási tevékenység hatékonysága és gépi és műszertechnikai szerepe Magyarországon. *Földtani Kutatás 13*, 1
- GKÜ kiadvány 1972: A felszíni geofizikai kutatás 20 éve a kőolajiparban
- NAGY Z. 1972: A Kisalföldön végzett geoelektromos mérések helyzete, eredményei és problémái. *Magyar Geofizika XIII*, 6
- KOVÁCS F., MESKÓ A. 1973: Gyakorlati tapasztalatok a gravitációs térképek átalakításában alkalmazott szűrőkről. *Magyar Geofizika XIV*, 3-4
- NAGY Z., VIDA Zs., ZIMÁNYI I. 1975: High power, frequency selective electromagnetic measuring system of OKGT-GKV and its use in hydrocarbon exploration in Hungary. *Proceedings of the 20th International Geophysical Symposium, Szentendre-Budapest, Hungary. OMDK-Technoinform, Budapest*
- BODOKY T., JÁNVÁRI J., NEMESI L., SZEIDOVITZ Gyné, POLCZ I. 1977: Komplex geofizikai kutatások eredményei a Nyírségben. *Általános Földtani Szemle 10*
- ALBU I., BODOKY T., SZEIDOVITZ Gyné 1981: Az ELGI kelet-magyarországi szeizmikus kutatásainak néhány eredménye. *Vándorgyűlés*
- NAGY Z. 1981: A felszíni elektromágneses kutató módszerek helyzete és fejlődése, alkalmazásuk újabb eredményei a hazai szénhidrogén-kutatásban. *Magyar Geofizika XXII*, 4
- KÉSMÁRKY I., POGÁCSÁS Gy., SZANYI B. 1982: Szeizmikus szelvények sztratigráfiai értelmezése kelet-magyarországi neogén-quarter depressziók példáján. *Magyar Geofizika XXIII*, 1-2
- DAVID Gy., NAGY Zné 1982: A harmadidőszaki medencealjzat szeizmikus kutatásának eredményei DNY-Dunántúlon. *Magyar Geofizika XXIII*, 5-6
- HÁMOR N., UJFALUSY A. 1983: A szeizmikus mérések eredményei alapján szerkeszthető földtani modell a magyarországi szénhidrogén kutatásban. *Magyar Geofizika XXIV*, 4
- KARAS Zs., NAGY Z., PÁLYI A., ZSITVAY Sz. 1983: First Hungarian results of the direct CH prospecting by the WEGA-D electromagnetic exploration method. *Proceedings of 28th International Geophysical Symposium, Balatonszemes, Hungary. Association of Hungarian Geophysicists, Budapest*
- POGÁCSÁS Gy. 1984: A Pannon-medence neogén depresszióinak szeizmikus sztratigráfiai alapvonásai. *Magyar Geofizika XXV*, 4
- KFV 1987: Ötven éves a magyar kőolaj- és földgázbányászat, 1937—1987. *Nagykanizsa*
- ÁDÁM A., NAGY Z., VARGA G. 1989: Magnetotelluric (MT) research and exploration in Hungary. *Geophysics 54*, 6
- BEKE B., NAGY T., NAGY Z., PÉTERFAI B. 1989: CSAMT mapping of EOR procedure of Eger hydrocarbon-reservoir in Hungary. *Proceedings of 34th International Geophysical Symposium, Budapest*
- BEKE B., GULYÁS-FORMÁN Cs., HAJDU Gy., LANDY I., NAGY Z. 1990: Results of 3-D electromagnetic surveys with high resolution in Hungary. *Proceedings of 35th International Geophysical Symposium, Varna, Bulgaria*
- BEKE B., CSÖRGEI J., FORMÁN-GULYÁS Cs., LÁDA F., NAGY T., NAGY Z. 1991: Non-seismic methods used to delineate hydrocarbon deposits in Hungary. „The way ahead — Hydrocarbons for the 1990's”. *AAPG International Conference and Exhibition, London*
- VAKARCS G., VÁRNAI P. 1991: A Derecskei-árok környezetének szeizmosztratigráfiai modellje. *Magyar Geofizika XXXII*, 1-2
- ÁDÁM O. 1992: Szeizmikus történelem. *Magyar Geofizika 33*, 4
- NAGY Z. 1992: Advances in the integrated interpretation of seismics with magnetotellurics (Illustrated by practical examples from the Pannonian Basin). Paper (G-11) presented in the 54th EAEG Meeting, Paris
- SZARKA L., NAGY Z. 1992: A possibility of an EM technique to locate oil reservoir boundaries on the basis of analogue modeling experiments. *Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. 27*, 1

A KTB-mélyfúrás geológiai és geofizikai tapasztalatai

(J. K. DRAXLER előadásának összefoglalása)

J. K. DRAXLER úr, a KTB-mélyfúrás egyik geofizikai, főleg mélyfúrási geofizikai vezetője az SPWLA Budapest-Chapter meghívására 1995. január 26-án előadást tartott a fenti címmel. Azok számára, akik nem tudtak jelen lenni, adjuk most ezt a rövid összefoglalást, és fejezzük ki köszönetünket ezúton is az előadónak.

A KTB (Kontinentales Tiefbohrprogramm) nevű terv német állami vállalkozás, amelyet 1985-ben határozott el a német szövetségi kormány Kutatási és Technológiai Minisztériuma, kb. 10 éves időtartamra tervezve.

Különbféle földtani-geofizikai megfontolások után a fúrást a bohémiai masszívum Ny-i szegélyére tűzték ki. Két kút lemélyítése szerepelt a tervben: egy 5000 m-es „előfúrás” (pilot hole), majd az „igazi” szupermély fúrás, 10–12 000 m mélységgel. A két fúrási pont egymástól kb. 100 m-re fekszik. Az első kút 4000 m-ben, a második 9101 m-ben fejeződött be.

Az előfúrás értelmében elsősorban az volt, hogy így a „magasabban” fekvő részeket jobban meg lehetett ismerni: a kis átmérő miatt jobb mérési eredményekre lehetett számítani, de sok olyan fúrási meg más tapasztalat szerzésére is nyílt így lehetőség, amelyeket a főfúrás során hasznosítottak. Ennek érdekében az előfúrás végig magfúrással mélyítették, igen jó, 98%-os magnyereséggel, 4” átmérőjű magokkal. Különleges öblítőiszapot alkalmaztak a magok és a furadék védelmére: a tisztán szervesetlen, szilárdanyag-mentes iszap csak részben vált be, mivel a kőzetre kifejtett jó hatása mellett a fúrócsőre korrózió hatást gyakorolt. Az előfúrás 3850 m-ig csővezték, az alsó, nyitott szakasz hozzáférhető maradt.

A szupermély fúrás mélyítéséhez külön berendezést és szerelvényeket (pl. függőlegesen tartó rendszert) terveztek, és alkalmaztak. A lyukat 3000 m-ig 16”-os, 6000 m-ig 13 3/8”-os beléscsővel csővezték le. Több fúrástechnikai gond (mentés, ferdítés) miatt 7784 m-ben tették le a 9 5/8”-os csövet, de 8730 m után nem sikerült a lyukat stabilizálni: 7 5/8”-os betétcső letétele vált szükségessé. Ezt követte a 6 1/2”-os fúrás a befejező mélységig. Fúrástechnikai kiegészítés még: a „függőlegesen tartó” rendszer 7400 m-es alkalmazásáig az eltérés a vertikálitól mindössze 6 m volt; lejjebb, ahol a hőmérséklet miatt e rendszer nem volt bevethető, az elferdülés nagysága 300 m körüli értéket ért el 45° irányban.

Az öblítőiszap bentonit-polimeres volt a nagyobb mélységekben (tehát 6000 m alatt), ahol a sósvíz beáramlás miatt barittal kellett a sűrűséget egészen 1,40 kg/l-re emelni. A végleges lyuktalpon a hőmérséklet 250 °C értéket ért el.

Még az előfúrás mélyítése alatt végeztek a területen egy 19 km x 19 km kiterjedésű 3-D szeizmikus mérést, kiegészítve az előfúrásban végzett VSP, offset-VSP, MSP mérésekkel, a nyíróhullámok regisztrálásával, melyeket azután összevetettek a főfúrás-

ban kapott VSP-adatokkal is. Amikor ezeket a szeizmikus adatokat összehasonlították a terület korábbi szeizmikus méréseivel, akkor több meglepetésben volt részük. Az ún. Frankiai vonal egy, az eddig becsültnél mélyebbre nyúló törérendszer: a Szász-Thüringiai vonal és Moldanubiai szintek egymásra tolódása sokkal bonyolultabb a vártnál.

A fúrólyuk-szelvényezés területén a végig kristályos kőzetekből álló rétegsorban nem várt nagyságúak voltak az SP-anomáliák. A jelenség magyarázatához nagy segítséget nyújtottak a helyszínen folyamatosan végzett kőzetvizsgálatok: grafit és pirit volt az a két ásvány, amely a jelenséget elsősorban okozta. Az okokat más mérések is megerősítették.

Az ellenállásmérés lényegében a dual-laterologból állt. Itt a szokásos mérőeszközöket használták, természetesen megfelelően hőállósított szondákkal (minden mérés egyébként „HL”, azaz Hostile Environment Speciflicated szondákkal készült). Feltűnő volt a mért rendkívül nagy fajlagos ellenállás: 400 000 Ωm értékek is előfordultak, ami az igen tömött, sűrű kőzettel magyarázható.

Alkalmazták az ARI jelzésű Schlumberger-eszközt is, amely lyukfal-képet ad, de mélyebb behatolású lévén inkább a távolabbi környezetet jelzi.

A hagyományosnak mondható microscanner két típusával végzett mérések sok jó képet adtak a lyukfalról, de hőmérsékleti korlátozottságaik miatt csak 6030 m-ig; nagyon szép dőlésértékeket is le lehetett olvasni az amfibolit-gneisz réteghatárokon. Bár a Schlumberger cég kifejlesztette a hőálló microscannert is (a KTB külön rendelésére), ezzel igazán sikeres mérést a lyuk állapota miatt nem tudtak végezni.

A nukleáris mérések a litológiai összetétel meghatározására irányultak. Ennek érdekében, ahol csak lehetett, mértek litho-density szondával, mélyebben pedig HL kivitelű sűrűségmérővel. Érdemes talán megemlíteni, hogy a mérőpapucs jobb felfekvése érdekében alkalmazták a „hort axis logging technique”-et, amikor is a szondát a bővületeknél olyan elhelyezkedésre készítetik, hogy az érzékelő mindig a rövid tengelyen helyezkedjék el. Ennek ellenére nehéz volt a 2,70 és 3,10 g/cm³ sűrűségek között különbséget tenni az eszköz felbontóképessége miatt. A fúrás által harántolt paragneisz, hornblende-gneisz, amfibolit, metagabbro, lamprofit és ezek különféle keverékei mind e sűrűség tartományba estek.

Eppen az említett kőzetekben erősen eltér a kompenzált neutronszelvény is az üledékekben szokásostól, feladata itt elsősorban nem az esetleges porozitás detektálása volt, hiszen a kőzetek mátrixporozitása sehol sem lépte túl az 1,5%-ot. Viszont a kőzetekben

meglévő neutronelnyelő ásványok a mészkőporozitás-skálán 8—20% porozításokat is adtak, elősegítve ezzel a litológiai értelmezést.

A nukleáris mérések csoportjában alkalmazták a geokémiai mérést, amely végeredményben a Schlumberger cég speciális spektrális mérőeszköze, és a következő elemek koncentrációjának meghatározására alkalmas: Si, Ca, Al, Fe, S, U, Th, K, Ti és Cd. E mérés értelmezésében figyelembe veszik az egyes elemek vegyületeit is, így lehet azután következtetni az ásványi összetételre, azt pedig össze lehet vetni a kőzetben (furadékon) végzett elemzési eredményekkel, elsősorban a röntgenfluoreszcenciás mérés eredményével.

Igen érdekes eredményeket adott a német fejlesztésű elektro-fácies értelmezés. Ennel alapján az előfúrásban kapott mérési adatokat, értékeket dolgozták föl az ismert elektro-fácies elven, megkülönböztetve mintegy 32 kőzetfajtát. E módszerrel sikerült azután a mélyfúrásban az ott már igen kevés kőzetminta (furadék) adatait kijavítani, kiegészíteni. Szintetikus feldolgozással sikerült a grafit, pirit, magnetit, hematit és pirrotit mennyiségi meghatározása. Alkalmazták végül a nukleáris mérések terén RYBACH László (Zürich) módszerét is a kőzetek hőtermelésének becslésére.

Új eszközként alkalmazták a mélyfúrásban a Schlumberger cég Dipole Shear Sonic Imager (DSI) eszközét, amellyel közvetlenül lehet mérni a formációk nyomás-, nyíró- és Stoneley-hullámainak sebességét, ill. futási időit. Ezek közül ismert módon használták az utóbbit a hasadékok detektálására. Az akusztikus mérések körébe tartozik a lyuktelevízió sikeres alkalmazása is, főleg a nyitott hasadékok kimutatásának területén.

Hőmérsékletet minden szelvényezéskor mértek a talpon. Az így kapott adatokból lehetett gradienst becsülni, s ez erősen eltért az előrejelzett értéktől: 22 °C/1000 m helyett 29 °C/1000 m gradienst kaptak, így adódott a végleges mérés kori 250 °C-os, még nem nyugalmi formáció-hőmérséklet 9084 m mélységben.

Néhány mérési kísérletre is sor került a befejező szelvényezéskor, annak ellenére, hogy csak több próbálkozás után sikerült szondával a legmélyebb elérhető pontig, 9084 m-ig lejutni (ennél mélyebben nem is tudtak mérni). E befejező mérés előtt — éppen a lejutási nehézségek miatt — az addigi lyukszakaszt 9031 m-ig betétcsővel „linerezték”, így az utolsó mérendő szakasz mindössze 53 m volt. Az említett kísérleteket a hullámképet is regisztráló szonikus, spektrális gamma, kompenzált sűrűség, műszaki adatok mérése — mint előírt program — után végezték. Előbb egy SP-REDOX felvétellel egészítették ki a felsoroltakat, majd egy érdekes, két-dipólos mérést végeztek el. Ennek során 40 km-es távolságban egészen 30 A-ig terjedő egyenáramot vezettek a talajba, és mindkét fúrás nyitott szakaszában potenciál változásokat és más jeleket észleltek. Az eredmények érdekességét az adja, hogy a két lyuk nyitott részei

— tehát kb. 4000 és 9000 m — között harántolja a fúrásokat a feltehetően jól vezető anyagokkal kitöltött Frankiai törésvonal síkja. A mért adatok kitérők voltak, értelmezésük most folyik. A mélyfúrás a többi szelvény alapján 9057—9054 m között egy törésvonalat harántolt, a gneiszből és amfibolitból álló rétegsoron belül.

A méréssorozat után sikeres beáramlás-vizsgálatra került sor. Ezt nívoemelkedés jelezte, a beáramló fluidumból mintát nem tudtak venni. Befejezésül hidraulikus repesztést végeztek, és pedig rendkívüli körülmények között: szilárdanyag-mentes, 1,50 g/cm³ sűrűségű kalciumklorid-kalciumbromid oldattal, 23—53 MPa felszíni nyomásokat alkalmazva. Amíg a teljes, 200 m³-t kitevő folyadékmennyiség el nem nyelődött, összesen 300 szeizmikus beérkezést érzékelték a kb. 200 km-re fekvő Lipcse és Passau városokban lévő szeizmológiai észlelési helyeken. Ekkora volt a formációk felrepedésének hatása!

Földtani tekintetben a két fúrás sok meglepetést hozott. Bonyolultabbak a viszonyok, mint hitték. Igen érdekes a formációk dőlésének változása a mélységgel, és következtetéseket lehet levonni a tektonikai mozgásokra vonatkozóan is: alátolódások, felemelkedések fedezhetők fel. Feltehetően a meglévő kőzetfeszültségek okoztak fúrástechnikai nehézségeket, de érzékelhető volt a kőzetek — ez ideig nem ismert — érzékenysége édesvízre nagy hőmérsékleten és nyomáson. Ezt fokozta az iszaplepeny hiánya is.

A KTB műveleteihez különleges eszközöket fejlesztettek ki az egyes cégek. Elsősorban a speciális kábelt kell említeni: két darabból állították össze, az alsó 1500 m hosszú volt, kisebb szilárdsággal és átmérővel, de PTFE-szigeteléssel; a felső, erősebb kábel 9000 m hosszú volt, de kisebb hőállóságú szigeteléssel. A két kábel külön csörlődobon volt, művelet közben toldották össze gyorscsatlakozóval a két darabot.

A már említett mérőszondákon kívül alkalmaztak megszorulás-indikátort is, továbbá hőálló robbantósos csővágóra is szükség lehetett volna. A két végéről indított és így fókuszált hatású csővágót a híres svéd Bofors cég fejlesztette ki, és készítette el 260 °C hőmérsékletig. Német kialakítású volt a fluxgate-magnetométer és a redox-szonda. De említést tett az előadó az ELGI gerjesztett potenciált mérő szondájáról is, amellyel eredményes mérést végeztek az előfúrásban, de sajnos a befejező szakaszban a lyuk állapota és idő előtti csövezése miatt erre nem volt lehetőség.

A Schlumberger cég, amely a teljes mechanikus „capstan”-t tervezte és készítette, minden szükséges eszközzel készen állt a befejező mérésre is, de a szűk, 5 1/2”-os liner miatt a nagy hőállóságú litho-density és dual-laterolog bevetésére nem kerülhetett sor.

Jesch Aladár

Május 22-én kaptam meg a The EEGS Newsletter 1995. májusi számát. Először néhány szót erről a kevésbé ismert, negyedévenként megjelenő „hírlevélről”. A coloradói székhelyű Environmental and Engineering Geophysical Society adja ki, a hirdetések mellett főként rövid híreket, néha szakmai cikkeket is közöl 10–12 oldalon. Ebben a számban jelentették be a Journal of Environmental and Engineering Geophysics indulását, amely már igazi folyóirat lesz.

Azt hiszem, nemcsak nekem, másoknak is feltűnt egy cikk címe: Igazi tudomány a geofizika? Szerzője Steven W. DAUT, aki szerkesztője is ennek a hírlevélnek, 1980-ban szerzett MSc fokozatot geológiából az iowai egyetemen. Ezután hat éven át olajtársaságoknál dolgozott, majd 1993-ig önálló konzultánstként az olajipar és a környezetvédelem területén. Két éve a Midwest Environmental alelnöke.

Átfutva a cikket először elsodálkoztam, hogy még odaát is ilyesmiken vitatkoznak, aztán rájöttem, nem ez a helyes álláspont. Ezért inkább azt mondom, hogy a hazai geofizika számos problémája — foglalkoztatási gondok, a geofizikai nem kellő mértékű alkalmazása, a szakértelem hiánya, a szakértői rendszer kialakítása — világszínvonalú. De minden magyarózkodásnál többet mond maga a cikk, ezért a rövid bevezető elhagyásával — amely egyébként a megfelelő cikkek hiányára panaszkodik — megkíséreltem lefordítani. Elnézést, ha emiatt néha kissé csikorog a nyelvezetem, de remélem, ferdítést nem követtem el.

„Közülünk azok, akik gyakorolják a geofizika tudományát (művészetét), nagyon is tisztában vannak azokkal az előnyökkel, amelyeket nyújthat. Képes eltemetett tárgyakat kimutatni, ahol semmiféle felszíni jelzés sincs. Térképezni tudja a talajvíz szintjét, szennyezések elterjedését és érctesteket ott, ahol egyetlen más módszer sem produkálna ilyen részletes eredményeket, és teszi ezt olyan módon, hogy az nem jár a szennyezés továbbterjedésének vagy a fűrótorony felrobbantásának kockázatával. Segíthet a megbízónak egy csomó pénzt megtakarítani egy kutatási program során azáltal, hogy kiegészíti a fűrást és hitelesítést (*korrelációt?*) biztosít a fűrások között. De közülünk azok, akik gyakorolják a geofizika tudományát (művészetét), azt is tudják, hogy a geofizika nagymértékben függhet a körülményektől, a berendezésektől és az értelmezési képességektől. Míg egyrészt bőven vannak kiaknázatlan lehetőségek, sok olyan kutatás is van, amely a kívánatosnál kevesebb eredményhez vezet. Számos mérnök a legjobb esetben is még mindig a színpadi bűvészkedés egy oldalhajtásának tekinti a geofizikát.

De miért is van ez így? Minden korszerű berendezés és értelmezési módszer, a geofizikai módszerek arzenáljának egész története és minden tanulságos esettanulmánya ellenére miért van még ilyen sokféle vélemény tudományként való elismerését illetően?

Nekem úgy tűnik, hogy ez a dilemma nem annyira a tudomány természetéből, hanem inkább azoknak az embereknek a természetéből fakad, akik gyakorolják. Úgy látszik, hogy ők nem az emberek egy

közös cél felé törekvő csoportjából jöttek össze, hanem sokkal inkább a dolgozók (*workers*) egy zavarban lévő keverékével van dolgunk, akik legalább négy különböző irányból jöttek. Ezek a csoportok, kronológiát vagy legitimitást semmiképpen sem jelentő sorrendben: 1) Egyetemi emberek, akik a geofizikát nagyrészt elméleti eszköznek tekintik; 2) Kormányzati dolgozók, akik a geofizikát egyaránt használják áttekintő és nagy léptékű, terepi és elméleti kutatások eszközeként; 3) Ex-olajipari geofizikusok, vagy azok, akik geofizikát tanultak az iskolában abban a téves elképzelésben, hogy van álláslehetőség az olajiparban, és 4) Nem-geofizikus mérnökök és környezetvédelmi konzultánsok, akik látják a módszerekben rejlő értékeket, megvásárolják a berendezéseket, aztán megpróbálják kitalálni, hogyan kell ezeket használni.

Az első két csoport nagy lépéseket tett a berendezések képességeinek és a tudomány hatókörének kiterjesztésében a megoldható problémák típusát illetően, de fő törekvésük nem mindig vezetett gazdaságosabb vagy szabványosított módszerek kifejlesztéséhez. A harmadik csoport, amikor megkísérelte az alkalmazkodást azokhoz a követelményekhez, amelyekkel szembe találta magát, felismerte, hogy a környezetvédelmi tanácsadás gazdasági háttere egészen más, mint a szénhidrogén-kutatásé és sovíniszta reflexiók szeizmikusokként olyan módszerekkel kellett megismerkedniük, amelyeket valaha „fekete dobozoknak” tekintettek, és hogy a hibák következményei és ezért a módszerek szigorúsága is más, mint amihez hozzá voltak szokva. A negyedik csoport a szakmai eszközöket rutinmunkára használja anélkül, hogy szükségszerűen megértené a berendezések korlátait vagy azokat a további képességeket, amelyeket kialakíthatnak a berendezéssel.

Ennek a sokféleségnek az a végeredménye, hogy azoknak a csoportoknak, amelyek részleteiben is értik a tudományt, nincs indítékuk a szabványok létrehozására, míg azt a csoportot, amelynek van valamilyen gyakorlati jártassága és azt használni szeretné, zavarja, hogy nincs lehetősége azt szabályozott módon alkalmazni, míg azoknak, akik ténylegesen kidolgozzák a szabványos működési módszereket, nincs elegendően mély tudásuk ahhoz, hogy az segítsen az egész iparra érvényes szabványok kialakításában. Amennyire én tudom, az egyetlen ASTM (American Society for Testing and Materials) szabvány, amelyet valamennyire elfogadtak, az a lyukak közti szeizmikus vizsgálatokra vonatkozó ASTM D 4228. A refrakciós szeizmikára is kidolgoztak szabványokat, de ezek széles körű használatát még nem vettem észre. És senki sem akarja túlságosan a geofizikusok regisztrálását; kétségtelen, hogy mindegyik csoportnak megvannak a maga okai.

Nehogy mindez csak egy olyan valaki zavaros fejtegetésének tűnjék, aki reménytelenül próbálja megtölteni a Newsletter oldalait, fel kell hívnom a figyelmet számos olyan megfigyelésre, amelyek ezekhez a megjegyzésekhez vezettek el engem. Az elmúlt néhány évben ismertem számos nagyon intel-

ligens, korábban csillogó szemű fiatalembert, akik sokáig és keményen fáradoztak egyetemi fokozat elnyeréséért a geofizikában csak azért, hogy rájöjjenek, nehéz olyan helyet találni, ahol használni tudják különleges szaktudásukat. Még meg lehet találni ezeket az embereket a legtöbb környezetvédelmi tanácsadó cégnél, ahol geológusként dolgoznak, vagy a kormányhivatalokban, vagy visszamentek az iskolába. Nemrég az EEGS levelet kapott egy jó képzett-ségű, családott geofizikustól, aki tapasztalt geológus és aki végre első valódi geofizikai kutatását hajtja végre majdnem kilenc évvel az egyetem elvégzése után. Én magam bejegyzett hivatásos geológus (Certified Professional Geologist; BHG) vagyok, ez az általam ismert egyetlen módja annak, hogy hivatalosan elfogadtassam geofizikai (és geológiai) szakértelmemet egy országosan elismert módon.

Ennél a pontnál már gyanakodni kezdhetnek, hogy a szakértői bejegyzés és a szabványosítás ügyét próbálom felvetni. Hadd fogalmazzam meg ezt a következőképp. Jelenleg folyamatban van egy kérvényem annak elismerésére, hogy vállalatom „nem-bejegyzett vezetője” vagyok, annak érdekében, hogy egy kormányhivatal számára végzett munkákban dolgozhassak. A föld alatti tartályokra vonatkozó michigani törvény egy BHG vagy hivatásos mérnök (HM) szakértelmét kívánja meg a kutató munkához és jelentésíráshoz. Bár az a sajátos szakértelem, amelyet én elsajátítandónak kiválasztottam, minden porcikájában éppolyan szigorú, mint a mérnöki tudomány, és minden porcikájában ugyanolyan legitim tudomány, mint a geológia vagy hidrológia, ezt a szakértelmet sohasem fogják ugyanúgy megbecsülni, mivel bárki használhatja eszközeit, helyesen vagy helytelenül, ahogyan csak jónak látja, és semmiféle hivatalos és elfogadott út sincs annak bizonyítására, hogy én nem használom őket helytelenül, de annak meghatározására sem, hogy a helytelen használatnak mi a következménye.

Személyesen tanúja voltam olyasminek, amit én a geofizikai berendezések olyan mérnökök által elkövetett helytelen használatának neveznék, akik na-

gyon hozzáértők és köztiszteltetben állók, nem a tudás részükről szándékos hiánya volt az ok, hanem az, hogy a geofizikai szakma nem nyújtott segítséget és nem hozott létre működtetési szabványokat, és az egyetlen dolog, amihez fordulhatnak, a gyártók vázlatos utasításai. Számos esetben egy HM mégis végrehajthatja a kutatást az én segítségem nélkül, de ha én végzem, szükségem lenne egy HM-re, hogy aláírja, megadva ezzel a legitimitást.

Nem az a szándékom, hogy leromboljam a HM megjelölést. Valójában éppen az ellenkezője. A mérnöki egyesületek kiváló munkát végeztek szakmájuk legitimé és a HM megjelölés jelentőségteljessé és köztiszteltetben állóvá tétele érdekében, és ezt keresik is, mint a szakmán belüli megkülönböztetés jelét. És a mérnökök szabványokat dolgoztak ki az eljárásokra és számításokra, amelyeket egyetemlegesen elfogadnak. A lényeg az, hogy a geofizikusoknak ugyanilyen gyakorlatot kell kialakítaniuk, ha reménykedünk a szakma legitimé tételében és abban, hogy ellenőrizhetjük a geofizikai berendezések helyes és helytelen használatát. Senkinek sem kedvünk, ha meghátrálunk ez elől a feladat elől és azt hiszem, hogy ez a feladat nagyon is az EEGS ügye. Én arra szavazok, hogy kezdjük el a HGf megjelölés létrehozását, és dolgozzunk a szabványos működési eljárásokon. Az EEGS-nek létre kell hoznia egy Szakmai Regisztrációs és Szabvány Bizottságot a folyamat kivitelezésére, és megjegyzéseket és segítséget várok mindenkitől, aki csak olvassa ezt a cikket. Kérem, vegyék annyira komolyan ezt az életbevágóan fontos kérdést, hogy bekapcsolódnak a munkába.”

A befejező kéréseket a Magyar Geofizikusok Egyesülete nevében is megismételhetem. Érdekes lenne megismerni azok véleményét, akik már dolgoztak valamilyen szabvány alapján, segítette vagy gátolta ez a munkát. A cikkel persze vitatkozni is lehet, kifogásokat keresni és belenyugodni a megváltoztathatatlanba. De jó lenne ez nekünk?

Verő László

Magyarország ásványvagyonának nyilvántartása

Magyarországon az ásványi nyersanyagok rendszeres (évenkénti) nyilvántartása 1953, gazdasági értékelése 1970 óta folyik. (Természetesen korábban is volt ásványvagyon nyilvántartás.)

Az ásványvagyon nyilvántartás és értékelés jelenlegi feladatait a bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. sz. törvény és a 132/1993. (IX. 29.) Korm. rendelet (a Magyar Geológiai Szolgálatról) szabályozza.

A Bányatörvény 25 §. (2) szerint a bányavállalkozó az ásványvagyonban bekövetkezett változásokat évente, a bányabezáráskor, illetve mező visszahagyáskor pedig a visszahagyott ásványvagyonról készített kimutatást köteles a Magyar Geológiai Szolgálatnak (továbbiakban MGSZ) megküldeni. A hi-

vatkozott Korm. rendelet 3 §. j) pontja előírja, hogy a hazai ásványi nyersanyagvagyon országos összesítése, rendszeres, mérlegszerű nyilvántartása és előzetes gazdasági értékelése az MGSZ feladata. (Ezt az MGSZ Ásványvagyon Nyilvántartási Osztálya végzi, az MGSZ Területi Hivatalainak hatékony közreműködésével.)

Munkánk során rendszeres kapcsolatban állunk a Magyar Bányászati Hivatallal (MBH).

Az ismert (kutatót, megkutatott, bányászott) 2643 db bányaterület 23,9 Mrd tonna földtani és 10,4 Mrd tonna gazdaságosan kitermelhető (ipari) ásványi nyersanyagkészlet (melynek nominált — azaz nem diszkontált — várható gazdasági eredmé-

nye, más néven in situ értéke kitermelés esetén közel 1 700 Mrd Ft) évenkénti nyilvántartásán és előzetes gazdasági értékelésén túl mérlegszerűen (ismeretességi kategóriák és gazdasági csoportosítás szerint) vezetjük az évenkénti változásokat (földtani és bányászati/termelési kutatás, termelés — mely 1993-ban 55 Mt volt —, termelési veszteség és hígulás, átszámítás, gazdasági környezetváltozás stb.).

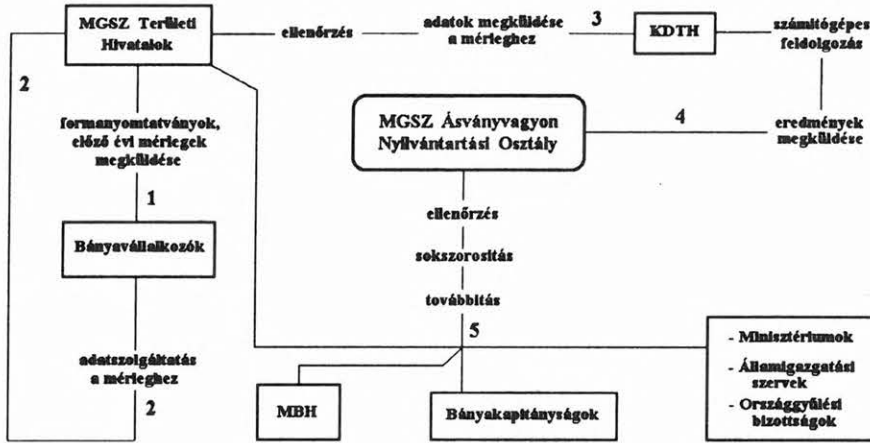
A számítógépes feldolgozás a bányavállalkozók bevallása alapján történik.

Az adatszolgáltatás és az adatforgalmazás rendjét az 1. és 2. ábra szemlélteti. A bányavállalkozók adatszolgáltatási kötelezettségüknek adatlapok kitöltésével (a HUNGALU Rt. diszketten) és megkül-

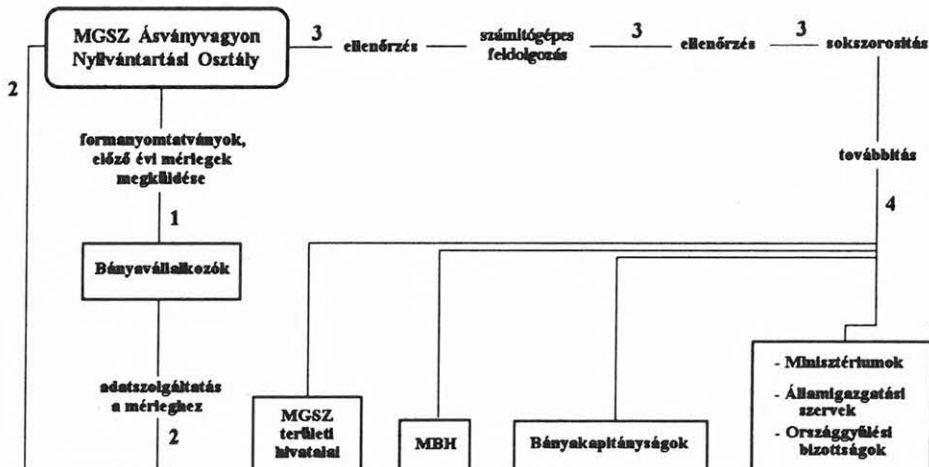
désével tesznek eleget. A nemfémek (pontosabban nem energia- és fémhordozó) ásványi nyersanyagok esetében a feldolgozás (ld. 1. ábra) az MGSZ Középdunántúli Területi Hivatalánál (KDTH), az energia- és fémhordozó nyersanyagok esetében (ld. 2. ábra) az MGSZ Ásványvagyon Nyilvántartási Osztályán történik.

A feldolgozás eredményeit megküldjük a bányavállalkozóknak, az MGSZ Területi Hivatalainak, az MBH-nak, az Ipari és Kereskedelmi Minisztériumnak, valamint az illetékes szervezeteknek.

1994-ben 55 féle ásványvagyon-kötetet készítettünk közel 600 példányban. A sokféleséget az üzleti titok védelme indokolja, lelőhelyi szinten minden



1. ábra. Adatszolgáltatás, adatforgalmazás, adatkezelés. Nemfémek ásványi nyersanyagok



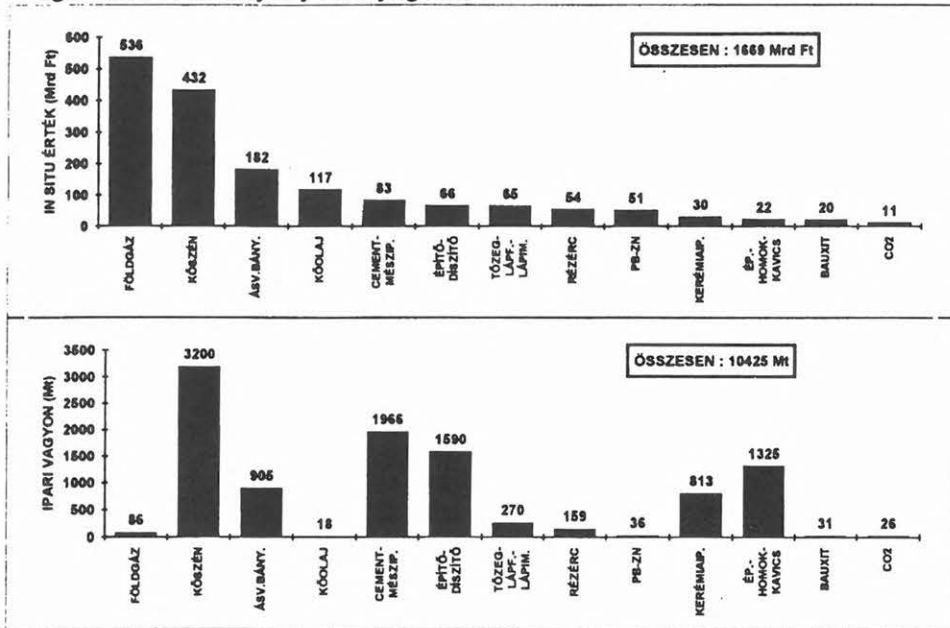
2. ábra. Adatszolgáltatás, adatforgalmazás, adatkezelés. Energia- és fémhordozó ásványi nyersanyagok

bányavállalkozó csak a saját érdekszférájába eső feldolgozott adatokat kapja meg.

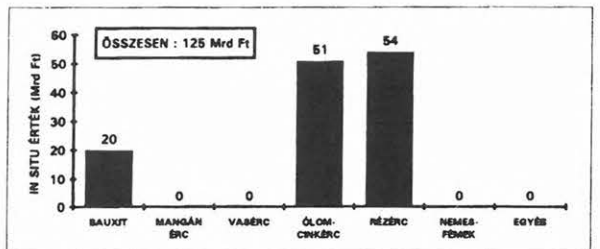
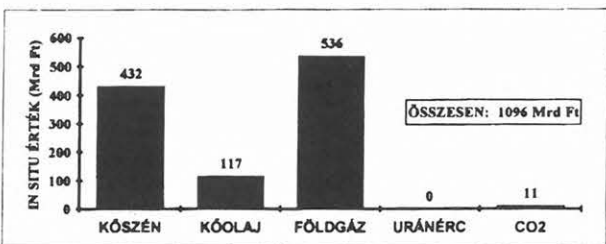
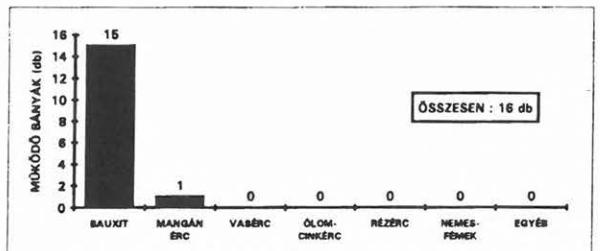
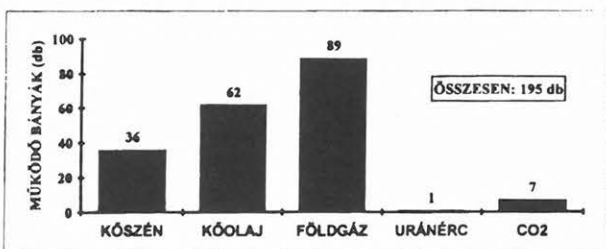
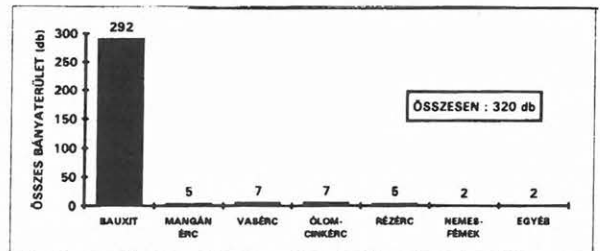
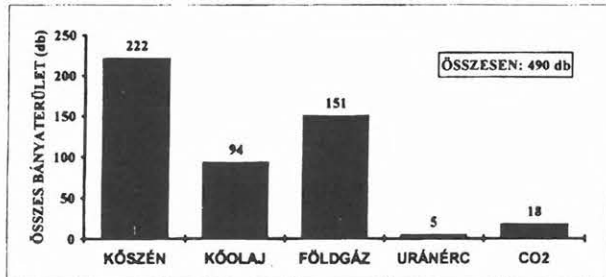
A MOL Rt. és a HUNGALU Rt. diszketten is fogadja az outputokat.

Magyarország ásványi nyersanyagvagyonának jellemző adatait a 3–7. ábrán mutatjuk be. A 3. ábra felső részén a legfontosabb ásványi nyersanyagokat

ábrázoltuk az in situ érték csökkenő sorrendjében, az ábra alsó részén pedig e nyersanyagok ipari (gazdaságosan kitermelhető) mennyiségét. Legértékesebb a földgázvagyon, ezt követi a kőszén, az ásványbányászati nyersanyagok, a kőolaj stb.

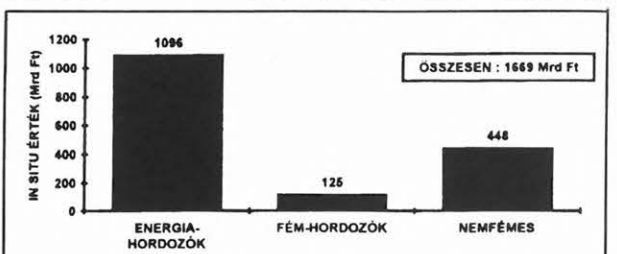
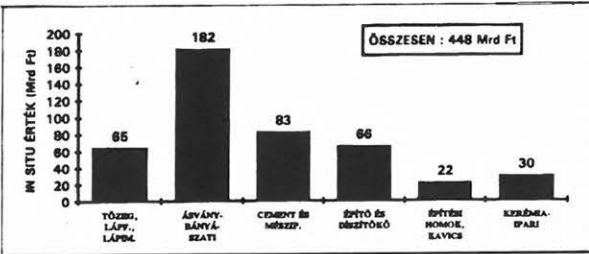
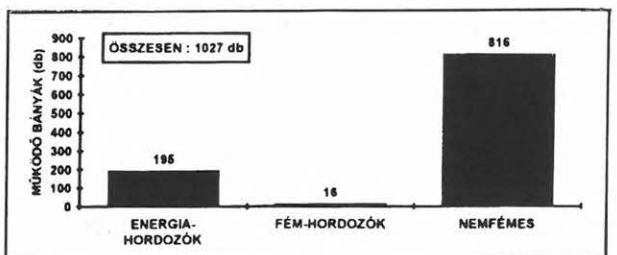
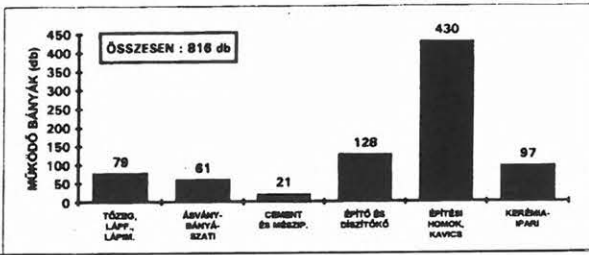
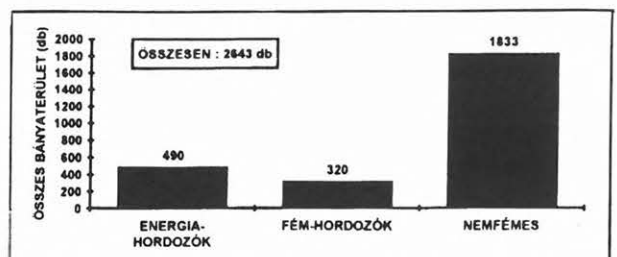
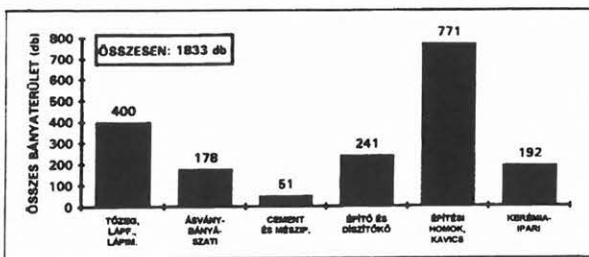


3. ábra. Magyarország gazdaságosan kitermelhető ásványi nyersanyagainak in situ értéke és mennyisége (1994. I. 1.)



4. ábra. Energiahordozók és CO₂ (1994. I. 1.)

5. ábra. Fémhordozó ásványi nyersanyagok (1994. I. 1.)



6. ábra. Némfémés ásványi nyersanyagok (1994. I. 1.)

7. ábra. Magyarország ásványi nyersanyagai (1994. I. 1.)

A 4. ábrán az energiahordozók és CO₂ bányaterületeinek számát, a működő bányák számát és az in situ értéket tüntettük fel.

Az 5. ábra ezen adatokat a fémhordozó ásványi nyersanyagokra, a 6. ábra a nemfémés ásványi nyersanyagokra, a 7. ábra Magyarország összes ásványi nyersanyagára mutatja be.

A legtöbb működő bánya építési homok és kavics esetén van (430 db), ezt követi az építő- és díszítőkö (128 db), a kerámiaipar (97 db), a földgáz (89 db), a tőzeg-lápföld-lápmész (79 db), a kőolaj (62 db) stb.

A 7. ábrából kitűnik, hogy legértékesebbek az energiahordozók, majd a nemfémés ásványi nyersanyagok, végül a fémhordozók.

Az Ásványvagyon Nyilvántartási Osztály tevékenységi körébe tartozik továbbá a Korm. rendelet által előírt szakvélemények készítése: az MBH hatósági jogkörébe utalt feladatok, bányatelkek, bányabezárások, nyomvonalas létesítmények, ásványvagyon igazolások vonatkozásában.

Köszönetnyilvánítás

A jelen publikáció a Magyar—Amerikai Tudományos és Technológiai Közös Alap támogatásával jött létre (J.F. No. 401).

dr. Fodor Béla,
az MGSZ osztályvezetője

Kiegészítések, helyreigazítások a magyarországi geoelektromos kutatások rövid történetéhez

A Magyar Geofizika 35. évf. 3. számában NEMESI László — TAKÁCS Ernő és VERŐ József tanulmányainak felhasználásával — adta közre a „Magyarországi geoelektromos kutatás rövid története” című tanulmányt. Ez a tanulmány évekkel ezelőtt készült és egy nem realizálódott évfordulós konferencia-kiadvány része lett volna. A geoelektromos

kutatástörténet megírására a határidő is és a terjedelm is igen szűkre szabott volt. A szerző az olajiparban és az urániparban dolgozó kollégáktól nem kapott anyagot, csak a szerkesztőbizottságon keresztül az olajipari és az uránipari kutatások összefoglaló munkáit tekinthette meg. Ezek sajnos elég szűken tárgyalták a geoelektromos módszereket. Így fordul-

hatott elő, hogy ezen intézmények tevékenysége a fent megjelölt cikkben tartalmilag és terjedelmileg is méltánytalanul kevésre sikeredett. (Sajnos voltak olyan intézmények, amelyek tevékenységét, részben megszűnésük következtében, egyáltalán nem tudtuk már összeszedni.) Még ennél is sajnálatosabb, hogy olyan nagyszűlyű intézménynek, mint az ELTE Geofizikai Tanszékének geoelektromos tevékenysége, az illetékes kutatók tartós külföldön tartózkodása miatt, teljesen kimaradt.

A már-már feledésbe merült munkákat a Magyar Geofizika szerkesztősége karolta fel és adja ki, fejezetenként. Ebben a folyamatban a szerzőknek lehetőségük van módosítani az eredeti szövegen. Az adott esetben ezt elmulasztottam és arra sem figyeltem fel, hogy az olajipari kutatók fontosabb publikációi is kimaradtak. Ézért elnézést kérek, már csak azért is, mert kárvallott kollégáimhoz évtizedek óta tartó kitűnő kollegiális és emberi kapcsolatok fűznek. A szerkesztőségnek pedig köszönöm, hogy lehetőséget ad a pótlásokra, a helyreigazításokra.

Úgy tűnik, ez most az ELTE TTK Geofizikai Tanszékének tevékenységét illetően SALÁT Péter kollégám Pekingből nyújtott segítségével és az olajipari geoelektromos kutatások tekintetében NAGY Zoltán kollégám ismereteinek és véleményének felhasználásával sikerül.

Változatlanul sajnálom mindazokat a kollégákat, akiknek tevékenységét nem tudtam rögzíteni, mert vagy már nem létező intézményekben tették ezt, vagy olyan új szervezetekben dolgoznak, amelyeknek a munkái még nem jelennek meg a Magyar Geológiai Szolgálat adattárában, noha legújabb törvényeink ezt előírják.

Geoelektromos munkák az ELTE Geofizikai Tanszékén

Az ELTE Geofizikai Tanszékének sokszínű tudományos, oktatói és gyakorlati tevékenységéből, természetes módon, nem hiányoznak a geoelektromos módszerek sem, noha a Tanszéknek nem ez a tudományág a fő profilja. A geoelektromos módszerekkel foglalkozó kisszámú kutató azonban nemcsak a magyarországi kutatástörténetbe írta be a nevét, hanem a szakma világirodalmának is ismert és szerves részévé vált.

Elsősorban a geoelektromos elméleti kutatásokban kiemelkedő szovjet iskolából indulva, de a számítástechnikában előnyösebb helyzetű hazai környezetben meghatározó szerepet töltöttek be a 60-as évek második felétől a geoelektromos direkt és indirekt feladatok megoldásában, azok hazai alkalmazásában. Ebben a munkában szoros kapcsolatot építettek ki az alkalmazott geofizikai tevékenységet folytató hazai intézményekkel, az olajiparral és az ELGI-vel is, nagymértékben hozzájárulva ahhoz, hogy ezekben az intézményekben meghonosodjon a számítógépes feldolgozás. Itt nem csak a hagyományos elméletekre alapoztak, hanem bevezették a szűrőelméleten alapuló interpretációkat is.

1971-ben a Jemenben folytatott vízkutatás a gyakorlati geofizikában tett hasznos és érdekes kiruccanás, amely egy újszerű felismerésre adott ötletet: a felszíni és a karotázs mérések direkt és indirekt interpretációjának a lineáris rendszerek elméletén ala-

puló kidolgozására. Ezzel legalább egy évtizeddel előzték meg a szakmát, ahol ma már természetes a legkülönbözőbb felszíni és mélyfúrési módszerek integrált alkalmazása. A felszíni és mélyfúrési geoelektromos paraméterek együttes interpretációjáról napjainkig sem mondtak le.

A 70-es évek második felében az elektromágneses módszerek egyre inkább átvették a vezető szerepet az egyenáramú módszerek rovására. A Tanszék ebben a tevékenységben, az elméleti és számítástechnikai problémák megoldásában, főként az OKGT megbízásából vette ki részét.

Nemzetközi tekintélyüket mi sem bizonyítja jobban, mint hogy 1991-ben az USA-beli Colorado School of Mines-szal együttműködve vízkutató technológiai utasítás kidolgozására tehettek javaslatot az amerikai kormányhivatal számára.

Az 1990-es években a Tanszéken megkezdődött a kőzetek elektromos paramétereinek mérése is.

A magyar olajipar geoelektromos kutatásairól

A magyar olajipar 1952 óta rendelkezik saját felszíni geofizikai bázissal, ami kezdetben csak szeizmikából állt, de később más módszerek részlegeivel is kiegészült. Így 1963-ban kezdődtek meg a terepi geoelektromos mérések, majd 1965-től a Geoelektromos Osztály is megalakult, néhány fővel.

Mielőtt a tevékenységet taglalnánk, röviden ki kell térni az elektromos kutatásokat (is) végző szervezet többször megváltozott nevére és részben szervezetére is.

A Geoelektromos Osztály megalakulásakor a geofizikai részleg neve az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (OKGT) Geofizikai Kutatói Üzeme volt, ennek jogutóda 1979—1991 között a Geofizikai Kutató Vállalat. E két intézményben a mérés, az interpretáció és a fejlesztés még egy helyen történt.

1991. október 1-én létrejött a Magyar Olajipari Részvénytársaság (a MOL Rt.), amely az OKGT jogutódának tekinthető. Ennek a szervezetnek lett része 1992 végéig a Geofizikai Kutató Egység. 1993 elején ez úgy alakult át, hogy a terepi méréseket a Geofizikai Szolgáltató Kft. (mint a MOL Rt. szervizége) végzi. A kutatások irányítása, az értelmezés és az eredmények felhasználása a MOL Rt. Kutatási-Termelési Ágazatán belüli Kutatási Főosztályon történik.

1994-ben, mikor e sorok íródnak, a MOL tervezett privatizációjáról írnak az újságok. A „nevezéktan” tehát még valószínűleg nincs vége. Ehhez a nagy változáshoz képest az olajipari kutatásokat végző kutatócsoport létszáma, az 1963-as megalakulás utáni gyors (40—50 főre történő) felfutás után szinte állandónak tekinthető. Tevékenységük, először az ELGI-től átvett gyakorlattal és főleg magyar GMG (Geofizikai Mérőműszerek Gyára) műszerekkel — a tellurikus mérésekkel és a nagymélységű, egyenáramú ún. Dipol Ekvatoriális (DE) szondázásokkal kezdődött. Feladatuk az üledékes összetétel vastagságváltozásainak, valamint a medencealjzat morfológiájának térképezése volt, átnézetes jelleggel.

A 70-es évek elején bevezették a magnetotellurikus módszert és néhány évvel később a mesterséges frekvenciaszondázások nagymélységű (20 Hz–0,01 Hz fekvenciatartományú) változatát is. Ez utób-

bi adóberendezését maguk fejlesztették ki. Később az ő terveik alapján a magyar villamosipari vállalat, a GANZ épített egy mobilis generátor-állomást.

Első vevő műszerüket még az ELGI készítette, de ezt hamarosan felváltotta az USA-beli GEOTRONICS cég műszere, amelyet 1978—85 között magnetotellurikus célra, ezt követően frekvenciaszondázásra használtak.

1985-ben vásárolták meg a Phoenix cég real-time szinkron magnetotellurikus műszerét, ami ugrásszerű fejlődést eredményezett.

A másik fő módszerük a frekvenciaszondázás, melynek korszerűsítése az ELGI DEF-I műszerével kezdődött a 80-as években, 1991-től a Phoenix cég V-4 és V-5 mérőberendezésével, szintén real-time rendszerrel és terepi jelfeldolgozással történik.

Feldolgozó, értelmező rendszerük fejlesztése mindig igyekezett az adott kor nemzetközi színvonalát követni. Ehhez saját fejlesztéseiken kívül nemcsak a legkorszerűbb amerikai és szovjet elméleti fejlesztések, 2-D, 3-D számítógépes programok járultak hozzá, hanem az is, hogy a fejlesztésekbe mindig bevonták a geoelektromos kutatásokkal foglalkozó összes magyarországi vállalatot, intézményt és egyetemi tanszéket. Kezdeményező szerepük volt az elektromágneses fizikai modellvizsgálatok hazai bevezetésében a 80-as évek kezdetén.

Az így kialakult korszerű technikával megoldható feladataik súlypontja az utóbbi években az integrált kutatások irányába helyeződött át. A behatolási mélység, a vertikális és horizontális felbontás lényeges növelésével jelentős információkat nyújtanak a komplex értelmezéshez, sőt önálló szénhidrogén-kutatási feladatra is vállalkozhatnak. Az utóbbi évtizedben jelentős sikereket értek el mind a medencealjzat belső szerkezetének kutatásában, mind a másodlagos szénhidrogén-migráció okozta geokémiai változások kimutatásában, valamint a nagy entalpiájú geotermikus tárolók kutatásában is.

Nemesi László

SZEMELVÉNYEK az ELTE Geofizikai Tanszékének geoelektromos témájú cikkeiből

SALÁT P. 1968: Horizontálisan rétegzett szerkezetek elméleti vertikális elektromos szondázási görbéinek számítása. Magyar Geofizika IX, 1

SALÁT P. 1968: Prjamoj metod interpretacii mnogoszlojnüh grafikov kazsuscsevoszja szoprotyivlenyija. Annales Univ. Sci. Budapest R. Eötvös, Sec. Geologica, Tom. XI

SALÁT P. 1968: Elektromos geofizikai kutatómódszerek. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest

ÁDÁM A., NAGY Z., SALÁT P., VERÓ J. 1968: Geoelektromos munkálatok automatizálása. Magyar Geofizika IX, 5

RENNER J., SALÁT P., STEGENA L., SZABADVÁRY L., SZEMERÉDY P. 1970: Geofizikai kutatási módszerek III. Felszíni geofizika. Egyetemi tankönyv, Tankönyvkiadó, Budapest

GÁLFI J., SALÁT P. 1971: Geophysical Survey of Wadi Zabid Area, Yemen. UNDP-FAO Project Report, Budapest—Rome

DRAHOS D., SALÁT P. 1972: A new simple fast method for indirect and direct interpretation of geoelectrical and well log soundings based on the linear transform theory. Contributions, 17th Geophysical Symposium, Karlovy Vary

DRAHOS D., SALÁT P. 1973: Geoelektromos és karotázs szondázások indirekt és direkt interpretációja a lineáris rendszerek elméletén alapuló új, egyszerű, gyors módszerrel. Magyar Geofizika XIII, 1

SALÁT P. 1973: A lineáris rendszerek elméletének alkalmazása a geoelektromos szondázások értelmezésében. In: DRAHOS D., KOVÁCS F., SALÁT P., SZÜLYOVSKY I.: Numerikus szűrési módszerek alkalmazásai a geofizikai adatok feldolgozásában III. (Szerk.: MESKÓ A.) Szakmai továbbképzési jegyzet, a Magyar Geofizikusok Egyesülete kiadványa

SALÁT P. 1973: Primenyenyie tyeorii linyejnüh szisztyem k vücsiszlenyiju integralov geoelektricseszkih zondirovanyij. Ucsönüe zapiszki Leningradszkogo Unyiversityeta. Voproszű geofiziki, 23

SALÁT P. 1974: Primenyenyie tyeorii linyejnüh szisztyem k interpretacii rezulzatov geoelektricseszkih zondirovanyij, provogyimüh nad gorizontavno-szloisztümi szstrukturami. Kandidátusi disszertáció. Leningrádi Állami Egyetem, Leningrád

SALÁT P. 1974: Primenyenyie tyeorii linyejnüh szisztyem k interpretacii rezulzatov geoelektricseszkih zondirovanyij, provogyimüh nad gorizontavno-szloisztümi szstrukturami. Kandidátusi disszertáció autoreferátuma. Athenaeum Kiadó, Budapest

SALÁT P. 1974: The strategy for the interpretation of surface and borehole electromagnetic soundings based on the information theory and the linear filter theory. Contributions, 19th Geophysical Symposium, Toruń

DRAHOS D., SALÁT P. 1975: Applications of the linear filter theory in the direct and indirect interpretation of geoelectrical and well log measurements. Annales Univ. Sci. Budapest R. Eötvös, Sec. Geologica, Tom. XVII

SALÁT P., DRAHOS D. 1975: Felszíni és karotázs elektromágneses szondázások interpretációjának az információelméleten és a lineáris rendszerek elméletén alapuló stratégiája. Magyar Geofizika XV, 1

DRAHOS D., SALÁT P. 1975: Mérési eljárás földfelszín alatti tértartományok geofizikai strukturájának elektromágneses jelenségek vizsgálatán alapuló földterítésére. Szabadalmi Közlöny és Védjegyterjesztő 80, 2

SALÁT P. 1975: Elektromos geofizikai kutatómódszerek (második kiadás). Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest

DRAHOS D., SALÁT P. 1975: Mérési eljárás földfelszín alatti tértartományok geofizikai strukturájának elektromágneses jelenségek vizsgálatán alapuló földterítésére. Szabadalmi leírás, Országos Találmányi Hivatal

SALÁT P. 1977: Elektromos kutatási módszerek. In: DRAHOS D., KIS K., MESKÓ A., SALÁT P.: Bevezetés a gyakorlati geofizikába (Szerk.: MESKÓ A.) Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest
SALÁT P., TARCSAI Gy., CSEREPES L., VERMES M., DRAHOS D. 1982: A geofizikai interpretáció információs-statisztikus módszerei. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest

SZEMELVÉNYEK

az olajipari kutatók geoelektromos témájú cikkeiből

- LANTOS M., NAGY Z., NEMES I. 1966: A komplex geoelektromos módszer alkalmazásának tapasztalatai a Bugyi—Nagykátai-rögvonulat területén. Magyar Geofizika VII, 2-3
- NAGY Z. 1972: A Kisalföldön végzett geoelektromos mérések helyzete, eredményei és problémái. Magyar Geofizika XIII, 6
- NAGY Z. 1973: A geoelektromos és szeizmikus reflexiós mérési adatok együttes elemzésének lehetőségei az Észak-alföldi medenceterületen. Geofizikai Közlemények XIII, 4
- KARAS GYné, LANTOS M., NAGY Z., PÉTERFAI B., VIDA Zs., ZIMÁNYI I. 1975: Első hazai kísérletek CH-telepek és környezetük vizsgálatára, elektromos mérésekkel. Magyar Geofizika XVI, 4
- NAGY Z., VIDA Zs., ZIMÁNYI I. 1975: High power, frequency selective electromagnetic measuring system of OKGT-GKV and its use in hydrocarbon exploration in Hungary. Proceedings of the 20th International Geophysical Symposium, Szentendre-Budapest, Hungary
- KARASNÉ T. Zs., NAGY Z., PÁZSIT Iné 1977: A magnetotellurikus módszer új lehetőségei a digitális technika alkalmazásával. Magyar Geofizika XVIII, 2
- LANDY Kné, LANTOS M., NAGY Z. 1979: Számítógép-vezérelt magnetotellurikus rendszer adatfeldolgozása. Magyar Geofizika XX, 5
- NAGY Z. 1981: A felszíni elektromágneses kutató módszerek helyzete és fejlődése, alkalmazásuk újabb eredményei a hazai szénhidrogén-kutatásban. Magyar Geofizika XII, 4
- ÁDÁM A., KARDEVÁN P., KORMOS I., NAGY Z., PONGRÁCZ J., RÉGENI P., SZABADVÁRY L., SZARKA L., ZIMÁNYI I. 1981: Analogue model for studying geoelectric methods in the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences. Acta Geod. Geophys. et Mont. Hung., 18
- NAGY Z., GULYÁS-FORMÁN Cs., KARAS Zs., PÉTERFAI B., SZALÓKI I., ZIMÁNYI I. 1983: Experiments with the application of frequency sounding method for the study of fine structure of sedimentary formations. Proceedings of 28th International Geophysical Symposium, Balatonszemes, Hungary. Association of Hungarian Geophysicists, Budapest
- KARAS Zs., NAGY Z., PÁLYI A., ZSITVAY Sz. 1983: First Hungarian results of the direct CH prospecting by the WEGA-D electromagnetic exploration method. Proceedings of 28th International Geophysical Symposium, Balatonszemes, Hungary. Association of Hungarian Geophysicists, Budapest
- FORMÁNNÉ G. Cs., KARAS GYné, NAGY Z., PÉTERFAI B., SZALÓKI I., ZIMÁNYI I. 1984: Kísérletek a frekvencia-szondázások felhasználására üledékes formációk finomszerkezetének vizsgálatánál. Magyar Geofizika XXV, 1
- DZWINEL J., NAGY Z. 1985: New achievements in field application of the WEGA-D System. Paper (C-23) presented at the 47th EAEG Meeting, Budapest, Hungary
- NAGY Z. 1988: Controlled source methods and effects of non-uniform EM source fields. Review-paper presented in the IAGA 9th Workshop on EM induction in the Earth and Moon. Sochi-Dagomys, USSR
- ÁDÁM A., NAGY Z., VARGA G. 1989: Magnetotelluric (MT) research and exploration in Hungary. Geophysics 54, 6
- ÁDÁM A., LANDY I., NAGY Z. 1989: New evidence for the distribution of the electric conductivity in the Earth's crust and upper mantle in the Pannonian Basin as a „hotspot”. Tectonophysics, 164
- BEKE B., NAGY T., NAGY Z., PÉTERFAI B. 1989: CSAMT mapping of EOR procedure of Eger hydrocarbon-reservoir in Hungary. Proceedings of 34th International Geophysical Symposium, Budapest
- STANLEY W. D., NAGY Z. 1989: Magnetotelluric modelling and tectonics of the Kisalföld Basin in Hungary. Petroleum Research-Exploration Project. Final administrative report. Joint OKGT—USGS Research Team, Budapest—Denver
- BEKE B., GULYÁS-FORMÁN Cs., HAJDU Gy., LANDY I., NAGY Z. 1990: Results of 3D electromagnetic surveys with high resolution in Hungary. Proceedings of 35th International Geophysical Symposium, Varna, Bulgaria
- ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Crustal conductivity anomalies in the Pannonian Basin. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. 25, 3-4
- ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Electrical conductivity anomalies along the Pannonian Geotraverse and their geothermal relation. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. 25, 3-4
- NAGY Z., LANDY I., PAP S., RUMPLER J. 1991—1992: Results of magnetotelluric exploration for geothermal reservoirs in Hungary. Paper presented at the IUGG XX. General Assembly, Vienna, Austria. Acta Geod. Geophys. et Mont. Acad. Sci. Hung. 27, 1
- BEKE B., CSÖRGEI J., FORMÁN-GULYÁS Cs., LÁDA F., NAGY T., NAGY Z., 1991: Non-seismic methods used to delineate hydrocarbon deposits in Hungary. „The way ahead—Hydrocarbons for the 1990's.” AAPG International Conference and Exhibition, London
- STEGENA L., HORVÁTH F., LANDY Kné, NAGY Z., RUMPLER J. 1992: Nagy entalpiájú geotermikus rezervoárok Magyarországon. Földtani Közlöny 122, 2-4
- NAGY Z. 1992: Advances in the integrated interpretation of seismics with magnetotellurics (Illus-

MI LESZ VELED EMBERKE ?

A MAGYAR GEOLÓGIAI SZOLGÁLAT

1990-től a magyar állami földtani intézményrendszer jelentős szervezeti és feladatváltozáson ment át. Korábban a Központi Földtani Hivatal (KFH) mint országos hatáskörű szerv a központi tervutasításos rendszernek megfelelően ellátta a földtannal kapcsolatos hatósági feladatokat és elosztotta az állami költségvetési kereteket.

A piacgazdaságra való áttérés eredményeképpen a nyersanyagkutatás és -termelés a vállalkozói szférába került át, jórészt koncessziós rendszerbe. Ezért a korábbi kutatásirányítási célokhoz kapcsolódó állami tevékenység és az állami tulajdonosi jogokhoz kapcsolt beavatkozási feladatok megszűntek.

A Magyar Geológiai Szolgálatot (MGSZ) a 132/1993. (IX. 29.) sz. kormányrendelet hozta létre az állami földtani feladatok ellátására. A Magyar Geológiai Szolgálat önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező központi hivatalként működik az ipari és kereskedelmi miniszter felügyelete alatt. Az MGSZ keretében önálló jogi személyként működnek a szakmailag önálló, gazdálkodásukat tekintve részben önálló kutatóintézetek: a MÁFI és az ELGI.

Az 1990—94. évek közötti időszakban az állami földtani intézmények (KFH-MÁFI-ELGI-MGSZ) együttes költségvetési támogatásai nominálisan közel a felére (55%) csökkentek.

Az állami földtani intézményrendszer létszáma a költségvetési támogatás csökkenésével párhuzamosan, lépcsőzetesen csökkent, és 1994-re az 1990. évi 1/3-át érte el, 1398 főről 411 főre csökkent.

A Magyar Geológiai Szolgálat élén a főigazgató áll. A főigazgató mellett működik a Földtani Tanács, mely 14 tagból áll. Tagjait a földtannal kapcsolatban levő minisztériumok, hivatalok és szakmai egyesületek delegálják. A Földtani Tanácsnak véleményező és javaslattevő jogköre van.

A Magyar Geológiai Szolgálat nagyobb egységei a következők:

- a főigazgató közvetlen irányítása alatt működő részlegek, ezek
 - a Földtani Szakhatósági Főosztály,
 - a Geológiai Információs Központ,
 - a Gazdasági Hivatal;
- a Magyar Állami Földtani Intézet;
- a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet.

A Földtani Szakhatósági Főosztály ellátja az MGSZ-re háruló szakhatósági, szakvéleményezési

feladatokat. A szakhatósági feladatok célja a földtani környezet felhasználása és védelme közötti egyensúly megteremtése az állami döntésekben, az ásványvagyon-gazdálkodás és -védelem feladataiban, a regionális és a települési önkormányzati munkában, valamint a környezet- és természetvédelem földtannal összefüggő munkájának segítése.

Az Információs Központ keretében működő Országos Földtani és Geofizikai Adattár központi, országos gyűjtőkörrel rendelkező adattár, amely az ország területén végzett földtani kutatások eredményeit gyűjti, kezeli és szolgáltatja. Az Adattár szolgálat hivatalos adatokat intézmények és vállalatok részére, a koncessziós szerződésekből adódó adatvédelem figyelembe vételével.

A MÁFI és az ELGI az MGSZ keretében önálló jogi személyként működik, saját szervezeti és működési szabályzat alapján.

A kutatási feladatok végzése elsősorban projekt rendszerben történik. A projektek külső intézmények (pl. minisztériumok, települések önkormányzata) hivatalos kezdeményezésére, az intézetek saját javaslatára, illetve bármely kutató javaslatára jönnek létre.

Az intézetek tevékenysége a földtan (geológia, geofizika) tudományának fejlődését, az ország földtani megismerését, az országos hatáskörű szervek szakágazati tevékenységének ellátásához szükséges tudományos alapokat és információkat biztosítja. Munkájuk elősegíti a stratégiai nyersanyagkutatást, a környezetvédelmi, vízgazdálkodási, mezőgazdasági, területhasznosítási feladatok megoldását.

A feladatokra szánt költségvetési támogatás százalékos megoszlásából a következők látszanak:

- ennek legnagyobb részét (50%) kutatásokra fordítjuk,
- az információ szolgáltatás és közszolgálat teszi ki a 20%-át,
- a földtani szakhatósági feladatok ellátására jut 15%,
- a Gazdasági Hivatal működtetésére fordítunk 10%-ot,
- az MGSZ irányítására 5% jut.

A Magyar Geológiai Szolgálat csak olyan tevékenységet folytat, melyet a bányatörvény, vagy a fenti kormányrendelet megszab, illetve az illetékes tárcák igényelnek.

*dr. Farkas István,
az MGSZ főigazgatója*

AZ MTA GEODÉZIAI ÉS GEOFIZIKAI KUTATÓINTÉZET GEOFIZIKAI FŐOSZTÁLYÁNAK KUTATÁSI EREDMÉNYEI 1994-BEN

Az egy évvel ezelőtti beszámolóhoz hasonlóan ezúttal is közzétesszük az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet Geofizikai Főosztályán 1994-ben született kutatási eredményeket. Megjegyezzük, hogy ez a beszámoló az intézet Geodéziai Főosztálya és a Szeizmológiai Osztály eredményeit nem tartalmazza.

Az Aeronómiai Osztály (BENCZE Pál, KOVÁCS Károly, MÁRCZ Ferenc, SÁTORI Gabriella) főbb tudományos eredményei 1994-ben

- Az alsó termoszféra dinamikájának kutatásához szükségessé vált a turbulenciaparaméterek számítására használt és az alsó légkörben mért adatokra támaszkodó empirikus formula kiváltása. Ez a felső légkörben mért szélesség, gradiens Richardson-szám és függőleges turbulens sebességkomponens alapján történhet. A turbulencia-meghatározás számítógépes programját 1994-ben az ionoszféra szporadikus E rétegének paraméter korrekciójával egészítették ki.
- Az MTA Csillagászati Kutatóintézetrel kialakult együttműködés keretében folytatódott a semleges felső légkörben, alacsony szélességeken észlelt geomágneses effektus eredetével összefüggő kutatás. A mért sűrűségértékek és a modellértékek közötti különbségek alapján számított fűtés mértékének magassági változása azt mutatta, hogy ez a magassági változás geomágneses szempontból átlagos zavartságú időszakokban részecskék energialeadásához hasonló 290 km körüli maximummal, de a geomágneses szempontból zavarabb időszakokra kapott átlaggörbe ugyanakkor több másodlagos maximumot mutat. Ez a tény arra utal, hogy a részecskékkel kapcsolatos energialeadás által okozott fűtés az átlagképzés időszakában különböző energiájú részecskéktől származhat.
- Az ionoszférának és a plazmaszférának a GPS mesterséges holdak által kisugárzott rádióhullámok terjedésére gyakorolt hatásának vizsgálata azt mutatja, hogy a hatás a kisebb frekvencián, nagyobb naptevékenység esetén és a téli hónapokban délben nagyobb, mint nagyobb frekvencián kis naptevékenység esetén és a téli hónapokban éjjelkor. A nyári hónapokra kisebb mértékben gyakorlatilag ugyanez érvényes. A rádióhullámok tényleges útja és az egyenes vonalú terjedésnek megfelelő út között 5 m nagyságrendű különbség mutatkozik.
- A Nagycenken mért légköri elektromos potenciálgradiens (PG) változásait az interplanetáris mágneses tér szektorhatárainak megjelenése körüli napokon az 1971—82 közötti időszakra megvizsgálva ismét eltérő indikáció jelentkezett a téli hónapok adataiban a szektorhatár fajtájától függően. A változások kevés hasonlóságot mutattak a megelőző időszakra (1965—70) korábban feltártakkal.
- A poláris sapka ionoszférikus elektromos potenciálját (PCP) és a nagycenki légköri elektromos PG-t együttesen elemezve a PG hajnali (2—5 UT) és esti (18—21 UT) értékei elsősorban nyáron mutattak összefüggést a PCP azonos időszakra vonatkozó értékeivel. Az 1962—91 időszakot vizsgálva a geomágneses tevékenység (σKp) éves átlagaiban növekvő, a nagycenki PG esti (18—22 UT) és hajnali (2—6 UT) értékei közötti különbségben csökkenő tendenciát mutattak ki. Növekvő mágneses tevékenységgel (vagy PCP-vel) minden egyes évszakban (nyár, tél, equinox) csökkenést jelzett a PG esti és hajnali értékei közötti különbség. A kapcsolat nyáron 99%-os szinten, equinox hónapokban 95%-os szinten szignifikáns.
- Három OTKA-téma keretében végeztek kutatásokat. A BENCZE Pál által vezetett T-3091 számú OTKA-szerződés keretében az ionoszférában észlelhető utóhatás (geomágneses) és a whistlerek paramétereiből a plazmaszféra állapotára levezethető adatok közötti összefüggést tanulmányozták. A Tihanyban észlelt whistlerek alapján meghatározott egyenlítői elektronsűrűség L függvényében való változását kimutatva feltárták a változás összefüggéseit a geomágneses tevékenységgel. $L=2$ határérték felett a plazmaszférikus elektronsűrűség nagyobb a kevésbé háborgatott időszakokban, mint a nagyobb mágneses tevékenység idején. Viszont az $L<2$ tartományban belül létezik egy olyan sáv, ahol általában fordított a tendencia. Egyedi eseteket tanulmányozva a geomágneses háborgásokat követő ionoszférikus változásokat két paraméterben — az ionoszférikus abszorpcióban és az $foF2_{max}$ -ban — több esetben is feltárták és ezek általában összeegyeztethetők voltak a plazmaszférikus elektrontartalom változásaival.
- A whistlerek és a geomágneses pulzációk közötti kapcsolat ionoszférikus oldalát vizsgálva arra az eredményre jutottak, hogy a pulzációk csillapítása összefügghet az $foF2_{max}$ -ban felépő határértékkel.
- 1993 májusa óta rendszeresen folyik a Schumann-rezonanciák első három módusának a vertikális elektromos komponens alapján történő obszervatóriumi mérése. A több, mint másfél éves adatsor lehetővé tette az évszakos változások vizsgálatát, amelyre a rezonanciafrekvenciák esetén nincs példa a szakirodalomban. Elemezték mindhárom rezonancia-módus frekvenciajárásának sajátosságait.
- Összefoglalták a „Fotoelektronok hőmérsékleti anizotrópiájának numerikus modellezése az ionoszférában” témakörben végzett eddigi kutatási eredményeket (KOVÁCS Károly kandidátusi értekezése). A műholdakon és rakétákon elhelyezett detektorokkal, valamint földi inkoherens radarállomásokkal mért adatok

azt mutatják, hogy az elméletek által használt, a részecskék sebességeloszlására tett feltevések nem minden esetben állnak összhangban a mérésekkel. Megállapították, hogy az elektronok rugalmas és rugalmatlan ütközési folyamatainak modellje csak akkor adhat helyes eredményeket, ha a részecskék különböző típusú ütközéseire vonatkozó hatáskeresztmetszetei jól vannak megválasztva.

A Földmágneses Osztály pulzációs munkacsoportja (VERŐ József, ZIEGER Bertalan, valamint CZUCZOR Ernőné és HOLLÓ Lajos) 1994-es eredményei

- A pulzációk a naptevékenység 11 éves ciklusa alatti esetleges periódus-megváltozásának kimutatásához összegyűjtötték 1957-től, illetve 1961-től a maximális gyakoriságú periódusra vonatkozó adataikat, és kiderült, hogy azokban jelentős, mintegy 20%-os változás található, mégpedig úgy, hogy ez független a bolygóközi tér paramétereitől, viszont valószínűleg szoros kapcsolatban van a magnetoszférai részecskesűrűséggel (nagyobb részecskesűrűség esetén a periódus hosszabb).
- Az 1991-es dinamikus spektrumok vizsgálata során azt találták, hogy a héjrezonanciák és az upstream hullámok meglehetősen gyorsan változtatják egymást, néhány perc alatt lehetséges egy-egy ilyen vagy olyan jellegű esemény lezajlása. A magnetosheathben (magnetoszféra burokbán) mesterséges holddal észlelt hullámtevékenység és a felszíni hullámok között is találtak kapcsolatot. A két helyen észlelt tevékenység között elég szoros kapcsolat van, bár a periódusok nem, csak a tevékenység burkolója hasonló.
- A napszél és a geomágneses tevékenység hosszú távú változásainak vizsgálata terén a Nap dipólus tengelyének vándorlását tanulmányozták 22 napcikluson keresztül, geomágneses adatok alapján.

A geomágneses munkacsoport (WESZTERGOM Viktor és WALLNER Ákos) adatszolgáltatáson túlmenő tudományos eredményei

- Kimutatták, hogy a modell geofizikai és technikai oldalának összekapcsolásával értelmezhető vezetékes energiaátviteli, hírközlési rendszerekben, csővezetékekben az indukált áramok keletkezése.
- A Föld regionális vezetőképesség-inhomogenitásai a felszíni elektromos tér értékét olyan mértékben változtatják meg, hogy a homogén féltérre és az 1D esetre érvényes összefüggések használhatatlanok. Az indukációs kockázat felmérhetőségének egyik feltétele a vezetőképesség-inhomogenitások ismerete.
- Az obszervatóriumi adatoknak az indukációs kockázat felmérésében való alkalmazásának

(a vezetőképesség-anomáliáktól nem független) feltétele a mágneses tér változásainak homogenitása. Magyarország területén a vizsgálatba bevont pontok esetében az amplitúdó legnagyobb torzulása sem haladja meg a 15%-ot. Az átviteli függvények torzulásait a Dúnántúli és a Kárpát-anomáliával hozták összefüggésbe.

Az elektromágneses indukció területén (ÁDÁM Antal, SZARKA László, továbbá részben SZALAI Sándor ösztöndíjas és PÁSZTOR Péter Ph.D. hallgató) elért eredmények

- A Cseh Masszívumban 1993-ban végzett AMT mérések részletes feldolgozásának (1D és 2D inverzióval) konklúziója az, hogy a Bunte Serie-ben lévő grafitos képződének révén megvonható a két nagy tektonikai egység, a Moravikum és a Moldanubikum határa.
- A Gail I és Gail II szelvény mentén mért AMT adatok alapján kimutatták, hogy a Gailtal-i Alpok paleozoos képződményei a bennük lévő jólvezető testek révén jól elkülönülnek a Drauzug mezozoos mészköveitől.
- Egy hosszú periódusú, MT mérésekre alkalmas digitális műszerrel a PGT-4 szelvény mentén 2 pontban a ρ és φ adatok szélső értékei egyaránt jelzik az asztenoszférát, azonban lényegesen eltérő mélységben. Ez a lokális medenceszerkezettel nehezen magyarázható jelenség ismét felvetette a Pannon-medencében a hatvanas évek végén leírt regionális anizotrópia tanulmányozásának (modellezésének) szükségességét.
- A Periadriai vonal mentén 1990-ben mért ELF (AMT) téradatok idő, frekvencia és hely szerinti eloszlásai érdekes módon mutatják a természetes és emberi eredetű jelek (zajok) keveredését különösen az ELF jelek 1 kHz körüli erős csillapításának tartományában és szerepüket az AMT értékek meghatározásában.
- Finn társszerzőkkel együtt lezárták az aurorális elektrojet analóg modellezésével kapcsolatos, további finn vékonyréteg-eredményeket alátámasztó és a Balti pajzson az óceáni hatás torzító hatását kimutató vizsgálatokat.
- Egy 1994-ben megjelent Geophysical Prospecting-cikk hatására elemezték a magnetotellurikus látszólagos fajlagos ellenállásdefiniciókat és kimutatták, hogy a legújabb javaslat, az ún. Basokur-féle ellenállásdefinició nem új.
- Kifejezetter 1994. évi felismerés az ún. különleges paraméterérzékenységű (azaz nulla normálterű) elrendezésekkel kapcsolatban szerzett tapasztalatok összegyűjtése, illetőleg az analóg modellezési tapasztalatok közös jellemzőinek rendszerbe foglalása.

Szarka László

HÍREK, BESZÁMOLÓK

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADEMIA X. (FÖLDTUDOMÁNYOK) OSZTÁLYA GEOFIZIKAI TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁGÁNAK ÜLÉSE

Azt hihetnénk, hogy egy akadémiai tudományos bizottság olyan kérdésekkel foglalkozik ülésein, amelyek esetleg még a szakemberek számára is nehezen érthetők. Ezzel szemben az a valóság, hogy a Bizottság március 1-én az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet vendégházában több mint két órán át a magyar geofizika, elsősorban az ELGI mindennapi életét befolyásoló kérdéseket tárgyalta. A tagok szinte teljes számban megjelentek [ADÁM Antal, ADÁM Oszkár, BODOKY Tamás, HORVÁTH Ferenc, KISS Bertalan, MESKÓ Attila, POSGAY Károly, RÁNER Géza, STEGENA Lajos, STEINER Ferenc, TAKÁCS Ernő, VARGA Péter, VERŐ József, VERŐ László, ZELEI András]. Első napirendi pontként FARKAS István, a Magyar Geológiai Szolgálat (MGSZ) főigazgatója tartott beszámolót. Mivel ez a beszámoló az ELGI — és így a magyar geofizika — jelenlegi helyzetét és számos problémáját tárta fel, sok, talán nem közismert tény ismertetett, érdemes a szokásos híradás mellett tartalmát is röviden, az ELGI-re koncentrálva összefoglalni. Ugyanígy a tagok által feltett kérdések és a rájuk adott válaszok is érdeklődésre tarthatnak számot.

Az MGSZ életében február második fele mozgalmas időszak volt. Február 16-án volt az az egész napos beszámoló, melyen az 1994-ben végzett munka néhány jelentősebb eredményéről hangzottak el előadások. Kár, hogy az érdeklődés eléggé mérsékelt volt. Február 28-án tartotta ülését a 14 tagú Földtani Tanács, a minisztériumok, országos hatáskörű szervezetek, társadalmi egyesületek képviselőiből (a Magyar Geofizikusok Egyesülete részéről FERENCZY László) álló véleményező és javaslattevő testület. A korábban írásban megküldött 1995. évi tervet vitatták meg és elismerő véleményük kifejezése mellett elfogadták.

Ezután következett az *MGSZ szervezeti felépítésének* ismertetése. Az MGSZ három egységből áll, alkalmazottainak jogállása is különböző. A Földtani Szakhatóságon (osztályai: Földtani Szakhatósági Osztály, a hét Területi Földtani Hivatal, az Ásvány- vagy Nyilvántartási Osztály), az Információs Központban (osztályai: Országos Földtani és Geofizikai Adattár, Számítástechnikai Osztály) és a Gazdasági Hivatalban dolgozók köztisztviselők. A másik két egységben, a kutatóintézetekben közalkalmazottak dolgoznak. Az ELGI-ben jelenleg öt főosztály van: Geofizikai Kutatási, Geofizikai Adatkezelési, Földfizikai és Observatóriumi, Kutatásszervezési és Geofizikai Mérési Főosztály; a MÁFI-ban pedig hét. Az intézetek gazdaságilag részben önállóak, azaz részükre az MGSZ Gazdasági Hivatala látja el a

pénzügyi, számviteli, beruházási és üzemeltetési tevékenységet.

Az MGSZ, illetve jogelődjei *költségvetési támogatása* 1990-ben 723 millió Ft volt, ez 1994-ben 494 millió Ft-ra csökkent, a külső bevételek változása: 612 millió Ft-ról csökkenés az 1993-as 200 MFt-os mélypont után 393 MFt-ra (ez magában foglalja az alvállalkozóknak kifizetett összegeket is, az MGSZ-nél maradó rész ennek mintegy a fele). Az 1995. évi költségvetési támogatás némileg nőtt, 523 MFt-ra. Ennek két indoka: a bányatörvény új kötelezettségeket ró az MGSZ-re, a településfejlesztési tervek felülvizsgálata is új feladat, illetve biztosítani kell a köztisztviselők számára a 100%-os bérbeállást (eddig 85% volt). Ugyanakkor a Szigetköz és a Tisza—Bodrog vidék vizsgálatára nem kapott az MGSZ támogatást. 1995-ben 249 MFt-nyi külső bevételt kell előteremteni.

Az 1994. évi költségvetési támogatás megoszlása a három egység között (a következőkben az MGSZ az egyszerűség kedvéért az intézmény köztisztviselői részét jelenti):

MGSZ	161 MFt
MÁFI	202 MFt
ELGI	131 MFt.

A 393 MFt-os külső bevételből az ELGI 272 MFt-ot „hozott”.

Az 1995. évi költségvetési támogatás megoszlása (és változása az 1994. évihez képest %-ban):

MGSZ	206,69 MFt	(+28%)
MÁFI	188,83 MFt	(- 6%)
ELGI	124,78 MFt	(- 5%).

Az 1994. évi támogatásból 38 MFt-ot az ELGI és a MÁFI a végkielégítések és felmondások kifizetésére kapott, így ezt egyszeri juttatásnak kell tekinteni. Így lényegében a működéshez kapott támogatás növekedett. Az elvárt 249 MFt-os külső bevételből 162 MFt-ot az ELGI-től várnak. Remélhető, hogy az ELGI kutatóintézeti státusza révén mentesül a költségvetési intézményekre kirótt újabb 13%-os adó alól.

A három egység együttes *létszáma* az 1990-es 1389-ről 1994-ben 411-re csökkent. A hivatalos vagy engedélyezett létszám azonban csak 360 fő. Ennek következménye az, hogy a költségvetés bért csak a 360 fő részére biztosít, az ezen felüliek számára külső bevételekből kell biztosítani mindent.

Ezzel a 411 fős létszámmal a Magyar Geológiai Szolgálat Európában a 7. helyen áll. Bár a kérdésekre adott válaszok során hangzott el, de logikusabb itt megemlíteni: több másfajta összehasonlítás (terület, népesség) alapján is hasonló helyen áll a Szolgálat, de ha az egy főre eső költségvetési támogatást nézzük, akkor nagyon el van maradva a nyugat-európai átlag mögött. Ez nemcsak magának a Szolgálatnak a működését befolyásolja, de azt is lehetetlenné teszi, hogy az állami földtani feladatok megoldásába más intézményeket bevonjon.

A létszám megoszlása 1995-ben (az eltelt néhány hónap alatt tovább csökkent a létszám, jelenleg 399 fő):

	költségvetési terv szerint	tényleges
MGSZ	136 fő	121 fő
MÁFI	137 fő	145 fő
ELGI	87 fő	133 fő.

Az 51, költségvetési bérral nem rendelkező alkalmazottból tehát 46-ról az ELGI-nek kell gondoskodnia, ebből 30-nál több az aktívak, mintegy tíz az inaktívak száma.

A Magyar Geológiai Szolgálat *tevékenységét* négy nagy területen fejti ki. A *szakhatósági munka* a tényleges szakhatósági eljárásokon felül az ásványvagyon nyilvántartást, míg az *információ szolgáltatás* az adattárak és a szakmai adatbázisok működtetését jelenti. A szakmai adatbázisok már inkább az intézetek hatáskörébe tartoznak. A *közszolgálati tevékenység* keretébe tartozik a könyvtárak, obszervatóriumok és laboratóriumok (például a tihanyi és mátyáshegyi obszervatórium, a Radiometriai és Elemanalitikai Laboratórium, a Kútgeofizikai Metrológiai Bázis), a közgyűjtemények (például az Eötvös-gyűjtemény) működtetése és a kiadványszerkesztés (Geofizikai Közlemények, az éppen szünetelő Évi Jelentés, időszaki kiadványok). A negyedik tevékenységi terület a *kutatás*, amely a már említett 1995. évi terv szerint hét témakörben folyik (csak azokat említjük, amelyekben az ELGI is részt vesz):

Térképezés:	Kisalföld Somogy—Baranya DANREG Dunántúli-középhegység Bükk légigeofizika TIBREG magyar—román földmágneses térkép
Környezetföldtan:	Alföld természetvédelem mérnökgeofizika
Vízföldtan:	Dunántúli középhegység karszttrendszer
Nyersanyag:	nyersanyag potenciál felmérés
Alapkutatás:	medenceanalízis tektonika litoszféra

Földfizika:	földrendés veszélyeztetettség geodinamika geodéziai gravimetria földmágnesség paleomágnesség gravitáció
Geokémia:	országos felvétel felszín alatti vizek.

A négy tevékenységi területen dolgozók százalékos megoszlása az alábbi (a teljes Szolgálatra):

szakhatóság	14%
információ szolgáltatás	13%
közszolgálat	11%
kutatás	40%
Gazdasági Hivatal	16%
MGSZ, MÁFI, ELGI irányítás	6%.

Érdekes lehet a hét kutatási témakörön belüli létszámmegoszlás is:

térképezés	25%
környezetföldtan	18%
vízföldtan	9%
nyersanyagkutatás	8%
alapkutatás	22%
földfizika	7%
geokémia	11%.

Befejezésül a Magyar Geológiai Szolgálat főigazgatója a fő célkitűzéseket az alábbiakban foglalta össze:

- az államigazgatási feladatokat pontosan és szakmailag megalapozottan teljesíteni;
- az ország területének földtani ismertségét szinten tartani;
- a társadalom és az államigazgatás részéről jelentkező legfontosabb igényeket kielégíteni;
- a fenti feladatok ellátásához szükséges állami kutatási háttérrel, infrastruktúrával biztosítani;
- a nemzetközi programokban folytatott — már szelektált — kutatásokat folytatni;
- az Európai Unióhoz való csatlakozás földtani feltételeit megteremteni;
- a földtani-geofizikai adatokat magas színvonalon gyűjteni és szolgáltatni.

A mintegy 50 perces tájékoztatót valamivel hosszabb kérdezz-felelek követte. Elsőként TAKÁCS Ernő, a Bizottság elnöke érdeklődött a Földtani Tanács szerepe iránt, tudnak-e a tagok segíteni az anyagi gondok enyhítésében. A válasz szerint ez az év még nem igazán jellemző, mert a Tanács nemrég alakult és az 1995. évi terv előkészítésébe még nem tudott igazán bekapcsolódni, de a minisztériumokkal és más országos hatáskörű szervezetekkel való együttműködésben, a lehetőségek feltárásában komoly szerepe lehet. Magát a költségvetést automatizmus alapján határozzák meg, intézményfinanszírozásként, de a tárcáknál lévő alapok, a céltámogatások megszerzésében segítségünkre lehet a Tanács. STEGENA Lajos a drágán és nem mindig sikeresen dolgozó külföldi szakértők, valamint az egyes kérdések megoldására nem a legszerencsésebben kiválasztott ma-

gyar szakértők problémájára hívta fel a figyelmet, például Bős—Nagymaros vagy a radioaktív hulladék elhelyezése esetében. FARKAS István válaszában az állami intézményrendszer fő előnyeként azt említette, hogy a földtani adatok birtokában van és ez párosulva a szakértők tudásával, ismereteivel a külföldi szakértőkkel is versenyképesé teszi. A bős—nagymarosi vízlépcső tervezésének földtani megalapozásából az állami földtan teljesen kimaradt, csak az utóbbi időkben kéri ki véleményét, sőt KAKAS Kristóf főtanácsos már egy éve a Külügyminisztérium Bős—Nagymaros Munkacsoportjánál dolgozik mint tudományos összekötő. A hulladék elhelyezés megoldása viszont nem állami feladat, a megbízó dönti el, kivel dolgoztat. A Magyar Geológiai Szolgálat — mint azt már említettük — anyagi korlátai miatt megbízást nem tud adni. Ehhez kapcsolódva BODOKY Tamás, az ELGI igazgatója megjegyezte, hogy a mintegy 120 aktív ELGI alkalmazottra 8 MFT dologi kiadás esik, ebből nyilvánvaló az új kutatások lehetetlensége. ÁDÁM Oszkár felhívta arra a figyelmet, hogy a Központi Földtani Hivatal esetében is volt intézményfinanszírozás, a költségvetési támogatás nagy része azonban célorientált volt. Azt kellene elérni, hogy ismét legyenek ilyen tételek is. A létszámon alapuló összehasonlításokkal kapcsolatban megjegyezte, hogy mindig hangsúlyozni kell, a Szolgálat nemcsak hivatal, hanem komoly szakmai háttérrel jelent a két intézet és eltérően sok más nyugat-európai országtól, nálunk szinte nincs is más földtani intézmény.

POSGAY Károly a minősítettek, a posztgraduális képzésben résztvevők száma és a nemzetközi együttműködések iránt érdeklődött. Konkrét számok csak az ELGI-vel kapcsolatban hangzottak el: egy tudományok doktora, három kandidátus, egy egyetemista doktor és heten vesznek részt doktorandusz képzésben. A minősítettek számát tekintve a MÁFI-ban jobb a helyzet. A nemzetközi kapcsolatok átalakulásában vannak, törekszünk a régiék fenntartására és újak kialakítására is, de a pénzühiány nagy akadály.

MESKÓ Attila annak tisztázását kérte, miért szerepelt háromféle adat az ELGI dologi kiadásaiával kapcsolatban: 212 MFT, 16 MFT, 8 MFT. BODOKY Tamás és FARKAS István tisztázta, hogy három különböző dologról van szó: az ELGI 1994-ben 212 MFT-ot költött „dologi” kiadásokra, ebben azonban benne van a külső bevételek alvállalkozói része is. 16 MFT az 1995-re tervezett teljes dologi kiadás, ebből azonban mintegy 8 MFT olyan, amely eleve lekötött, marad szabadon felhasználható keretként 8 MFT. [A beszámoló összeállítása közben elkészült az MGSZ 1994. évi mérlege, ennek néhány adatával érdemes kiegészíteni, pontosítani az elhangzottakat. Az ELGI 1994. évi dologi támogatása 15,7 MFT volt. 1995-ben a dologi támogatás 19,31 MFT, ebből 10,41 MFT a megváltozott besorolások után járó személyes juttatás. Ezen felül van 4,45 MFT-nyi beruházási lehetőség. Az összes dologi támogatás tehát 23,76 MFT, ez 51%-os növekedést jelent (ugyanaz az MGSZ-nél 61%, a MÁFI-nál 43%). Még két adat a mérlegből: az 1993-as 95 MFT-ról 1994-ben 74 MFT-ra csökkent a működési költség, miközben az infrastruktúra nem

csökkent, infláció viszont volt. A költségvetési tervben beruházás egyáltalán nem szerepelt 1994-ben. Ennek ellenére az ELGI mintegy 27 MFT-nyi, főként számítástechnikai fejlesztést hajtott végre, ennek forrását a külső bevételek jelentették.]

ÁDÁM Antal a kormányzati felügyelet és ellenőrzés iránt érdeklődött. FARKAS István elmondta, hogy felügyeletünket változatlanul az ipari és kereskedelmi miniszter látja el, ő ezzel a feladattal és a szakmai kapcsolattartással az energetikáért felelős helyettes államtitkárt bízta meg. Szakmai segítséget, bírálatot azonban talán éppen a Geofizikai Tudományos Bizottságtól kaphatnánk leginkább, mint pártatlan szervezettől.

VARGA Péter a külső bevételek tervezhetőségének kérdését vetette fel. FARKAS István válaszából kiderült, hogy tervezni kell a tervezhetetlent is és az eddigiektől eltérően nemcsak a tervezettnél kisebb, hanem annál nagyobb bevételeket és azok felhasználását is engedélyeztetni kell.

Az utolsó kérdés váltotta ki talán a legélénkebb vitát. HORVÁTH Ferenc aziránt érdeklődött, hogy akadémiai jellegű munkákhoz hozzáférhetőek-e a geofizikai adatok és mi a helyzet a szénhidrogén kutatási adatokkal, a koncessziós területekkel. FARKAS István, KISS Bertalan és ZELEI András egymást kiegészítő válaszból arra lehetett következtetni, hogy a kérdés részben szabályozott, nem alakult ki azonban még a megfelelő gyakorlat és vannak homályos pontok is. A nyílt minősítésű adatok, melyek az MGSZ birtokában lévő adatok többségét jelentik, bárki számára elérhetőek, megkaphatóak. A legtöbb gondot a zárt adatok meghatározása jelenti, mert itt nem mindig egyértelmű a minősítés. Ilyen esetben csak a Magyar Bányászati Hivatal dönthet. A homályos pontok tisztázására azonnal adódott a megoldás: egyik következő ülésére a Bizottság hívja meg a Magyar Bányászati Hivatal képviselőit.

Egyebek címszó alatt HORVÁTH Ferenc röviden beszámolt a medenceanalízis ankétról, VERŐ László a Bizottság szakmai támogatását kérte — és megkapta — a mochovcei atomerómű hatásterületének légi-geofizikai monitorozásához, TAKÁCS Ernő pedig ismertette a Magyar Tudományos Akadémia közgyűlésén történeteket. Több szempont megvitatása után a Bizottság úgy döntött, hogy októberben egy beszámoló ülésen mutatja be a földtudományi témájú OTKA-pályázatok eredményeit. A poszter bemutató és előadássorozat helyszíne az ELGI lesz.

(A beszámoló készítője nem tud ellenállni annak, hogy a vándorgyűlés egy, részben hasonló témájú előadásában elhangzott téves hivatkozást ki ne javítson. Eszerint Peter COOK, a Brit Geológiai Szolgálat igazgatója azt ajánlotta volna a 21. század geológiai szolgálatainak: válasszuk külön a szerződéses és állami pénzügyi kereteket, reagáljunk rugalmasan a magánszféra megrendeléseire. Időközben megérkezett COOK előadásának anyaga és egyértelművé vált, Ő nem ezt mondta. Tanácsa: Tedd változatossá a fogyasztói (és pénzügyi) bázist és légy érzékenyebb a fogyasztók iránt.)

Verő László

A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium 1995. április 22-én központi ünnepséget rendezett a HM Művelődési Házban (más néven Stefánia Palota). Ennek keretében dr. BAJA Ferenc miniszter úr átadta a „Pro Natura” díjakat és néhány oklevelet. Magáról az eseményről a napilapok is beszámoltak, ezek megisméltése felesleges lenne. Az azonban csak érintetteknek tűnhetett fel, hogy a Föld Napján a földtudományok művelőiről mintha megfeledeztek volna. Nem arról van szó, hogy vitatnánk bármely elismerés jogosságát, erre semmiféle alapunk nincs, de hogy a Föld Napján egyetlen geofizikus vagy geológus sem kapjon semmiféle kitüntetést, az talán nincs rendjén. Minden bizonnyal a környezetvédelem és területfejlesztés területén is lehetett volna kiemelkedő földtudományi eredményeket találni, nekünk azonban nemcsak ebből a két szempontból van közünk a Földhöz. El kellene érünk az arra méltó teljesítmények elismerését és társadalmi elismertetését. Ez egyelőre még csak egy gondolkodásra készítő ötlet, de jó lenne 1996-ban a Föld Napját már máshogyan ünnepelni.

A központi ünnepséghez kapcsolódva mutatta be MOLDOVA György új könyvét — Magyarország szennybemenetele — amelynek témája a természet és környezetvédelem helyzete hazánkban. MOLDOVA úr ismerte az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kármentesítő tevékenységét Debrecenben és Ferihegyen, készségesen dedikálta könyvét az Intézetnek, a könyvben azonban a földtudományok is megkapják a magukét. A 216. oldalon a garéi hulladékátrolóval kapcsolatban ez olvasható: „1977-ben a Magyar Állami Földtani Intézet, később a Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság talajmechanikai laboratóriuma ezt a területet alkalmasnak minősítette veszélyes hulladék lerakására, a kutató fúrások 30 méteres mélységig vízzáró talajrétegeket jeleztek... Sajnos az előzetes szakértői megállapításokat a gyakorlat megcáfolta...” Ez bizony nem a legjobb hírverés szakmánknak.

MOLDOVA GYÖRGY

MAGYARORSZÁG SZENNYBEMENETELE

Riport a környezetvédelemből

*Az Eötvös Loránd
Geofizikai Intézet
készségesen
dedikálta
könyvét*

Moldova György

DUNAKANYAR 2000

Befejezésül be kell vallanom, hogy az állófogadást sokkal jobban élveztem volna, ha több kollégával együtt a frissen kitüntetett geofizikusok és geológusok egészségére üríthettük volna poharunkat.

Verő László

NEM SIKERÜLT A FRONTÁTTÖRÉS

A Magyar Geológiai Szolgálat és intézetei, a Magyar Állami Földtani Intézet és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, továbbá a Miskolci Egyetem Bányamérnöki Kara és földtudományi, valamint környezetvédelmi tanszékei *Milyen segítséget nyújt a földtan az önkormányzati munkához?* címmel konferenciát rendeztek Miskolcon, a Miskolci Egyetem Továbbképző Központjában 1995. március 29. és 31. között. A célkitűzés az volt, hogy gyakorlati példákon mutassuk be a földtudományoktól várható segítséget a tervezésben, a döntések előkészítésében, a kárelhárítási és hatósági munkában.

A rendező szervek tevékenységének rövid bemutatása mellett 11 témakör megtárgyalását terveztük. A vonalas létesítményekkel kapcsolatos egyetlen, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kutatói által beje-

lentett előadás végül is elmaradt, így az alábbi tíz témakörben hangzottak el — változó színvonalú — előadások a négy rendező intézmény részéről:

- területfejlesztés, mérnökgeológia
 - felszínmozgás
 - föld alatti üregek kimutatása
 - épületkárok
 - bányászat, bányatörvény, adatbázisok
 - vízkészletek, vízvédelem
 - földtani természeti értékek
 - műemléki helyreállítások
 - hulladékelhelyezéssel kapcsolatos vizsgálatok, meddőhányók
 - szennyezett területek vizsgálata, rehabilitációja.
- Az előadások tartalmának ismertetésétől nyilván el lehet tekinteni, hiszen nem földtudományokkal

foglalkozó szakemberekhez, hanem az önkormányzatok vezetőihez, alkalmazottaihoz szóltak. Arra azonban választ kell adnom, hogy mire utaltam a beszámoló címével. Több dologra is. Először is, a rendezők minden igyekezete ellenére sem sikerült elérni, hogy az önkormányzati résztvevők száma jelentősen meghaladja az előadások számát. Az előbb felsorolt tíz témakörben átlagosan négy-négy előadás hangzott el. Az sem tekinthető sikernek, hogy a Belügyminisztérium Földtani szempontok alkalmazása a települések fejlesztésénél című előadása sem az első, sem a második, sem a harmadik napon nem hangzott el.

De söpörjünk a magunk háza táján is. Említettem már, hogy az előadások színvonala változó volt: néhány ismétlést el lehetett volna kerülni, az ilyen konferenciára nem való értekezéseket alaposabb válogatással ki lehetett volna szűrni. Igazán zavaró azonban két spontán megnyilvánulás volt. Nem először fordul elő, hogy olyan hallgatóság előtt kerül szóba a Magyar Állami Földtani Intézet adattárának kérdése, amely sem az előzményekkel, sem a történetekkel, sem a jelenlegi helyzettel, sem annak esetleges problémáival nincs tisztában és — azt hiszem — mindez nem is érdekli. Az érdeklődők számára csak egy fontos: az adatok könnyen és olcsón hozzáférhetőek legyenek. A többi belügy. A másik, már a helyszínen is vitát kiváltó megjegyzés a Somogyi Hírlap egy cikkével kapcsolatban hangzott el, amelynek címe Melléfogtak a geológusok volt és egy sikertelen hévízfúrás tanulságait próbálta levonni. Véleményem szerint két ok miatt sem volt szerencsés ott és úgy reagálni. Téves volt ugyanis az a megállapítás, hogy a kudarc oka a meglévő adatok figyelmen kívül hagyása volt és mindezt az érintett geológus kolléga távollétében megvitatni egy jórészt nem szakmai község előtt etikailag is vitatható.

Mindezt azért tartottam érdemesnek leírni, mert szóba került egy újabb ilyen konferencia megrendezése, egy másik régióban, például a Dunántúlon. Tanulnunk kell hibáinkból, mert az kétségtelen, hogy a megfelelő színvonalú szakmai propagandára szükség van.

Nekem jutott az a feladat, hogy bezárjam a konferenciát. Három, több előadásban is szereplő, több oldalról is megvilágított gondolatot emeltem ki:

- a földtudományi adatok fontossága minden bizonnyal növekedni fog az önkormányzati munkában, az adat megléte önmagában nem elegendő, csak a hozzáférhető adat igazán adat;
- a földtudományok területén is jelentkező szélhámósok, kóklerek, svindlerek felismerésének is alapja lehet az adat, meg kell kérdezni mindenkitől, amit állít, milyen adatok alapján állítja;
- nem elég az, ha törvények, előírások szabályozzák az önkormányzati munka földtudományi eredményeket is hasznosító részét, változtatni kell a hozzáálláson, a szemléleten is.

Meg kell még említenem két tájékoztatást, amelyet nem a rendező szervektől kaptunk. 1995 januárjában létrejött a Bányászati Mélyépítő Szervezetek Szövetsége „a tervezési, majd az ezt követő jó minőségű, szakmailag optimális követelmények érvényesítésére, elősegítésére” a föld alatti üregekkel kapcsolatos gondok megoldásában. A tagok jegyzéke a Magyar Geofizikusok Egyesületének Titkárságán mindenkinek rendelkezésére áll. A másik tájékoztatás arról szólt, hogy a szegedi Juhász Gyula Tanárképző Főiskolán már folyik a geológiai környezetvédelmi technikusok képzése. Az erről tájékoztató füzet megtekinthető az Egyesület Titkárságán is.

Verő László

A NÉMET GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK 55. ÉVES KONGRESSZUSA

Hamburg, 1995. március 20–24.



A Deutsche Geophysikalische Gesellschaft vagy rövidített nevén a DGG (Német Geofizikusok Egyesülete) idén március 20-tól 24-ig tartotta 55. rendezésű éves kongresszusát. A kongresszusnak Hamburg városa, illetve az Universität Hamburg adott otthont.

Hamburg, a nagy északnémet város kellemes meglepetés volt számomra. A szűk belvárostól (ami egybeesik az óvárossal) eltekintve levegős, tágas és nem túl magasra épült, kitűnő közlekedése van és az ember egyáltalán nem érzi ipari-közlekedési centrum jellegét (persze, levegősségét nem annyira az alapító atyák bölcsességének, mint inkább az angolszász légierők második világháborús buzgalmának köszönheti).

A kongresszus a szokásoknak megfelelően 19-én, vasárnap este egy laza összejövetellel — úgybevezetett „Begrüßungsabend”-del — kezdődött. A hivata-

los megnyitást 20-án, hétfőn délelőtt egy ünnepélyes megnyitó ülés jelentette, itt a rendezők, illetve a DGG elnökségének beszédei mellett elhangzottak a meghívott társégyesületek képviselőinek üdvözlétei is. (Ezért juthattam ki erre az általunk nemigen látogatott kongresszusra, mint az EAEG képviselőjének azonban idén már másodszor volt részem abban a megtiszteltetésben, hogy üdvözölhettem az európai geofizikusok nevében a német geofizikusok éves kongresszusát.)

A kongresszus szakmai programjában párhuzamosan futott 4 előadó szekció a földtani kar 4 nagy egyetemi előadóteremében, és egy poszter szekció az épület előcsarnokában. Az előadásokat a következő témacsoportokba rendezték:

A Föld felépítése és dinamikája (13 előadás)
Geofizikai kutatómódszerek az archeológiában (2 előadás, 7 poszter)

Földmágnesség, elektromágnesség, geoelektrika, magnetotellurika (19 előadás, 11 poszter)
 Planetológia és a Földön kívüli tér fizikája (19 előadás)
 A geofizika története (2 előadás)
 Geotermika, radiometria (4 előadás, 2 poszter)
 Tengeri geofizika (kiemelt témakör: 25 előadás, 14 poszter)
 Szeizmikus migráció (kiemelt témakör: 13 előadás, 2 poszter)
 Kőzetfizika, KTB, mélyfúrás geofizika (25 előadás, 10 poszter)
 Pontenciálmérések (kiemelt témakör: 22 előadás, 7 poszter)
 A litoszféra szerkezete és dinamikája (34 előadás, 9 poszter)
 Szeizmológia (28 előadás, 11 poszter)
 Szeizmika (migráció nélkül — 44 előadás, 10 poszter)
 Környezetvédelmi és mérnökgeofizika (17 előadás, 6 poszter)

A rendezés érdekessége volt, hogy általában minden előadás-blokk előtt, sőt néha utána is a késő esti órákban volt egy vagy két, úgynevezett plenáris előadás. Ezeket meghívott, neves előadók tartották (pl. S. TREITEL, P. STOFFA, S. KLEMPERER, stb.) rendszerint nagyon érdekesen és könnyen emészthető stílusban — felsőfokú ismeretterjesztő előadásoknak is nevezhetném őket — és ugyancsak időben ott kellett lenni, ha az ember nem akarta végigállni őket.

A kongresszushoz egy kis méretű geofizikai műszerkiállítás is kapcsolódott, ezen főleg a hazai (német) kis cégek, illetve az egyetemi intézetek állítottak ki.

A szakmai programot egy esti összejövetel — úgynevezett társasági este — és a kísérők számára szervezett kirándulások egészítették ki. A vidám társasági estét idén egy felújított, múlt századi, nagy

háromárbcos vitorlášajón, a „Rickmer Rickmers”-en tartották. Ez a hajó valaha Hamburgban épült, sokfelé szolgált mígnem utoljára a portugál haditengerészet kiképzőhajója volt. Amikor a portugálok kiselejtezték, akkor vásárolta vissza Hamburg városa és alakította át úszó múzeummá. A Rickmer Rickmerstől nem messze horgonyzott különben az ukrán haditengerészet ma is aktív háromárbcos iskolahajója.

A DGG éves kongresszusainak résztvevői általában többségükben Európa német nyelvterületeinek egyetemi hallgatói, illetve oktatói, így ezeket az összejöveleket kötetlen fiatalos léghő és szakmai tekintetben, mint azt az idei program is mutatja, az általános geofizikai témák túlsúlya jellemzi. Németországban jóval több mint egy tucat geofizikai tanszék működik a különböző egyetemeken és például csak a hamburginak több mint kétszáz hallgatója és doktorandusza volt idén, de a németeken kívül az osztrákok és a svájciak is mindig ott vannak. Úgy tartják, hogy itt nyílik arra lehetőség, hogy egy-egy fiatalember bizonyítsa alkalmasságát és kiérdemelje a nagyobb nemzetközi kongresszusokra történő kiküldetést.

A hamburgi kongresszust jól, egyszerűen és diákok számára is megfizethetően rendezték. Szakmai szintje általában magas volt (és persze, mitagadás, a bemutatott kutatási témákon és eredményeken azért látszott, hogy a német kutatás és felsőoktatás pénzügyi mutatószámait nem egy Herr Buschig határozza meg). Számomra külön élményt jelentett az alkalmazott geofizika mindennapjaiból az olyan témák területére történő kirándulás, mint amilyen például a Kanári-szigetek fejlődéstörténete a szigetek körül végzett tengeri szeizmikus mérések szeizmosztratigráfiai elemzése alapján vagy a vulkáni ívek szerepe a földkéreg fejlődésében aleuti és Sierra Nevada-beli mérések alapján.

Bodoky Tamás

KONFERENCIA-HÍREK



EAST MEETS WEST — ez a Krakkóban 1995. szeptember 12—15. között rendezendő „Modern Exploration and Improved Oil and Gas Recovery Methods” konferencia és kiállítás jelmondata. A konferencia regisztrálási költsége EAEG/EAPG tagoknak 250 USD, nem tagoknak 300 USD. Szállodaárak kategóriától és ágyszámtól függően: 25—150 USD. Érdeklődő kollégáink részletes információt kaphatnak a következő címen:

Conference Bureau
 Akademia Górniczo-Hutnicza
 Al. Mickiewicza 30
 30-059 Cracow, Poland
 Telefon: (48 12) 23 30 00
 Fax: (48 12) 33 65 04 vagy (48 12) 23 40 00



A Kárpát—Balkán Geológiai Asszociáció (C.B.G.A., vagy a nálunk talán megszokottabb nevén KBGA) 1995. szeptember 17—20. között rendezi XV. kongresszusát Athénban. Regisztrálási költség 100 USD, a szállásköltség reggelivel kategóriától függően napi 38—75 USD. További információ:

Prof. D. Papanikolaou
 National Centre for Marine Research
 Agios Kosmas - Ellinikon
 166 04 Athens, Greece
 Telefon: (30 1) 982 0214
 Fax: (30 1) 983 3095



Megjelent a Román Geofizikai Társaság (SRG — Societatea Romana de Geofizica, Romanian Society of Geophysics) első körlevele az 1995. október 25—27. között Bukarestben megrendezendő nemzetközi geofizikai szimpózium és műszaki kiállításról. Az érdeklődők az alábbi címen tájékozódhatnak:

Symposium Secretariat
PO Box 31-54
73250 Bucharest, Romania
Telefon: (40 1) 635 5470/100, 165
Fax: (40 1) 321 2122, (40 1) 250 2594



Energy and Environment címmel rendeznek konferenciát és kiállítást Marseille-ben 1995. december 5—7. között. Részletes információt kapható a szervezőbizottságnál az alábbi címen:

Philippe JACQUÉ

SAFIM Organisation
Parc Chanot - B.P. 2
13266 Marseille Cedex 8
France
Telefon: (33) 9176 1600
Fax: (33) 9122 1645



Már a második cirkuláré is megjelent a Pekingben 1996. augusztus 4—14. között megrendezésre kerülő 30. Nemzetközi Geológiai Kongresszusról. A regisztrációs díj (1996. február 1. előtti regisztrálás esetén) 300 USD.

Pekingi szállodaárak a kategóriától függően: 27 és 200 USD között. Külön is felhívnam a figyelmet, hogy a GEOHOST APPLICATION FORM kitöltésével (és 1995. október 1. előtti visszaküldésével) lehetőség van arra, hogy a kongresszuson részt venni szándékozók rászorultság esetén anyagi támogatást kérjenek az IGC-től.

A Kongresszust érintő valamennyi kérdésben T. Kollégáink a következő címen kérhetnek tájékoztatást:

Prof. Zhou Xun
Deputy Secretary General
30th International Geological Congress
P.O.Box 823
Beijing 100037
P.R. China
Telefon: (86 10) 832 7772, (86 10) 832 3188
Fax: (86 10) 832 8928
E-mail: zhaox@bepc2.ihep.ac.cn



„Water: Ecology and Technology” címmel rendeznek Moszkvában nemzetközi kongresszust és műszaki kiállítást 1996. szeptember 17-21. között. Részvételi díjról, árakról stb. nem

kaptunk tájékoztatást. A titkárság címe:

PO Box 173
Moscow 107078
RUSSIA
Telefon: (7-095)207-6360
Telefon/fax: (7-095)207-6475

Tóth Lajos

MTESZ-ÜLÉS ÚJ NOBEL-DÍJASAINK TISZTELETÉRE

Magyarország vendége volt 1995 májusában az a két legtudósabb tudós, aki 1995-ben tovább gyarapította a magyar származású Nobel-díjasok már eddig sem kis számát: HARSÁNYI János, a Berkeley Egyetem professzora és OLÁH György, a Los Angelesi Egyetem professzora. A vendégeket meghívó Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségi Kamarája május 5-én tudományos ülést rendezett a két tudós tiszteletére.



A program az MTESZ Kossuth Lajos téri székházában rendezett Magyar származású Nobel-díjasok c. kiállítással kezdődött, amelyet NAGY Ferenc MTESZ tudományos tanácsadó mutatott be. Ezt követően HAVASS Miklós, az MTESZ elnöke köszöntötte a vendégeket, majd Utam a Nobel-díjhoz címmel HARSÁNYI János, valamint OLÁH György tartott jó hangulatú előadást. Igen érdekes volt hallani a két tudós élettörténetét, kezdve a ma-

gyarországi iskoláktól a külföldön végzett kutatásokig és a tudományos elismerés csúcsát jelentő díjig. (Az indulás szempontjából talán érdekes, hogy HARSÁNYI professzor a fasori gimnáziumba, OLÁH György a piaristákhoz járt. Az ELGI munkatársának megdobogtathatja a szívét az a tény, hogy HARSÁNYI professzor matematikatanára a későbbi ELGI igazgató RENNER János volt.) Mindkét professzor nagyon fontosnak tartotta az oktatás és nevelés kérdését. Ez az a terület, ahonnan nem lenne szabad sajnálni a pénzt. Tudás nélkül egy ország sem fejlődik. Nem a tudomány válik termelőerővé (amint azt régebben Magyarországon mondták), hanem a tudás. (A helytelen magyar szóhasználat oka félrefordítás — németül nem a Wissenschaft, hanem a Kenntnis válik termelőerővé.) Márpedig *pénz nélkül nincs iskola, anélkül se Kenntnis, se tudás, anélkül pedig csak visszafejlődés van!* A mindedig hagyományosan jól működött magyar is-

kola volt az a kályha, ahonnan oly sokan elindultak. (OLÁH professzor megjegyezte: sok amerikai barátja gondolkodott azon, hogy megtanul egy kis magyar akcentust. Amerikában ugyanis a magyar akcentus egész jó ajánlólevél ...)

A két Nobel-díjas professzor után BIHARI István, az MTESZ volt elnöke, OMFB Tanács elnök tartott

előadást Tudomány, műszaki fejlesztés, modernizáció címmel, majd a Nobel-díjasok kérdésekre válaszoltak. (A különleges, felszabadult hangulatra jellemző volt, hogy elhangozhatott egy kérdés arra vonatkozóan is: nincs-e a professzor uraknak ideje egy órácskára leülni makaózni?...)

Tóth Lajos

PÁLYÁZATI FELHÍVÁS

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete 3 évre szóló kutatói álláshelyet hirdet fiatal (pályakezdő, de lehetőleg 30 év alatti) geofizikus számára. Az álláshely pénzügyi fedezetét az MTA erre a célra elkülönített pénzügyi kerete biztosítja. Megfelelő tudományos teljesítmény esetén az Intézet — a közalkalmazotti bérrendszer alapján — további kutatói szerződést tud felkínálni.

A feladat: alap kutatások végzése a geofizikának az MTA GGKI Geofizikai Főosztályán művelt egyik területén (elektromágneses indukció, magnetoszféra- vagy ionoszféra-fizika).

Követelmény: minimálisan „Jó” államvizsga-eredmény, kutatói elhivatottság.

A sikeres pályázó — az MTA GGKI kiterjedt nemzetközi kapcsolatai révén — nemzetközi geofizikai projektekbe kapcsolódhat be. Az Intézet támogatja a levelező doktori képzésben való részvételt is.

Munkába lépés kezdete: 1995. szeptembere után.

További felvilágosítás és jelentkezés:

dr. ÁDÁM Antal igazgatóhelyettesnél vagy dr. SZARKA László főosztályvezetőnél.

Cím: 9400 Sopron, Csatka u. 6-8.

Telefon: (99)314-290

Fax: (99)313-267.



Liberty Seismic Consultants Ltd.

Albin K. KERÉKES
Cedee H. ARITMAN

**Specialized and expert services in
Seismic Field Acquisition:**

- Seismic Strategy Design
- Prospect Scouting
- Field Parameter Tests
- Quality Control
- Technical Audits

"Give me your poor, your hopeless projects.."

Bolgarkerteszt 19. BUDAPEST, H-1148 Hungary.
Tel/Fax/Answ: 36-1-220-7254
(Soon to open for business in Houston)

