

TARTALOMJEGYZÉK

Tisztelt Kollégák! — A szerkesztőség előszava.....	113
MGE	
22. Vándorgyűlés.....	113
SZAKCIKKEK	
Az értelmezési eljárások fejlődése a sekélyrefrakciós kutatásban: a felbontóképesség javítása. I. rész	
<i>Polcz Iván</i>	115
Nem stacionárius hőmérsékleti terek modellezése olajbányászati alkalmazásokkal	
<i>Bodriné Cvetkova Lujza</i>	126
Ráfúrásos technikával végzett kőzetfeszültség-mérések Magyarországon	
<i>Gerner Péter, Porjesz Róbert, Szafián Péter</i>	134
Észrevételek „A Szigetköz földtani kutatásai” c. cikkel (34. évf. 2. sz.) kapcsolatban	
<i>Koós László</i>	143
CIKKEK	
A geodéziai gravimetria magyarországi fejlődésének fontosabb állomásai — <i>Csapó Géza, Gazsó Miklós</i>	
	144
Az árapály kutatás fejlődésének története — <i>Varga Péter</i>	
	145
Az ionoszféra és a magnetoszféra kutatásának története — <i>Szemerédy Pál</i>	
	147
HÍREK, BESZÁMOLÓK	
Etikai kódex-kommentár nélkül — MAEGS — GPS konferencia — Az SEG 63. konferenciája és kiállítása — Nemzetközi tudományos konferencia — IAGA — A Geofizikai Közlemények szerkesztőségének felhívása — EGS.....	
	148

34. évfolyam 3. szám



1993

CONTENTS

Foreword of the Editors.....	113
MGE (Association of Hungarian Geophysicists)	
News.....	113
Geophysical Papers	
Development of Shallow Seismic Refraction Interpretation Methods: the Enhancement of Resolution (I) <i>I. Polcz</i>	115
Modeling of Non Steady-state Temperature Distributions with App- lications to Oil Mining <i>L. Bodri</i>	126
In Situ Stress Measurements in Hungary Using Overcoring Technique <i>P. Gerner, R. Porjesz, P. Szafián</i>	134
Remarks on the Paper „Geological Surveys of the Szigetköz Area” (Vol. 34, 86-93) <i>L. Koós</i>	143
Papers	
Basic Chapters of the Development of Geodetical Gravimetry in Hungary — <i>G. Csapó, M. Gazsó</i>	144
Review of the Tidal Reseach in Hungary — <i>P. Varga</i>	145
Study of the Ionosphere and Magnetosphere in Hungary - a Histo- rical Review — <i>P. Szemerédy</i>	147
News and Reports.....	148

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: Ráner Géza igazgató
Erős Rezső és fiai nyomda, Budapest — Felelős vezető: Erős Rezső



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

Ha kézbe veszik szakmánk világlapjainak egyikét, például a „Geophysical Prospecting”-et, akkor a borítólap belső oldalán egyebek közt a következő szöveget találják:

„The Association, the Editor and the publisher cannot be held responsible for the opinions given and the statements made in the articles published in the journal, the responsibility resting with the authors.”

Más lapok ugyan másként fogalmazzák ezt meg, de a lényege minden megfogalmazásnak ugyanaz és erre most a Magyar Geofizikával kapcsolatban is nyomtatékosan fel szeretnék hívni mind a szerzők, mind az olvasók figyelmét:

A szerkesztőség nem cenzúra! A vállalt (és eddig be is tartott) átfutási idők mellett nem vagyunk képesek rá és nem is akarjuk felvállalni, hogy a közlésre leadott cikkek adatainak, illetve állításainak helyességét vagy publikálhatóságát ellenőrizzük.

A lapban anonim írások nem jelennek meg, kivétel nélkül minden megjelenő cikk vagy híryanag esetében név szerint feltüntetjük a szerzőt, illetve azt a személyt, aki az anyagot megjelentetésre leadta. A megjelenő írások tartalmáért egyedül a szerzők, illetve az anyag megjelentetését kérők a felelősek.

A gyakorlatban ez többek között azt jelenti, hogy olyan adatok vagy kutatási eredmények esetében, amelyeket még korábban sehol sem közöltek, az adatok vagy eredmények tulajdonosától a közléshez szükséges engedélyeket a szerzőknek kell beszerezni. A szerkesztőség minden leadott cikk esetében eleve feltételezi annak jogszerű közölhetőségét.

A jövőben követni fogjuk az ismert szaklapok példáját, és a belső borítón mi is feltüntetjük, hogy a lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességéért, illetve közölhetőségéért a felelősséget kizárólag a szerzők viselik.

Bodoky Tamás

MGE



MGE 22. Vándorgyűlés

Nagykanizsa, 1993. szeptember 9–11.

Az MGE Elnöksége 1993-ban Nagykanizsát választotta a vándorgyűlés helyszínéül és a rendezésben a múlt évben alakult Szénhidrogén Szakosztály aktív közreműködésére számított. Témája szerint a vándorgyűlés a szakmaközi integráció eredményeit kívánta bemutatni, a szokásos rendezvényi kereteket kibővítve egy szélesebb körű szakmai bemutatóval.

A szervezés kezdeti szakaszában 120 fő részvételre számítottunk, ez a regisztrációs adatok alapján végül 163 főre növekedett.

A résztvevők 71%-a az olajipar szakembereinek köréből került ki.

A második legnagyobb csoporttal, 30 fővel az ELGI képviseltette magát, ami 18,6%-nak felel meg. A fentiekén kívül általában a kisebb cégek, vállalkozások 1-2 fővel vettek részt. A kiállításnak köszönhetően 5 fő fizetett külföldi résztvevő is volt.

Az eredeti elképzelések szerint egy Workshop-ra is sor került volna a Cadserver Kft. közreműködésével, a 3D-s sztratiográfiai modellezés témakörében. Ez végülis elmaradt, mert a houstoni Stratamodel az utolsó héten visszalépett.

A rendezvény színhelyéül Nagykanizsa új színházát választottuk. Az előadások a színház kamaratermében, a poszterek és a kiállítás a színház előterében voltak.

A szóbeli előadások látogatottsága volt a legnagyobb, ez kissé talán még a poszterek és a nagyon érdekes kiállítás rovására is ment.

A színház esztétikailag is megfelelő keretétől szolgált a vándorgyűlésnek, a résztvevők láthatóan jól érezték magukat.

A rendezvényt BARDÓCZ Béla nyitotta meg. A 24 előadás témái a következőképpen oszlottak meg:

- 4 előadás — Integrált geofizikai kutatások
- 2 előadás — Általános témák
- 4 előadás — Regionális kutatások
- 4 előadás — Szeizmikus kutatások
- 1 előadás — Mélyfúrási geofizika
- 3 előadás — Környezetvédelmi geofizika
- 1 előadás — Vízkutatás
- 1 előadás — Légi geofizikai mérések
- 2 előadás — Stratégia
- 1 előadás — Adatbázis
- 1 előadás — Magnetotellurika.

A nemzetközi gyakorlatnak megfelelően a rendezvény végén szavazólapokat osztottunk ki a legjobb előadás, a legjobb poszter és kiállítás legjobb bemutatója kiválasztásához. A leadott szavazólapok száma 37 volt. Korábbi állításunkat igazolja, hogy minden szavazó nyilatkozott a szóbeli előadásokról, de csak 24 a poszterekről és 16 a kiállításról.

A legjobb szóbeli előadás 10 szavazó véleménye alapján BODROGI Marilla, CSATÓ Beáta, GULYÁS Ágnes, PRÁCSER Ernő, SZILÁGYI Imre (ELGI) előadása: A légi geofizikai mérések alkalmazási lehetőségei Magyarországon. Második lett 7 szavazattal VÁRHEGYI András (Mecsekurán Kft.) előadása: Különböző mélyszerinti bányákban végzett folyamatos radon monitoring eredményei. A legjobb poszter a szavazatok alapján NEMESI László, P. DZUPPA, W. SEIBERT: Az osztrák—szlovák—magyar Duna-program (DANREG) és a Kisalföld geofizikai térképezésének eredményei c. munkája lett.

A kiállítás bemutatóira leadott szavazatok eredménye a kevés szavazat miatt nem tekinthető megbízhatónak. Tény viszont, hogy valamennyi bemutató színvonalas volt. Talán a leglátványosabb a GEOINFORM Kft. DWL adatgyűjtő rendszere volt, amely az olajipari gyakorlatban elterjedt GULTON nyomtatón a helyszínen eredményszelvényeket is produkált. A külföldi szoftver cégek közül a Scientific Software Intercomp a Workbench nevű integrált rendszerét mutatta be SUN munkaállomáson.

Nagyon komoly munka érződik a MOL Rt. KTÁ adatbázis bemutatója mögött is, amit szintén a lassan már olajipari standardnak számító SUN munkaállomásra installáltak.

Hasonlóan magas színvonalú volt az ELGI, a Geopard Kft. és a Leoben Research bemutatója is.

A színház előtti parkolóban az ELGI mutatta be a környezetvédelmi mérések során alkalmazott fúró és szelvényező berendezését.

A rendezvény első napjának végén került sor az „Ice-breaker”-re Zalakaroson, a szálláshelyül szolgáló Hotel Freya-ban, általános jó hangulat közepette. A második nap estéjére nem volt szervezett közös program. Szombaton szakmai kirándulásra került sor, 22 fő részvételével. A nagylengyeli EOR program felszíni létesítményeit tekintettük meg. Az alkalmazott technológiát és a biztonsági rendszert TROMBITÁS Péter olajmérnök ismertette. Ezt követően a GES Kft.-től bérelt autóbussz Zalaegerszegre vitte a társaságot, ahol az Olajipari Múzeumban és a Göcsej Falumúzeumban tettünk látogatást.

A rendezvény szervezése során szerzett tapasztalatokat célszerű lesz a további vándorgyűléseknél is felhasználni, mivel általános vélemény szerint a rendezvény sikeres volt, és a résztvevők jól érezték magukat.

A szervezés során elértük, hogy a rendezvény az 5 ezer forintos részvételi díj mellett nyereséges legyen, és úgy tűnik, hogy az olcsóság nem ment a színvonal rovására. (Csak kontrasztként említjük, hogy az OMKE október eleji tihanyi vándorgyűlése a nem OMKE tagoknak 70 ezer, az OMKE tagoknak 35 ezer forintba kerül.)

Ábele Ferenc

Az értelmezési eljárások fejlődése a sekélyrefrakciós kutatásban: a felbontóképesség javítása

I. rész¹

POLCZ IVÁN²

Szakirodalmi forrásokból is megállapítható, hogy a sekélyreflexiós kutatások sikeres eredményei miatt a nyolcvanas évek elején a sekélyrefrakciós kutatásokat bizonyos háttérbe szorulás jellemezte. Ehhez az állapothoz néhány — nem alap nélküli — félreértés is hozzájárult. Manapság a refrakciós módszer a környezetvédelem, a létesítmény tervezés és vízkutatás földtani problémáinak fontos kutatási eszköze és várhatóan a jövőben is az marad.

Ez az összefoglaló dolgozat három egymásra épülő kiértékelési eljárás ismertetését tűzi ki céljául, ezek: az egyszerű ordinátametszet, a reciprok és az általánosított reciprok (GRM) módszer, melyek közül az utóbbi a legjobb felbontóképességet nyújtja. A GRM egyszerű algoritmusokra épül, melyek könnyen kiszámítógépre vihetők.

A dolgozat a GRM hazai alkalmazását szeretné szorgalmazni. Az első részben összefoglaljuk a legfontosabb fogalmakat és összefüggéseket. Egy következő folytatás modellpéldákat és hazai kutatási eredményeket mutat be.

I. POLCZ: Development of Shallow Seismic Refraction Interpretation Methods: the Enhancement of Resolution (I)

As one can conclude from reference papers for the relative greater promise of the shallow reflection methods and because of some outdated misconceptions (not without basis) in the evolution and use of the shallow refraction methods certain stagnation has been observed during the early 80's. Today refraction surveying is still a vital tool for the determination of shallow target problems associated with environmental, engineering and ground water studies and supposedly will meet the needs of the time to come.

This tutorial presents a review on the logical sequence of the intercept time (ITM), the conventional reciprocal time (CRM) and the generalized reciprocal time (GRM) methods with growing enhancement of resolution. GRM is based on simple algorithms and can be easily performed on PCs.

As a conclusion the domestic use of the GRM is advocated. In the first part of the paper fundamental concepts and formulae are summarized, the second part (to appear later) will present model studies and survey examples.

1. Bevezetés

Az elmúlt két évtized szakirodalma arról győzi meg az olvasót, hogy a szeizmikus sekélyrefrakció változatlanul jelentős kutatási módszer a földtani feladatok megoldásában. A korszerű digitális nagyfrekvenciás terepi műszerek kifejlesztése, a számítógépek alkalmazása a feldolgozásban és értelmezésben jelentősen hozzájárult a sekélybehatolású szeizmikus kutatás sikereihez, elsősorban a reflexiós módszer javára. Az eszközök gyors ütemű fejlődése mellett azonban a sekélyrefrakciós kutatást stagnálás jellemezte még a 80-as évek elején is. Ehhez nagyobb részben az járult hozzá, hogy egyes dolgozatok túlzó mértékben felnagyították a módszer korlátozó tényezőinek szerepét. Ismert tény, hogy a reflexiós módszer a felszín alatti sebességviszonyok előjelétől függetlenül működőképes; a refrakció ezzel szemben csak akkor, ha a sebesség a mélységgel növekvő és a kutatott rétegek sebessége nagyobb, mint fedőjüké. Ha ez a követelmény nem teljesül

(inverzió), akkor refrakciós hullámok nem alakulhatnak ki. A módszer alkalmazása tehát feltételekhez kötött. Az is fontos feltétel, hogy a kutatott réteg elég vastag legyen, hogy az út-idő görbéken első beérkezésként jelenjen meg. Ellenkező esetben a réteg rejtve marad (híden layer). A sebességinverzió és a rejtve maradó réteg problémája a refrakciós kutatás két legkellemetlenebb hibaforrása. DOBECKI és ROMIG [1985] azt jósolták, hogy 1990-re a sekélyrefrakciós kutatás szerepét teljesen át fogja venni a reflexió. Igaz, hogy a reflexiós módszer rendelkezik olyan tulajdonságokkal, amit a refrakció nem nyújt, de ennek az ellenkezője is igaz, pl. egy vezérszint sebességváltozásait reflexiós mérésekkel csak közvetve, költséges számítógépes programhátter alkalmazásával lehet kutatni. BANERJEE és GUPTA [1975] szerint az inverzió refrakciós módszerrel egyáltalában nem kutatható. Ez ma már nem tekinthető pontos fogalmazásnak, mert a sebességinverzió és a rejtett réteg által okozott időkéstést a korszerű kiértékelési eljárások felismerik [GREENHALGH 1977].

A szakirodalom és szóbeli közlések nyomán határozottan állítható, hogy a sekélyrefrakciós kutatás újra széleskörűen népszerű. Ez részben annak köszönhető, hogy korszerű terepi és energiakeltő eszközöket gyártanak. Másrészt új, számítógépekre könnyen programozható kiértékelési eljárásokat dol-

¹ Beérkezett: 1994. január 4-én

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

goztak ki. Az új módszerek ugyan a régi elveken alapulnak, de megőrzik mindazt, ami a körző, szögmérő és logarléc időszakából maradandónak bizonyult. Abbamarad a nehézkes és időigényes eljárások használata. A manuális feladatokat átviszi a személyi számítógép, az értelmezési problémákat pedig a számítógépes földtani alakzatok modellezése segíti.

A legfontosabb alkalmazási területek a következők:

1. Létesítmény tervezés (erőművek, hidak, völgyzáró gátak, repülőterek, autópályák, vasutak alapozási munkái, alagút nyomvonalak közzetani vizsgálata).
2. Környezetvédelem (mérgező, sugárzó anyagok elhelyezésére alkalmas kőzetek vízzáró képességének vizsgálata; katasztrófa elhárítás: felszíni mozgások, eróziók, földcsuszamlások vizsgálata).
3. Bányászat (ásványi nyersanyag, építőanyag kutatás; költséges fúrások kutatási programok előtti előrejelzés stb.).
4. Vízkutatás. Igazolt tény, hogy refrakciós módszerrel kimutatott kedvező földtani körülmények mellett telepített kutak hozama 5-10-szerese az előkutatás nélkül telepített kutakénak [SJÖGREN 1985].

A feladatok nagy része kőzetsebesség és vastagság kutatás, egyszerű kétréteg probléma. Az ilyen feladatok megoldására a szeizmikus refrakciós módszer szinte egyedülálló módon alkalmas és gazdaságos.

Az utóbbi években növekvő érdeklődés kíséri az Ausztráliában kifejlesztett GRM-et [általánosított reciprok módszer, PALMER 1980, 1981, 1986, 1990, 1991]. A módszer a nálunk is ismert t_0 kiértékelési eljárás továbbfejlesztett, nagyobb felbontóképességet nyújtó változata. Egyszerű algoritmusokra épül, ezért különösen ajánlott személyi számítógépes alkalmazásra. A módszer itthon még nem terjedt el, ezért ismertetése és ajánlása időszerű. Ehhez azonban szükségünk van az ordinátametszeti idő- és a reciprok t_0 - módszer alapelveinek és összefüggéseinek ismeretére. Jóllehet ezek a szakkönyvekben megtalálhatók, mégis célszerűnek látszik tömör összefoglalásuk, hogy a téma iránt érdeklődők egységes áttekintésben lássák az egymást kiegészítő összefüggéseket. Természetesen részletekbe menő ismertetésre itt nincs mód, a téma kiterjedt szakirodalmából a legfontosabbak a hivatkozások jegyzékében megtalálhatók. Fontosnak tartjuk, hogy néha nem eléggé megvilágított fogalmakat is tisztázzunk.

A dolgozat első része az alapvető összefüggéseket és formulákat foglalja össze, egy következő folytatásban számítógépes modellpéldákat és gyakorlati kutatási eredményeket mutatunk be.

2. A refrakciós kutatás alapelvei és legfontosabb összefüggései

Az alapfogalmak és összefüggések egyszerű kétréteges modellek bemutatásával foglalhatók össze a legkönnyebben. Ezek tárgyalása azért is célszerű, mert igen sok feladat kétréteges alaphelyzetre vezethető vissza.

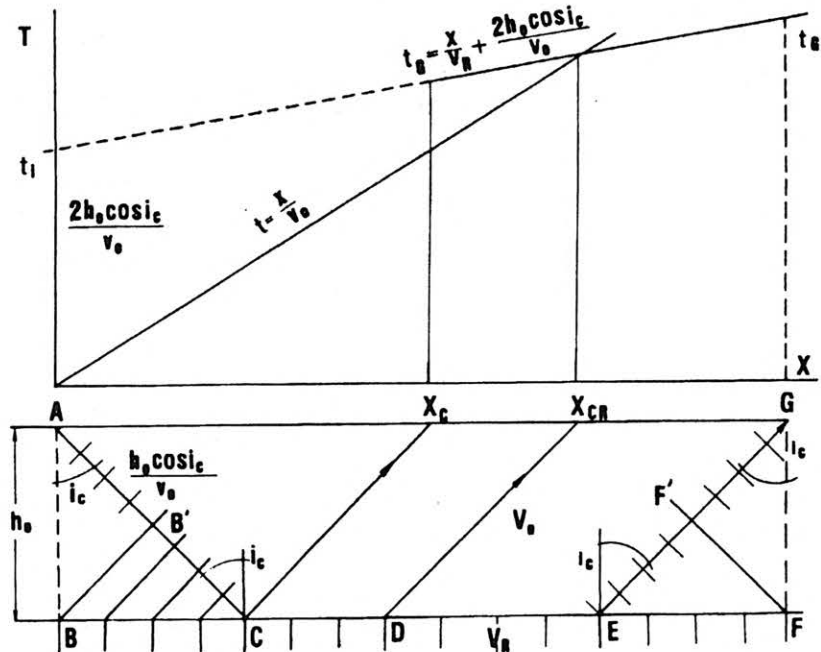
2.1. Kétréteges modell, vízszintes határfelület

A Fermat-elv szerint a szeizmikus hullám rugalmas közegekben két pont között minden esetben a legrövidebb idő alatt terjed. Ebből származtatható a Snellius-Descartes törési törvény és a Huygens-elv. V_R sebességű réteghatáron csak akkor alakulhatnak ki refraktált hullámok, ha a kisebb sebességgel jellemzett (V_0) fedőközegben terjedő hullám i_c kritikus szöggel érkezik a nagyobb sebességgel jellemzett (V_R) határfelülethez. A refrakciós törési szöget a törési törvény határozza meg:

$$\sin i_c = \frac{V_0}{V_R} \quad (1)$$

Szükséges feltétel: $V_0 \ll V_R$

Az 1. ábrán vázolt esetben az A forráspontból kiinduló hullámterjedés sugárutak menti útidéje az ACEG úton a legkisebb a V_R réteghatáron kialakuló i_c kritikus szög miatt. A kritikusan megtört hullámok a BF réteghatár mentén terjednek és Huygens elvé-



1. ábra. Kétréteges eset
Fig. 1. Two-layer case

nek megfelelően V_R sebességű refraktált hullámokat gerjesztenek, melyeket az X_C kritikus távolságon túl a felszínen szeizmométerekkel észlelhetünk az X vonal mentén. Ha ismert az A pontból kiinduló energia (robbantás, súlyejtés, kalapácsütés) kipattanási időpillanata, akkor elkészíthető a folyamat helyzetdiagramja (út-idő görbe, ill. menetidő görbe). Ez az időfüggvény a sugárút szakaszok mentén mérhető idők összegeként állítható elő:

$$t_G = \frac{AC}{V_0} + \frac{CE}{V_R} + \frac{EG}{V_0}$$

vagy pedig a hullámfronttal befutott szakaszok időösszegeként az $ABFG$ úton:

$$t_G = \frac{AB}{V_0} + \frac{BF}{V_R} + \frac{FG}{V_0}$$

Mindkét szemlélet azonos eredményre vezet [KILCZER 1950]. A hullámfrontok a sugárútra merőleges trajektóriák (az ábrán a sugárútra merőleges rövid vonalakkal jelölve), ezért az AB és AB' szakaszok hullámfrontokkal kifejezett ideje azonos: $h_0 \cdot (\cos i_c) / V_0$. A szimmetria miatt ugyanekkora idő mérhető az FG és $F'G$ szakaszon is. Így az AG pontok közötti teljes hullámfronti idő:

$$t_G = \frac{X}{V_R} + 2h_0 \frac{\cos i_c}{V_0} \quad (2)$$

figyelembe véve, hogy a BF távolság megtételéhez X/V_R időre van szükség (itt az AG távolságot X -szel fejeztük ki).

A (2) egyenlet $1/V_R$ meredekségű egyenest határoz meg a $t-X$ koordináta-rendszerben. Az egyenes az X_C kritikus távolság után értelmezhető. A koordináta-rendszer origójából induló egyenest a $t=X/V_0$ egyenlet határozza meg és a felszínen (és a fedőközegben) haladó direkt hullámot írja le. A két egyenes metszéspontja az X_{CR} pontban van, ott éri utol a refraktált hullám a fedőközegben haladó hullámot (cross-over point, X_{CR}) és azon túl első beérkezés-ként jelenik meg.

Ha a (2) képletben az $X=0$ pont helyettesítési értékét vizsgálva a szeizmikus refrakciós kutatás egyik fontos fogalmához jutunk, ez az „ordinátametszeti idő” (intercept time):

$$t_0 = t_i = 2h_0 \frac{\cos i_c}{V_0} \quad (3)$$

Ez a kifejezés csak a forráspont alatti mélység, a fedőréteg sebessége és a kritikus szög függvénye. A képletből kifejezhető a forráspont alatti mélység:

$$h_0 = \frac{t_i}{2} \frac{V_0}{\cos i_c} \quad (4)$$

Az itt szereplő $V_0 / \cos i_c$ kifejezés az ún. mélységi átszámítási tényező [Depth Conversion Factor, DCF, HAWKINS 1961]. Csak a sebességekkel kifejezve:

$$DCF = \frac{V_0 V_R}{\sqrt{V_R^2 - V_0^2}} = \frac{V_0}{\cos i_c} \quad (5)$$

Az ábrán látható, hogy az AB' szakaszon mérhető terjedési idő $h_0(\cos i_c) / V_0$. Ezt az A pontra vonatkozó késési időnek nevezik:

$$D_A = h_0 \frac{\cos i_c}{V_0} \quad (6)$$

A késési idő (D =delay time) definíciója: a V_0 közeben haladó ferde sugár útidejének és a V_R közegben mérhető vetületének időkülönbsége:

$$D = \frac{AC}{V_0} - \frac{BC}{V_R} \quad \text{és} \quad t_i = 2 \cdot D$$

azaz az ordinátametszeti idő két késési idő összegével egyenlő (3). A késési idő pl. a G pontra is vonatkoztatható (D_G). A késési idő fogalmát GARDNER vezette be [GARDNER 1939] A fentiek szerinti késési idő a $t-X/V_R$ formulával is kifejezhető. Ha a V_R sebességű réteg a felszínen lenne, akkor a késési idő értéke 0, vagyis $t=X/V_R$. Ha a réteghatár egyre nagyobb h_0 mélységbe kerül és V_0 sebességű fedőösszlettel van takarva, akkor a késési idő is egyre nagyobb.

A kutatott V_R sebességű réteghatár mélysége az X_{CR} törésponti távolság ismeretében is kiszámítható:

$$h_0 = X_{CR} \frac{(1 - \sin i_c)}{2 \cos i_c} = X_{CR} \cdot \sqrt{\frac{V_R - V_0}{V_R + V_0}} \quad (7)$$

Az összefüggések n -rétegű modellre is levezethetők. Így pl. az n -edik réteg vastagsága:

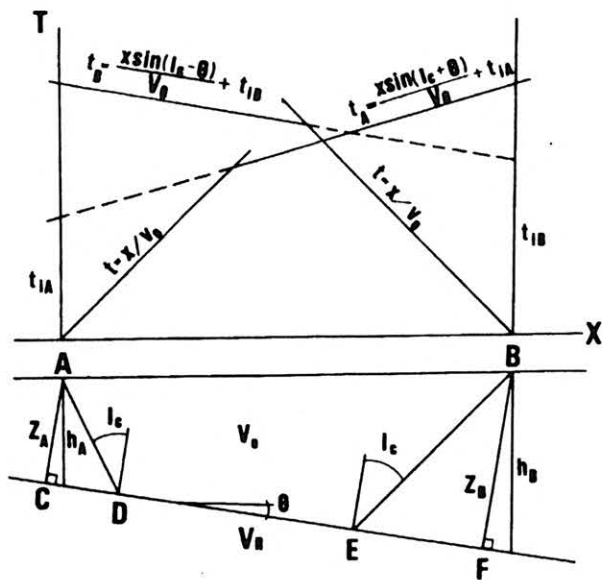
$$h_n = \frac{V_n}{\cos i_{n,n}} \left(t_{i,n} - \sum_{k=1}^{n-1} h_k \frac{\cos i_k}{V_k} \right) \quad (8)$$

Vegyük észre, hogy a képletben a zárójel előtt a $V / \cos i$ kifejezés újból megjelent (DCF).

Az 1. ábrán könnyen belátható, hogy a $BB'C$ háromszög a törési törvényt igazolja. Ha ugyanis a BC és $B'C$ útszakaszokon egységnyi idő alatt halad át a hullámfront, akkor a szakaszok viszonyából $\sin i_c = V_0 / V_R$.

2. 2. Kétrétegű modell, dőlt réteghatár

Egyetlen sík, dőlt réteghatár meghatározására szolgáló ún. „ág-ellenág” pár út-idő görbét mutatja be a 2. ábra. A V_R sebességű határfelület dőlésszöge θ . Feltételezzük, hogy az észlelés vonala dőlésirányú. Az A forráspontból kiinduló hullám út-idő egyenlete a geometriai jellemzők szerint:



2. ábra. Ág-ellenág pár, dőlt rétegű eset
Fig. 2. Forward and reverse shot with sloping layer

$$t_A = \frac{2z_A \cos i_c}{V_0} + \frac{X}{V_0} \sin(i_c + \theta) \quad (9)$$

Ez az $ADEB$ úton minimum idő alatt terjedő refrakciós hullám egyenlete. A forráspontok alatti merőleges vastagságok: z_A és z_B , a függőleges mélységek: h_A és h_B . A képletbe értelemszerűen helyettesítve a B forráspont alatti mélységet és θ helyett $-\theta$ dőlésszöget, kapjuk az „ellenág” egyenletét:

$$t_B = \frac{2z_B \cos i_c}{V_0} + \frac{X}{V_0} \sin(i_c - \theta) \quad (10)$$

A (9) és (10) egyenletben a refraktáló felület dőlése miatt az egyenesek meredekségeinek reciproka a látszólagos sebesség:

$V_A = V_0 / \sin(i + \theta)$ és $V_B = V_0 / \sin(i - \theta)$. A következő fontos összefüggések vezethetők le:

$$i_c = \frac{1}{2} \left(\arcsin \frac{V_0}{V_A} + \arcsin \frac{V_0}{V_B} \right) \quad (11)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \left(\arcsin \frac{V_0}{V_A} - \arcsin \frac{V_0}{V_B} \right) \quad (12)$$

Az ordinátametszeti idők:

$$t_{iA} = \frac{2z_A \cos i_c}{V_0}, \quad t_{iB} = \frac{2z_B \cos i_c}{V_0}$$

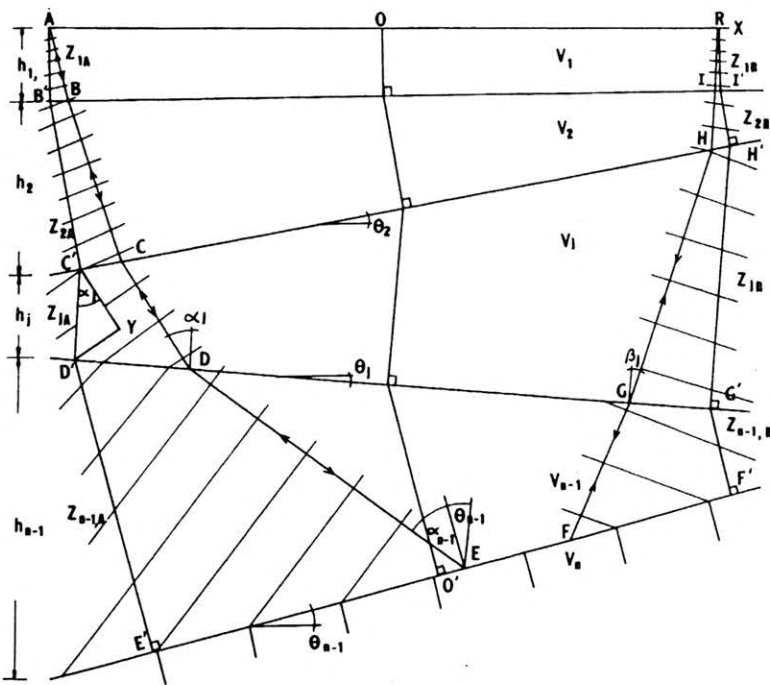
(13a, 13b)

V_R meghatározásához ismert összefüggéseink felhasználásával vezethető le a Dix-féle formula [DIX 1952]:

$$V_R = 2 \cos \theta \frac{V_A V_B}{V_A + V_B}$$

2.3. Általános többrétegű szerkezeti modell

Általános esetben (3. ábra) az A forráspontból kiinduló sugár az egymást követő réteghatárokon egymás után megtörik és a V_n sebességgel jellemzett réteghatáron refrakciós hullámokat gerjesztve R -ben ismét felszínre bukkan. A bonyolult modell út-idő függvényét hullámfront szemlélettel könnyen meg lehet határozni, mert a hullámfrontok azonos időket reprezentáló geometriai helyek [KILCZER 1950, PALMER 1986]. Ezért, ha az A forráspontból kiinduló frontok a modell síkját $AEFR$ irányban „végigsöprik”, akkor a befutáshoz szükséges út-idő ugyanakkora, mint a front $AEFR$ irányú befutási ideje. Jelöljük a forráspont(ok) alatti rétegekre merőleges vastagságokat z_j -vel, a függőleges vastagságokat h_j -vel, a határfelületek dőlésszögét θ_j -vel és a sugárutak törési szögeit a rétegnormálisokhoz viszonyítva α_j és β_j -vel. Az E pontban a V_n sebességű réteghatár és a beeső sugár által meghatározott kritikus szög α_{n-1} . A j -edik rétegben felrajzolható $C'D'Y$ derékszögű háromszögben a valódi szeizmikus sebességet a hullámfrontra merőleges $C'Y$ befogó mentén kell mérni. A befogó menti út megtételéhez ugyanakkora idő szükséges, mint a z_{jA} átfogó befutásához szükséges idő, azaz $C'Y/V_j = z_{jA} \cos \alpha_{jA}$. A teljes $AEFR$ út megtételéhez szükséges idő tehát a résziidők összege lesz:



3. ábra. Többrétegű eset
Fig. 3. Multilayer case

$$\sum_{j=1}^{n-1} \left(z_{jA} \frac{\cos \alpha_{jn}}{V_j} \right) + \sum_{j=1}^{n-1} z_{jR} \frac{\cos \beta_{jn}}{V_j}$$

A felszíni $AR=X$ távolságnak megfelelő vetület az utolsó réteghatáron $E'F'$, ezért $AE'F'R$ útra felírható útidő:

$$t_{AR} = \sum_{j=1}^{n-1} (z_{jA} \cos \alpha_{jn} + z_{jR} \cos \beta_{jn}) / V_j + X \cos \theta_1 \prod_{j=2}^{n-1} \cos (\theta_j - \theta_{j-1}) / V_n \quad (15)$$

Sokkal bonyolultabb és hosszadalmas levezetést igénylő eljárással határozható meg az Adachi—Johnson képlet [JOHNSON 1976] az alábbi, meglepően tömör alakban:

$$t_{AR} = \frac{X}{V_1} \sin \beta_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{H_i}{V_i} (\cos \alpha_i + \cos \beta_i) \quad (16)$$

Itt eltérve az általános szokástól, a sugárutak törését definiáló szögeket nem a rétegnormálisokhoz, hanem a függőleges irányhoz viszonyítják. H_i a függőleges rétegvastagságokat jelöli, β_i pedig az R pontban felszínre jutó sugár emergencia szöge. A (15) és (16) egyenletek egy X irányú és egy rétegpáraméterektől függő komponens összegéből állnak.

Definíció szerint az ordinátametszeti idő az $X=0$ helyettesítéssel származtatható. Ilyenkor $Z_A=Z_R$. Az ordinátametszeti időt meghatározó képletből kifejezhető a forráspontra alatti mélység, ezért a valódi sebességeket, kritikus szögeket és törésszögeket meghatározva a rétegvastagságok a 8. képlethez hasonló módon számíthatók:

$$z_{n-1} = \frac{V_{n-1}}{\cos i_{n-1}} \left(\frac{t_{i,n-1}}{2} - \sum_{k=1}^{n-2} z_k (\cos \alpha_k + \cos \beta_k) / V_k \right) \quad (17)$$

3. Az ordinátametszeti idők módszere

Az ordinátametszeti idők módszere az irodalomban „Intercept Time Method” néven ismert (ITM); a legrégebben használt kiértékelési eljárás.

Alkalmazása az előzőekben ismertetett fogalmak és összefüggések gyakorlati felhasználására alapul. Abból a feltételezésből indul ki, hogy a kutatási modell ideális tulajdonságokkal van felruházva: a felszín alatti rétegek párhuzamosak, vagy nem túl nagy dőlésűek, síkokkal határoltak. A sebességek egy rétegen belül állandóak és legalább a forráspontra között nem változnak, a rétegssebességek a mélységgel azonos értelemben növekvők, minden réteg első beérkezésékként jelenik meg.

Ha ezek a feltételek teljesülnek, akkor a módszer pontos megoldást kínál és a felszíntől lefelé haladva

az ordinátametszeti idők, valódi sebességek és dőlésszögek fokozatos meghatározásával a forráspontra alatti rétegvastagságok kiszámíthatók.

Ezek a feltételek a valóságban csak közelítéssel vehetők teljesítettnek, mert a sebességek horizontális irányban is változnak, hirtelen dőlésváltozások, deformációk, törések gyakoriak.

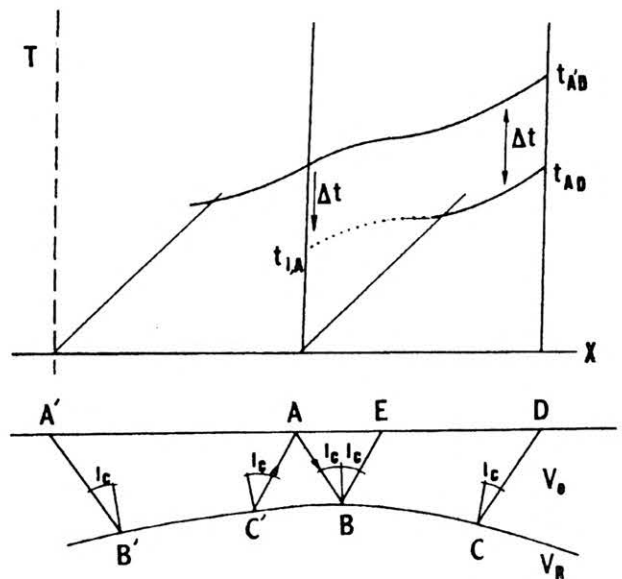
Az ismert korlátozó feltételek ellenére a módszer sűrűn telepített forráspontra esetén felszínközeli szerkezetek kutatására gyors és jó áttekintést ad, a mélységek és sebességek jó közelítéssel meghatározhatók.

Alapfogalmi és összefüggései a nagyobb részletességet nyújtó módszerek alapjait képezik és a számítógépes modellezésben is nélkülözhetetlenek.

4. Az ordinátametszeti idő fogalmának általánosítása

Az ordinátametszeti idő extrapolációs meghatározása nem minden esetben végezhető el. A 4. ábrán látható példában a görbült határfelület út-idő görbéje egyenessel nem extrapolálható. Bizonyítható [ACKERMANN et al. 1986], de be is látható, hogy a feladat egy külső forráspontra beiktatásával megoldható (A'), mert azonos helyzetű és sebességű refraktorral egymással közelítően párhuzamos beérkezések észlelhetők. (Ez a párhuzamosság törvénye). Az egymással párhuzamos beérkezések időkülönbsége Δt , melyet az A pontban levonva a pontos ordinátametszeti idő megszerkeszthető. A példában az áthaladó hullámoktól eltekintünk.

Az ordinátametszeti és késési idő fogalmak tárgyalásakor láttuk, hogy t_i a kritikus szöggel refraktált hullám extrapolált ordinátametszeti ideje. Geometriailag a 4. ábrán látható ABC' háromszögben az



4. ábra. Az ordinátametszeti idő fogalmának általánosítása
Fig. 4. Generalization of the intercept time concept

ordinátametszeti idő fogalma úgy értelmezhető, mint a $C'A$ és AB ferde sugarúak V_0 sebességgel megtett útidéjének összege, kivonva belőle a $B'C$ szakaszon V_R sebességgel terjedő hullám útidéjét [SLOTNICK 1959, HAGEDOORN 1958, HAWKINS 1961 stb]. A BC' szakaszon ellentétes irányban terjedő „negatív” sebességű hullám azonban csak akkor értelmezhető, ha az egy ugyanolyan irányban terjedő hullámmozgás része. Ha a bemutatott vázlaton egy képzeletbeli forráspontot iktatunk be (D), akkor ez a feltétel teljesül. Az előjelhelyes részidőket összeadva megkapjuk az ordinátametszeti idő általánosított formáját:

$$t_0 = t_{i,A} = \frac{AB}{V_0} + \frac{C'A}{V_0} - \frac{C'B}{V_R} = t_{A'A} + t_{AD} - t_{DA} \quad (18)$$

Az egyenlet jobb oldalán az indexelt terjedési időszakaszok összege a tárgyalt háromszög oldalainak befutási időösszege. Az ordinátametszeti idő így tehát nem kizárólagosan forráspontokra, hanem általánosan minden egyes észlelési pontra is értelmezhető, ha a kérdéses pontban találkozó út-idő görbék vannak és ismert a kölcsönös pontok ideje, esetünkben a $t_{DA} = t_{AD}$ idő.

5. A refrakciós értelmezési eljárások két fő csoportja

A szeizmikus refrakciós beérkezések kiértékelési módszerei két fő csoportba sorolhatók (5a. és 5b. ábrák).

Az első csoportba azok a módszerek tartoznak, melyek a refraktáló határfelületről a felszínre vizsztatérő közös felszíni pont felhasználására épülnek (C pont). Ezek a „közös felszíni ponti” módszerek (Common Ground Surface Methods). Ide sorolhatók az ordinátametszeti idő módszerek, (az ún. ABC módszerek).

A második csoportba tartozó módszerek a közös mélységi pontot felhasználó (5b. ábrán O pont) sugárút és hullámfront eljárások: [ROCKWELL 1967,

ALI AK 1990]. A Palmer-féle GRM mindkét csoporttal kapcsolatban van [PALMER 1980, 1981, 1986, 1991]. Mindkét rendszer fontos eleme a kölcsönös ponti idő (t_{AB}), illetve a kölcsönös pontok felcserélhetőségi törvénye: $t_{AB} = t_{BA}$. A szakirodalom a második csoportba sorolható módszerek nagyobb felbontóképességét emeli ki. Ezzel szemben az első csoport módszerei a felszíni változásokra nem érzékenyek.

6. A reciprok t_0 módszer

Az ordinátametszeti idő fogalmának általánosításából számos refrakciós kiértékelési eljárás látott napvilágot más-más elnevezéssel; HEILAND: Különbőségek módszere 1940, t_0 módszer, GAMBURCEV et al. 1955, HAGEDOORN Plusz-minusz módszer 1959, HAWKINS Reciprok módszer 1961, stb. Ezeket a módszereket SHERIFF és SJÖGREN [1982, 1984] közös néven ABC módszerként említi (A és B forráspontok, C észlelési pont). Magyarországon az elmúlt években GAMBURCEV—RIZNYICSENKO nyomán a t_0 módszer elnevezés terjedt el, célszerűnek látszik ezért ezt az elnevezést megtartani.

A t_0 módszer az ordinátametszeti idő (ITM) továbbfejlesztett változata, a mélység és a sebesség minden észlelési pontban számítható, ha a találkozó út-idő görbe ágak ismertek (pl. az 5. ábrán látható görbék).

A refraktáló felület sebességének meghatározására szolgáló függvény:

$$t_V = \frac{1}{2} (t_{AG} - t_{BG} + t_{AB}) \quad (19)$$

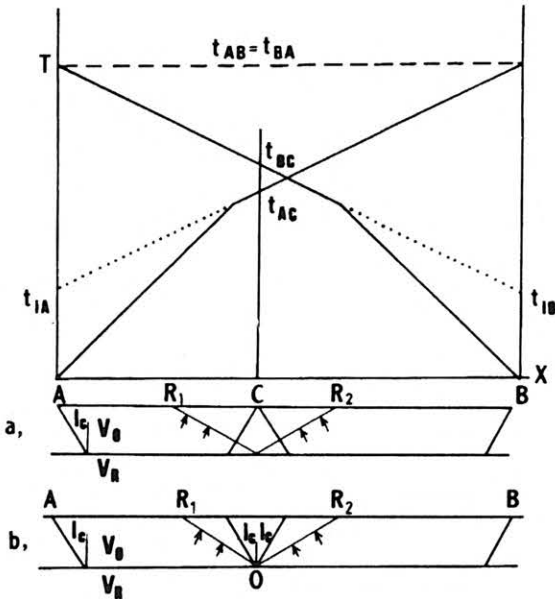
A 6a. ábrán követhető értelmezés szerint a pozitív értelmű időtagokat folytonos vonal, a negatív értelműeket szaggatott vonal ábrázolja. Az egymást kioltó időtagok sugár menti értelmezése az AR sugarat eredményezi (vastagon kihúzva). A 2. és 3. fejezetben a (15) időfüggvény levezetésekor láttuk, hogy a függvény két tag összege, formálisan:

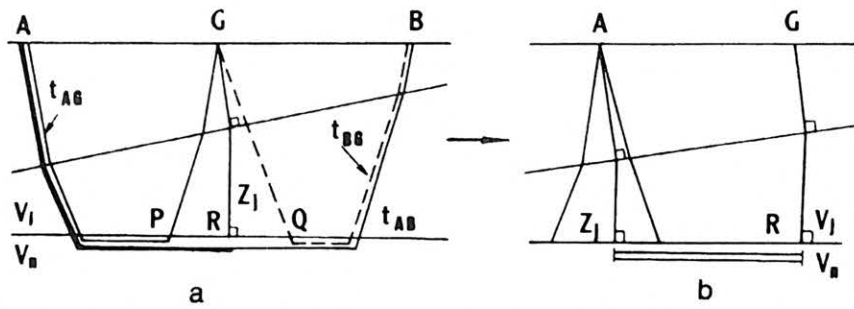
$$t_V = \sum_{j=1}^n \frac{z_{j,A}}{V_{j,n}} + \frac{X}{V_n} \quad (20)$$

alakban írható. Az időfüggvény X szerinti deriváltja a fedőrétegek paramétereitől nem függ. A 6b. ábra szemléletesen érzékelteti, hogy az A pont alatti ordinátametszeti „láb”-nak a sebességszámításban nincs szerepe, csak az $AG = X$ irányú vetületnek. A refrak-

5. ábra. Út-idő görbék az A és B forráspontokból. R_{1A} és R_{1B} kölcsönös ponti idők. a) Közös felszíni pontba érkező kritikus sugarak; b) közös mélységi pontból induló kritikus sugarak

Fig. 5. Time distance curves from source points A and B . R_{1A} and R_{1B} are reciprocal times. a) Critically refracted rays converging on a common surface point; b) critically refracted rays emerging from a common point of refractor





6. ábra. a) Sugárutak a t_v függvény kiszámításához; b) a sebesség meghatározásban szereplő sugárutak ábrázolása
Fig. 6. a) Raypaths used in the computation of t_v function; b) summary of raypaths which represent the t_v function

táló felületre jellemző sebesség a t_v időfüggvény gradienseből lehet számítani:

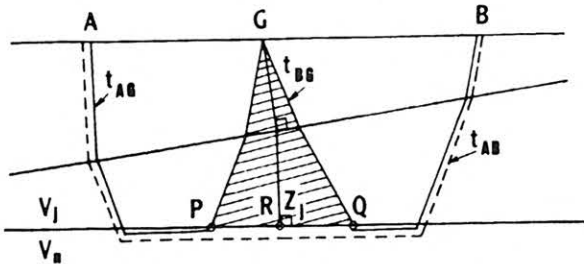
$$\frac{d}{dx} \cdot t_v = \frac{1}{V_n} \quad (21)$$

A refraktáló felület mélységét a t_G függvényből lehet kiszámítani:

$$t_G = \frac{1}{2} (t_{AG} + t_{BG} - t_{AB}) \quad (22)$$

Ez az időfüggvény a 7. ábra szerint úgy értelmezhető a GPQ háromszögben, mint az ordinátametszeti idő fele a G észlelési pontban (ezt az időfüggvényt HAWKINS nyomán [1961] „időmélység” néven szokták említeni). Ez a függvény valamennyi észlelési pontra számítható.

Az észlelési pontok alatti mélységszámítás a (4) és (5) képletek segítségével:



7. ábra. A t_0 függvény kiszámításában szereplő sugárutak
Fig. 7. Raypath used in the computation of the t_0 function

$$h_0 = t_G \cdot (DCF), \quad (DCF) = \frac{V_0}{\cos i_c}$$

vagy általánosan V_i és V_j rétegekre

$$h_{i,j} = t_G \frac{V_i V_j}{\sqrt{V_j^2 - V_i^2}}$$

A (DCF) tényező függetlennek látszik a határfelület dőlésétől. A levezetésében alkalmazott közelítések miatt a dőlésszög elhanyagolása kb 20° dőlésszögig lehetséges. A határfelület h mélysége minden észlelési pontra kiszámítható. A mélységeket körzőbe fogva a határfelület burkolóját kapjuk.

A kritikus i_0 szög kiszámításához szükség van a V_R sebesség ismeretére, amit a t_v függvény gradienseből határozhatunk meg, l. a (21) képletet.

A t_G (22) és a t_v (19) függvények kétszereseit a szovjet irodalom $t(x)$ és $t_k(x)$ függvényeknek nevezi [pl. GAMBURCEV et al. 1952]. Kétirányú teljes út-idő görbe rendszerből ezek a függvények grafikusán megszerkeszthetők és a refraktáló határfelületek mélységének és a sebességének számítására alkalmazhatók [pl. ÁDÁM 1987].

A módszer előnye, hogy minden észlelési pont alatt jelzi a mélység és refraktáló réteg sebességváltozásait. Szakirodalmi ajánlás szerint különösen akkor célszerű alkalmazni, amikor a felszíni topográfiai viszonyok dinamikusabban változnak, mint a kutató réteghatár. Tekintettel arra, hogy a módszer az 5. fejezetben említett közös felszíni ponti módszerek csoportjába tartozik, a módszer alkalmazásakor a felszín vonatkozási szint is lehet [DOBRIN 1976, PALMER 1986].

Hátrányként említik, hogy hirtelen paraméterváltozásnál a t_0 függvény simító hatása, a t_v függvény pedig irreális sebességértékeket jelezhet.

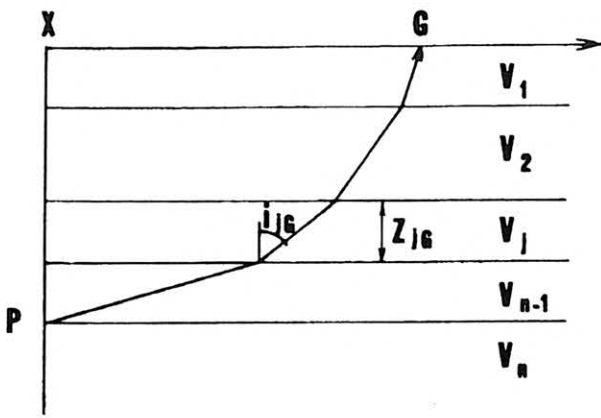
7. Migráció a refrakciós kutatásban

A refrakciós kutatásban migrációs távolságon azt a távolságot értjük, mely a kutató felület adott pontjától (P) a felszínre jutó sugár kibúvási pontjáig (G) mérhető (XG -távolság).

A 8. ábra alapján felírható, hogy n réteg esetén:

$$\overline{XG} = \sum_{j=1}^{n-1} z_{j,G} \cdot \operatorname{tg} i_{j,n}, \quad \sin i_{j,n} = \frac{V_j}{V_n} \quad (23)$$

Az XG távolság a refraktáló felület és a fedőösszlet sebességviszonyának függvénye. A sekélykutatásban előforduló kis mélység és nagy sebességkülönbség ($V_0 \ll V_R$) és a közelítően vízszintes rétegződés miatt általában elhanyagolható, de dőlt felületek esetén, ha a kritikus szögnél nagyobb dölések is előfordulnak,



8. ábra. A migráció fogalma a refrakciós kutatásban
Fig. 8. Concept of migration in refraction shooting

akkor a migrációs távolság már nem hanyagolható el, annak ellenére, hogy a mélységszámításnál alkalmazott (DCF) tényező a sugárút vertikálistól való eltérést bizonyos mértékig kiegyenlíti.

A szerkezeti jellemzők részletesebb leképezésére és a migrációs távolságok pontosabb meghatározására alkalmas eljárás a PALMER által publikált GRM, melyet a következőkben ismertetünk.

8. Az általánosított reciprokn t_0 módszer (GRM)

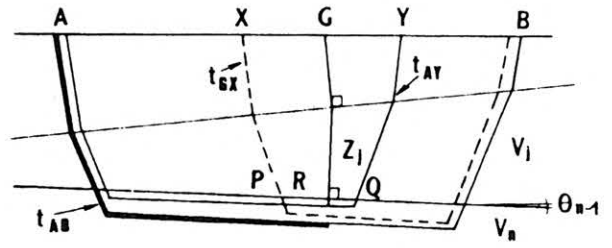
A PALMER publikációiban ismertetett refrakciós kiértékelési eljárást általánosított t_0 módszernek is nevezhetnénk, mert annak speciális esete. Ausztráliában látott napvilágot, jelenleg is kiterjedten ott használják [PALMER 1980, 1981, 1986, 1990, KILTY et al. 1986]. Terjedőben van Brazíliában [LIMA 1989], az USA-ban [LANKSTON 1986, 1989, 1990]. Ausztriában is alkalmazzák [R. SCHMÖLLER szóbeli közlés 1993].

A módszer alapelve szerint a kutatott határfelületről kritikus szög alatt kilépő és a felszínre érkező sugarak felszínén mért XY távolsága akkor optimális, ha azok azonos (vagy jó közelítéssel azonos) refraktáló pontból indulnak ki (9. ábra).

A GRM a t_0 módszerhez hasonlóan két függvényt definiál: t_V -t és t_G -t. A GRM alkalmazásához találkozó út-idő görbék kellene. A t_V függvény formailag egyezik (19)-cel:

$$t_V = \frac{1}{2} (t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}) \quad (24)$$

A képletben az útidő szakaszokat az indexeknek megfelelően kell értelmezni (9. ábra). Pozitív értelmű időket folytonos, negatív értelmű időket szaggatott sugarú szakaszok jeleznek (hasonlóan a 6. ábrához). A refraktor sebességváltozására érzékeny AR sugár vastag vonallal van kiemelve a t_0 módszernél követett értelmezéssel azonosan. Vegyük észre, hogy itt az XY távolság nem állandó, hanem változik. Értéke akkor optimális, ha a refraktoron mért PQ



9. ábra. GRM alapelve az alkalmazott sugárúttal. XY optimális értékénél P és Q pontok azonosak
Fig. 9. Fundamental concept of GRM and raypaths used. At the optimum value of XY , P and Q are coincident

távolság zérus (R pont). A gyakorlatban a (23) időfüggvény annyit változtatni kell kiszámítani, ahány XY távolságérték felvétele célszerű $XY=0$ -tól egy ésszerű felső határig. Az XY távolság a geofonköz többszöröse; középpontja G , a vonatkoztatási pont.

A változó XY távolságoknak megfelelő t_V időfüggvények közül a legzavarmentesebb (legsímább menetű) függvényhez tartozó XY az optimális, ebből a függvényből számítható a V_n refraktor sebesség, mint a t_V függvényhez tartozó érintő meredekségének reciproka.

Az „idő-mélység” (time depth) függvény meghatározására szolgál a

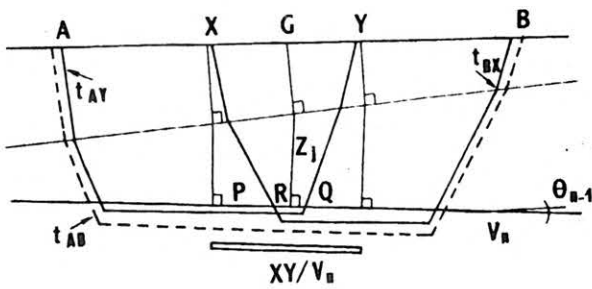
$$t_G = \frac{1}{2} (t_{AY} + t_{BX} - t_{AB}) - \frac{XY}{2V_n} \quad (25)$$

formula. Értelmezése a 10. ábrán szemléltethető. A függvény második tagja az XY távolság és a V_n sebesség hányadosából képzett additív kompenzációs tag. Ha $XY=0$, akkor a kompenzációs tag eltűnik és a V_n sebesség ismeretére sincs szükség. Ez pontosan a t_0 módszer esete, mert az X és Y a G pontba kerül. Ha XY nem zérus, akkor a második tag „működésbe lép” és a változó XY értékekhez tartozó függvény sorozatból ki lehet választani a legjobb felbontást biztosító optimális értéket.

Az XY távolság a (23) képletből is meghatározható. Legcélszerűbb azonban a t_V és t_G függvényeket változó XY távolságok felvételével „scan”-szerűen sorozatonként kiszámítani és az optimumot közülük kiválasztani.

Az optimális XY távolság az időfüggvény sorozatok előállításánál útján csak akkor határozható meg, ha a kutatott refrakciós aljzat szerkezeti változásokat hordoz (hirtelen sebességváltozás, vető, görbület, stb.). Változásmentes homogén határfelületekre a GRM nem alkalmazható.

Az XY optimális távolságot ismerve a felszín és a kutatott refraktáló felület között érvényes átlagsebesség függvény meghatározható a közbülső rétegek paramétereinek ismerete nélkül is. A refrakciós módszereket tárgyaló szakirodalomban több olyan leírás található, mely átlagsebesség meghatározással foglalkozik [HAWKINS 1961, WOLLEY et al. 1967]. Az ismertetett eljárások hátránya, hogy a felszín és a



10. ábra. A t_G függvény meghatározásában szereplő sugárutak. Ha XY optimális értékű, akkor P és Q pontok azonosak. Ebben az esetben határozható meg legpontosabban a refraktáló felület az út-idő görbéből
 Fig. 10. Raypaths used in the computation of t_G function. At the optimum valu of XY , P and Q are coincident. Maximum definition of the refractor surface can be recovered from travelttime data

refraktor közötti mélységet előre ismerni kell. Ezeknél rugalmasabb átlagsebesség meghatározást javasol PALMER [PALMER 1986], ha az XY optimális távolság meghatározható.

A (23) függvény szerkezetéből kiolvasható, hogy az XY távolság a kutatási modell „sebességszerkezetének” függvénye (8. ábra). Ha a mélység állandó, akkor a t_G függvény a fedőrétegek sebessége szerint változik.

Definíció szerint, ha különböző sebességű réteget egyetlen sebességű réteggel helyettesítünk, akkor a helyettesítő sebesség az átlagsebesség (\bar{V}). Felírhatók a következő összefüggések:

$$t_G = \frac{\cos \bar{i}}{\bar{V}} \sum_{j=1}^{n-1} z_{j,G} \quad (26)$$

$$XY = 2tg \sum z_{j,G}, \quad \sin \bar{i} = \frac{\bar{V}}{V_n}$$

Ha az összegzést kiküszöböljük:

$$\bar{V} = \left[\frac{XY \cdot V_n^2}{XY + 2t_G V_n} \right] \quad (27)$$

Az átlagsebességgel végzett mélységszámítás különösen jelentős, ha a rétegösszleten belül sebesség-inverzió, vagy rejtve maradó réteg van. A mélységszámítás — átlagsebességgel — az alábbi képlettel végezhető:

$$h_n = \frac{t_G \bar{V}}{\cos \bar{i}}, \quad \text{ahol } \bar{i} = \arcsin \left(\frac{\bar{V}}{V_n} \right)$$

Ha a rétegösszleten belül a refrakciós határfelületek egymás után meghatározhatók, akkor a soron következő új réteg mélységét az alábbi formula adja [KILTY et al. 1986]:

$$h_{m+1} = \sum_{k=1}^m z_k = \sum_{k=1}^m \left(t_k - \sum_{j=1}^{k-1} \frac{z_j}{(DCF)_{jk}} \right) \cdot (DCF)_{jk} \quad (28)$$

itt t_k a k -dik felületig mért időbeni mélység, z_j a rétegvastagság, $(DCF)_{jk}$ pedig az ismert mélységszámítási tényező:

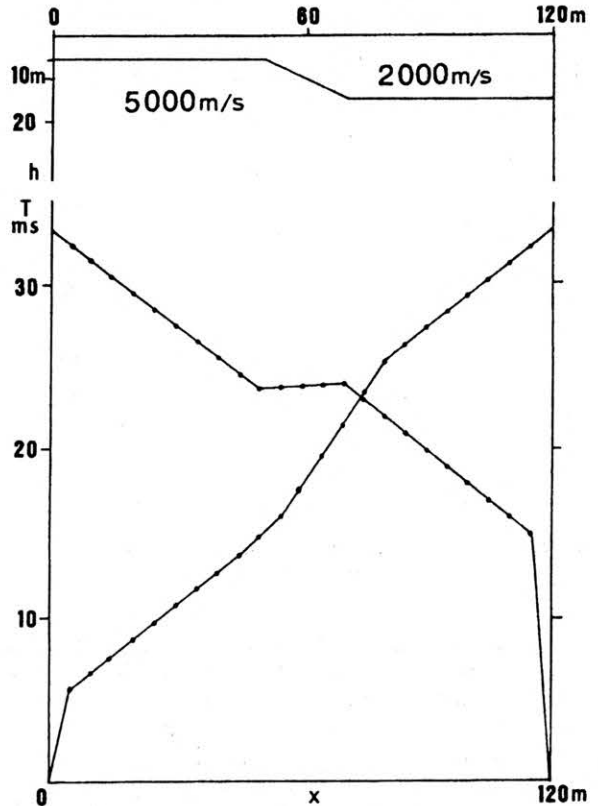
$$(DCF)_{jk} = \frac{V_j V_k}{\sqrt{V_k^2 - V_j^2}}$$

A GRM alkalmazására a következő ábrák egy számítógépen modellezett példát mutatnak be [PALMER 1986].

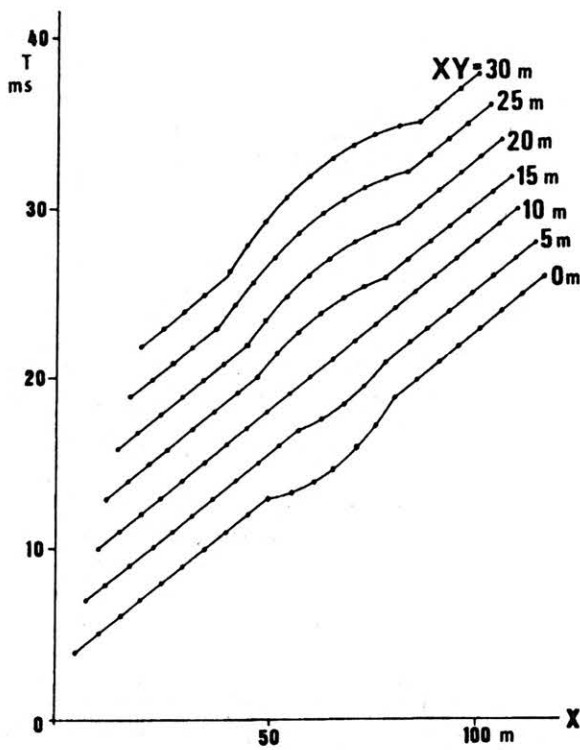
A 11. ábrán egyszerű kétréteges földtani modell látható vetős szerkezettel. A 0 és 120 forráspontokból induló szeizmikus sugarak az ábra alsó részén felrajzolt találkozó út-idő görbéket eredményezik. Az út-idő görbék $t-X$ adatpárjaiból előállíthatók a t_V és t_G függvények 5 méterenként növekvő XY távolságok felhasználásával ($XY=0$ -tól 30 méterig) (12. ábra).

A t_V ($XY=0-30$) függvénysorozat menetéből látható, hogy $XY=10$ m távolságnál a függvény menete teljesen zavarmentes és lineáris. Meredekségének reciproka a $V_R=5000$ m/s, a refraktor sebessége.

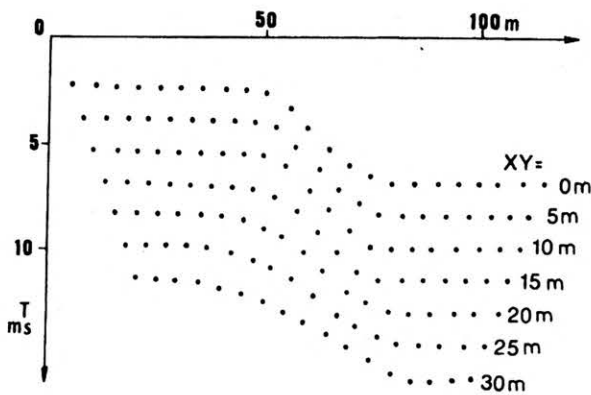
Hasonló függvénysorozatot mutat a t_G függvények grafikonja a 13. ábrán azonos XY távolságokkal. Ezen az ábrán szintén $XY=10$ m az optimális távolság, mert a hozzá tartozó függvény menete a legrészletesebb.



11. ábra. Számítógépes modellpélda. Kétréteges eset vető-szerkezettel és a modell ág-ellenág út-idő görbéje
 Fig. 11. Computer raypath model, two layer case with fault and with forward-reverse time distance graphs



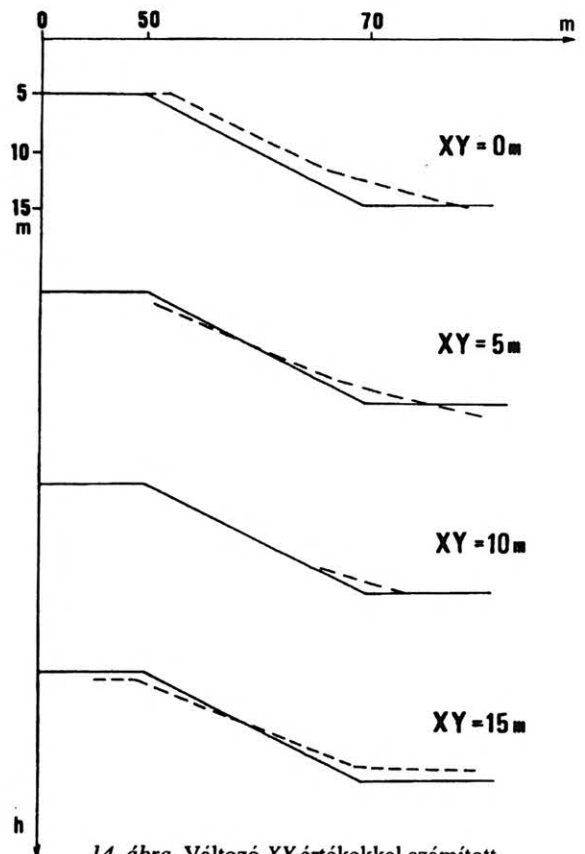
12. ábra. A 11. ábra GRM sebesség meghatározása. Az $XY=10$ m az optimális távolság
 Fig. 12. GRM velocity analysis for the model shown at Fig. 11. Optimum distance is $XY=10$ m



13. ábra. A 11. ábra t_c függvényei. Az $XY=10$ m az optimális távolság
 Fig. 13. t_c functions of the example shown at Fig. 11. Optimum distance is 10 m.

Végül a 14. ábrán az $XY=0, 5, 10$ és 15 m távolságokkal szerkesztett mélységszelvények láthatók. A folytonos vonal a kiindulási modellszerkezetet ábrázolja. A szaggatott vonal a szerkezethez viszonyított eltérést mutatja. $XY=10$ m esetén kapjuk az eredeti modellnek legjobban megfelelő mélységszelvényt.

Ez a példa nagyon tanulságos, mert a t_0 és a GRM közötti különbségre világít rá, ugyanis az $XY=0$ esetben az eredmények tökéletesen olyanok, mintha a t_0 módszert alkalmaztuk volna.



14. ábra. Változó XY értékekkel számított mélységszelvények. Az $XY=10$ m a legjobb megoldás
 Fig. 14. Depth sections computed from time depths with variable XY values. The 10 m provides the best resolution

Összefoglalás

Az ismertetett sekélyrefrakciós értelmezési eljárások között a GRM a legjobb felbontóképességű mind a sebességváltozások, mind pedig a mélységváltozások tekintetében. Az irodalomban erre nagyszámú esettanulmány és modellpélda található, ezek közül itt egyet mutattunk be [PALMER 1986].

Megállapítható, hogy az optimális XY , vagy az azt megközelítő távolság ismerete a felbontóképességet javító tulajdonságokkal jár:

- az azonos mélységi pontból felszínre jutó sugarak a kutató szerkezet „élesebb fókuszálását” teszik lehetővé, a sebességváltozás pontosabban meghatározható és a migrációs távolság optimális,
- a felszín és a kutató szintek között (a fedőréteg részletes ismerete nélkül) olyan átlagsebesség határozható meg, mely inverzió, vagy rejtett réteg előfordulása esetében is a valódi mélység meghatározására vezet.

A GRM alkalmazása világviszonylatban terjed. Természetesen mint minden más eljárásnak, vannak korlátai. Egy ilyen korlát, hogy nem minden esetben határozható meg az XY optimális távolság. Ha a kutató földtani szerkezetnek nincsenek jól definiálható változásai (hirtelen dőlésváltozás, vető, árok, stb.) akkor a módszer nem alkalmazható.

A dolgozat egy következő folytatásában további számítógépes modellpéldákat és terepi kutatási eredményeket mutatunk be. A módszert a hazai kutatók figyelmébe ajánljuk.

HIVATKOZÁSOK

- ACKERMANN H. S., PANKRATZ L. W., DANSERAU D. 1986: Resolution of ambiguities of seismic refraction travel time curves: *Geophysics* **51**, 223-236
- ALI AK M. 1990: An analytical raypath approach to the refraction wavefront method. *Geophys. Prosp.* **38**, 971-982
- ÁDÁM O. 1987: Szeizmikus Kutatás I-II. Tankönyvkiadó, Budapest, 263+370 oldal
- BANERJEE B., GUPTA S. K. 1975: Hidden layer problem in seismic refraction work. *Geophys. Prosp.* **23**, 642-652
- DIX C. H. 1952: Seismic prospecting for oil. New York, Harper, 414 pp
- DOBECKI T. L., ROMIG P. R. 1985: Geotechnical and groundwater geophysics. *Geophysics* **50**, 2621-2636
- DOBRI M. 1976: Introduction to geophysical prospecting, 3rd Edn. Mc Graw-Hill, New York, 446 pp
- GAMBURCEV G. A., RIZNYICSENKO Ju. V., BERZON I. Sz. 1952: Korrelacionnij metod prelomljonnih voln, Izdatelstvo, Ak. Nauk SSSR, 238 pp
- GARDNER L. W. 1939: An areal plan of mapping subsurface structure by refraction shooting. *Geophysics* **4**, 247-259
- GERKENS D'ARNAUD J. C. 1989: Foundation of exploration geophysics. ELSEVIER, 667 pp
- GREENHALGH S. A. 1977: Comments on „The hidden layer problem in seismic refraction work”. *Geophys. Prosp.* **25**, 179-181
- HAÁS J. 1993: Geológia és környezettudomány. Természeti Világa, február, 82-83
- HAGEDOORN J. G. 1958: The plus-minus method interpreting seismic refraction sections. *Geophys. Prosp.* **7**, 158-182
- HATHERLY P. I., NEVILLE M. J. 1986: Experience with the generalized reciprocal method of seismic refraction for shallow engineering site investigation. *Geophysics* **51**, 255-265
- HAWKINS L. V. 1961: The reciprocal method of routine shallow seismic refraction lines. *Geophysics* **6**, 806-819
- JOHNSON S. H. 1976: Interpretation of split-spread refraction data in terms of plane dipping layers. *Geophysics* **41**, 418-424
- KILCZER Gy. 1950: A menetidő elméleti meghatározása. Földmérési Közlemények **3-4.** szám
- KILCZER Gy. 1953: Antiklinális adatainak kiszámítása refrakciós időgörbéből. Geofizikai Közlemények **2.** füzet, **3.** szám, 1-16
- KILTY K. T. et al. 1986: Seismic refraction at Horse Mesa Dam: An application of the generalized reciprocal method. *Geophysics* **51**, 266-273
- LANKSTON R. W. 1989: The seismic refraction method: A viable tool for mapping shallow targets into the 1990 s. *Geophysics* **54**, 1535-1542
- LANKSTON R. W., LANKSTON M. M. 1986: Obtaining multilayer reciprocal times through phantoming. *Geophysics* **51**, 45-49
- LANKSTON R. W. 1990: High resolution refraction seismic, Data acquisition and interpretation. Geotechnical and environmental geophysics, V. I. SEG, Tulsa, 343 pp
- LIMA O. A. L. 1989: Processamento iterativo de sísmica por refração ao estudo de eixos de barragens. *Revista Brasileira de Geociências* **19**, 248-255
- MESKÓ A. 1989: Bevezetés a geofizikába. Tankönyvkiadó, Budapest, 510 oldal
- MITUCH E. 1957: Szeizmikus refrakciós mérések kiértékelése időellenőrzéssel. Geofizikai Közlemények. **6.** kötet, 3-4 szám, 25-43
- MUSGRAVE A. W. (Ed) 1967: Seismic refraction prospecting. SEG, Tulsa, 604 pp
- VAN OVERMEEREN R. A. 1987: The plus-minus method for rapid field processing by portable computer of seismic refraction data in multi-layer groundwater studies. *First Break*, **5** No 3, 83-94
- PALMER D. 1980: The generalized reciprocal method of seismic refraction Interpretation. SEG, Tulsa, 104 pp
- PALMER D. 1981: An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation. *Geophysics* **46**, 1508-1518
- PALMER D. 1986: Refraction seismics; the lateral resolution of structure and seismic velocity. *In: Handbook of Geophysical Exploration*, section 1. Seismic Exploration. K. HELBIG and S. TREITEL (Eds) **13**, Geophysical Press, 269 pp
- PALMER D. 1990: The generalized reciprocal method — An integrated approach to shallow refraction seismology. *Exploration Geophysics*, **21**, 33-44
- PALMER D. 1991: The resolution of narrow low-velocity zones with the generalized reciprocal method. *Geophys. Prosp.* **39**, 1031-1060
- ROCKWELL D. W. 1967: A general wavefront method. *In: Seismic refraction prospecting: A. W. MUSGRAVE, Ed., SEG, Tulsa, 363-415*
- SCHMÖLLER R. 1993: Szóbeli közlés
- SHERIFF R. E., GELDART L. P. 1982: *Exploration Seismology*, Vol 1. Cambridge University Press, Cambridge, 253 pp
- SJÖGREN B. 1984: Shallow refraction seismics. Chapman and Hall, London, 270 pp
- SLOTNICK M. M. 1959: Lessons in seismic computing. SEG, Tulsa, 268 pp
- VAJK R. 1954: Devices for the construction of refracted rays, *Geophysics* **19**, 237-241
- WHITELY R. J. 1990: Engineering geophysics — A Geophysicist's view. *Exploration Geophysics* **21**, 7-16
- WOLLEY W. C., MUSGRAVE A. W., GRAY H. 1967: A method of in line refraction profiling. *In: Seismic refraction prospecting, A.W. MUSGRAVE, Ed. SEG, Tulsa, 604 pp*

Nem stacionárius hőmérsékleti terek modellezése olajbányászati alkalmazásokkal¹

BODRINÉ CVETKOVA LUJZA²

Kőolajkitermelés során a hozamnövelés egyik elterjedőben levő és hatékonynak mutakozó módja a telepre történő termikus behatás.

Jelen vizsgálat nagy viszkozitású olaj telepretegében vízbesajtolás közben végbemenő termo-hidrodinamikai folyamat matematikai modelljét reprezentálja. A modellezés a tömeg, impulzus és energia megmaradását definiáló differenciálegyenlet-rendszer numerikus megoldásával történik porózus közegben végbemenő többfázisú áramlás esetére vonatkozóan. A modellezés során különös figyelmet fordítottunk az alábbi tényezőkre:

- viszkozus disszipáció szerepe az energiamérlegben,
- adott hőmérsékleti front időbeli evolúciója, vagyis a hőmérséklet lecsengésének folyamata a telep környezetében végbemenő kondukciónál,
- az átmeneti zóna evolúciója.

Nem stacionárius hőmérsékleteloszlásokat számítottunk különböző telepmoделlekben történő hőterjedési esetekre, továbbá a fizikai környezet különböző jellemzőinek (porózus telepreteg kiterjedése, áteresztőképesség, vízbesajtolás időtartama, nyomásgradiens a rétegben stb.) széles skálájára.

L. BODRI: Modeling of Non Steady-State Temperature Distributions with Applications to Oil Mining

The method of thermal influence appears to be an increasingly important and effective way to reach higher production rates in oil mining operations.

In this work we present a mathematical model of the thermo-hydrodynamic process that occurs during water flooding of oil pools with highly viscous oil. Modeling is carried out by numerical solution of the equations defining the conservation of mass, impulse and energy for the case of multiphase flow in a porous medium. Particular attention is paid to the following factors:

- the role of viscous energy dissipation in the energy balance,
- evolution of a temperature front in time, i.e. the decrease of temperature by thermal conduction in the vicinity of the oil-bearing layer,
- evolution of the transition zone.

Non steady-state temperature distributions are calculated for different oil pool models and for a wide range of the values of different characteristics (extension of the porous medium, permeability, time of water flooding, pressure gradient, etc.) of the physical environment.

1. Bevezetés

Jelenleg világszerte folyamatosan növekvő igény mutatkozik olyan olajtelepeket is termelésbe állítani, ahol az olaj erősen viszkozus, kevésbé folyékony, és ezért a kitermelés hagyományos bányászati módszerekkel gazdaságtalan lenne, vagy a hagyományos módszerek egyáltalán nem is alkalmazhatók. Bonyolult földtani viszonyok közepette olajtelepek hozamnövelésére igen alkalmasnak bizonyuló eljárás a telepre történő termikus behatás (forró fluidumok besajtolása, rétegbegyűjtás stb.), amikor is melegítés hatására az olaj viszkozitása nagyon lecsökken, és így az mobilissá, könnyen folyóssá válik. A tárolókőzetbe nagy mennyiségű hideg víz besajtolásával járó, leginkább alkalmazott kitermelési technológia mellett is megváltozik a telep termikus állapota. Közönséges olajoknál azonban a hőmérsékleti tényező nem játszik olyan lényeges szerepet a tárolóréteg

hidrodinamikájában, mint erősen viszkozus olaj esetén. A termikus behatás módszerének gyakorlati alkalmazásához olyan matematikai modelleket szükséges kidolgozni, amelyek már a tervezés stádiumában lehetőséget nyújtanak a várható hatás jellegének és mértékének megismerésére, és amelyek alapján megtervezhető a termelő és visszanyomó kutak optimális eloszlási hálózata a telepen.

Termo-hidrodinamikai szempontból a körvonalazott probléma inhomogén porózus közegben történő többfázisú folyadékáramlás és hőtranszport feladatának vizsgálatát jelenti. Földtani környezetben a fluidumok mindig heterogén összetételűek, több különböző kémiai komponenssel. Kőolaj telepvizsgálási problémákban tekintetbe kell venni legalább három fázis: víz, gáz és szerves folyadék jelenlétét. Természetes körülmények között a fluidum áramlása közben annak belsejében vagy a fluidum és környezete között bonyolult folyamatok zajlanak (diffúzió a különböző fázisokban, komponenscsere a fázisok között, hőszállítás, vegyi reakciók stb.), és kívánatos, hogy a matematikai modell egyenletei képesek legyenek minél teljesebben leírni ezeket a folyamatokat.

Jelen dolgozatban ismertetjük többfázisú fluidum porózus közegben történő áramlását leíró feladat

¹ Beérkezett: 1993. augusztus 1-jén

² MTA Geofizikai Tanszéki Kutatócsoport (ELTE Geofizikai Tanszékén), H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

alapjait, és numerikus modellezési példákkal szemléltetünk néhány olyan esetet, amelyek gyakorlati alkalmazhatósággal bírnak.

2. Töbzfázisú folyadék áramlási egyenletei

Az alábbiakban csak olyan fluidumot tekintünk, amelyben egyensúlyi körülmények mellett a különböző fázisok nem oldódnak fel egymásba úgy, hogy eredményként egyetlen fázist képeznének. Ez természetesen jól teljesül az olaj, víz és gáz fázisokat tartalmazó fluidumra.

PARKER [1989], valamint ANDERSON és WOESSNER [1991] eljárását követve, a töbzfázisú fluidum áramlásának egyenletei felírhatók az egyes fázisok nyomása mint változó szerint kifejezve. Ha egy porózus közegben több olyan fluidumfázis van jelen, amelyek egymással nem keverednek, a nyomás az egyes fázisokban eltérő. Ilyen esetekben termodinamikai potenciálokat kell bevezetni, és az energia-balansz egyenletének olyan tagokat is tartalmaznia kell, amelyek a fázishatárokon lejátszódó jelenségekkel kapcsolatosak.

Kontinuitási egyenlet

Legyen x_i az i -edik derékszögű koordináta, p a fluidumfázis indexe, s jelölje a közeg szilárd részét. Legyen továbbá s_p a volumetrikus vagy térfogati telítettség, tehát a porozitás p fázis által kitöltött része és a teljes porozitás hányadosa. Világos, hogy s_p értéke 0 és 1 határok között változhat, és, hogy $\sum s_p = 1$. Nem deformálódó szilárd közetmátrixot feltételezve és a komponensek kémiai vagy biokémiai átalakulásainak lehetőségét kizárva, a tömeg megmaradásának követelménye bármely p fázisra felírható, mint

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_p s_p \varphi) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_p \vec{q}_p) = 0, \quad (1)$$

ahol ρ_p a fázissűrűség, q_p a p -edik fázis filtrációs vagy szivárgási sebessége, és φ a szilárd közeg teljes porozitása. A tömeg megmaradásának feltétele természetesen mindegyik jelenlévő fázisra külön-külön érvényes.

Mozgásegyenlet

Porózus közegben áramló folyadék esetén az áramlás rendszerint sokkal gyorsabban stabilizálódik, mint a hőmérsékleti tér. Ezért töbzfázisú áramlás és a vele kapcsolatos hőtranszport vizsgálata során legtöbb esetben elegendőnek bizonyul stacionárius áramlást feltételezni és időfüggést csak a termikus folyamatban vizsgálni. Rezervoármérnöki feladatokban az erők és gyorsulások összefüggését leíró dinamikai egyenletet az ún. Darcy-törvény definiálja:

$$\vec{q}_p = - \frac{k_p}{\eta_p} \left(\frac{\partial P_p}{\partial x_i} + \rho_p g e_i \right), \quad (2)$$

ahol P_p a p fázisra vonatkozó nyomás, g a gravitációs gyorsulás, e_i az $e_i = \partial z / \partial x_i$ összfüggéssel definiált egységvektor i -edik komponense, η_p dinamikai viszkozitás a p fázisban, és k_p a p fluidumfázis saját belső permeabilitása. A (2) egyenlet lényegében empirikus, és számos implicit feltételezést rejt magában. Közülük legalapvetőbb az, hogy a p fázisban történő áramlást nem befolyásolják más fázisokban előálló nyomásgradiensek.

Energiaegyenlet

Az energia megmaradását definiáló egyenletet az ENE és POLIŠEVSKI [1987] által adott formában alkalmazzuk. Levezetése során lényeges feltételezés, hogy a belső sűrűlódás a fluidumban sokkal kisebb, mint a fluidum—szilárd közeg határon fellépő sűrűlódás. Ez lényegében ekvivalens azzal a feltevéssel, hogy a nyírófeszültség a fluidumban elhanyagolhatóan kicsi. Az egyenlet a

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_p \epsilon_p) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho_p \epsilon_p \vec{q}_p + Q_i^p) - t_{ij} \frac{\partial \vec{q}_p}{\partial x_j} = 0 \quad (3)$$

formában írható fel, ahol ϵ a belső energia, Q a hőfluxus és t_{ij} a feszültségi tenzor. Fentiekhez hasonlóan, itt is minden mennyiség adott p fázisra érvényes. A szilárd közegre vonatkozóan, melyet abszolút merevnek és nyugalmi helyzetben lévőnek tekintünk, az energia megmaradásának egyenlete az alábbi formára redukálódik

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_s \epsilon_s) + \frac{\partial Q_i^s}{\partial x_i} = 0 \quad (4)$$

Általános esetben az (1)–(4) összefüggéseket ki kell még egészíteni egy állapotegyenlettel minden egyes fluidumfázisra, továbbá fluidum-határokon a kapilláris nyomást megadó egyenletekkel.

Némely esetben lehetséges ugyan analitikus megoldást is találni, de fenti egyenletek rendszerének megoldása általában numerikusan határozható meg. A megoldás művelete iterációs eljárással történik, ami legtöbbször eléggé számítógép-igényes. Nem lényegtelen tényező, hogy az egyenletek erős nem lineáris volta miatt finom tér- és időbeli diszkretizációra van szükség.

Jelen tanulmány következő részében bemutatunk néhány olyan egyszerűsített esetet, amikor lehetőség nyílik közelítő megoldások meghatározására.

3. Numerikus modellek

Az alábbiakban számszerűen vizsgáljuk a tárolórétegben folyadékbesajtolás hatására lejátszódó termo-hidrodinamikai folyamatot. A tárolóréteggel való hőközlés eredményeképpen természetesen megváltozik a telep addigi termikus állapota. A folyamat matematikai modellezése során a kapilláris nyomásgradienseknek az áramlási térre gyakorolt hatásától eltekintünk. A folyadék visszanyomás vagy besajtolás sebessége ismert, ezért csak az (1), (3) és

(4) egyenletekre lesz szükségünk. Feltételezzük, hogy a fluidumfázisok és a porózus közeg a rendszer egészében lokális termodinamikai egyensúlyban vannak, ami azt jelenti, hogy adott pontban egy és ugyanaz a T hőmérséklet érvényes valamennyi fázisra és a szilárd közegre is. Elhanyagolhatónak tekintjük továbbá az áramlás sebességének a hővezető képességre elvileg gyakorolható hatását, és skaláris K_m hővezetőképeséget alkalmazunk a hőfluxus $Q = K_m \nabla T$ kifejezésében. A kontinuitási egyenlet felhasználásával a (3) és (4) összefüggések a

$$[\varphi \rho_f c_f + (1-\varphi) \rho_s c_s] \frac{\partial T}{\partial t} + \rho_f c_f \left(q_f \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) =$$

$$= \frac{\partial}{\partial x_i} \left(K_m \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) + \frac{\eta_f}{k} q_f^2$$

(5)

formára tanszformálhatók, ahol k a porózus közeg belső permeabilitása és c a fajhő. Az f és s indexek a fluidumra, illetve a szilárd közetmátrixra vonatkoznak, míg m általában közeget jelöl. Az (1), (3), (4) egyenletek (5) alakba történő transzformációja eljárásnak részletes ismertetése megtalálható BODRI és ČERMÁK [1993] munkájában. Az (5) egyenlet az f és s fázisban történő hővezetést (kondukción), a fluidumfázis által történő hőszállítást (advekción), a két fázis közötti hőcserét, valamint viszkózus energiadisszipációt vesz figyelembe.

Vékony síkréteg (síklemez) telepmodell

Egy több kutat tartalmazó (például ötpontos kútelrendezésű) olajtelep termikus viszonyainak vizsgálata során a kérdéses folyamatot leíró differenciálegyenleteket célszerű derékszögű koordinátákban megadni.

Tekintsünk egy horizontális helyzetű, homogén, nem deformálódó, h vastagságú tárolóréteget. A visszanyomó kúton át a rétegbe T_0 hőmérsékletű inkompresszibilis folyadékot sajtolnak. A tárolóréteg modellezett tartományának függőleges kiterjedése általában lényegesen kisebb, mint horizontális méretei. Vízszintes, stabilan vékony, homogén, fűrőlyukak valamely hálózatával harántolt rétegben a filtrációs áramlás síkpárhuzamos (q_f függőleges komponense zérus). Tételezzük fel, hogy a besajtott és általa a porusokból kiszorított folyadék hővezetőképesége, valamint a telep hőfizikai paramétereinek értékei annak alsó és felső határán megegyeznek. Az (5) egyenlet egydimenziós változata ilyen megszorítások esetén felírható, mint

$$\frac{\partial^2 T'}{\partial x^2} - \alpha \frac{\partial T'}{\partial x} - \beta \frac{\partial T'}{\partial t} = -\gamma, \quad (6)$$

ahol

$$\alpha = \frac{\rho_f c_f}{K_m} q_f, \quad \beta = \frac{\varphi \rho_f c_f + (1-\varphi) \rho_s c_s}{K_m}, \quad (7)$$

$$\gamma = \frac{\eta_f}{K_m k} q_f^2, \quad T' = T - T_0.$$

Továbbiakban csak a T' hőmérsékletkülönbséggel lesz dolgunk, ezért a jelölés egyszerűsítése érdekében a 'jelet elhagyhatjuk. A síkpárhuzamos áramlás x irányban terjed. A szivárgási sebességnek csak egy komponense van, amely a Darcy-törvény alapján a

$$q_f = \frac{k}{\eta_f} \frac{\Delta P}{L} \quad (8)$$

összefüggés szerint adódik, ahol L a modellezett tartomány horizontális kiterjedése és ΔP az $x=0$ és $x=L$ koordinátájú helyek közötti nyomáskülönbség. A (6) egyenletre vonatkozó kezdeti feltétel

$$T(x, t=0) = 0 \quad (9)$$

lesz.

A határfeltételeket tekintve két különböző feladat (alábbiakban „a” és „b” variáns) fogalmazható meg, melyek rendre legyenek:

a)

$$T(x=0, t) = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x}(x=L, t) = 0, \quad (10)$$

b)

$$T(x=0, t) = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial x}(x=L, t) = -\alpha \varphi T(L, t). \quad (11)$$

Mindkét variáns olyan esetet reprezentál, amikor a besajtott folyadék hőmérséklete megegyezik a telep közegének hőmérsékletével („hideg” folyadék besajtolása). Az első esetben azonban nincs hővesztés az $x=L$ helyen, míg „b” variánsnál ugyanott ($x=L$) egy termelőkút helyezkedik el, ami hővesztést kelt. A (6)-(11) összefüggésekkel megfogalmazott feladat könnyen módosítható „forró” folyadéokra is. Legyen a besajtott folyadék T_f hőmérséklete nagyobb, mint a tárolóréteg T_p hőmérséklete. Ekkor az (5) egyenlet, a kezdeti és határfeltételek ugyanazok maradnak, mint előzőleg, ha a korábbi T hőmérséklet helyett a

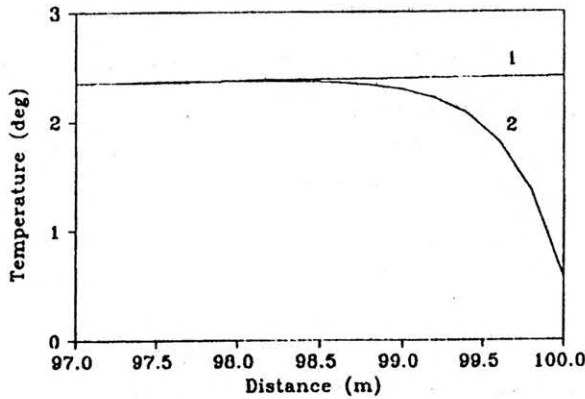
$$T_N = (T - T_p) / (T_f - T_p) \quad (12)$$

módon normált T_N hőmérsékletet vesszük a felírt összefüggésekben. Csak a (6) egyenletben lesz olyan változás, hogy γ helyett a $\gamma_N = \gamma / (T_f - T_p)$ fog benne szerepelni, továbbá az $x=0$ helyen az új határfeltétel $T_N(x=0, t) = 1$ lesz.

Ha a besajtott folyadék víz, amint azt továbbiakban feltételezzük, a folyadékállandókra a $\rho_f c_f = 4,185 \cdot 10^6$ J/m³K és $\eta_f = 1,002 \cdot 10^{-3}$ Pas érték-

kek mérvadó. A szilárd tárolóközet anyagát homokkőnek tekintjük (ami leginkább jellemző olajtelepi környezetre), és ennek megfelelően $\rho_s c_s = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3\text{K}$, $K_m = 3,0 \text{ W/m.K}$ [MARSILY 1986]. Ahol külön nem tüntetünk fel más értéket, a nyomásdifferencia nagyságát 100 atm-nak, k permeabilitást 1 D-nak, ϕ porozitást pedig 0,4-nek vesszük.

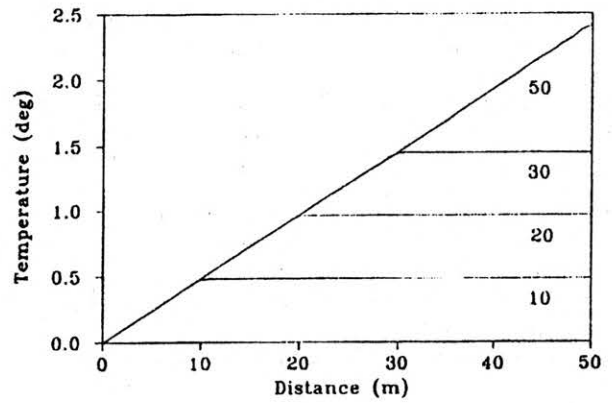
Első számításunk a két határfeltételből adódó különbségek vizsgálatát célozta. A számítást vízszintesen 100 m kiterjedésű telepretegre végeztük. Az eltéréseket az 1. ábra szemlélteti. Látható, hogy a (10) határfeltétel mellett az $x=L$ hely környezetében a rétegre jellemző izoterma helyzete horizontális. A (11) határfeltétel esetén viszont a termelőkút környezetében a hőmérséklet meredeken esik. Ez a hőmérsékletcsökkenés azonban csak a kút közvetlen környezetében jelentős, tőle mindössze 2 m távolságra a két izoterma gyakorlatilag már egybeesik. Ezért továbbiakban csak a (10) határfeltétel esetét tekintjük, vagyis csak azzal az esettel foglalkozunk, amikor a tárolórétgből nincs hőkiáramlás.



1. ábra. Határfeltételekből adódó hőmérsékleti eltérések a visszanyomó kút tengelyétől mért távolság függvényében, a vízbesajtolás kezdetétől eltelt 200 óra időpontban. 1. görbe: (10) határfeltétel; 2. görbe: (11) határfeltétel

Fig. 1. Temperature differences due to boundary conditions, as a function of the distance from the axis of the injection well, at the time of 200 hours from the start of water flooding. Curve 1: boundary condition (10); Curve 2: boundary condition (11)

A 2. ábrán egy 50 m hosszúságú telepet reprezentáló porózus közegben kialakuló hőmérsékleteloszlás látható. A vízbesajtolás kezdetétől a hőmérséklet a rétegben lineárisan emelkedik bizonyos értékig, az emelkedés nagysága a folyamat kezdetétől eltelt idővel arányos, majd tovább már stabilan állandó marad. A besajtolási idő haladtával a réteg állandó hőmérsékletű tartománya egyre kisebb lesz, és egy bizonyos t_{kr} kritikus időtartam eltelte után stacionárius eloszlás alakul ki, amikor is a hőmérséklet lineárisan növekszik a réteg egész hosszán. Ez a tény tehát arra utal, hogy a besajtolás kezdetének hatása a réteg hőmérsékleteloszlására egy meghatározott időtartam után már lényegtelen. Elvileg lehetséges olyan analitikus kifejezést levezetni, amely megadja eme időtartam hosszának függését a feladat bemenő paramétereitől. Az összefüggés azonban igen bonyolult, nehezen kezelhető, és alkalmazása gyakorlati szempontból nem nagyon célszerű. Ezért jelen és hasonló



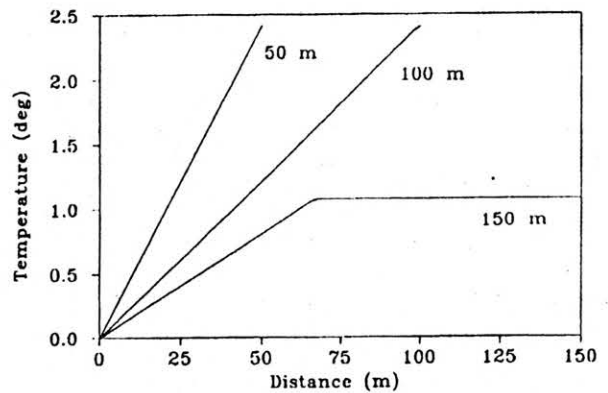
2. ábra. Hőterjedés 50 m hosszúságú, vékony síkrétegben. A görbék címkéi a vízbesajtolás folyamatának hosszát mutatják óra egységben

Fig. 2. Heat propagation in a thin layer of the length of 50 m. Labels on the curves show the length of time (in hours) from the start of water flooding

modellezési feladatokban érdemesebb numerikus megoldásokkal dolgozni.

A telep horizontális kiterjedésének a hőmérsékletre gyakorolt hatását a 3. ábra illusztrálja. Látható, hogy a telep hosszának nagysága nincs hatással a rétegben kialakuló T_{max} maximális hőmérséklet értékére (ez a stacionárius hőmérséklet). A hossz növekedése azonban erősen megnyújtja azt a t_{kr} időtartamot, ami alatt ez a hőmérséklet a rétegben kialakul; a többi paraméter változtatlan értéke mellett a kritikus időtartam a réteg hosszával nem lineárisan növekszik. A 3. ábrán bemutatott esetben a stacionárius hőmérséklet 50, 100, illetve 150 m telephossz mellett a vízbesajtolás kezdete utáni 3,75 nap, 8,75 nap, illetve 19,17 nap elteltével áll be.

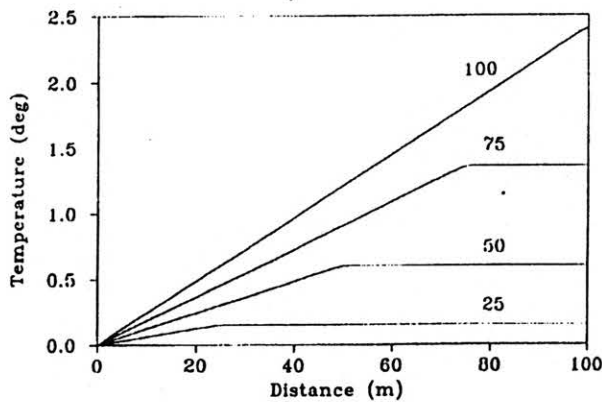
A ΔP nyomásdifferencia jelentős hatással van a rétegben kialakuló hőmérsékletekre. Nagyobb nyomáskülönbség egyrészt arányosan növeli az advécíós hőszállítás sebességét. Másrészt, a viszkozus



3. ábra. Hőmérsékleteloszlás vékony síkrétegben a visszanyomó kút tengelyétől mért távolság függvényében, a vízbesajtolás kezdetétől eltelt 200 óra időpontban. A görbék címkéi a réteg vízszintes kiterjedését mutatják

Fig. 3. Temperature distribution in a thin layer versus the distance from the axis of the injection well, at the time of 200 hours from the start of water flooding. Labels show the horizontal extension of the layer

súrlódással kapcsolatos hődisszipáció arányos a nyomásgradiens négyzetével, és következésképpen, magas ΔP esetén a hőmérséklet erősen megnövekedhet. Az effektust a 4. ábra szemlélteti. Az ábráról leolvasható, hogy a tárolórétegben a hőmérséklet a nyomásgradiens esésével csökken, a stacionárius állapot eléréséhez szükséges időtartam viszont növekszik. A rétegben elért T_{max} maximális hőmérséklet ΔP -vel egyenes arányban növekszik, a hozzá szükséges t_{kr} időtartam viszont fordítottan arányos vele. A 4. ábrával bemutatott esetben $\Delta P=100, 75$ és 50 atm értékeknél T_{max} hőmérsékletre $2,42, 1,82$ és $1,21$ K, a megfelelő t_{kr} időtartamra pedig $8,75, 11,67$ és $17,5$ nap adódik. Ez az eredmény, vagyis ΔP , valamint T_{max} és t_{kr} között kimutatott szabályszerűség gyakorlati szempontból igen jelentős, ugyanis az egyszerű elvégzett modellezés eredményének birtokában így tetszőlegesen megadott ΔP hányadosra kiszámítható a maximális hőmérséklet és a kritikus időtartam nagysága.



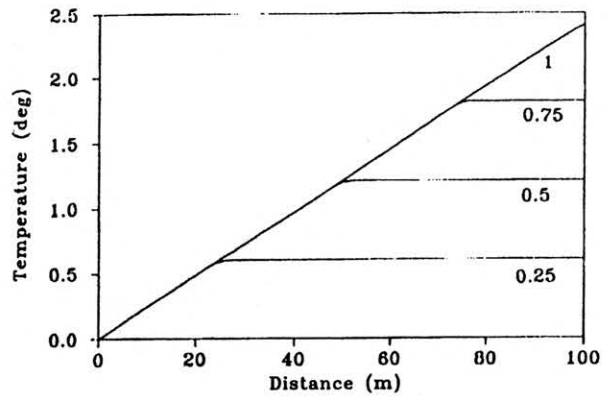
4. ábra. Hőmérsékleteloszlás, mint a nyomásgradiens függvénye vékony síkrétegben. Telephossz: 100 m, vízbesajtolás időtartama 200 óra. A görbék címkei a visszanyomó kút és a telephatár közötti nyomáskülönbség értékét mutatják atm egységben

Fig. 4. Temperature distribution as a function of the pressure gradient in a 100-m long thin layer. The duration of the time of water flooding equals 200 hours. Labels show the pressure difference (in atm) between the injection well and the end of the layer

Porózus közegben a permeabilitás ugyancsak jelentős hatással van a réteg hőmérsékleti terére. A telephosszhoz hasonlóan, a permeabilitás nem változtatja meg a rétegben stacionárius értékre beálló T_{max} hőmérsékletet. Az 5. ábrán látható azonban, hogy a stacionárius állapot eléréséhez szükséges időtartam a permeabilitás értékével fordítottan arányos. Ez a változás, hasonlóan a nyomásgradiens esetéhez, lehetőséget nyújt a t_{kr} időtartam meghatározására tetszőleges permeabilitás értékre vonatkozóan.

Hengerszimmetrikus vékony réteg (körlemez) telepmodell

Tekintsük a hengerszimmetrikus rétegben kialakuló nem izotermikus szivárgás folyamatát. Igen vékony, homogén, hengerszimmetrikus, egy fúrólukkal vagy gyűrűs elrendezésű fúrólukak sorozatával



5. ábra. Hőmérsékleteloszlás, mint a permeabilitás függvénye 100 m hosszúságú vékony síkrétegben. Vízbesajtolás időtartama 200 óra. A görbék címkei a réteg permeabilitását mutatják Darcy egységben

Fig. 5. Temperature distribution as a function of permeability in a thin layer with the extent of 100m. The duration of the time of water flooding is 200 hours. Labels on the curves show permeability of the layer in Darcy (D) units

harántolt rétegben a filtrációs áramlás sugarasan szimmetrikus. A feladat modellvizsgálatára az (r, φ, z) hengerkoordináta-rendszert alkalmazzuk. A \vec{q}_f vektor jelen esetben egydimenziós, vagyis $q_{f\varphi} = q_{fz} = 0$. A folyamat differenciálegyenlete

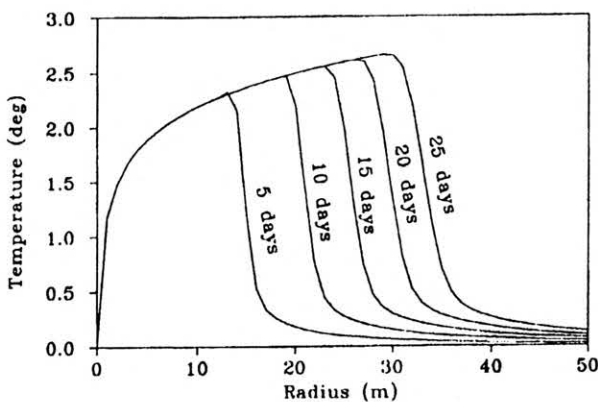
$$\beta \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} - (1 - \alpha_1 q_{fr} r) \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = \gamma_1 q_{fr}^2 \quad (13)$$

formájú, ahol $\alpha_1 = \rho_f c_f / K_m$ és $\gamma_1 = \eta_f / k K_m$. A sugárirányú szivárgási sebességet célszerű a folyadékbesajtolás ismert R teljesítménye alapján meghatározni:

$$q_{fr} = \frac{R}{2\pi r h}, \quad (14)$$

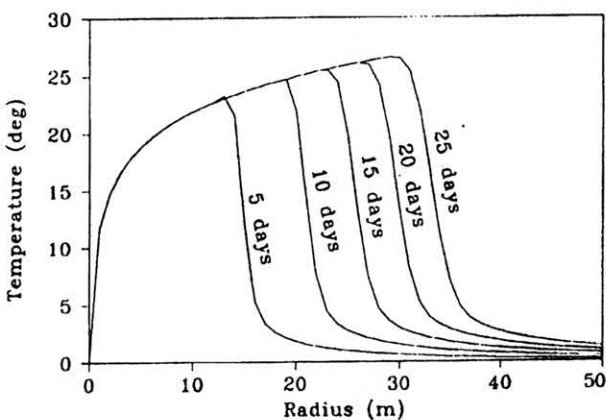
ahol h a telep vastagsága. A megoldást az $r_c \leq r \leq r_d$ tartományban keressük, ahol r_c a visszanyomó kút furatának effektív sugara, r_d pedig a telep kiterjedési sugara. A kezdeti és határfeltételek ugyanazok maradnak, mint az előző modell esetében.

A 6. és 7. ábrán egy 50 m sugarú és 1 m vastagságú telep belsejének hőmérsékleteloszlása látható az idő függvényében. A vízbesajtolás teljesítménye $100 \text{ m}^3/\text{nap}$. A permeabilitás értéke az első esetben $0,1 \text{ D}$, a 7. ábrára vonatkozóan pedig $0,01 \text{ D}$. A többi paraméter értéke ugyanaz, mint az előző modellben. Látható, hogy a hőmérsékleti front terjedésének sebessége a besajtolási idő haladtával jelentősen lelassul. Az 5-10 nap intervallumban ez a sebesség mintegy kétszerese a 20-25 nap szakaszon mutatott sebességnek. Hasonló lassulást mutat a hőmérséklet szintjének emelkedése is. Fentiekből az a fontos tény következik, hogy a besajtolás időtartama nem játszik lényeges szerepet a feladatban. A vízvisszanyomás folyamatának elnyújtásával gyakorlatilag nem növekszik lényegesen a telep hőmérséklete. Az elért hőmérséklet fordítottan arányos a réteg permeabilitásával (6., 7. ábra). Kis permeabilitású közegben



6. ábra. Hőmérsékleteloszlás hengerszimmetrikus vékony rétegben (körlemezben). A réteg permeabilitása 0,1 D. A görbék címkéi a vízbesajtolás folyamatának időtartamát mutatják

Fig. 6. Temperature distribution in a thin layer of axial symmetry, with a permeability of 0.1 D. Labels indicate the duration of the time of water flooding



7. ábra. Ugyanaz mint a 6. ábrán, csak 0,01 D permeabilitású rétegben

Fig. 7. Same as Figure 6, but for a permeability of 0.01 D

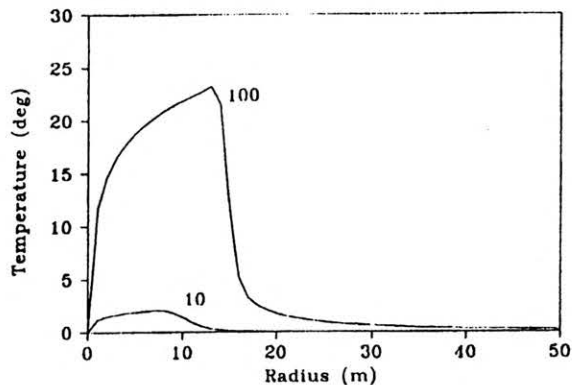
még hideg folyadék besajtolásával is jelentősen emelkedhet a hőmérséklet.

A 8. ábrán látható, hogy a tárolórétegben elért hőmérséklet annál magasabb, minél nagyobb a vízbesajtolás teljesítménye. Ez a paraméter azonban az esetek többségében nem változhat tág határok között. A teljesítményt nagyban behatárolja a visszanyomó kút befogadóképessége, amit leginkább a kútátmérő és a kút közvetlen környezetében a kollektor permeabilitása korlátoz. A többi paraméter szerepe nagymértékben ugyanaz, mint az előbbi modell esetében.

Hengerszimmetrikus réteg

Az előbbi modellt általánosítva vizsgáljuk azt az esetet, amikor a hengerszimmetrikus telep vastagsága már nem elhanyagolhatóan kicsi annak vízszintes kiterjedéséhez képest.

Tekintsünk homogén, hengeresen szimmetrikus, állandó h vastagságú (legyen $h=10$ m) tárolóréteget, amelynek központi zónájában gyűrűs elrendezésű fúrólukák sorozata mélyül. A matematikai modell-



8. ábra. Hőmérsékleteloszlás hengerszimmetrikus vékony rétegben, a vízbesajtolás kezdetétől eltelt 25 nap időpontban. A réteg permeabilitása 0,1 D. A görbék címkéi a vízbesajtolás teljesítményét mutatják m^3 /nap egységben

Fig. 8. Temperature distribution in a thin layer with axial symmetry, at 25 days from the start of water flooding. Permeability in the layer is 0.1 D. Labels on the curves show the rate of water flooding (in m^3 /day)

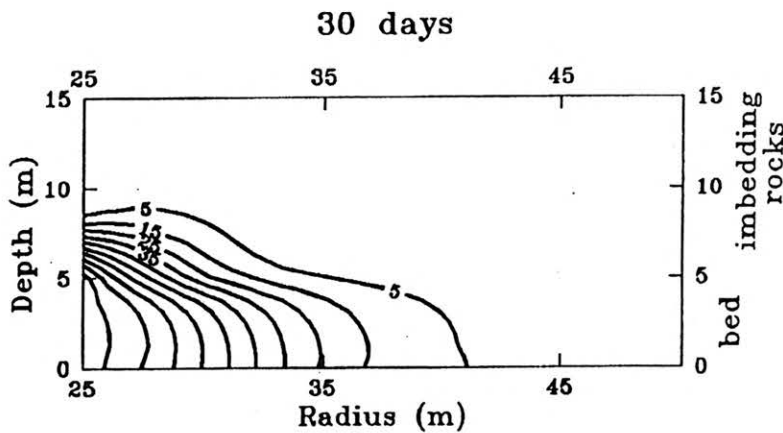
ben helyettesítsük ezeket egy $r_c=25$ m sugarú névleges kúttal, amely a visszanyomó kút szerepét játssza. Rajta keresztül történik a vízbesajtolás, a víz hőmérséklete a kút falánál legyen $100^\circ C$. A réteg alatt és felett legyen impermeabilis hővezető közeg, amelynek hőfizikai paraméterei alul és felül megegyezők. A réteg és a vele határos közetek kezdeti hőmérséklete legyen $0^\circ C$. Meghatározandó a nem stacionárius hőmérsékleteloszlás a rétegben (kollektorban) és környezetében. Jelen esetben a hőszállítási feladat kétdimenziós (a hőmérséklet az r és z hengerkoordináták szerint változik), és szimmetrikus a réteget a z tengelyre merőlegesen, fél-vastagságban szelő síkhoz képest. A folyadékáramlás jelen esetben síkpárhuzamos, vagyis a q_f vektornak csak radiális komponense van. Az $r_d \leq r \leq r_c$ és $0 \leq z \leq h/2$ tartományban a hőtranszport egyenlete megegyezik (13)-mal, azzal az eltéréssel, hogy itt az egyenlet bal oldala a $-\partial^2 T / \partial z^2$ taggal bővül. Az $r_d \leq r \leq r_c$ és $z \geq h/2$ tartományban a (4) képletben megadott hővezetési egyenlet érvényes.

A mélység szerinti határfeltételek a

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial z}(x, z; t)|_{z=0} &= 0, \\ T(x, z; t)|_{z \rightarrow \infty} &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

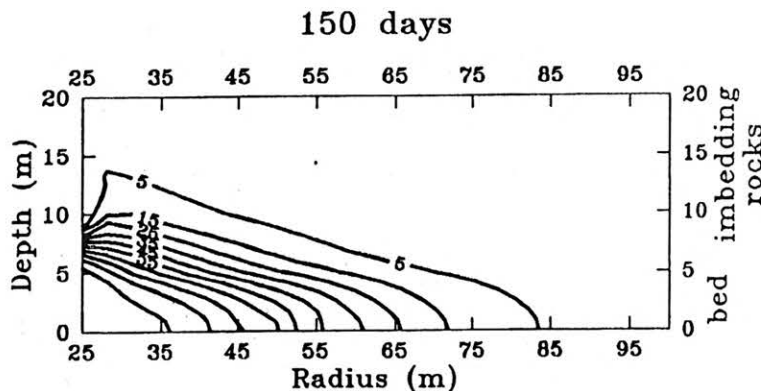
alakban adhatók meg. Az első szerint a hőmérsékleteloszlás szimmetrikus a $z=0$ síkhoz (a telep középsík-jához) viszonyítva, a második szerint pedig a hőanomália a rétegtől nagy távolságra megszűnik. A tárolóréteg és környezetének határára a hőmérséklet és hőfluxus kontinuitásának feltétele érvényes.

A telepet határoló közeget száraz agyagnak tekintettük, amelyre $\rho_s c_s = 2,3 \cdot 10^6$ J/m³K és $K_s = 1,45$ W/m.K [MARSILY 1986]. A telepréteg hőfizikai paramétereire itt is az előbbi modellben adott értékek érvényesek. A modellezés eredményeit a 9. és 10. ábrák szemléltetik.



9. ábra. Hőmérsékleteloszlás (izotermák °C-ban) hengersizmetrikus tárolórétegben és a réteg környezetében, a vízbesajtolás kezdete utáni 30 nap időpontban. Az ábra csak a modellezett tartomány felső tételét szemlélteti. A $z=0$ mélységszinthez viszonyítva a modell szimmetrikus

Fig. 9. Temperature distribution (isotherms in °C) in an oil-bearing layer of axial symmetry and in its vicinity, at 30 days from the start of water flooding. The diagram shows only the upper half of the modeled area, the model is symmetrical with respect to the $z=0$ depth level



10. ábra. Ugyanaz mint a 9. ábrán, csak a vízbesajtolás kezdete utáni 150 nap időpontban

Fig. 10. Same as in Figure 9, but at 150 days from the start of water flooding

A számítási eredmények szerint a telep hőmérsékleteloszlásának kialakításában a konvektív hőszállítás dominál. Ezt mutatja, hogy a konvektív hőtranszport q_{fr} sebességének és a konduktív hőáramlás ($\beta^{-1}h^{-1}$) sebességének

$$Pe = q_{fr} \cdot \beta \cdot h \quad (16)$$

hányadosaként értelmezett Peclet-féle szám értéke a visszanyomó kút tengelyétől 35 m távolságban 5,4. Tehát az advektív hőszállítás esetünkben több, mint ötször intenzívebb a konduktív hőterjedésnél. Az advektív hőtranszport sebessége a visszanyomó kút teljesítményével nem lineárisan emelkedik, az r_c sugár növekedésével viszont csökken. A telepből kiáramló konduktív hőveszteség, bár némileg mérsékli a fűtés teljesítményét, egészében véve másodlagos tényező.

A hőmérsékleti front haladásának sebessége a telep és a szomszédos közeg határán kisebb, mint belül, a tárolóréteg középső zónájában. Ez az oka annak, hogy az izotermák a 9. és 10. ábrán elnyúlt „nyelv-szerű” szerkezetet mutatnak a telep belsejében, és ez a megnyúlás a telep középvonalához közeledve egyre nagyobb mértékű. A visszanyomó kút állandó Q teljesítménye esetén a hőmérsékleti front terjedési sebessége a vízbesajtolás kezdeti stádiumában bármely adott mélységen nagyjából állandó. A telep

középső zónájában a vízviszanyomás folyamatának a 10. és 365. nap közötti szakaszában a front sebessége 0,6 m/nap.

4. Záró megjegyzések

Erősen viszkózus kőolaj telepretegében keltett nem izotermikus filtrációs folyamat modellvizsgálati eredményei lehetőséget nyújtanak a hőt közlő folyadék besajtolási teljesítménye, a visszanyomó kút környezetében szükséges nyomásszint, a visszanyomó kutak optimális elrendezése, és néhány egyéb technológiai paraméter meghatározására. Jelen tanulmányban vizsgált szivárgási folyamat alkalmas továbbá talajvíz olajszennyezésének többfázisú modellezéssel történő matematikai leírására.

Fentiekben vizsgált numerikus modellek a természetes termo-hidrodinamikai folyamatot bizonyos mértékig leegyszerűsítve reprodukálják, és csak a folyamat legalapvetőbb tulajdonságait tükrözik. Többfázisú és többkomponensű szivárgási folyamatot leíró modellek kidolgozása további vizsgálatokat igényel.

Köszönetnyilvánítás

Jelen tanulmány a 108053 sz. OTKA-pályázat keretében végzett vizsgálatok részét képezi.

HIVATKOZÁSOK

- ANDERSON M. P., WOESSNER W. W. 1991: Applied Groundwater Modeling. Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press, London, 381 pp
- BODRI L., ČERMÁK V. 1993: Heat production in the continental lithosphere. Part two: Variational approach. Tectonophysics (in press)

- ENE H. I., POLIŠEVSKI D. 1987: Thermal Flow in Porous Media. Reidel Publ. Co., Dordrecht, 194 pp
- MARSILY Ch. de. 1986: Quantitative Hydrogeology. Groundwater Hydrology for Engineers. Academic Press, London, 440 pp
- PARKER J. C. 1989: Multiphase flow and transport in porous media. Rev.Geophys. 27, 311-328

Ráfúrásos technikával végzett kőzetfeszültség-mérések Magyarországon¹

GERNER PÉTER², PORJESZ RÓBERT³, SZAFIÁN PÉTER³

Hazánkban néhány éve történtek az első sikeres mérések a földkéreg jelenkori feszültségének vizsgálatára. Az alkalmazott módszerek közül a ráfúrásos kőzetfeszültség-mérések elméleti hátterét, a különböző helyszíneken történt méréseket, azok feldolgozását és eredményeit ismertetjük.

A ráfúrásos technikával végzett mérés során a szálkőzetben egy néhány méter mély fúrólyukból 10–20 centiméter hosszú magot vettünk, majd egy megnyúlásmérő cella segítségével megmértük a kőzetben uralkodó feszültség hatása alól felszabadult mag deformációját. Ebből a kőzet rugalmassági állandóinak segítségével a feszültségértékek és irányok kiszámolhatóak voltak.

Először a karlsruhei egyetem kutatóival együttműködve Ugodon, Beremenden és Miskolcon, majd önállóan a tatai Kálvária-dombon és a Szabadbattyán melletti kőszárhegyi kőbányában végeztünk ráfúrásos feszültségméréseket. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a ráfúrásos technika igen érzékeny a morfológiai–szerkezeti viszonyokra és a kőzetminőségre. Azonban ezek figyelembe vételével értékes, a földkéreg feszültségi állapotára, valamint a horizontális síkban ható két főfeszültség irányára vonatkozó adatokat kaptunk.

P. GERNER, R. PORJESZ, P. SZAFIÁN: In Situ Stress Measurements in Hungary Using Overcoring Technique

The first successful measurements to determine the recent stress field in the Earth's crust in Hungary have been carried out for only a few years. Different methods have been used for this purpose. In this paper the theoretical background of the overcoring technique, the description of the test sites, the processing of the data and the results of the measurements are discussed.

In the overcoring technique the strain relaxation of a 10–20 cm long core sample removed from the in situ stress field is measured with a strain gauge cell. If the elastic properties of the rock are known, the magnitudes and the directions of the in situ stresses can be determined.

The first three measurements (Ugod, Beremend, Miskolc) were carried out in a cooperation with the researchers of the Karlsruhe University then two more sites (Tata and Szabadbattyán) were tested without their participation. The results show that the overcoring technique is very sensitive to the properties of the rock, the morphology and the geological structure of the site. However, considering these observations, valuable conclusions can be drawn concerning the recent stress field of the Earth's crust and the direction of the two horizontal principal stresses.

Bevezetés

A litoszféra felső részének feszültségállapotát többféle, egymástól jelentősen eltérő módszerrel lehet vizsgálni. A különböző eljárások alkalmazásával lehetőség nyílik a feszültségtér mind teljesebb megismerésére és elkerülhető az egyes módszerek hibáiból adódó helytelen értelmezés is. A jelenkori feszültség mérésére szolgáló módszerek összehasonlítását és csoportosítását ZOBACK és ZOBACK [1980] valamint GOUGH és GOUGH [1987] végezték el.

A nyolcvanas évek végén a Nemzetközi Litoszféra Program keretében került sor a *World Stress Map Project* megszervezésére, melynek célja a feszültségmérési adatok rendszerezése és a földkéreg jelenkori feszültségi állapotát bemutató térkép készítése [ZOBACK et al. 1989, ZOBACK 1992]. A szerkesztők egy minősítési rendszer alapján osztályozzák a térképre kerülő adatokat, mely rendszernek a fúrólyukakban történt feszültség-meghatározásokra vonatkozó részét az 1. táblázat mutatja be.

Hazánkban ehhez a programhoz kapcsolódva indultak meg az ELTE Geofizikai Tanszékén — a karlsruhei Fridericana Egyetem Geofizikai Intézetének közreműködésével — a Pannon medencében uralkodó feszültségtér meghatározására irányuló mérések. A különböző eljárások közül a cikk írásáig a ráfúrásos feszültségmérési technikát, földrengések fészekmechanizmusának meghatározását és mélyfúrások faldeformáció-analízisét alkalmazták [DÖVÉNYI, HORVÁTH 1990, MÜLLER et al. 1992].

A ráfúrásos technika (overcoring technique) a legkorábban kialakult és széleskörűen elterjedt módszer [LEEMAN 1964, SCHEIDEGGER 1980], amely a teljes feszültségtenzor meghatározására alkalmas. Segítségével megadható a feszültségtér jellege (extenziós vagy kompressziós), amelyet más módszerrel csak közvetett úton vagy egyáltalán nem lehet meghatározni. Hátránya, hogy csak a felszíntől számított néhány méteres mélységben, illetve bányákban és alagutakban használható.

A mérés elméleti alapjai

A ráfúrásos feszültségmérések közül Magyarországon a biaxiális és a triaxiális technikát alkalmaztuk. A biaxiális technikát a mérőcella alakjáról gyak-

¹ Beérkezett: 1993. szeptember 1-jén

² Magyar Állami Földtani Intézet, H-1442 Budapest, Pf. 106

³ ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A	B	C	D
mélység > 200 m szórás < 12° két vagy több fúrólukban	mélység > 100 m szórás < 20° két vagy több fúrólukban	mélység > 10 m szórás < 15° két vagy több fúrólukban	mélység < 10 m szórás > 15° egy lyukban tör- ténő mérés

1. táblázat. A fúrólukokban történő feszültségmérések minősítési rendszere [ZOBACK 1992]

Table 1. Classification of the in-situ stress measurements in boreholes [ZOBACK 1992]

ran „doorstopper”-nek nevezik. A doorstopper eljárással a fúróluk tengelyére merőleges síkban lehet a feszültségek nagyságát és irányát meghatározni. Triaxiális szondával történő méréskor a feszültség-tenzor minden eleme számolható, ugyanakkor jóval komolyabb technikai felszerelés és szigorúbb terepi feltételek szükségesek, mint a biaxiális eljárásnál. Ezt a módszert mindössze egy helyszínen alkalmaztuk, így a továbbiakban csak a biaxiális technikát ismertetjük.

ANDERSON [1951] alapján általánosan elfogadott, hogy a földkéregben az egyik főfeszültségi irány gyakran a helyi függőleges. Így ha egy függőleges fúróluk alján történnek a méréseink, akkor a két horizontális főfeszültség irányát és nagyságát tudjuk meghatározni, mely összesen három független adatot jelent.

A mérés során a gondosan kiválasztott helyszínen egy néhány méter mély fúrólukat mélyítünk és talpára egy speciális megnyúlásmérő cellát ragasztunk. Ezután történik a ráfúrás, amikor is úgy veszünk magot a kőzetből, hogy a szonda is rajta van. Ezután a felszínen megmérjük a feszültségtér hatása alól kikerült mag deformációját — legalább három különböző irányban —, majd a kőzet rugalmassági állandóinak ismeretében a feszültségirányok és nagyságok kiszámolhatók [LEEMAN 1971].

Számításaink során feltételezzük, hogy a vizsgált kőzettest rugalmas tulajdonságait az általánosított Hooke-törvény írja le, tehát a kőzetre jellemző Poisson-szám (ν), Young-modulus (E) és az

$$\underline{\epsilon} = \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} \\ \epsilon_{xy} & \epsilon_{yy} \end{pmatrix} \quad (1)$$

deformációs tenzor ismeretében a

$$\underline{\sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} \\ \sigma_{xy} & \sigma_{yy} \end{pmatrix} \quad (2)$$

feszültségi tenzor kiszámolható:

$$\begin{pmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{xy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2\mu + \lambda & \lambda & 0 \\ \lambda & 2\mu + \lambda & 0 \\ 0 & 0 & 2\mu \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \epsilon_{xx} \\ \epsilon_{yy} \\ \epsilon_{xy} \end{pmatrix} \quad (3)$$

ahol μ és λ a Lamé-féle állandók:

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}, \quad \lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad (4)$$

A σ_{yz} és a σ_{zx} nyírófeszültségek nem jelennek meg az egyenletekben, mivel ezek az X és Y tengely körül forgatják a síkot, amelyet a síkra ragasztott megnyúlásmérő cella nem érzékel.

A Young-modulust és a Poisson-számot egytengelyű kompressziós kísérlettel határozzuk meg [JAEGER, COOK 1976]. Ennek során egy henger alakú min-

tadarabot kompressziós erőhatásnak vetünk alá és az erő függvényében mérjük a minta alakváltozását. A Young-modulus a σ - ϵ_h (feszültség-hosszirányú relatív megnyúlás) függvény, a Poisson-szám pedig az ϵ_k - ϵ_h (keresztirányú relatív megnyúlás-hosszirányú relatív megnyúlás) függvény lineáris szakaszának meredeksége (1. ábra).

Az ϵ deformációtenzor komponenseit terepi mérésekből számítjuk ki. Ha három adott irányban (Φ_1, Φ_2, Φ_3 , 2. ábra) ismerjük a relatív megnyúlást (m_1, m_2, m_3), akkor a deformációtenzor elemeit az origóban az (5) egyenletrendszerből kapjuk meg [LEEMAN 1971]:

$$\begin{aligned} m_1 &= \epsilon_{xx} \cos^2 \Phi_1 + \epsilon_{yy} \sin^2 \Phi_1 + \epsilon_{xy} \sin \Phi_1 \cos \Phi_1 \\ m_2 &= \epsilon_{xx} \cos^2 \Phi_2 + \epsilon_{yy} \sin^2 \Phi_2 + \epsilon_{xy} \sin \Phi_2 \cos \Phi_2 \\ m_3 &= \epsilon_{xx} \cos^2 \Phi_3 + \epsilon_{yy} \sin^2 \Phi_3 + \epsilon_{xy} \sin \Phi_3 \cos \Phi_3 \end{aligned} \quad (5)$$

ahol

m_1, m_2, m_3 : az 1, 2, 3 megnyúlásmérő cella által mért relatív megnyúlás,

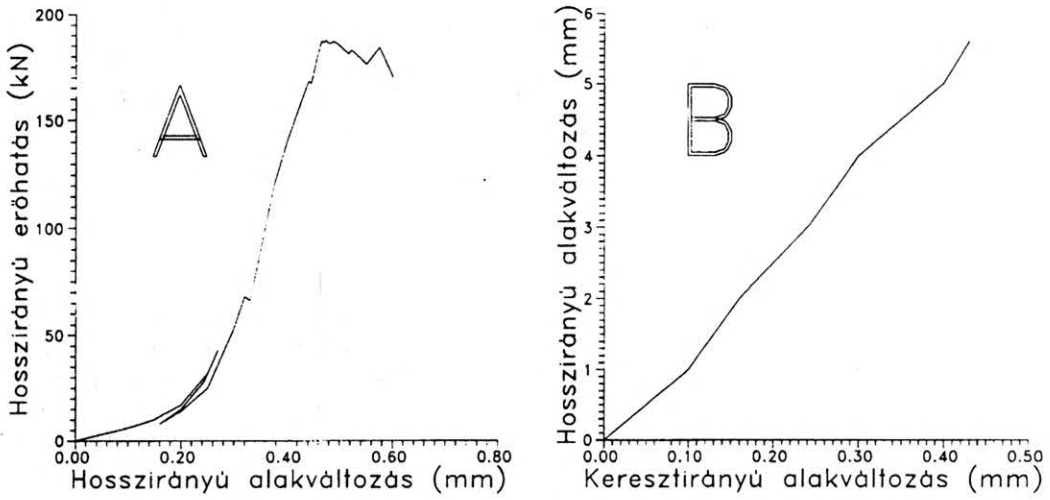
$\epsilon_{xx}, \epsilon_{yy}$: az X és Y irányú megnyúlás,

ϵ_{xy} : tangenciális megnyúlás az origóban.

Az érzékelő cella négy, egymástól 45°-ra fekvő irányban méri a mag deformációját. Így három ismeretlenre négy adat jut, tehát az (5) egyenletrendszer túlhatározott. A négy adatból hármat kiválasztva — ez négy különféle módon történhet — a rugalmassági állandók és az $\underline{\epsilon}$ tenzor ismeretében a $\underline{\sigma}$ feszültség-tenzor kiszámítható. Ha az így kapott irányok szórása 15° alatti, akkor az átlagok jelenti a mérési eredményt, ellenkező esetben a mérés nem fogadható el.

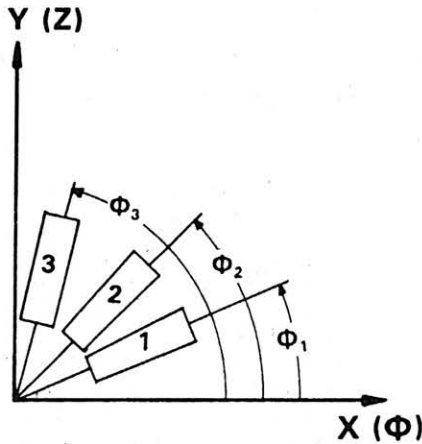
Számításaink során azt is figyelembe kell venni, hogy a fúróluk alja nem pontosan tükrözi a kőzetben uralkodó feszültségállapotot (3. ábra). A probléma megoldására még nem dolgoztak ki analitikai megoldást, ám laboratóriumi kísérletekkel [BONNECHERE, FAIRHURST 1968, VAN HEERDEN 1968] valamint végeselemes modellezéssel [CROUCH 1969] tapasztalati összefüggéseket állítottak fel a kőzetben és a fúróluk alján ható feszültségek kapcsolatára [LEEMAN 1971]:

$$\begin{aligned} \sigma_{xx}^* &= A\sigma_{xx} + B\sigma_{yy} + C\sigma_{zz} \\ \sigma_{yy}^* &= A\sigma_{yy} + B\sigma_{xx} + C\sigma_{zz} \\ \sigma_{xy}^* &= D\sigma_{xy} \end{aligned} \quad (6)$$



1. ábra. Rugalmassági állandók meghatározása. A: A függőleges tengelyen a hosszirányú erőhatás, a vízszintesen a hosszirányú alakváltozás van feltüntetve. A Young-modulus a grafikon lineáris szakaszának meredekségeként olvasható le. B: A függőleges tengely a hosszanti irányú, a vízszintes tengely a keresztirányú alakváltozást mutatja. A Poisson-szám ennek a görbének a meredeksége. [GERNER 1991 nyomán]

Fig. 1. Determination of elastic constants. A: The Young-modulus is the ratio of tensional stress (vertical axis) to the resultant longitudinal strain (horizontal axis). B: The Poisson's ratio is determined as the ratio of the fractional lateral contraction (horizontal axis) to the fractional longitudinal extension (vertical axis). [After GERNER 1991]



2. ábra. A megnyúlásmérő cellák általános elhelyezkedése [LEEMAN 1971 nyomán]

Fig. 2. General strain gauge configuration [After LEEMAN 1971]

Az egyenletrendszerben a jelölések — amelyek megegyeznek az 3. ábrán használtakkal — a következők:

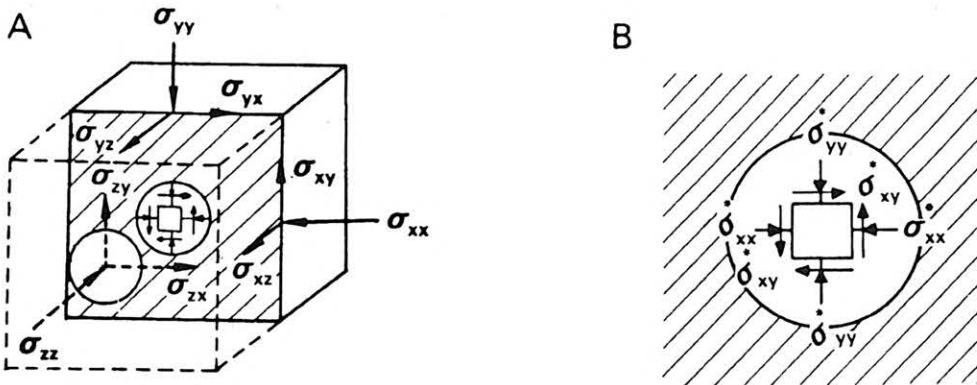
$\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}, \sigma_{xy}$: a kőzetben uralkodó feszültségek,

$\sigma^*_{xx}, \sigma^*_{yy}, \sigma^*_{xy}$: a fúróluk alján ható feszültségek,

A, B, C, D: korrekciós faktorok.

A korrekciós faktorokra a szerzők eltérő értékeket határoztak meg, amelyeket a 2. táblázatban foglaltunk össze.

Miután a (6) egyenletrendszer átrendezésével kiszámoltuk a fúrás aljának síkjában ható főfeszültségek nagyságát, a Mohr-kör szerkesztési elvei alapján meghatározható irányuk is [MEANS 1976].



3. ábra. A: A kőzettömeg egy pontjában ható feszültségek rendszere, B: A fúróluk alján ható feszültségek (az A ábra kinagyított részlete). [LEEMAN 1971 nyomán]

Fig. 3. A: The stress system at a point in the rock mass, B: The stresses on the flattened end of a borehole (enlargement from A). [After LEEMAN 1971]

	BONNECHERE	VAN HEERDEN	CROUCH
A	1,025	1,25	1,35-1,55v
B	0	0	0
C	-0,75(0,5+v)	-0,75(0,65+v)	-0,81(0,562+v)
D	1,25	1,25	—

2. táblázat. A (6) egyenletrendszerben szereplő korrekciós faktorok [LEEMAN 1971 nyomán]

Table 2. Correction factors in (6) [after LEEMAN 1971]

A helyszínek kiválasztási szempontjai és a mérések végrehajtása

A helyszínek kiválasztása a következő szempontok alapján történt [DÖVÉNYI et al. 1988]:

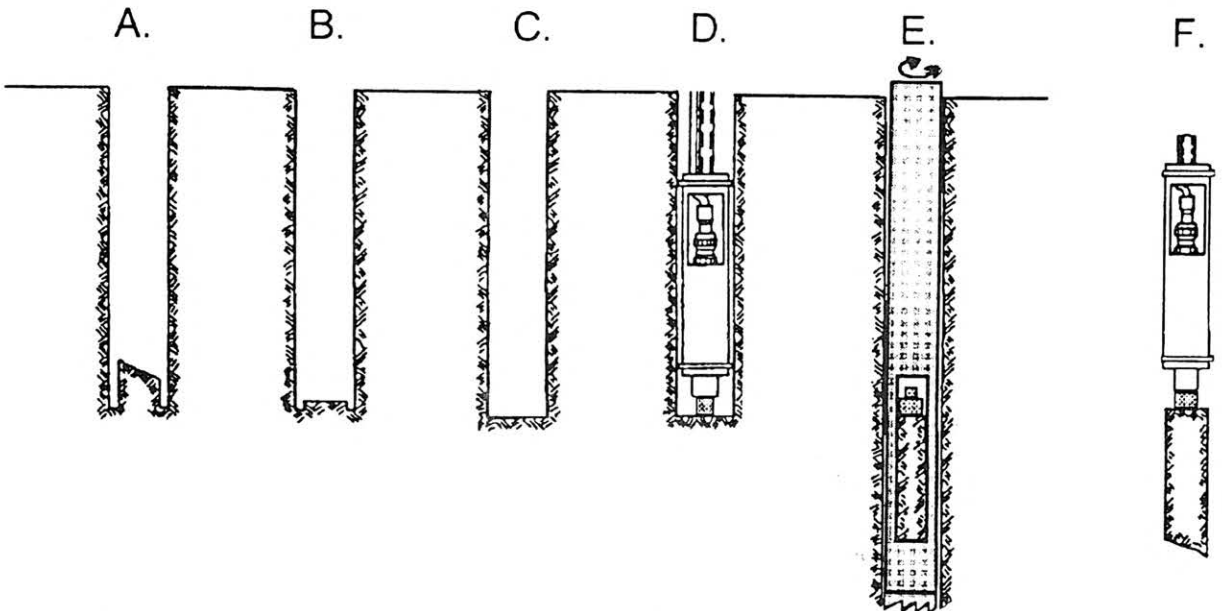
- a mérés csak finomszemcsés, üde kőzetben végezhető el, mert durvaszemcsés kőzetben a szonda a szemcsék közötti feszültségkülönbséget mérné. Ügyelni kell arra, hogy a kőzet ne legyen összetöredezett s porozitása is minél kisebb legyen. Zárt repedéskitöltés azonban nem zavarja a mérést. A rétegvastagságnak legalább 10 centiméteresnek kell lennie és a szálkőzetnek minimum egy négyzetméteren a felszínre kell bukkannia, mivel ekkora terület szükséges a fúróberendezés szilárd rögzítéséhez. Magas kvasav-tartalmú kőzetben a fúrás nehezen végezhető el. Mindezek alapján a mikrites, vastagon rétegzett mészkő tűnik a legalkalmasabbnak a mérésre.

— A megnyúlásmérő cellát csak száraz kőzetre tudjuk felragasztani, ezért a talajvízszint nem érheti el a fúrás talpmélységét. Bármilyen tartós vízbeszivárgás, illetve visszafolyás is megakadályozza a mérést.

— A mérés során azt is biztosítanunk kell, hogy ne a környék morfológiájának hatására kialakuló lokális feszültségteret mérjük, hanem a tektonikai eredetű regionális feszültséget. Ezért a mérési helyszín nem lehet hegycsúcsban vagy völgyben, a kőbányákban pedig a bányafaltól legalább a fal magasságával megegyező távolságban mértünk. Kerülendők a karsztos területek is, ahol a felszín alatti üregek eltorzíthatják a regionális feszültségteret.

A helyszín kiválasztása után a fúróberendezést stabilan rögzítjük és úgy állítjuk be, hogy a fúrás függőlegesen haladjon. A berendezés lebontását csak a lyukban tervezett összes mérés elvégzése után lehet megtenni, mert egy felhagyott fúrólyukra már nem lehet visszaállni. A fúrás 76 milliméteres átmérővel, folyamatos magmintavétellel történik. A berendezés hűtéséhez vizet használunk. Ha a kívánt mélység elérésekor (minimum két méter) a mag vizsgálatából arra következtetünk, hogy a kőzet nem alkalmas a mérésre, akkor magmintavétellel továbbfúrunk.

Ha a kőzetet alkalmasnak találjuk a mérésre, akkor a fúrófej cseréje után néhány centimétert teljes szelvényvel fúrunk, hogy a talp egyenetlenségeit elsimítsuk, majd a lyuk alját polírozunk (4a-c. ábra). Erre azért van szükség, hogy a szonda teljes felületével a kőzetre fekdjön. Ezután a lyukat megtisztítjuk és kiszáritjuk. Csak a fúrólyuk kiszáritása után lehet eldönteni, hogy a kőzet valóban alkalmas-e a mérésre. Amennyiben a polírozott felszínen bármilyen ap-

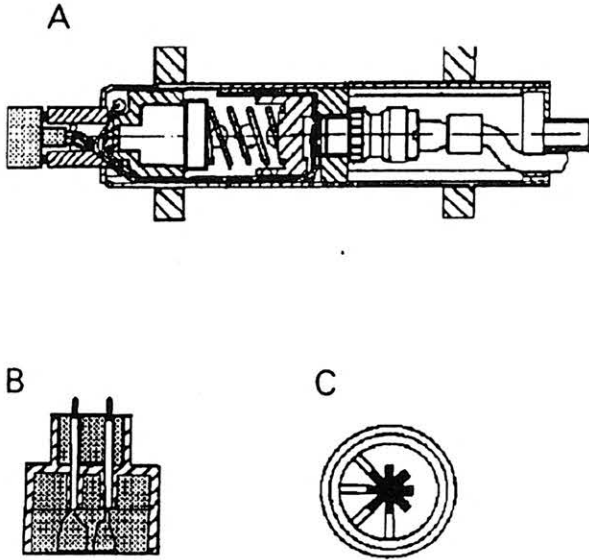


4. ábra. A ráfúrásos feszültségmérés főbb szakaszai. A: Fúrás a megfelelő mélységig és kőzetig, B: a lyuk talpának lecsiszolása, C: polírozás, D: a nyúlásmérő cella felragasztása és a referenciamérés, E: ráfúrás, F: a mag kiemelése és a relaxációs mérés [LEEMAN 1971 nyomán, módosítva]

Fig. 4. The process of the overcoring stress measurements. A: Boring to the suitable depth and rock, B-C: polishing of the bottom of the hole, D: sticking of the gauge and the reference measurement, E: overcoring, F: removing of the core and the relaxation measurement [modified after LEEMAN 1971]

ró repedés látszik, folytatjuk a fúrást, ugyanis a ráfúrás során a repedésnél a kőzet eltörhet és a mérőcella meglazul. Ha a talpon nem látszik repedés, akkor megkezdjük a mérést.

A szonda (5a-b. ábra) aljához csatlakoztatjuk a cellát, amelynek talpán négy vezetékszál helyezkedik el, melyek egymással 45°-os szöget zárnak be (5c. ábra). Ezen vezetékek ellenállásváltozása arányos megnyúlásukkal, illetve rövidülésükkel. A szondához kapcsolódó mérőműszer — mely ellenállást mér — már a cella vezetékeinek hosszváltozását mutatja ki $\mu\text{m}/\text{m}$ -ben.



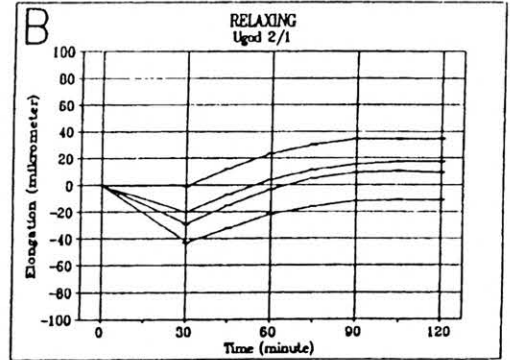
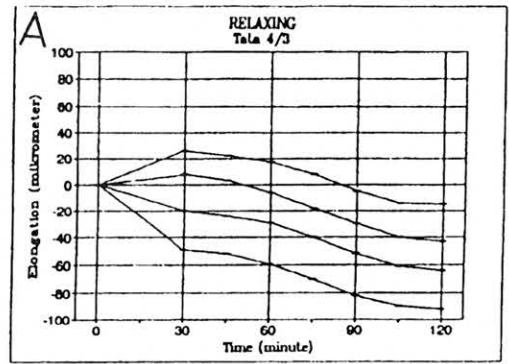
5. ábra. A méréshez használt szonda (A) és a megnyúlásmérő cella (B) oldalnézeti képe, valamint a cella talpa (C). A szonda bal oldalához csatlakozik a megnyúlásmérő cella, amelyet a mérés során a fúróluk talpára ragasztunk. A szondában hőmérséklet-kompenzációt biztosító kőzetmintát és cellát is elhelyeztünk

Fig. 5. Side view of the installing tool (A) and the strain gauge cell (B), (C): the bottom of the strain cell. The strain cell, which will be glued onto the bottom of the hole during the measurement, is plugged in the end of the installing tool. There are a strain gauge cell and a rock sample in the installing tool assures the temperature compensation

A szondát a tetejéhez csatlakoztatott alumíniumrudak segítségével bocsátjuk le a lyukba, ahol a mérőcellát a kőzetre ragasztjuk (4d. ábra). A mérés megkezdése előtt a szondát — s így a cellát is — az északi irányhoz tájoljuk, majd a rudazatot rögzítjük. Ezután kezdődik a referenciamérés, amelyet a ragasztó megszilárdulásáig (1-1,5 óra) 15 percnként végzünk. Célja a ráfúrás előtti alapállapot megismerése.

A ragasztó megszilárdulása után kihúzzuk a szondát a fúrólukból. A felragasztott mérőcella ekkor leválk a szondáról és a kőzethez tapadva marad. Ezután kerül sor a ráfúrásra, amikor egy 15-20 centiméteres magot fúrunk (4e. ábra).

A kivett mintát — rajta az érzékelő cellával — csatlakoztatjuk a szondához és megkezdjük a relaxációs mérést (4f. ábra), amelynek során a mag deformációját mérjük $\mu\text{m}/\text{m}$ -ben a minta hossz tengelyére merőleges négy irányban. Az alakváltozás egy-másfél óra alatt végbemegy, a mért értékek stabilizálódnak, a mérés befejeződik (6. ábra).



6. ábra. Relaxációs mérés adatai egy tatai (A) és egy ugodi (B) mintán. A tatai minta a ráfúrás után összehúzódott, tehát eredeti helyén extenziós feszültségtérben helyezkedett el. Az ugodi minta viszont három irányban tágult, vagyis kompressziós közegeből származik. [GERNER 1991 nyomán] Fig. 6. Relaxation measurements on samples from Tata (A) and Ugod (B). After the overcoring the Tata sample contracted while the Ugod sample showed extension in three directions. These measurements indicate that the in-situ stress field is extensional in Tata and compressional in Ugod. [After GERNER 1991]

A hazai mérések helyszínei, adatai és értelmezése

A mérési eredmények értelmezésénél a jegyzőkönyvben rögzített, a mérést befolyásoló körülményeket, illetve a mérési adatok kiértékelésekor kapott eredményeket is figyelembe vettük. Ezek alapján egyes adatok kimaradtak az értékelésből, mások súlya megnőtt. Az egyes mérések értékét csökkentette:

- mérésen belül 15°-nál nagyobb szórás,
- vékony, törött vagy aszimmetrikus mag,
- az átlagtól jelentősen eltérő feszültségirány vagy érték,
- hidrosztatikus (minden irányban azonos értékű) feszültségtér.

Hangsúlyozni szeretnénk, hogy az 1. táblázat műnősítési rendszerét elfogadva a hazai feltérési viszonyok és műszerpark mellett nem lehetséges D kategóriánál jobb ráfúrásos feszültségmérést végezni, mivel a fúróberendezés legfeljebb 10 méter mélységet tud elérni. Kivételt jelenthet, ha triaxiális mérést végzünk, illetve ha mélyszerinti bányában hajtunk végre biaxiális mérést, mellyel így a magasabb kategóriák mélységre vonatkozó feltételét ki tudjuk elégíteni.

A karlsruhei egyetem szakembereinek vezetésével és segítségével három ráfúrásos feszültségmérést végeztünk (Ugod, Beremend, Miskolc), amelyek eredményeit és értelmezését BECKER [1989] valamint DÖVÉNYI és HORVÁTH [1990] közölték, így itt csak rövid összefoglalásukat adjuk.

Ugod: A falu Pápa felé eső végében kezdődő kis földúton haladva két kilométer után érjük el a kőfejtőt, ahol méréseinket végeztük. A 200 méter átmérőjű bányaudvar az út szintjében egy domb oldalába, nóri dachsteini mészkőbe mélyül. A kőzet vastagpados, tömött, néhol erősen bioklasztos. A rétegek dőlésszöge 20–30°. A bányaudvar déli és északi peremén két nagyobb törés található. Egy mérési pont a déli törésvonalon 7–8 méterre, kettő a törésektől nagyjából egyenlő távolságra volt. Összesen tizenöt mérést végeztünk doorstopper technikával, illetve két triaxiális mérés is történt. A kiértékelés szerint minden irányból kompressziós feszültségtér uralkodik, a nagyobb horizontális főfeszültség iránya 151–331°, szórása 18° (7A. ábra).

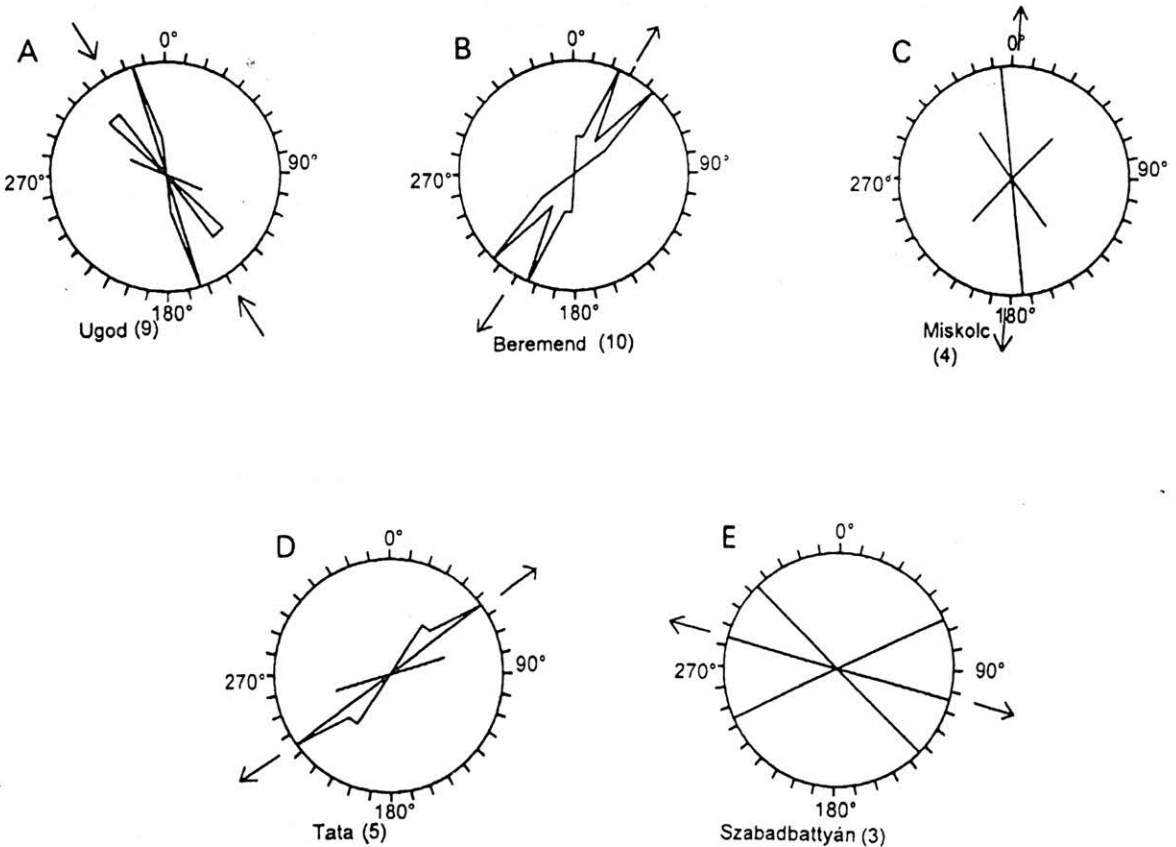
Beremend: A magyarbólyi elágazástól 50 méterre található a kétszintes kőfejtő bejárata. A lapos térszínen egy kisebb domb felszíne alá mélyül a bányaudvar. Földtani helyzetét tekintve a bánya a Villány-hegység legfelső pikkelyében található. A fúrásokat felső kréta korú, szürke, vastagpados, pachyodontás mészkőben végeztük. A karsztvízszint az alsó fejtési

szint alatt hat méterrel volt, így a mérést nem zavarta. Itt húsz mérést végeztünk három fúrólukban. Mindkét horizontális főfeszültségi irány tenziós jelleget mutatott, a nagyobb iránya (amely ebben az esetben a kisebb húzófeszültséget jelenti) 31–211°, szórása 15° (7B. ábra).

Miskolc: A Miskolctapolcára vezető út folytatásában van a nagykőmázsai mészkőbánya bejárata. Itt felső triász korú, szürke, mikrites mészkövet fejtenek. A kőzet vastagpados, palás, erősen töredezett, amelyet tovább növelt a bányaművelés során történt számtalan robbantás. Méréseink során problémát jelentett a kőzet töredezettsége mellett a bánya topográfiai helyzete is. Emiatt csak öt értékelhető mérést végeztünk, amelyek tenziós feszültségtérre jeleztek. A legnagyobb horizontális főfeszültség iránya 1–181°, szórása 33° (7C. ábra).

A következő két helyszínen szintén a karlsruhei egyetem berendezéseit használtuk, ám a német szakemberek nem vettek részt a mérések elvégzésében.

Tata: A mérést a Kálvária-dombon, a bekerített természetvédelmi terület melletti felhagyott mészkőbányában végeztük. A fúrásokat a rhaeti dachsteini mészkőben mélyítettük. A kőzet szürkésfehér, meg-aloduszos, tömör mészkő, amelyet néhol hasadékkitöltésként vörös, agyagos mészkő szakít meg. Itt két fúrólukban összesen tíz értékelhető mérést végeztünk, amelyeket a 3. táblázatban foglaltunk össze.



7. ábra. A mérések eredményeinek irányeloszlása. A helységnevek mögötti zárójelben a felhasznált adatok száma található. A nyilak az egyes mérések átlagának irányát mutatják. A kifelé mutató nyíl extenziót, a befelé mutató pedig kompressziót jelez. Fig. 7. The direction distributions of the results. The figures in the brackets after the site names show the number of successful measurements at each sites. The arrows indicate the average values of the measurements. The outwards orientated arrows represent extension, the inward orientated ones indicate compression

	SH _{max}	SH _{min}	Irány
1	1,86	-2,32	58°
2	-2,62	-6,30	12°
3	-1,42	-5,97	149°
4	-4,10	-6,51	46°
5	-3,41	-4,67	56°
6	1,73	-7,25	165°
7	0,75	-3,94	108°
8	13,45	7,85	132°
9	32,63	28,08	30°
10	-1,27	-9,55	75°

3. táblázat. A tatai mérési eredmények. SH_{max} és SH_{min} a legnagyobb, illetve legkisebb horizontális főfeszültség nagysága MPa-ban. Az irány SH_{max} északkal bezárt szöge

Table 3. Results of the Tata measurements. SH_{max} and SH_{min} are the maximum and minimum horizontal principal stresses in MPa. The last column shows the deviation of SH_{max} from the North

Az egyes mérések által jelzett maximális horizontális főfeszültségek irány szerinti eloszlásából látszik, hogy azok fele (az 1., 4., 5., 9. és 10. mérés) egy helyen csoportosul, így ezek átlagát ($53-233^\circ \pm 16,5$) tekintettük a közetfeszültség helyi maximumának (7D. ábra).

A mérés szerint a horizontális síkban fekvő maximális főfeszültség ÉK-DNy irányú, a minimális főfeszültség pedig ÉNy-DK-i. A feszültségtér mindkét irányban extenziós jelleget mutat. Az eredmény értelmezésére kétféle lehetőség van:

- Egy regionális kiterjedésű, tektonikai eredetű feszültségprovinciára utal, amelyet azonban nem támasztanak alá az ország különböző helyein, más módszerrel meghatározott feszültségadatok.
- A tatai rögök kiemelt morfológiai helyzetéből adódó tenziós feszültséget mutatta ki a mérés. Ugyanis itt a mezozoós alaphegység kettős dombvonulatot alkot ÉK-DNy-i csapással. A nyugati szárnyán negyedidőszaki üledékekkel fedetten található egy vonulat, keleti részén van a Tatán felszínre bukkanó Kálváriadomb. Ettől keletre viszont az alaphegység 200, nyugatra pedig 50 méterrel van a tengerszint alatt [FÜLÖP 1975].

Szabadbattyán-Kőszárhegy: A „Mészkö” Kőbányászati Vállalat Polgárdi-Ípartelepeken működő kőbányájában végeztük a mérést. A bánya Polgárdi és Székesfehérvár között, a Kőszárhegy oldalában található. A fejtett terület csaknem 3 kilométer hosszan, több szintben tárja fel a felsőkarbon metamorf mészkövet. A kőzet vastagpadosnak, ugyanakkor töredezettnek tűnt. Az alsó bányaudvar területén összesen hét fúrólukban kíséreltük meg a mérést úgy, hogy azok lehetőség szerint távol essenek egymástól. E kísérletek közül csak két lyukban tudtunk eredményes mérést végezni, a többiben ez megghiúsult a töredezett kőzet vagy a mészkőben talált üregek miatt.

Összesen tíz értékelhető mérést végeztünk, amelyeket a 4. táblázatban foglaltunk össze.

	SH _{max}	SH _{min}	Irány
1	4,61	0,93	54°
2	-1,70	-4,70	23°
3	-2,45	-7,26	134°
4	-7,24	-8,66	176°
5	-4,43	-7,84	63°
6	-8,18	-9,00	31°
7	-5,11	-15,24	155°
8	-0,87	-2,56	106°
9	-8,51	-8,89	73°
10	-1,92	-5,97	7°

4. táblázat. A szabadbattyán-kőszárhegyi mérési eredmények. A jelölések magyarázata a 3. táblázatnál található

Table 4. Results of the Szabadbattyán-Kőszárhegy measurements. Explanation of the symbols at Table 3

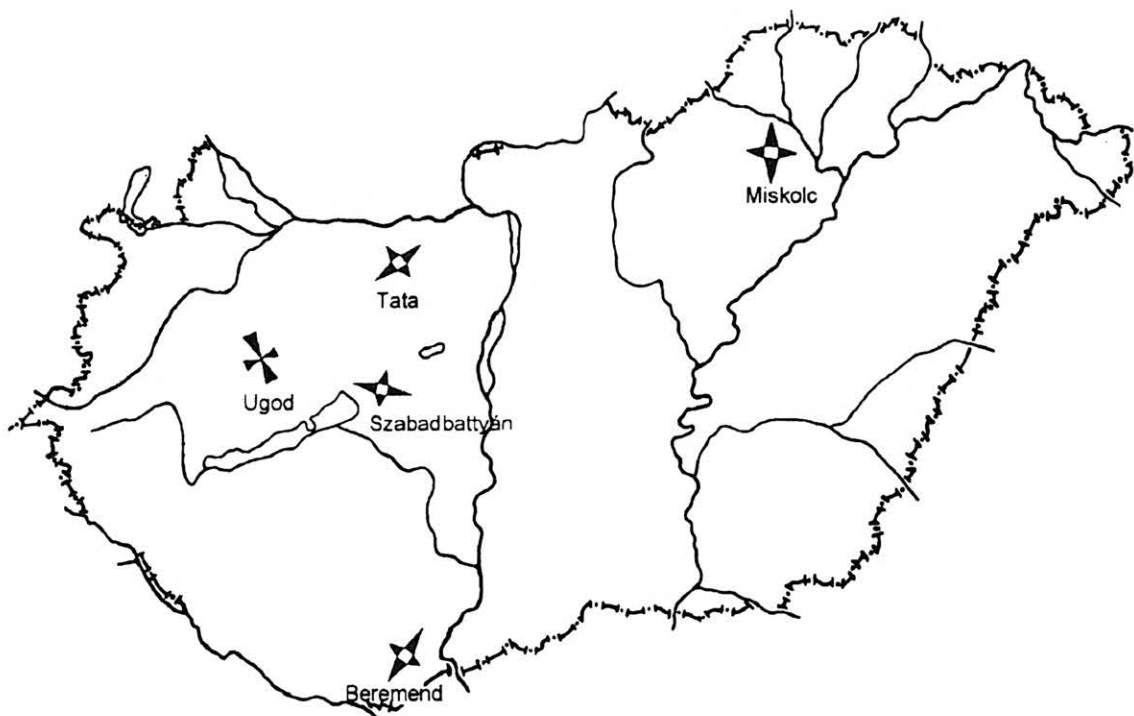
A tíz mérés közül hétben tenziós, kettőben hidrosztatikus (6. és 9. mérés) és egyben (1. mérés) kompressziós feszültségállapotot mértünk, amelyből úgy tűnik, hogy e kis mélységtartományban az extenziós feszültségállapot dominál. Az eredmények eloszlásából jól látszik, hogy erősen szóródnak és a tatai méréssel ellentétben nem csoportosulnak egyetlen irány köré sem. Értelmezésüknél ezért fokozottan figyelembe vettük a mérési jegyzőkönyvben foglalt észrevételeinket. Ezek alapján csak a 3., 5. és 8. mérések adatait találtuk megbízhatónak. E mérések átlagára $101-281^\circ \pm 35$ adódott (7E. ábra). Figyelembe véve a megfelelő adatok kis számát és a szórás nagyságát a... mondhatjuk, hogy ez a főfeszültségi irány önmagában csak fenntartásokkal fogadható el.

Összefoglalás

1989 óta néhány sikertelen próbálkozás mellett öt eredményes ráfúrásos közetfeszültség-mérést végeztünk az ország különböző szerkezeti egységeiben. Tapasztalataink alapján igen nehéz minden szempontból megfelelő feltárást találni, azonban ha ez sikerül, akkor a módszer az összes feszültségmérési eljárást tekintve egyedülálló adatokat szolgáltat a kéreg recens feszültségállapotáról.

Beremenden, Miskolcon, Tatán és Szabadbattyánban tenziós, Ugodon pedig kompressziós feszültségtérrel mértünk. Utóbbi két esetben a legnagyobb horizontális feszültség iránya ÉNy-DK-i, a többiben É-D és ÉK-DNy közötti volt (8. ábra, 5. táblázat).

A kapott eredmények összhangban vannak más mérési adatokból kapott hazai és külföldi adatokkal [GERNER 1992], tektonikai és geodinamikai értelmezésükhöz azonban további mérések elvégzése szükséges hazánk egész területén és a környező országokban.



8. ábra. A legnagyobb és a legkisebb horizontális főfeszültség iránya és jellege a mérési pontokban. A maximális horizontális főfeszültség irányát nagy, a minimális irányát pedig kis háromszögek jelzik. A csúcsával kifelé mutató háromszög extenziót, a befelé mutató kompressziót jelez

Fig. 8. Styles and directions of the maximum and minimum horizontal principal stresses at the test sites. The big triangles show the direction of the maximum horizontal principal stress, the small triangles show the direction of the minimum horizontal principal stress. The triangles pointing outward indicate extension, the ones pointing inward indicate compression

Helyszín	Főfeszültség iránya	Szórás	Minősítés
Ugod	151-331°	18°	D
Beremend	31-211°	15°	D
Miskolc	1-181°	33°	D
Tata	53-233°	16,5°	D
Szabadbattyán	101-281°	35°	D

5. táblázat. A mérési eredmények összefoglaló táblázata

Table 5. Summary of the measurements discussed in the paper

Köszönetnyilvánítás

A cikk írói köszönettel tartoznak HORVÁTH Ferencnek és DÖVÉNYI Péternek támogatásukért és a munkafeltételek biztosításáért. Köszönet illeti a karlsruhei egyetem munkatársait is, akik felszerelésüket rendelkezésünkre bocsátották és megtanították a mérés és kiértékelés módjaira. E munka a „Magyarország mai feszültségállapotának meghatározása” című OTKA I/3.2131 számú kutatási támogatás keretében készült.

HIVATKOZÁSOK

- ANDERSON E. M. 1951: The dynamics of faulting. Second Edition, Oliver and Boyd, Edinburgh
- BECKER A. 1989: In-situ stress measurements in Hungary. Kézirat, ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest
- BONNECHERE F., FAIRHURST C. 1968: Determination of the regional stress field from „doorstopper” measurements. J. S. Afr. Inst. Min. Metall., **68**, 520-544
- CROUCH S. L. 1969: A note on the stress concentrations at the bottom of a flat-ended borehole. J. S. Afr. Inst. Min. Metall., **70**, 100-102
- DÖVÉNYI P., HORVÁTH F. 1990: Determination of contemporary crustal stress regime in Hungary. Acta Geod. Geoph. Mont. Hung., **25/3-4**, 257-266
- DÖVÉNYI P., HORVÁTH F., FODOR L. 1988: Kőzetfeszültségi viszonyok meghatározási lehetőségeinek vizsgálata mélyfúrásokban lyukbőség adatok alapján. Kézirat, ELTE Geofizikai Tanszék, Budapest
- FÜLÖP J. 1975: Tatai mezozoós alaphegységgrögök. Geologica Hungarica Ser. Geol. Tomus 16
- GERNER P. 1992: Recens kőzetfeszültség a Dunántúlon. Földtani Közöny, **122/1**, 89-105
- GOUGH D., GOUGH W. 1987: Stress near the surface of the Earth. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., **15**, 545-566

- JAEGER J. C., COOK N. G. W. 1976: Fundamentals of rock mechanics. Second Edition, Chapman and Hall Ltd, London
- LEEMAN E. R. 1964: The measurement of stress in rock. *J. S. Afr. Inst. Min. Metall.*, **65**, 45-114
- LEEMAN E. R. 1971: The CSIR „doorstopper” and triaxial rock stress measuring instruments. *Rock Mechanics*, **3**, 25-50
- MEANS W. D. 1976: Stress and strain. Springer Verlag, New York, Heidelberg, 1-339
- MÜLLER B., ZOBACK M. L., FUCHS K., MASTIN L., GREGERSEN S., PAVONI N., STEPHANSSON O., LJUNGGREN C. 1992: Regional patterns of tectonic stress in Europe. *J. Geoph. Res.*, **97**, 11783-11803
- SCHEIDEGGER A. E. (Ed.) 1980: Tectonic stress in the Alpine-Mediterranean region. *Rock Mechanics Supplementum* **9**, 255 pp
- VAN HEERDEN W. L. 1968: The effect of end of borehole configuration and stress level on stress measurements using „doorstoppers”. *Rep. Coun. Scient. Ind. Res. S. Afr.*, Meg 626
- ZOBACK M. L. 1992: First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: the World Stress Map Project. *J. Geoph. Res.*, **97**, 11703-11728
- ZOBACK M. L., ZOBACK M. D. 1980: State of stress in conterminous United States. *J. Geoph. Res.*, **85**, 6113-6156
- ZOBACK M. L., ZOBACK M. D., ADAMS J., ASSUMPCAO M., BELL S., BERGMAN E. A., BLÜMLING P., BRERETON N. R., DENHAM D., DING J., FUCHS K., GAY N., GREGERSEN S., GUPTA H. K., GVIHIANI A., JACOB H., KLEIN R., KNOLN P., MAGEE M., MERCIER H. L., MÜLLER B., PAQUIN C., RAJENDRAN K., STEPHANSSON O., SUARES G., SUTER M., UDIAS A., XU Z. H., ZHIZHIN M. 1989: Global patterns of tectonic stress. *Nature*, **341**, 291-298

Észrevételek „A Szigetköz földtani kutatásai” c. cikkkel (34. évf. 2. sz.) kapcsolatban

Tisztelt Szerkesztőség!

Tekintettel arra, hogy a tárgyként megjelölt cikk bevezetőjében a szerzők „súlyos hiányosságok”-ról beszélve vállalatunkra hivatkoznak, tisztelettel kérjük az alábbi észrevételünk közzétételét.

Sajnálattal tapasztáltuk, hogy a Magyar Geofizika 34. évfolyama 2. számában megjelent „A Szigetköz földtani kutatásai” c. cikk szerzői értékes szakmai munkájuk ismertetését a Bős—Nagymarosi Vízlépcsősorrendszer elleni újabb támadásra és vállalatunk ebben végzett szakmai tevékenységének elmarasztalására használták fel.

Ezúton szeretnénk tájékoztatni a folyóirat olvasóit arról, hogy a cikk bevezetőjében közreadott információk hiányosak, a következtetések pedig véleményünk szerint hibásak.

A dunai vízlépcsők tervezését ugyanis — a szerzők állításával ellentétben — részletes földtani adatgyűjtés és feltárás előzte meg, mely 1951-ben kezdődött, 1964—66-ban volt a legintenzívebb és a 70-es évek végéig folytatódott. Ennek során a magyar oldalon mintegy 1150 feltáró fúrást mélyítettek (ebből 128-at a Szigetköz területén), és 82 magyar szakvélemény készült (ebből 22 a Szigetközről).

A magyar oldali feltárásban és szakvéleményezésben részt vett a Magyar Állami Földtani Intézet, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet és a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány és Földtani Tanszéke is.

A magyar és szlovák oldal földtani ismereteinek összesítésére számos szakmai egyeztetés történt és több közös kiadvány született.

Ezek közül a Kisalföldre vonatkozók:

- Pannóniai rétegek előfordulása és szerkezete a Kisalföldi medencében
IGHP-VIZITERV 1959

- Szigetközi hidrogeológia
VUV-VITUKI 1963
- A Kisalföld negyedkori rétegösszetétele, pannóniai fekéjének domborzati és szerkezeti viszonyai
MÁFI 1965
- Kisalföld áttekintő geológiája
IGHP-VIZITERV 1965
- A Kisalföld áttekintő geológiája
IGHP-VIZITERV-HDP 1966
- Kétlépcsős folyami változat — mérnökgeológiai jelentés
IGHP-VIZITERV- HDP 1966
- A Gabcikovo — Nagymarosi Vízlépcsősorrendszer mérnökgeológiai és hidrogeológiai feltárása
IGHP- VIZITERV 1967

Mindezek alapján a dunai vízlépcsősorrendszer kapcsán feltáratlanságról, a földtani ismeretek hiányáról, a tervezés megalapozatlanságáról beszélni indokolatlannak tartjuk.

Ettől teljesen függetlenül — megismerve a MÁFI legújabb „A Szigetköz és a kapcsolódó térség földtani viszonya” című kiadványát — mi is őszintén sajnáljuk, hogy ez a kiváló anyag csak 1991-ben jelent meg. A két dolognak azonban a cikkben történt összekapcsolása számunkra érthetetlen és sértő.

Budapest, 1993. november 2.

Koós László igazgató
VIZITERV Mérnök Szolgálati Vállalat
1148 Budapest, Nagy L. király útja 1-9.

A geodéziai gravimetria magyarországi fejlődésének fontosabb állomásai

A geodéziai gravimetria a geofizika és a geodézia közös területének, az ún. fizikai geodézia feladatainak megoldásával foglalkozik. A Föld alakjának meghatározásában a gravitációs kutatásoknak nagy jelentőségük van, mivel a Föld alakját — a geoidot — mint a nehézségi erőter nivófelületét definiálják. A múlt században STOKES összefüggést fedezett fel a gravitációs anomáliák és a geoid undulációi között (ez utóbbit a geoidnak a Föld alakját jól közelítő forgási ellipsoidtól való eltérést értjük). Ahhoz, hogy a Stokes-képletet megfelelő pontossággal alkalmazhassuk a Föld alakjának meghatározásához, szükségünk van nagyszámú gravitációs anomália értékre, vagyis geometriai és fizikai mérésekre.

Magyarországon a geofizika egyetemi szintű oktatásának megindulása után az a sajátos helyzet alakult ki, hogy a gravitációs méréseket, az ehhez szükséges alaphálózatokkal kapcsolatos munkákat, a geofizikai alaptérképek szerkesztését, valamint a mérések eszközeinek hitelesítését és fejlesztését elsősorban az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) végezte, míg a geometriai mérésekkel, az elméleti kutatásokkal és számításokkal az állami földmérés intézményeiben és a Budapesti Műszaki Egyetem geodéziai tanszékein foglalkoztak.

Az 1950—55 közötti időszakban létesített első országos gravitációs alaphálózat, majd ezt követően az áttekintő graviméteres mérések lehetővé tették az országos geofizikai alaptérképek megszerkesztését

(1:1 000 000 méretarányú átlag Faye-anomália, 1:200 000 méretarányú Bouguer-anomália térképek). Ez idő tájt fejeződtek be az új országos felsőrendű háromszögelési hálózat munkálatai is, amelyek során a hálózat abszolút tájékozásához 12 ponton határozták meg a függővonal elhajlás összetevőit [HOMORÓDI 1961]. 1962-ben a Budapesti Geodéziai és Térképészeti Vállalat (BGTV) mintegy 100 felsőrendű pontra gravimetriai függővonal elhajlásokat számított a csillagászati azimutok ellipsoidra történő redukálása céljából. Az anomáliák feldolgozása 50 km sugarú tartományban történt grafikus eljárással.

1969-ben készült el az ország első geoid térképe, amelynél az undulációk középpontja ± 20 cm volt. 1968—70 között nemzetközi együttműködésben létrehozták a Nemzetközi Gravimetriai Hitelesítő Poligont, amelynek célja a nehézségi erőter esetleges időbeli változásainak tanulmányozása volt, majd ezt követően nemzeti hitelesítő alapvonalakat telepítettek. 1971-ben új I. rendű nehézségi hálózat létesítésére került sor. Az 1976—77-ben készített asztrogravimetriai kvázigeoidnál — MOLOGYENSZKU asztrogravimetriai szintezési eljárása szerint — 41 undulációból számítottak egy ± 13 cm középpontú I. rendű hálózatot. Ezeknél a számításoknál az anomáliákat már 300 km-es körtartományban vették figyelembe. Ezt követte 1978-ban egy 97 pontból álló, 36 km átlagtávolságú, csillagászati szintezéssel sűrít-

tett II. rendű hálózat, amelynek pontossága már ± 9 cm volt.

1980-ban újra kiszámították a II. rendű sűrítő hálózatot, most már asztrogravimetriai szintezéssel. A megbízhatóság így ± 6 cm lett [GAZSÓ 1986]. Mindezek alapján sor kerülhetett Magyarország 1:500 000 méretarányú, 20 cm szintvonalközű kvázigeoid térképének előállítására. 1974-ben újramérték a nemzetközi nehézségi hálózatot. A két mérési ciklusban kapott eredmények elemzésével megállapították, hogy a nehézségi erőter időbeli változásának mértéke Közép-Európában globálisan nem nagyobb ± 10 nms⁻²/év értéknél.

1978-ban került sor első ízben Magyarországon abszolút graviméterrel végzett nehézséggyorsulási érték meghatározására. Ezt a mérést a 80-as években további négy követte, így az 1980—89 között mért új gravitációs alaphálózat (MGH-80) méretarányát öt abszolút pont biztosítja [CSAPÓ, SÁRHIDAI 1990]. 1981-ben kezdődtek azok a munkák, amelyek célja a komplex geoid meghatározása; előállítása digitális úton történik az ELGI teljes gravitációs adatbankja felhasználásával, geopotenciális földmodellek beépítésével [KENYERES 1992].

A Budapesti Műszaki Egyetem Felsőgeodéziai tanszékén elsősorban a felsőrendű szintezések elméleti és gyakorlati problémáival foglalkoznak: számítógépes program készült a függővonal elhajlások Eötvös-inga mérések alapján történő sűrítéséhez, valamint izosztatikus geoidra vonatkozó számításokat végeznek. Nemzetközi érdeklődést váltott ki az a kutatás, amely a nehézségi erőter időbeli változásainak kérdéseivel foglalkozott [BÍRÓ 1983]. Bármely céllal végzett gravitációs mérésnél, valamint geodinamikai kutatásoknál szükség van az erőter árapály okozta változásainak ismertetése. Erre vonatkozóan az MTA soproni Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetében és az ELGI-ben folynak kutatások és rendszeres regisztráló mérések. A feldolgozott mérési eredményeket a világadatbankba továbbítják.

Az elmúlt években rohamosan fejlődő új műholdas helymeghatározási eljárás (GPS) is igényli a nehézségi erőter ismeretét, amennyiben a műholdak pályaelemeinek számításához nehézségi erőter modelleket használnak. A GPS technika elméleti és gyakorlati kérdéseivel elsősorban a Földmérési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriumában (FÖMI KGO), a Magyar Honvédség Tóth Ágoston Térképészeti Intézetében (MHTÁTI), valamint a Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet (GGKI) és a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) megfelelő kutatóhelyein foglalkoznak.

1991-ben került sor a magyarországi GPS alaphálózat (OGPSH) nulladrendű részének telepítésére és mérésére, amely hálózatot mind a gravitációs, mind pedig a hagyományos geodéziai alaphálózatokkal összekapcsoltak [FEJES et al. 1992]. Várható, hogy a nem túl távoli jövőben ez a helymeghatározási eljárás megfelelő pontosságot fog biztosítani milliméter

nagyságrendű alakváltozások kimutatásához és hozzájárul a Föld alakjának egyre pontosabb megismeréséhez.

HIVATKOZÁSOK

HOMORÓDI L. 1961: The Absolute Orientation of our New Triangulation Net. *ÉKME Tud. Közl.* VII. No. 2. 79–104. Budapest

GAZSÓ M. 1986: New Results of the Gravimetric Geodesy in Hungary. (C.Sc Dissertation, Budapest)

CSAPÓ G., SÁRHIDAI A. 1990: Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH-80). GEKA 1990/2. Budapest

KENYERES A. 1992: Detailed geoid determination using the combination of truncated global integrals and geopotential models. *In: Global and local geoid investigations*, Technical University of Budapest

BÍRÓ P. 1983: Time variation of height and gravity. *Sammlung Wichmann Vol. 14*, Wichmann, Karlsruhe and Akadémiai Kiadó, Budapest

FEJES I. et al. 1992: Realization of the Hungarian Geodynamic GPS Reference Network. (IAG Regional Symposium Recent Crustal Movements in Europe.) Székesfehérvár

Csapó Géza, Gázsó Miklós

Az árapály kutatás fejlődésének története

A magyarországi árapály kutatás — földrajzi adottságok miatt — elsősorban földárapály kutatást jelent. Ennek ellenére az országunkban megjelent első árapály tárgyú munka „Az árapály a fiúmei öbölben” címet viseli és 1874-ben jelent meg A. STAHLBERGER tollából. Érdekes talán még megemlíteni — a régi időknél maradványként —, hogy 1904-ben a Királyi Magyar Természettudományi Társulat kiadványaként, KÖVESLIGETHY Radó fordításában és EÖTVÖS Loránd szerkesztésében jelent meg G. H. DARWIN „A tengerjárás és rokontünemények naprendszerünkben” c. munkája.

Darwin „művének magyar kiadása iránt annyira érdeklődött, hogy sok helyen kiegészítésekkel, újabb adatokkal és teljesen új vizsgálatokkal volt szívesen szolgálni”. [KÖVESLIGETHY 1899]. Az árapály első pontos leírása magyar szerző tollából KÖVESLIGETHY Radó 1899-ben Budapesten megjelent „A matematikai és csillagászati földrajz kézikönyvé”-ben található.

A két világháború közötti időszakból árapály kutatási eredményekről Magyarországon alig tudunk.

A luniszoláris változásokat elsősorban mint az egyes speciális, nagypontosságú geodéziai méréseket terhelő jelenségeket említi ezen korszak irodalma.

Hazánkban a gravitációs árapály regisztrálására — a graviméterek magyarországi megjelenését követően — először 1950-ben került sor az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) kezdeményezésére. Ekkor az ország különböző pontjain (Budapest, Pécs, Keszthely) néhány nap hosszúságú vizuális észlelésekre került sor. A mérési eredményeket egy-

szerűen az elméleti luniszoláris görbével hasonlították össze és meghatározták a mért és az elméleti görbe között fennálló kapcsolatot, amiből — elemi hullámokra történő felbontás nélkül — egy, a Föld rugalmas deformációja miatt fellépő szorzót kaptak. Ennek átlagos értéke 1,17 lett, ami tulajdonképpen jó megegyezést mutat az amplitúdó hányadosok később nagyobb igénytel meghatározott értékével.

A gravitációs árapály kutatások tudományos igénytel az 1957–58. évi Nemzetközi Geofizikai Évvél (IGY) kapcsolatban kezdődtek. Ekkor Tihanyban az ELGI Geofizikai Observatóriumában folytak több hónapon keresztül vizuális észlelések két — a már az 1950. évi megfigyelésekkor is használt — Heiland graviméterrel. Ennek a sok emberi erőfeszítést kívánó megfigyelési sorozatnak az adatait a nemzetközi szakirodalom is átvette. A megfigyelt árapály görbéket ekkor már harmonikus analízisnek vetették alá LECOLAZET módszerével. Ebben az időben több módszertani vizsgálat is folyt Magyarországon. Ezek főbb eredménye az elméleti árapályt számítógépes eljárás kifejlesztése és egy, a megfigyelő graviméterek műszerjártását meghatározó eljárás kidolgozása volt.

A gravitációs árapály automatikus regisztrálására szerkesztett állomás 1966-ban kezdte meg működését a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Tihanyban működő observatóriumában. Viszonylag hamar (1971-ben) sor került a digitális megfigyelések megindítására is. Az 1970-es évek közepe óta az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Geofizikai Tanszéke is folytatott hosszabb-rövidebb ideig tartó megfigyeléseket.

Magyarországon Tihanyon kívül — nem állandó jelleggel — gravitációs árapály megfigyelésekre került sor 1970 és 1985 között Sopronban, Pécsen, Pécsett, Pécen és Budapesten. Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet ezen túlmenően gravitációs árapály megfigyeléseket folytatott külföldön is (Graz, Bonn és Potsdam, Pechny, Pulkovo és Obninszk).

Több alkalommal került sor arra is, hogy Magyarországon történjenek külföldi műszerekkel gravitációs árapály mérések (így nálunk működtek a korábbi években bécsi, darmstadti, prágai, moszkvai kutató intézetek regisztráló graviméterei).

Fontos fejlődési fokot jelentett az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Budapesti Geodinamikai Állomásának megépítése az 1980-as évek legelején.

Itt a gravitációs árapály megfigyeléseket a legmagasabb tudományos színvonalon lehetett folytatni. Az 1980-as évek első felében nyilvánvalóvá vált, hogy az árapály regisztráló graviméterek mérési eredményeinek értelmezési lehetőségei a műszerek viszonylag pontatlan hitelesítése miatt beszűkülnek. Ebből a helyzetből jelenthet kivezető utat az ELGI Geodinamikai Állomásán készülő graviméter hitelesítő berendezés, amely nem csupán a regisztráló graviméterek hitelesítését teszi kb. hétszer pontosabbá, hanem hozzájárul a newtoni gravitációs törvénnyel kapcsolatban (80-as évek második felében) leírt ún. ötödik erő természetének vizsgálatához is.

Horizontális ingákkal folytatott megfigyelések Sopronban, a 60-as évek eleje óta folynak a Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet Geodinamikai Megfigyelő Állomásán. Ezen a helyen eleinte Tomaszék-Ellenberger típusú ingákkal folytak észlelések, később az intézet a saját maga által kifejlesztett, kapacitív érzékelővel ellátott ingáit kezdte használni. Az ezekkel a műszerekkel végzett megfigyelések eredményei nemzetközi szinten elismert pontossággal bírnak. A soproni Geodinamikai Állomáson hosszú ideig folytak mérések a Grazi Műgyetem Melchior-Verbandert típusú horizontális ingáival.

A moszkvai Schmidt Intézettel együttműködve kvarc cső extenzométerek épültek előbb a budapesti, majd a soproni geodinamikai állomásokon a 80-as évek elején, illetve végén. A Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet saját fejlesztő extenzométert épített a Pécs melletti uránbányában. Ugyanennek az Intézetnek sikerült egy kapacitív mérőhid elvén alapuló nagy pontosságú jelérzékelő kifejlesztésével 10^{-10} relatív észlelési pontosságot elérni mindhárom hazai állomáson. Ezek az állomások a Közép-Szlovákiában, Banská Stiavnica és a magyar—ukrán határ mellett működő megfigyelési helyekkel egy olyan obszervatóriumi hálózatot alkotnak, amelyek a Pannon-medence recens feszültségtereinek változásait hivatottak nyomon követni. Emellett ezek a műszerek jó minőségű földárapály megfigyelési eredmé-

nyeket szolgáltatnak és használhatók a hosszú periódusú felületi földrengéshullámok regisztrálására is. A megfigyelési eredmények digitális rögzítése speciális elektronikát kíván meg, amelyet mind az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, mind pedig a Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet kifejlesztett.

A módszertani és elméleti vizsgálatok eddigi eredményei:

- 1) A luniszoláris hatás okozta változásokat a hetvenes évek során sikerült kimutatni, rétegvíz és szénhidrogén lelőhelyeket feltáró fúrásokban. Ezek a megfigyelési eredmények alkalmasnak bizonyultak a befogadó kőzetek effektív porozitásának meghatározására (Eötvös Loránd Geofizikai Intézet).
- 2) Eredményes műszerfejlesztési tevékenység folyik Magyarországon a 70-es évek közepe óta, elsősorban Sopronban, a Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetben.
- 3) Elméleti számításokkal sikerült leírni a Föld belsejének árapály okozta állapotváltozásait. Az elméleti vizsgálatok között nagy szerepet kapott és kap a Föld fejlődését is jelentős mértékben befolyásoló árapálysúrlódás kutatása.

HIVATKOZÁSOK

- STAHLBERGER A. 1874: Az árapály a Fiumei-öbölben. Természettudományi Társulat, Budapest
- KÖVESLIGETHY R. 1899: A matematikai és csillagászati földrajz kézikönyve. Budapest
- DARVIN G. H. 1904: A tengerjárás és rokontünemények naprendszerünkben. Természettudományi Társulat, Budapest
- OSZLANCZKY SZ., LASSOVSKY K. 1952: A Nap és a Hold gravitációs hatása a graviméter mérésekre. Geofizikai Közlemények, 1, 12
- LASSOVSKY K. 1956: A Föld deformációs együtthatójának meghatározása graviméter mérésekből. Geofizikai Közlemények, 5, 1
- TÓTH G. 1958: A földkéreg árapálya. Magyar Tudomány, 8-9
- VARGA P. 1974: Dependence of the Love numbers upon the inner structure of the Earth and comparison of theoretical models with results of measurements. PAGEOPH, Vol. 112
- VARGA P. 1976: Investigation of Earth tides by observing dilatational variations of the water table. Marees Terrestres, Bull. d. Inf. No. 77
- VARGA P. 1984: Long-term variations recorded by extensometers. Journal of Geophysics, 55. 1

Varga Péter

Az ionoszféra és a magnetoszféra kutatásának története

A szervezett ionoszféra kutatás Magyarországon egy ionoszféra szondázó berendezés üzembe állításával 1954-ben kezdődött el az Országos Meteorológiai Intézet (OMI) keretében. Az ionoszféra hatékonyabb vizsgálatát is célzó nemzetközi kutatási programok (IGY, IQSY, stb.) szükségessé tették a hazai megfigyelések bővítését. Így indult meg 1966-ban az akkori MTA Geofizikai Kutató Laboratórium (MTA GKL) Nagycenk melletti obszervatóriumában a rádióhullámok abszorpciójának mérése, majd a hullámreflexió magasságváltozásának figyelése.

Az említett két intézmény, ill. az átszervezéssel létrejött Központi Légkörfizikai Intézet (KLI) és az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete (MTA GGKI) között munkamegosztás alakult ki. Az OMI, ill. a KLI Ionoszféra Osztálya elsősorban a rádióösszeköttetések biztonságosságát szolgáló rádióhullám terjedés előrejelzésekkel és ezzel összefüggésben az ionoszféra — főleg a *felső ionoszféra* — változásainak tanulmányozásával foglalkozott. Az MTA GKL, ill. az MTA GGKI Aeronómiai Osztályának munkái az *alsó ionoszféra* Nap-Föld jelenségeire összpontosultak. Az 1970-es évek során az Interkozmosz együttműködés keretében a felső ionoszféra vizsgálatára rakétás méréseket is végeztek. Különös figyelmet szenteltek az alsó D-réteg ionoszféra zavarainak, amelyek a nagyon kis frekvenciájú (VLF) és ultra kis frekvenciájú (ULF) hullámok terjedési rendellenességeiben tükröződnek és a Nap aktivitásával összefüggő Flare-ek, Forbush-csökkenések és geomágneses háborgások következményeiként jelentkeznek. Obszervatóriumi adatsorok elemzésével fő vonalaiban kvantitatíve is tisztázódott a fenti jelenségek és az ionoszféra zavarok kapcsolatának oksági háttere. A kapcsolat modelljének pontosítása szükségessé tette a homoszféra dinamikájának tanulmányozását. Erre a célra egy csupán földfelszíni megfigyeléseken alapuló módszert dolgoztak ki, amelyek helyességét a külföldi rakétás mérések is megerősítik.

A hazai *magnetoszféra* kutatás — az ionoszféra vizsgálatához hasonlóan — az obszervatóriumok létrehozásával kezdődött el. A Nemzetközi Geofizikai Év során, 1957-ben indult meg az MTA GKL Nagycenk melletti obszervatóriumában a geomágneses mikropulzációk folyamatos regisztrálása.

Ma már csaknem 35 éves — Európában szinte egyedülálló — adatsor áll a hazai és a külföldi kutatók rendelkezésére. A whistlerek megfigyelése a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Tihanyi Obszervatóriumában 1967 óta folyik az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Geofizikai Tanszékének kezdeményezésére. Hosszadalmas lenne a

hazai geomágneses regisztráló állomások és obszervatóriumok változó elhelyezésének és intézményi kötelekeinek több, mint egy évszázados történetét felvázolni.

Jelenleg a geomágneses elemek regisztrálását a tihanyi és a Nagycenk melletti obszervatóriumok végzik.

Az MTA GKL, ill. az MTA GGKI Geomágneses Osztályán kezdetben a pulzációk morfológiai vizsgálatával foglalkoztak. Ennek eredménye pl. egy új, nemzetközileg elismert pulzációindex.

Később főleg azokat a pulzációkat tanulmányozták, amelyek eredetét a napszél és a magnetopauza — hidromágneses hullámokat keltő — instabilitási folyamatainak tulajdonítják. A még csak részben tisztázott instabilitások fellépését a napszél paraméterek, a hullámterjedési viszonyokat pedig a geomágneses tér paraméterei is befolyásolják. A különféle hipotéziseken alapuló elméletek a fenti paraméterek és a pulzáció paraméterek lehetséges kapcsolataira következtetnek és körvonalazzák a kapcsolatok jellegét.

Az elméletek realizálásának megítéléséhez döntő támpontot szolgáltathat a posztulált és a valóságos kapcsolatok összevetése. A kutatások nagyrészt arra irányultak, hogy megfigyelési adatsorok statisztikai analízisével a valóságos kapcsolatokat felderítsék. Az eredmények csak részben támasztják alá az elméleti várakozásokat.

A pulzációk és a whistlerek is részét képezik a természetes elektromágneses zajspektrumnak. Azonban az utóbbiak eredete ismert: a whistlerek a villámlások által keltett VLF hullámok magnetoszférikus terjedésével keletkeznek. Segítségükkel a magnetoszféra több fontos paramétere vizsgálható, de tanulmányozható a felsőlégkör energetikájával összefüggő VLF hullámterjedés is. Az ELTE Geofizikai Tanszékén kidolgozott — és a nemzetközi gyakorlatban is elterjedt — rutinmódszerrel egyebek között követni lehetett a plazmaszféra plazmasűrűségének térbeli és időbeli változását. Kitént, hogy az ionoszféra-magnetoszféra csatolás kérdésében valott korábbi nézetek módosításra szorulnak. A kutatások a whistlerek finomszerkezetének kérdését új megvilágításba helyezték. Lehetőség kínálkozik a vezetőcsatornák és a hullámterjedés sajátosságainak tanulmányozására. Szintén a hullámterjedési viszonyok vizsgálatát célozza az ELTE Geofizikai Tanszékén megtervezett SAS kísérlet, amely az Interkozmosz-24 műholdon elhelyezett berendezéssel 1989 óta folyik.

Szemerédy Pál

HÍREK, BESZÁMOLÓK

ETIKAI KÓDEX — KOMMENTÁR NÉLKÜL

A „The Leading Edge” 1993. májusi számában jelent meg a Society of Exploration Geophysicists (USA) 1992—1993. évi tájékoztatója. A szokásos információk — például az alapszabály és a tagnévsor — mellett a 386. oldalon az alábbi Etikai kódexet közölték:

„Az SEG Alapszabálya V. paragrafusának 1. pontja kimondja, hogy „A tagság minden fajtájának függnie kell a szakmai etika elfogadott alapelveihez való alkalmazkodástól”.

Ezen elfogadott szakmai etikai alapelvek részletes kifejtéseként az alábbi Etikai kódexet hozzuk nyilvánosságra. Önöknek mint geofizikusoknak a kötelessége választott hivatásuk méltóságának fenntartása érdekében, hogy:

1. Szakmai munkájukat a megbízókhöz és a munkaadókhöz való hűség, az alkalmazottak és vállalkozók irányában tanúsított becsületesség és a személyi tisztesség magasztos eszméihez való odaadás szellemében végezzék.
2. Bizalmasként kezeljék a megbízók és munkaadók üzleti ügyeivel kapcsolatos ismereteket, geofizikai vagy geológiai információkat, műszaki eljárásokat, ha érdekük titkosságot követel.
3. Értesítsék a megbízót vagy munkaadót minden olyan üzleti viszonyról, érdekről vagy kapcsolatról, amely befolyásolhatja ítéletüket vagy megkérdőjelezheti szolgáltatásuk részrehajlás nélküli jellegét.
4. Egy adott szolgáltatásért csak egyetlen forrásból fogadjanak el anyagi vagy más ellenszolgáltatást, kivéve, ha erről minden érdekelt fél tud és ebbe beleegyeznek.

5. Tartózkodjanak attól, hogy csatlakozzanak egy kétes jellegű vállalathoz, vagy szántszándékkal beleegyezzenek nevük használatába egy ilyen vállalat által.
6. Csak a hivatás méltóságával összhangban lévő módon hirdessenek, tartózkodjanak a szakmai munka ajánlásában minden helytelen vagy megkérdőjelezhető módszer használatától és utasítsák vissza a fizetést vagy ellenszolgáltatás elfogadását ilyen helytelen vagy megkérdőjelezhető módszerrel szerzett munkáért.
7. Tartózkodjanak attól, hogy méltánytalan eszközöket használjanak a szakmai előmenetel érdekében és kerüljék el azt, hogy egy másik geofizikus szakmai hírnevében, üzleti ügyeiben vagy alkalmaztatási esélyeiben méltánytalanul vagy rosszulindulatúan, közvetve vagy közvetlenül kárt okozzanak.
8. Működjenek közre a geofizikus szakma erősítésében az általános információknak és tapasztalatoknak a geofizikus kollégákkal és a diákokkal való kicserélése révén, valamint a szakmai egyesületek, az alkalmazott tudományi tanintézetek és a szaksajtó munkájához való hozzájárulással.
9. Legyenek érdekelték a közjóban és legyenek készek arra, hogy különleges tudásukat, ügyességüket és képzettségüket a köz érdekében, az emberiség hasznára és javára használják.”

Verő László



MAEGS AZ „ASSOCIATION OF EUROPEAN GEOLOGICAL SOCIETIES” 8. TALÁLKOZÓJA

Budapest, 1993. szeptember 22–24.

A találkozó központi témája: „A hegységközi medencék fejlődése a pannóniai medence példáján keresztül”.

Az „Association of European Geological Societies” (AEGS) a jugoszláviai Dubrovnikban alakult meg 1987-ben, több évi előzetes egyeztető tárgyalás után. Státusát tekintve az új szervezet az „Internation-

Union of Geological Sciences” (IUGS) társult szervezete. Fő célkitűzéseit tekintve elsőrendű feladatának tartja az európai földtudományok művelői közötti kapcsolatok ápolását. Tagja lehet minden európai ország földtudományokkal foglalkozó intézménye. Tagsági díj, társult szervezeti hozzájárulás nincs. A folyamatosság fenntartása a szervezet Vég-

rehajtó Bizottsága feladata, melynek tagjai az elnökön kívül az alelnökök és a szervezet titkára. Az elnökség a Nyugat-Európában megszokott forgórendszer szerint működik. A Végrehajtó Bizottságban foglalnak helyet a soron következő találkozóknak helyet adó ország földtani szervezeteinek képviselői is. A teljes létszám nem haladja meg a 15 főt. A szervezetben eddig 24 ország szerepel. Itt meg kell jegyezni, hogy az európai földtani társulatok régebbi találkozóit 1975-től Meetings of the European Geological Societies (MEGS) néven szervezték. Az első találkozó 1975-ben volt Readingben (Anglia). A továbbiak: Amszterdam (1978), Erlangen (1983), Edinburgh (1985), Dubrovnik (1987), Lisszabon (1990), Párizs (1991).

Most, 1993-ban a találkozó helye Budapest volt, rendezési jogát a Magyarhoni Földtani Társulat nyerte el a Magyar Geofizikusok Egyesületével együttműködésben. A magyar földtani tudományok híre és megbecsülése külföldön nagyon jó. Nem véletlen, hogy a Nemzetközi Földtani Korrelációs Program főtárgya hat éven keresztül magyar volt. Az AEGS jelenlegi elnöke Dr. DUDICH Endre. A legközelebbi találkozó helye Szentpétervár lesz 1995-ben.

A szeptember 22–24. közötti találkozót csodálatosan szép környezetben, a Széchenyi-hegyi Agro hotelben rendezték. A központi téma szellemében az előadások nagy része a Pannon medence igen sajátos helyzetével foglalkozott, mintegy modellterület adva az egyes résztvevő országok medencéinek fejlődése szempontjából. Az elhangzott előadások és poszterbemutatók száma 100 volt, ebből magyar 33. Az előadások egy plenáris és két szekciósülésen hangzottak el és felölelték a medence fejlődés, a szekven-

cia sztratigráfia, neotektonika tárgykörét. Az előadások a földtudományok teljes skáláját átfogták területileg a szomszédos országoktól Albániától és Észtorzsigig. De nemcsak Európáról volt szó, hanem kanadai és egyesült államokbeli előadót is hallgathattunk.

A plenáris ülésen neves kutatók „vezérelőadásai” földtani-geofizikai adatok integrálásával adták meg a régió földtani fejlődéstörténetének kereteit. J. DER-COURT (Párizs) bevezető előadásában imponáló színes térképsorozattal illusztrálva vázolta a Tethys európai fejlődéstörténetét a földtörténeti középső- és újkorban. HORVÁTH F. a Pannon medence recens geodinamikájával, POGÁCSÁS Gy. a medence újkori fejlődésével, LIBE P. és társai a medence földalatti vízáramlás rendszereivel foglalkozott.

Geofizikai szempontból az előadások, poszterek fő témája és újdonsága a szekvencia sztratigráfia Pannon medencére, mint a világtengerekről lefűződő medencére való alkalmazhatóságának bizonyítása nagy felbontású reflexiós kompozit szelvények, magnetosztratigráfia, fauna, paleoklimatológia segítségével. Alapvetőnek tekinthető VAKARCS G. pannorra, TARI G. paleogénre vonatkozó szekvencia sztratigráfiai posztere, illetve JUHÁSZ E. és társai a Pannon medence felső miocén és pliocén üledékei szekvencia sztratigráfiáját összefoglaló előadása. Sajnálattal kellett tudomásul vennünk, hogy az egyik „vezérelőadás” VAIL professzor betegsége miatt elmaradt; őt ugyanis úgy ismeri a világ, mint a szeizmosztratigráfia „atyját”. Amit ma a szeizmosztratigráfiában ismerünk, ez mind az ő és munkatársai (Exxon csoport) kutatására épül.

Szalay István, Polcz Iván

GPS KONFERENCIA SOPRONBAN

1993. október 7–8-án rendezte a 10. HALMOS Ferenc Kozmikus Geodézia Szemináriumot Sopronban, a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetében a Magyar Asztronautikai Társaság és a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság. A mintegy 70 résztvevő közel 20 előadást hallgathatott meg a műholdas helymeghatározás kérdéseiről és tíznél is több műszerrel ismerkedhetett meg a kiállításon.

Az előadások a Geodézia és Kartográfia egyik jövő évi számában meg fognak jelenni, így nem kell vállalkoznom arra a számomra amúgy is megoldhatatlan feladatra, hogy röviden összefoglaljam az elhangzottakat. Az ok, amiért mégis szükségesnek tartottam beszámolni erről az eseményről, a GPS gyakorlati alkalmazásával kapcsolatos. SZARKA László (MTA GGKI) a Fertőn végzett geoelektromos mérésekben használt GPS berendezést ismertette, SÁRHDAI Attila (ELGI) pedig a helikopteres és merev szárnyú repülőgéppel végzett légi geofizikai, illetve

a Balatonon végzett vízi szeizmikus mérések során szerzett GPS navigációs tapasztalatokról beszélt. Ez azért említésre méltó, mert a GPS-szel „profi” módon foglalkozó intézmények képviselői sokszor mint a jövőben megvalósítandó kísérletről beszéltek arról, amit a geofizikusok a geofizikai mérés mellett, szinte „mellékesen”, megoldottak.

Míndez azt bizonyítja, hogy a nehéz körülmények ellenére a magyar geofizika igyekszik lépést tartani a fejlődéssel, a szakemberek idejében felismerik azokat a jelentős előrelépést biztosító új eredményeket, amelyek segíthetnek a kutatások korszerűsítésében és viszonylag rövid idő alatt az új technika már rutinná válik. Fontos megjegyezni, hogy ezzel nemcsak a szakmai színvonal emelkedik, de a költségek is csökkenthetők. Biztos vagyok benne, hogy a geofizika más területéről is lehetne hasonló példákat találni.

Verő László

THE SOCIETY OF EXPLORATION GEOPHYSICISTS
SIXTY-THIRD ANNUAL MEETING & INTERNATIONAL EXPOSITION

Washington D. C. — September 26-30, 1993



1993-ban a Society of Exploration Geophysicists szokásos évi kongresszusának és kiállításának színhelye Washington, D. C., vagyis a Maryland állambeli Washington Columbia Kerülete, az Amerikai Egyesült Államok közigazgatási központja, a hatalmas ország fővárosa volt. Washington, a város maga, nem tartozik a jellegzetesen amerikai városok sorába — és ez igazán előnyére válik. Hiányzik a felhőkarcolók-

ból álló nyomasztó „downtown”, helyette a belváros inkább európai jellegű utcái öt-hat emeletes házak egyenletesen épített sorai szegélyezik és még ezeket a sorokat is sokszor szakítják meg parkok, illetve a különböző kormányzati épületek legtöbbször parkok övezte klasszicista stílusú épületei. A várost — ha egyáltalán lehetne ilyen összehasonlítást tenni — leginkább Szentpétervárhoz lehetne hasonlítani. A kongresszus idején még az időjárás is kellemesen „európai” volt, noha maga Washington az olasz csizma déli végével azonos szélességi körön fekszik, a budapesti szokatlanul meleg szeptember után kimondottan hűvösnek hatott. A város környéke pedig, Maryland és Virginia akár a Dunántúlon is lehetne, a szelíd zöld dombvidék békéjével és bájával sem árul el abból, hogy csak néhány kilométernyire van a mi mai világunk középpontját jelentő világvárostól.

A „Washington D. C. Congress Center”, a kongresszus szűkebb színhelye, már sokkal kevésbé tért el az amerikai standardtól — hogy egy régi rossz viccel éljek, olyan volt ez is, mint az orosz törpe, vagyis óriási. Hogy valójában mekkora, azt igazán fel sem lehetett mérni, mert a körülbelül 6500 résztvevővel és 250 kiállítóval megrendezett monstre rendezvény számára az épületet csak részben nyitották meg. A teljes első emeletet vette igénybe a hatalmas kiállítási csarnok, valamint a két legnagyobb előadó, vagy ahogy itt nevezték „Theater”, az 1000 ülőhelyes Theater I és az 500 ülőhelyes Theater II. A további nyolc előadóterem a földszint egy részét foglalta el.

A kiállítási csarnokba csak a közvetlenül a bejáratnál elhelyezett regisztrációs területen át lehetett bejutni, míg az előadótermekhez az egész kiállításon keresztül kellett menni. A kiállítási csarnokban voltak még az étterem és az egyetemi poszterek is. Az utóbbiak mindegyike egy-egy külön kis kiállítási fülkét, úgynevezett „booth”-t kapott és így sokkal bővebb anyagot tudtak bemutatni, mint a poszter szekció poszterei. A földszinti előadók befogadóké-

essége 60 és 700 ülőhely között változott, de a termekben elég lazán sorakoztak az ülések úgy, hogy szükség esetén akár még egyszer ennyien is befértek állva. A poszter szekciót, ami ha kisebb arányban is, de itt is kezd már polgárjogot nyerni, a „Theater IV”-ben és a „Theater VI”-ban rendezték be 32, illetve 6 darab kb. 6 m²-es poszter állvánnyal.

A rendezvényt a szokásos forgatókönyv szerint szeptember 26-án vasárnap délután 6-kor a kiállítási területen rendezett „Icebreaker” fogadással nyitották meg, ehhez kapcsolódott a kiállítás hivatalos megnyitása is és itt fogadta az SEG elnöke a résztvevőket személyesen egy baráti kézfogás és néhány udvarias mondat erejéig.

A kongresszus maga másnap, szeptember 27-én hétfőn délelőtt a „Presidential Session”-nel, vagyis az Elnökségi üléssel nyílt meg. Ezen először Stanley S. JOHNSON, mint a rendezőség vezetője bemutatta a helyi Rendező Bizottságot, majd elhangzott a házigazda szerepét játszó „Potomac Geophysical Society” üdvözlője és ezt követően a testvér egyesületek, az EAEG és az AAPG köszöntői. Méltatták és emlékplakettekkel ajándékozták meg az SEG Marion BONE (TimeSlice Technology Inc.) által vezetett lelépő 1992—93-as „Executive Committee”-jét és beiktatták a megválasztott új vezetőséget, amelynek elnöke Michael SCHOENBERGER (Exxon Production Research Co.) lett.

Ezt követte az SEG 1993. évi tiszteleti tagságainak és kitüntetéseinek átadása. A kitüntetettek közül itthon talán a tiszteleti tagságot kapott A. J. BERKHOUT delfti professzor és a „Maurice EWING” emlékérmét kapott Turhan TANER nevét ismerjük leginkább.

A megnyitó elnöki köszöntőjét Marion BONE mondta el, utána az 1993-as „Keynote Speaker” T. M. HAMILTON (Penzoil Exploration and Production Co.) tartott „Unbundling a Monolith: Can A Balance Struck Between Global Politics, Finance, Prospects and Technology?” címmel egy érdekes előadást. (A köszöntőket és előadásokat, azt hiszem, fölösleges itt részletezni, mert akit érdekel, megtalálhatja őket teljes terjedelmükben a „The Leadig Edge” megfelelő számában.)

A hétfő délután kezdődő szakmai program hét-kilenc párhuzamos szekcióban folyt. Ebből kettő volt poszter szekció, amely a maga összesen 39 poszterével jelentőségében lényegesen elmarad az EAEG Meeting-eken megszokott poszter szekcióktól. (Ennek, azt hiszem, az az oka, hogy Amerikában az angol nyelv előadói szintű ismerete elterjedtebb, mint Európában, különösen mióta néhány megalkodott európai „Nagy-Európa”-ban kezdett gondolkodni és Európa keleti határait még a Rajna vonalánál is keletebbre helyezné.) A technikai program szóban elhangzott előadásainak téma szerinti megoszlása a következőképpen alakult:

Általános témák	
A legfrisebb fejlemények és az út előttünk	7
Mezőnbelüli geofizika	24
Számítási eljárások	
Geológiai modellek reprezentációja és interpolációja	7
Parallel Computing	7
Hullámegyenlet számítások	8
Pattern recognition / Neural networks	8
Válogatott előadások az AAPG 1993-as kongresszusáról	8
Gravitáció és földmágnesség	7
Geoelektrika	
Elektromágneses módszerek	
Képpalkotás (imaging) és modellezés	8
Kvázistatikus és egyenáramú módszerek	7
Szeizmika	
Adatgyűjtés	
Tengeri és 3D mérések tervezése	8
Szárazföldi adatgyűjtés	8
Feldolgozás	
Többszörös elnyomás / Fázis és amplitúdó becslés	8
NMO / DMO / Stack	8
Statikus korrekció / Interpoláció	7
Zajelnyomás	6
Modellezés és migráció	
Migráció elmélet	8
Modellezés és migráció anizotrópiával	8
Rugalmas hullámok modellezése és migrációja	8
Prestack migráció	8
Hullámok rétegzett közegben	8
Fizikai modellezés és sugár módszerek	7
Migrációs sebességek és 3D migráció	8
Szóródás és csillapodás	
Inverzió	
Algoritmusok, megszorítások és optimalizáció	8
Út-idő inverzió	8
Amplitúdó / Migráció	8
Sebesség becslés	8
Litológia	
Sebességek	13
AVO	8
Kőzetfizika / Repedezettség	16
Értelmezés és esettanulmányok	
Esettanulmányok	8
Komplex mérések	7
Mélyfúrási geofizika	
Szeizmika	
Cross-hole mérések / csőhullámok	8
Fúrólukák közötti tomográfia	16
VSP	8
Akusztikus karotázs és formáció értékelés	7
Sekély geofizika	
Környezetvédelmi és mérnökgeofizika	8
Sekély reflexiók kísérletek	8

A technikai program két poszter szekciójából az egyiket hat, az 1993-as AAPG Kongresszus anyagából válogatott, meghívott posztert mutattak be, míg a másik szekcióban a 33 tabló témája a legkülönbébb témákkal foglalkozott a hullámelméleti témától a kanadai Kordillerák gravitációs térképezéséig.

A technikai program teljes anyagának úgynevezett „expanded abstract”-ját kiadták egy vaszkos kötetben (amit érdeklődő tagtársaink kölcsönkaphatnak az ELGI Szeizmikus Főosztályán).

A program szerves részét képezték még a külön belépti díjért látogatható „szakmai ebéd”, ezek az ebédszünetben tartott, étkezéssel összekötött előadások, amelyeket szabad vita követett. A szakmai ebéd témái a következők voltak:

Gravitáció és földmágnesség: Archeológiai kutatások és felfedezések Egyiptomban, Izraelben és Kínában.

Mezőnbelüli geofizika: Geostatistika, modellezés és rezervoár leképezés — mi történik a 3D adatokkal?

Tengeri kutatás és oceanográfia: Módszer a „drill bit” pozíciójának folytonos meghatározására irányított és horizontális tengeri fúrásoknál.

Végül szintén a szakmai programhoz tartoztak még a kongresszus utolsó délutánján, amikor már előadások nem voltak, a szintén külön részvételi díjjal járó „Workshop”-ok, munkatalálkozók, amelyeket a következő címenek rendeztek:

A kutatás kockázata és értéke

Üledékes szerkezetek leképezése sódóмок alatt
A tároló tulajdonságainak meghatározása geofizikával

Fejlődés a környezetvédelmi geofizikában

Az interpretáció fogalmának újradefiniálása a 2000. évre

Kutatás és technológia az együttműködés és a partneri kapcsolatok új kultúrájában

Neural Networks, Expert Systems, Fuzzy Logic, and Unconventional Mathematical Techniques in Geophysics.

Így a szakmai program keretében elhangzott vagy bemutatott összes előadások száma Washingtonban 377 volt, ha a külön díjért látogatható szakmai ebédeket és munkatalálkozókat nem tekintjük.

A kiállításon, amely a szakmai programokkal párhuzamosan zajlott, 215 geofizikai, számítástechnikai vagy egyéb, a geofizikai kutatásokban érdekelt cég képviseltette magát, de rajtuk kívül külön kiállító fülkéje volt az SEG-nek és az EAEG-nek, az SEG kiadóhivatalának („SEG BOOKMART”), 9 amerikai, 2 angol, 1 kanadai és 1 holland egyetemnek vagy projektnek, valamint hat nagy olajtársaságnak.

A kiállításon idén is elsősorban a plakátok, videofilmek és a számítógépes demonstrációs anyagok domináltak a ténylegesen bemutatott eszközök helyett.

Összefoglalva: a rendezvényről ismét elmondható, hogy mind színvonalában, mind méretében megfelelt az SEG Meeting-ek legjobb hagyományainak, még ma is ez a világ első számú alkalmazott geofizikai rendezvénye, még akkor is, ha idén a stavangeri EAEG/EAPG Meeting szakmai programja az előadások számát tekintve már jóval meghaladta a washingtoni kongresszust, hiszen mind a kiállítók,

mind a résztvevők számát tekintve az SEG-é a vezető szerep.

Végezetül, beszámolómba befejezésül, szeretném még felsorolni az SEG-nek azokat a nagyobb nemzetközi rendezvényeit, amelyeket Washingtonban hivatalosan meghirdettek:

- Pan African/Middle East Exploration/Development Conference & Exhibition
21-24 March 1994, Cairo
- SEG/Gulf Coast Exploration and Development Meeting and Exposition
5-6 April 1994, Houston, Texas
- 2nd Moscow International Oil and Gas Exhibition '94
18-22 April 1994, Moscow

- SEG Development & Production Forum
17-22 July 1994, Big Sky, Montana
- EAEG/SEG Summer Workshop
24-27 July 1994, Noordwijkerhout, The Netherlands
- Mathematical Methods in Geophysical Imaging II.
24-29 July 1994, San Diego, California
- VII. Congreso Venezolano de Geofísica
4-8 September 1994, Caracas, Venezuela
- SEG Sixty-Fourth Annual Meeting and International Exposition
23-27 October 1994, Los Angeles, California

Bodoky Tamás

NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS KONFERENCIA

„A geofizika és a modern világ”

Moszkva, 1993. augusztus 9–13.

A szervezőbizottság elnöke N. LAVEROV akadémikus.

A szervezőbizottság és programbizottság tagjai között USA-beli, francia, svéd, kínai, magyar (RÁNER G., BARÁTH I.), valamint a FAK szakemberei voltak.

A konferencia helye a Moszkvai Állami Egyetem volt, ahol kilenc teremben egyidőben folytak előadások, konzultációk.

Figyelemre méltó a konferencia témacsoportosítása:

I. Geofizika, társadalom ember:

1. Geofizika és filozófia (15 előadás)
2. Geofizika, kultúra és képzés (6 előadás, 8 poszter)
3. Geofizika és egészség (4 előadás)
4. Hadi geofizika és konverzió (21 előadás, 17 poszter)
5. Geofizika és a környező világ (környezet) (21 előadás, 26 poszter)
6. Természeti katasztrófák geofizikai prognóza (7 előadás, 20 poszter).

II. A Föld a geofizikus szemével:

1. Kozmikus geofizika és a légkör fizikája (12 előadás, 12 poszter)
2. Geodinamika és planetáris geofizika (21 előadás, 25 poszter)
3. Regionális geofizika (14 előadás, 24 poszter)

4. Tengerek és óceánok geofizikája (21 előadás, 34 poszter)
5. Kriolitónák geofizikája (13 előadás, 13 poszter).

III. Geofizika és a Föld nyersanyag készletei

1. Geoinformatika és matematikai geofizika (25 előadás, 25 poszter)
2. Olaj- és gázgeofizika (28 előadás, 30 poszter)
3. Ércgeofizika (13 előadás, 7 poszter)
4. Bányageofizika és mélyfúrás geofizika (12 előadás, 10 poszter)
5. Nem érc- és széngeofizika (6 előadás, 7 poszter)
6. Mérnök- és hidrogeológiai geofizika (21 előadás, 20 poszter)
7. Nukleáris geofizika (38 előadás, 19 poszter).

Az előadásokra 20 perc időt kaptak az előadók a hozzászólási lehetőségekkel együtt.

A felsorolt témakörök és csoportok, de különösen az előadások címe és tartalma mutatják a geofizika sokoldalúságát, de útkeresését is.

A kongresszus résztvevői gyakran feltették a kérdést, hogyan tovább? A nyersanyagkutatás visszavonulóban van (átmenetileg?), a világ geofizikájára a recesszió jellemző. A sok érdekes és értékes előadás némelyike új lehetőségeket villantott fel a geofizika jövőjében hívők és kételkedők számára egyaránt.

A konferencia nyelve angol és orosz volt, az előadások kivonata is ezen a két nyelven jelent meg, s a helyszínen a résztvevők megkapták.

Magyarországról a MOL Rt. és az ELGI képviselői vettek részt a konferencián.

Baráth István

IAGA 7TH SCIENTIFIC ASSEMBLY

Buenos Aires, 1993. augusztus 8–20.

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének öt kutatója — főként az OTKA támogatásával — részt vett a Nemzetközi Földmágneses és Aeronómiai Asszociáció (IAGA) e rangos, 4 évenként megrendezésre kerülő tudományos ülészakán Buenos Airesben, 1993 augusztusában. Az IAGA öt alábbi divíziója

- I. Belső mágneses tér
- II. Aeronómiai jelenségek
- III. Magnetoszférás jelenségek
- IV. Napszél és interplanetáris tér
- V. Observatóriumok, műszerek, mérések és analízisek

munkacsoportjainak, valamint az interdivíziós és a fejlődő országok problémáival foglalkozó bizottságoknak több, mint 80 rendezvénye volt, amelyekhez különböző tudományszervezési ülések csatlakoztak. Ez utóbbiak közül a legrangosabb volt a „Delegátusok (nemzeti képviselők) konferenciája”, amely záróülésén összeállította az IAGA következő nagy rendezvényének (IUGG általános ülészak, Boulder/USA, 1995) programját és jóváhagyta az IAGA határozatait.

Kezdjük a részletes taglalást az utóbbiak közül néhány megemlékezésével. Nagy hangsúlyt kaptak az adatbankok (pl. kőzet- és paleomágneses) és az observatóriumok fenntartásának és korszerűsítésének (INTERMAGNET) szükségessége mellett a különböző projektek, így pl. az Egyenlítői Ekvatoriális Elektrojet Évének (EEY) meghosszabítása 1994 végéig, a SCOSTEP egy teljes napfoltciklust (23 év) felölő programjában való részvétel, nagy pontosságú/nagy feloldóképességű MAGSAT jellegű szatellit (pl. UNIMAG, OERSTED GAMES) működtetése a következő napfoltciklus végéig, földmágneses térkép szerkesztése az Antarktiszról, intenzív napmegfigyelések az ún. ULYSSES Extended Mission révén, stb.

Voltak nehéz pénzügyi kérdések is, amelyek okát tudományos súlypont eltolódásokkal magyarázták (pl. erős tudományos konkurrencia harc az IUGG és a COSPAR, IGBP stb. között), valamint az IUGG-n belüli aránytalanságokkal.

Mindezek ellenére rendkívül intenzív tudományos aktivitás képe rajzolódott ki a földmágnesség és a hosszú évek során hozzákapcsolódott tudományterületek körében, amelyek gyűjtőszervezete az IAGA.

Intézetünk öt kutatója — bizonyos átfedésekkel — többnyire más-más szeletét figyelte a földmágnességgel kapcsolatos kutatásoknak, és ezekhez adta hozzá a maga eredményeit.

Így ÁDÁM Antal és SZARKA László az 1.3, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.18 szimpóziumokban volt szorosabban érdekelt. ÁDÁM Antal az 1.8 szimpózium társrendezőjeként is tevékenykedett. Előadásai az 1.7 [SZARKA et al.], az 1.8 [ÁDÁM] és az 1.18 [WESZTERGOM et al.] szimpóziumokban hangzottak el.

Az 1.3 szimpózium nagyterjedésű első kéregbeni földmágneses anomáliák szerkezetével, azok okával, a jólvezető anomáliákkal való kapcsolatával foglalkozott. Ezek egy része szabályos kör alakú, feltehetően meteoritok becsapódása hozta létre őket (impact feature). A másik csoportot kollíziós zónákban figyelték meg, pl. a Himalájában, amelyet „feszültség által gerjesztett mágneses anomáliáknak” tekintenek. A kapcsolat a mágneses és elektromos vezetőképeség anomáliák között nem világos.

Az 1.5 szimpózium jelenkori és idős szubdukciós zónák elektromágneses vizsgálatával foglalkozott. Érdekes, hogy a Juan de Fuca lemez aktív szubdukciójának EM tanulmányozása mellett a közelmúltban szervezett, ún. EMSLAB project után a kutatók főgyelme a prekambriumi szubdukciós (kollíziós) zónák felé fordult. Itt különösen a kanadai kutatók eredményére kell hivatkozni, akik az ún. LITHO-PROBE projekt keretében ezer km-es szelvényeket mértek be, tanulmányozva pl. a korai proterozoós Transhudson Orogen (THO) kollíziós zónát és Új-Foundlandon az IAPETUS suture zone-t. Mindezeket a méréseket az MT módszer legkorszerűbb dekompozíciós és 2D inverziós programjával dolgozták fel. A különböző perlités – grafitos jólvezetők a bonyolult áttolódásos tektonikára utalnak. Érdekes összegezéseket végeztek a finn kutatók is a Balti pajzson a lemeztektonikai szempontok alapján: a jólvezető metaszedimenteket a kollíziós erők „összeseperték” és ma jólvezető keskeny grafitos szerkezetek jelzik — megfelelő dőléssel — a különböző terrénemek ütközési zónáit.

Az 1.6 szimpóziumot az óceánok és a tengerfenék EM tanulmányozásának szentelték. Az EM kutatásokban meghatározó szerepet játszanak a tengereket átszelő kőzetek, amelyek természetesen a partvonalra merőleges (TM mode) természetes potenciálkülönbségek mérésére is alkalmasak. Ezek révén lehetővé válik a litoszféra integrált ellenállás értékének (Mohm.m.m.) meghatározása a partokon. Ezen eljárást több területen (Ausztrália — Új-Zéland, Kalifornia — Hawaii, Guom Ninomiya — Japán, Finnország — Észtország stb. között) alkalmazták.

Részletes beszámoló hangzott el a már említett EMSLAB projekt keretében végzett tengeri MT és MV mérések eredményeiről, továbbá a franciák mé-

réseiről a Földközi-tengeren. A japánok új tengeri EM mérőberendezésüket is ismertették.

Az 1.7 szimpózium témája — Jólvezető kéreg-anomáliák fúrólyuk kontrollal — főként a németek nagy vállalkozása, az oberpfalzi „Német Kontinentális Mélyfúrási Program (KTB)”-hoz kapcsolódott, kiegészítve néhány módszertani tanulmánnyal, köztük a SZARKA és al. előadással a 3D vékonyréteg modellezésről és a különböző MT-Rho számítási eljárásokból levont módszertani következtetésekkel. A jelenleg már 7 km-t meghaladó fúrás környezetében, a saxothüringiai és a moldanubiai lemezek kollíziójának területén számos EM mérést végeztek, amelyek adatait a fúrómagokon végzett közetfizikai vizsgálatok eredményeivel hasonlították össze. A rendkívül nagy elektromos vezetőképességgel és nagy természetes potenciállal jelentkező elektromos anomáliák oka nagy valószínűséggel a fúrómagokban gyakran talált, sokszor közel vertikális grafit telér. Bár a fúrásban elektrolitos folyadékzónákat is kimutattak (pl. 4000 m mélyen), A. RAUEN és közetfizikus társai szerint „a bizonyíték a grafit javára rendkívül erős”. E megállapításuknak a hazai kéreganomáliák értelmezésében is nagy jelentősége van.

Az 1.8 szimpózium foglalkozott a kontinentális alsó kéregben levő jólvezető formáció értelmezési kérdéseivel, elsősorban azzal, hogy létrejöttét grafittal, carbonnal, vagy a pólusok közötti folyadékkal (elektrolit) magyarázhatjuk-e. Majdnem egyöntetű vélemény szerint az anomália oka dehidratáció révén 350 — 450 °C között felszabaduló folyadék, amelynek felfelé való áramlását impermeabilis réteg akadályozza. A jólvezető réteg a törékeny (brittle) és a képlékeny (ductile) zóna határán alakul ki és így a földrengéses zóna felette helyezkedik el (pl. kínai tapasztalatok szerint). ÁDÁM Antal előadása a dunántúli anomália területén a grafitos palablokkoknak a szeizmikus hullámokra és azon keresztül a szeizmicitásra gyakorolt hatására nézve adott módszert a grafitos és folyadék eredetű kéregbeni anomáliák okának szétválasztására.

Az előadásokat követő átfogó vita is azt hangsúlyozta, hogy nagyobb figyelmet kell szentelni az EM indukciós eredmények interdiszciplináris értelmezésének [ld. a Magyar Geofizika 1992. évi 4. számában ÁDÁM Antal beszámolóját a wellingtoni indukciós workshopról].

Az 1.18 szimpózium az I. divíziót érintő bármely téma bemutatására lehetőséget kínált. Sajnos, az előadások tekintélyes része elmaradt. Itt hangzott el WESZTERGOM et al. előadása a mágneses változások horizontális komponenseinek — periódustól függő — területi homogenitásáról hazánkban. Az egyik legérdekesebb előadás az emberi agy viselkedését mutatta be egyenárammal gerjesztett mágneses tér hatására. A mágneses tér bekapcsolása – kikapcsolása után a páciens epilepsziára emlékeztető tüneteket mutatott. A kísérlet folytatódik.

Az I. divízióon belül az egyik legaktívabb az I-2. számú munkacsoport (*Elektromágneses indukció és elektromos vezetőképesség*) volt, amelynek 2 évente rendszeres workshopjai vannak. A már említett 11. wellingtoni után 1994-ben Brestben találkoznak. E workshop programját az egyik esti business ülésen részletesen kidolgozták, megjelölve a reviewer-eket is. Itt történt a 12 tagú testület megújítása is.

A 4 új tag közé került dr. SZARKA László is hazánk képviseletében. (ÁDÁM Antal 1975–83 között volt e munkacsoport társelnöke, majd elnöke, utána nem volt magyar tagja e nemzetközi munkacsoportnak.)

A modern geomágneses obszervatóriumokat tömörítő INTERMAGNET program volt a központi téma az 5.1 szimpóziumon. A „valós idejű” geomágneses adat-szolgáltatásban jelenleg 32 obszervatórium (köztük a Tihanyi Obszervatórium és az MTA GGKI Nagycenki Geofizikai Obszervatóriuma) vesz részt.

A műszerfejlesztések elsősorban az obszervatóriumi bázisvonalat biztosító $\Delta I/\Delta D$ proton- és D/I fluxmagnetométerekre irányulnak. Az adatszolgáltatás terén a hagyományosan használt mágneses karakterisztikus változók automatikus meghatározásának problémái kerültek előtérbe (5.11, 5.12 szimpóziumok).

Az IAGA 4 új algoritmust fogadott el a k indexek meghatározására. A mágneses tranziens jelenségek jelalak vizsgálatával a GGKI is intenzíven foglalkozik. Az SI-k felismerésére kidolgozott adaptív módszerről előadást tartottunk a 2.6 szimpóziumon.

A geomágneses adatok felhasználása terén kitüntetett szerepet játszanak a geomágneses tevékenység technegno hatásaival összefüggő kutatások. A két legfontosabb terület a geomágneses indukció és a műholdak navigációs nehézségei.

A nyugodt napi változások analízise (5.8) már hosszabb ideje áll az érdeklődés középpontjában. A külső és belső eredetű változások szétválasztása révén az S_q a mélyszerkezet-kutatás fontos forrásává vált. Az S_q globális modellezésében továbbra is sok a kérdőjel. A bizonytalanság egyrészt az obszervatóriumi hálózat elégtelenségéből, másrészt az erős egyenlítői és sarki elektrojet jelenlétéből fakad.

A Föld belső eredetű mágneses terének változásait elemző előadások (5.14) egyöntetűleg jelzik, hogy a mágneses tér abszolút értéke meghatározásának pontosságát javítani kell, hiszen az obszervatóriumi bázisvonal meghatározásának hibái is gyakran a változások amplitúdójának nagyságrendjébe esnek. (Többek között ezt a követelményt elégíti ki az INTERMAGNET standard.)

Az aerónómiai jelenségekkel foglalkozó II. divízióon belül a következő szimpóziumokban voltunk leginkább érdekeltek:

2.1. Az ionoszféra elektrodinamikája és csatolás más régiókhöz. Itt hangzott el SÁTORI Gabriella előadása (02.01.15) a Schumann-rezonanciák és a geomágneses aktivitás közötti kapcsolatról. Az eredmények — mint kiderült — bizonyítékul szolgáltak a 02.01.18 előadás [D. N. BAKER] egyik feltevésére a magnetoszférikus relativisztikus elektronok középső légköri hatását illetően.

2.7/3.2. A magnetopauza és a határrétegek, csatolásuk az ionoszférához. Ez közös szimpóziuma volt a II. és a magnetoszféra jelenségeivel foglalkozó III. divízióon. Itt hangzott el ZIEGLER Bertalan egyik előadása (02.07.09): Impulzussal gerjesztett erővonal rezonancia: műholdas és felszíni méréseken alapuló kísérleti eredmények.

Ugyancsak a II. és III. divízió közös szimpóziumai voltak:

2.8/3.3. A magnetoszféra-uszály folyamatai és ionoszférikus hatások.

2.9/3.5. Nagyméretű terek, áramlások és áramok a magnetoszféra – ionoszféra rendszerben.

A II. és III., valamint a *napszél* és az *interplánétáris térrel* foglalkozó IV. divízió közös szimpóziuma volt:

2.10/3.6/4.1[!]. *A napszél, a magnetoszféra-burok és az ionoszféra, mint a magnetoszférikus plazma forrásai, transzportjuk és elnyelődésük.*

Általában nagy hangsúlyt kaptak a Föld körüli térség különböző régióiban zajló folyamatok, jelenségek közötti összefüggések, csatolási mechanizmusok feltárására irányuló kutatások, amit a különböző divíziók nagyszámú közös rendezvénye is mutatott.

III. divízió: *Magnetoszférikus jelenségek*

A bejelentett előadások számából ítélve a hat legjelentősebb szekció a következő volt:

3.8: *ULF hullámok, gerjesztés, terjedés és elnyelődés* (44);

2.7/3.2: *Magnetopauza, határjelenségek és csatolásuk az ionoszférához* (41);

2.8/3.3: *Folyamatok a magnetoszféra uszályában és ionoszférikus hatásuk* (41);

3.4: *Belső magnetoszféra gyűrűáram, sugárzási övek és a plazmaszféra* (35);

2.13/3.10: *A bolygók atmoszférája és magnetoszférája* (35);

2.9/3.5: *Nagyléptékű erőterek, áramlások és áramok a magnetoszféra—ionoszféra rendszerben* (34).

A napszél magnetoszféra energiacsatolási folyamataiban fontos szerepet játszanak az ULF hullámok. A különféle plazma instabilitások elméleti és kísérleti kutatása mellett megújult az érdeklődés a napszélben és a mágneses burokban észlelt fluktuációk, ill. a magnetoszférikus ULF hullámok közvetlen ok-okozati kapcsolata iránt. Új kutatási területek: nemlineáris jelenségek a magnetoszférában, a magnetopauzánál, ill. a mágneses burokban előforduló tranziens fluktuációk, valamint más bolygók magnetoszférájában észlelt ULF hullámok.

A magnetopauzán lejátszódó csatolási folyamatok közül a legnagyobb érdeklődés a foltszerű sporádi-

kus erővonal-összekapcsolódásra (FTE — flux transfer event) és ionoszférikus hatásaira (konvekciós örvények) irányul.

Az elméleti előadások közül figyelemre méltó a csatolódási folyamatok egy új megközelítése. A foton és fonon analógiájára a magnetoszférikus plazmafizikában bevezették az Alfvenont a hullám-részecske dualizmus leírására. Az Alfvenon tömeggel, energiával, momentummal és polarizációval rendelkező részecske, amely lehetővé teszi a napszél—magnetoszféra kölcsönhatás mezoléptékű jelenségeinek (pl. lokális erővonal-összekapcsolódás) részecske jellegű leírását.

A magnetoszféra uszályának kutatásában is a globális hatások vizsgálata dominál elsősorban az öbölhábörgásokkal és az ionoszférikus jelenségekkel kapcsolatban.

A plazma nagyléptékű konvekciójának vizsgálatában előrelépést jelentenek az új észlelési módszerek, különösen azok, amelyek globális képet nyújtanak a plazma áramlásáról a magnetoszféra—ionoszféra rendszerben. A kutatások a magnetopauzánál lejátszódó csatolási folyamatokra, valamint az öbölhábörgások befolyásoló hatásaira irányulnak.

A fentiekből látható, hogy a tudományos társadalom érdeklődése a napszél — magnetoszféra — ionoszféra komplex rendszer energiacsatolási folyamatainak megismerésére és a globális ok-okozati összefüggések feltárására irányul. Mindezt elősegítik az egyre nagyobb számban rendelkezésre álló in situ műhold adatok, a felszíni hálózatok mérései, az új mérési módszerek és napjaink számítástechnikája, amely a statisztikai elemzéseken túl bonyolult modellezéseket is lehetővé tesz.

*Ádám Antal, Satori Gabriella, Szarka László,
Wesztergom Viktor, Zieger Bertalan*

HÍREK A GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK SZERKESZTŐSÉGÉBŐL

Az ELGI által kiadott nemzetközi geofizikai folyóirattal kapcsolatban az Egyesület részéről többször elhangzott az a kifogás, hogy bár kivételben és tartalmában szinte megfelelő a színvonala, mégsem szerepel az idézettségi listák összeállításánál számba vehető folyóiratok között.

Ezért az ELGI vezetése — a szerkesztőség indítványára — elhatározta, hogy megpróbál az elvárásoknak még jobban megfelelni. Első lépésként nemzetközi szerkesztőbizottság létrehozását kezdeményezte. A felkért hazai és külföldi szakemberek szinte kivétel nélkül elfogadták a megbízást, első alkalommal 1993. október 28–29-én össze is ült az új bizottság.

Tagjai: Edip BAYSAL (Törökország), BODOKY Tamás, Dominique CHAPPELLIER (Svájc), Michael COX (Anglia), Oleg KUZNETSOV (Oroszország), MESKÓ Attila, POGÁCSÁS György, Dal STANLEY (USA), VERŐ József.

A Bizottság határozatai közül a leendő szerzőket elsősorban az érinti, hogy a folyóirat specializálódni fog a környezetvédelemmel kapcsolatos geofizikai témák irányába. A 39. kötet 1. füzetében szeretnénk indítani az új irányzatot. Ezért kérem, hogy ha a tisztelt kollégáknak van ilyen témájú kutatási eredményük, ami még nem jelent meg nyomtatásban, éljenek a lehetőséggel, és minél előbb küldjék be szerkesztőségünkbe a kéziratokat. Az első füzetbe szánt cikkeknek 1994. május 31-ig kell beérkezniük. Természetesen, mint eddig, továbbra is várjuk a magyar kollégák cikkeit, és nemcsak a környezetvédelemmel kapcsolatos témákban. Az első, csak környezetvédő füzet után a továbbiakban kötetenként 2–3 cikk továbbra is a geofizika egyéb szakterületeivel foglalkozik majd.

*Hegybiró Zsuzsanna
a Geofizikai Közlemények szerkesztője*

European Geophysical Society

1994 Membership and Journals

JOURNAL OF **GEODYNAMICS**



... from 1994 an official journal of the European Geophysical Society for the Sections on Solid Earth Geophysics and Geodesy with additional aims and scope and an advanced board of editors, published by Pergamon Press, and at greatly reduced concession rates for EGS Members.

Members of all categories

£ 35,-

Climate Dynamics



... as of Volume 9, No. 1, October 1993 an official journal of the European Geophysical Society for the Section on Oceans & Atmosphere, published by Springer-International, and at a special subscription rate for

Members of all categories

DM 145,-

Nonlinear Processes in Geophysics



... Volume 1, No. 1 will appear in March 1994, published by the European Geophysical Society for original research involving nonlinear processes in geophysics in the broadest sense, and at a very special subscription price for

Members of all categories

DM 90,-

Join the EGS and subscribe to these 3 news journals and/or to the other 6 official journals of the Society, and enjoy the membership benefits (see next page).



EGS Membership 1994

Encompassing all disciplines of Solid Earth geophysics incl. geodesy, oceanology & atmospheric sciences, solar-terrestrial, space & planetary sciences as well as hydrological sciences, the *European Geophysical Society (EGS)* is providing a dynamic forum for the geophysics community through its general assemblies & other meetings, its scientific journals & books, its bulletin Newsletter, its discount & subscription programmes for scientific publications, its support programmes in particular for young scientists & for colleagues from East-Europe, its award programmes, and its many other activities. Members of the Society enjoy the following benefits:

- ☆ Subscription to *Newsletter*, the quarter-ly bulletin of the EGS.
- ☆ Subscription to *Physics World* (regular & lifetime members), a monthly international science & technology magazine.
- ☆ Greatly reduced subscription rates to all official EGS journals - *Annales Geophysicae*, *Climate Dynamics*, *Geophysical Journal International*, *Journal of Geodynamics*, *Journal of Hydrology*, *Nonlinear Processes in Geophysics*, *Planetary & Space Sciences*, *Surveys in Geophysics* and *Tectonics*. All journals are refereed and at no page charges & free reprints for authors.
- ☆ A 30% discount on all books published in one of the *European Geophysical Society Series*.
- ☆ Up to 35% discount on books published by *Elsevier Science Publishers*, *Kluwer Academic Publishers*, *Pergamon Press* or *Springer-International*.
- ☆ Greatly reduced subscription rates to other European publications, e.g. *Nature*.
- ☆ Lower registration rates at *EGS General Assemblies*. All abstracts are included free of charge in the *Annual Supplement of Annales Geophysicae*.
- ☆ Participation in the EGS Support Programmes, e.g. *Young Scientists' Travel Award*, *East European Support Award*.
- ☆ Participation in the EGS Award Programmes, e.g. *Honorary Member-ship*, *EGS Badge Award*, *Young Scientists' Publication Award*, *Sir David Bates* and *Milutin Milankovitch Medal*.
- ☆ Participation in the *Plenary Session* and *Scientific & Technical Committees* of the Society; possibility to stand for election for an office.
- ☆ Assistance by & through the permanent *EGS Secretariat*.
- ☆ Participation in a leading all-European, international organization - growing in membership and offering an increasing number of programmes and publications for the benefit of its members and of geophysics in Europe and throughout the world.

EGS puts Europe on the Map

Subscription *(please circle appropriate rates)*

By accepting journals at members' rates, each member agrees that her/his copy is for personal use only. Prices include postage and handling unless otherwise stated (e.g. Tectonics):

Journals <i>(Rates in brackets are for Students)</i>	USD (US\$)	DEM (DM)	GBP (£)	CHF (SFR)
Annales Geophysicae (12 issues per year)	96 (48)	150 (75)	55 (27)	130 (65)
Climate Dynamics (8 issues per year)	93 (93)	145 (145)	53 (53)	126 (126)
Geophysical Journal International (12 issues per year)	93 (32)	145 (50)	53 (18)	126 (43)
Journal of Geodynamics (8 issues per year)	62 (62)	96 (96)	35 (35)	84 (84)
Journal of Hydrology (12 issues per year)	288 (288)	450 (450)	164 (164)	391 (391)
Nonlinear Processes in Geophysics (4 issues per year)	60 (60)	90 (90)	33 (33)	78 (78)
Planetary and Space Science (12 issues per year)	88 (88)	138 (138)	50 (50)	120 (120)
Surveys in Geophysics (6 issues per year)	76 (76)	118 (118)	43 (43)	103 (103)
Tectonics (6 issues per year)	75 (38)	117 (59)	43 (22)	102 (52)
<i>Postage surcharge outside U.S. (only Tectonics):</i>				
- Surface Mail	15	23	9	20
- Air Freight	43	67	24	58
- Air Mail	74	115	42	100
Grand Total (incl. membership fee & donation)				

Method of Payment *(credit-card payment can only be effected in DEM or USD! For banktransfers in DEM, GBP or CHF use appropriate bank accounts listed below!)*

- Cheque enclosed for _____ *(preferably Eurocheque including filled-in card number)*
- German Bank Account No. 11 33 222, Sort Code (BLZ) 260 700 72, Deutsche Bank, W-3410 Northeim, FRG
- UK Bank Account No. 211 307 81, Sort Code 40-08-09, Midland Bank plc, Aberystwyth SY23 1DH, UK
- Swiss Bank Account No. P5-622.578.8, Schweizerischer Bankverein, 8033 Zürich, CH
- Swiss Postal Account No. 80-41252-9, 8033 Zürich, CH
- Please charge _____ to my creditcard
- American Express VISA *(only DEM-Payment)* Eurocard/Mastercard/Access

Credit Card No. _____ Expiration Date _____

Signature _____ Date _____

Please, return to:

EGS Office
Postfach 49
Max-Planck-Str. 1
37189 Katlenburg-Lindau
Germany

Tel: (49)-5556-1440
Fax: (49)-5556-4709
Tx: 965 515 cop d
SPAN: NSP::LINMPI::EGS
INTERNET: EGS@LINMPI.GWDG.DE

Nonlinear Processes in Geophysics



A new interdisciplinary journal published by the European Geophysical Society.

1. Aims & Scope

Nonlinear Processes in Geophysics is an international, interdisciplinary journal for the publication of original research involving nonlinear processes in geophysics in the broadest sense.

This would include but not be restricted to: tectonophysics, seismology, volcanology, sedimentation, hydrological sciences, oceanography and atmospheric sciences, including air-sea and air-land-vegetation interactions, bio-chemical processes and climatology, space physics and natural hazards.

Contributions from both dynamical systems theorists and geophysicists that apply scaling and fractals, chaos, nonlinear time series analysis, nonlinear predictability, turbulence and diffusion, nonlinear waves and solitons, coherent structures and vortex dynamics, or inverse problems in nonlinear dynamics to fundamental problems in geophysics are welcome.

The journal will maintain sections for regular length articles, brief communications (letters) and commentary.

2. Editors

A. Babiano, K. Fraedrich, M. Ghil, A.D. Kirwan, L. Knopoff, B. Legras, S. Lovejoy, S.S. Moiseev, A.R. Osborne, L.A. Ostrovsky, A. Provenzale, P.C. Sabatier, D. Schertzer, V. Shrira, L. Smith, D. Sornette, A.A. Tsonis, M.G. Velarde, A. Vulpiani, J. Weiss

3. Publication Policy

☆ No page or handling charges for authors.

☆ Rigorous peer review by at least two competent colleagues prior to publication.

☆ Express publication, as all accepted papers must be delivered in camera-ready form by the author(s). Appropriate detailed guidelines or L^AT_EX macros are provided by the Editorial Office.

☆ Moderate library subscription rates.

☆ Greatly reduced membership subscription rates.

4. Subscription Information

Volume 1 (4 issues) will appear in 1994.

☆ Annual institutional subscription rate

DM 198.- or US\$ 130.-
including carriage charges

☆ Annual membership subscription rate

DM 90.- or US\$ 60.-
including carriage charges

Manuscripts or orders and payments by cheque or credit-card (American Express, VISA or Eurocard/ Mastercard) should be addressed together with the credit-card number and expiration date to:

EGS Office
c/o Nonlinear Geophysics
Postfach 49
37189 Katlenburg-Lindau
Germany

Tel.: +49-5556-1440

Fax: +49-5556-4709

Tx: 965 515 cop d

SPAN: NSP::LINMPI::EGS

Internet: EGS@LINMPI.GWDG.DE

HU ISSN 0025—0120

Főszerkesztő: dr. Bodoky Tamás

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

Szerkesztőség címe: Budapest, II., Fő u. 68. (1371 Budapest, Pf. 433)
Telefon: 201-9815
