

## TARTALOMJEGYZÉK

|  |    |
|--|----|
| Tisztelt Kollégák! — A szerkesztőség előszava.....   | 1  |
| <b>MGE</b>   |    |
| Közgyűlés '93 — Ifjú szakemberek ankétja.....  | 2  |
| <b>EAEG</b>  |    |
| Hírek.....   | 6  |
| <b>SZAKCIKKEK</b>  |    |
| Földrengés forrászónák szerepe a Paksi Atomerőmű szeizmikus veszélyeztetettségében<br><i>Zsíros Tibor</i> .....  | 7  |
| A földképeny termikus konvekciójának szerkezete a numerikus modell-számítások eredményeinek tükrében<br><i>Cserepes László</i> .....   | 21 |
| A tiszakécskei hőanomália vizsgálata termikus konvekció numerikus modellezésével<br><i>Lenkey László</i> .....   | 30 |
| <b>CIKKEK</b>  |    |
| Földmágneses kutatások Magyarországon — <i>Barta Görgy</i> .....   | 46 |
| <b>MI LESZ VELED EMBERKE ?</b>   |    |
| A rendszerváltás és a szénbányászati szerkezetátalakítás hatása egy vállalati kutatóhely működésére.....   | 49 |
| <b>HÍREK—BESZÁMOLÓK</b>  |    |
| A „European Union of Geosciences” VII. konferenciája — A 13. török geofizikai kongresszus — Környezetgeofizika, Lausanne, 1993. — A MTESZ Világkiállítási Bizottság megalakulása — Sajtótájékoztató az Országos Találmányi Hivatalban..... | 55 |

34. évfolyam 1. szám



1993

# CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| Foreword of the Editors.....   | 1  |
| <b>MGE (Association of Hungarian Geophysicists)</b>  |    |
| News.....  | 2  |
| <b>EAEG (European Association of Exploration Geophysicists)</b>  |    |
| News.....  | 6  |
| <b>Geophysical Papers</b>  |    |
| The Relative Importance of Earthquake Source Zones in the Assessment of Paks Nuclear Power Plant<br><i>T. Zstros</i> ..... | 7  |
| Planform of the Thermal Convection in the Earth's Mantle in the Light of Numerical Modelling<br><i>L. Cserepes</i> .....   | 21 |
| Study of the Thermal Anomaly at Tiszakécske by Numerical Modelling of the Thermal Convection<br><i>L. Lenkey</i> .....     | 30 |
| <b>Papers</b>  |    |
| History of geomagnetic explorations in Hungary — <i>Gy. Barta</i> .....  | 46 |
| <b>What about you?</b>   |    |
| Effect of political changes on industrial research teams in coal mining.....   | 49 |
| <b>News and reports</b> .....  | 55 |

---

## 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.

Index: 26 507

136601 J

MAGYAR GEOFIZIKA

a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE folyóirata

34. évfolyam

1. szám

---

HU ISSN 0025—0120

---

*Főszerkesztő:* dr. Bodoky Tamás

*Szerkesztőbizottság:* 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

---

## KÖZGYŰLÉS '93

Egyesületünk 1993. április 2-án a MTESZ Kamará Fő utcai székházában 120 tagtársunk jelenlétében tartotta meg hagyományos Közgyűlését, melynek különös hangsúlyt adott az új Alapszabály szerinti működés 3 éves ciklusának lejártá.

NAGY Zoltán, Egyesületünk elnöke üdvözölte a meghívott vendégeket: KECSKEMÉTI Tibort és HALMAI Jánost, a Magyarhoni Földtani Társulat elnökét, illetve főtítkárát, KOMLÓSSY Györgyöt, a Központi Földtani Hivatal elnökét, SZALÓKI Istvánt, a MOL Rt. vezérigazgatóhelyettesét és HAJÓSI Adriennét, a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium képviselőjét.

Ezután a jelenlévők néma felállással emlékeztek a múlt évben elhunyt BARTA György professzor és BUDA Gáborné, volt ügyvezető titkárunk emlékének. Az Elnök rövid megnyitó beszéde után FERENCZY László, Egyesületünk titkára ismertette az Elnökség elmúlt három évről szóló beszámolóját. (Ezt minden tagtársunk megkapta, ezért itt nem foglalkozunk vele). Majd UJFALUSY Antal, az Ellenőrző Bizottság elnöke számolt be az Egyesület alapszabály szerinti megfelelő működéséről és a vagyoni eszközök jogszerű felhasználásáról. Kiemelte, hogy „az Egyesület életében konfliktusok nélkül zajlott le a MTESZ átalakulása, az Egyesület önállósodása, a merőben új gazdasági formák törést nem okoztak. Köszönhető ez annak, hogy a demokratikusan megválasztott, évenként cserélődő elnökök, alelnökök és a titkári pozíciót betöltő geofizikusok a szakmai rátermettségen kívül kiváló szervezési készséggel is rendelkeznek. Zavartalanul folyik tehát a stafétabot átadása a fiatalabb generáció kezébe és egyáltalán nem olyan felhangokkal, mint ahogy ez az iparban és az országban is mesterségesen, elmarasztalóan megnyilvánul az idősebb szakembergárdával szemben.”

Értékelve az Egyesület pénzügyi tevékenységét, az Ellenőrző Bizottság ezt pénzügyileg kifogástalannak, jogszerűnek és alapszabály szerintinek tartotta. NEMESI László, a Magyar Geofizikusokért Alapítvány kuratóriumának elnöke az írásos beszámolóhoz fűzött szóbeli kiegészítésként többek között a következőket hangsúlyozta: „Ahhoz, hogy tisztességes, megalapozott vélemény kialakulhasson és megfelelő döntést tudjon a kuratórium hozni, a pályázatoknak időben kellene beérkezni. Azt hiszem, nincs olyan konferencia vagy valamilyen rendezvény, amelyet ne lehetne tudni fél évvel korábban.... A másik gondunk az volt, hogy érkeztek olyan pályázatok is, amelyek beadási ideje lényegében egybeesett az illető Egyesületbe való belépésével. Ugy gondoljuk, hogy egy bizonyos időszaknak illene eltelni, amire valaki kiérdemli az Egyesület és az alapítvány támogatását. Ezeket már az új kuratórium figyelmébe

szerezném ajánlani.” Végezetül a tagság segítségét kérte a szociálisan igazán rászoruló tagtársak segítésére. A három beszámoló után felszólalások következtek. STEGENA Lajos a német geofizikusok egyesületével való szorosabb kapcsolat kialakítását szorgalmazta. MOLNÁR Károly először az ifjúsági rendezvények megreformálásának időszerűségéről szólt, majd javasolta, hogy az egyesület 40 éves évfordulójára (amely 1994-ben lesz) íródjon meg Egyesületünk története. Végül javasolta a kuratórium helyzetét megkönnyítendő, hogy a nyugdíjasokról szociális felmérést kellene készíteni.

Ifj. SOMFAI Attila az újonnan megalakult Szénhidrogén Szakosztály terveiről tájékoztatta a Közgyűlést. Kiemelt fontosságúnak tartják a szakmai integrációban részt vevők szakterületeinek kölcsönös megismerését oktatási programok keretében. VERŐ László, volt elnökünk az 1 éves elnöki ciklus előnyeiről, majd az ifjúsági rendezvények jövőjéről beszélt. Ez utóbbival kapcsolatban javasolta, hogy a Vándor-gyűlés lehetne az a fórum, ahol az ifjúság igazán megmérettethetne.

POSGAY Károly az 1994-ben Magyarországon az MGE és az ELGI szervezésében megrendezésre kerülő Nemzetközi Mélyszeizmikus Konferenciáról és annak előkészítéséről tájékoztatta a jelenlévőket. POGÁCSÁS György felszólalása első részében kiemelte, hogy a koncessziós rendszer bevezetésével kapcsolatos gyors döntéseket csak az integráció szerepének növekedésével lehet elfogadhatóan meghozni, hogy az EAEG-n belül is a szakmai integrációt helyezik előtérbe. Foglalkozott a nemzetközi szakmai kooperációk lehetőségei bővülésével (pl. szaktekintélyek meghívása), az egyesületi kapcsolatok elmélyítésének szükségességével, végezetül szólt az adatok, információk kezelésének etikai problémáiról, javasolta, hogy meg kellene ismerni az ezzel kapcsolatos nemzetközi gyakorlatot és azt a hazai viszonyokra alkalmazni.

ÁDÁM Oszkár az idegen nyelvekből átvett és a gyakorlatban rendszeresen használt szakszavak magyarázatáról szólt és kérte a tagság segítségét a munkához.

KOMLÓSSY György köszönetét fejezte ki egyesületünknek a földtani intézményrendszer átszervezésével kapcsolatos aktív és pozitív tevékenységéért.

A hozzászólások után a Közgyűlés az Elnökség és az Ellenőrző Bizottság beszámolóját egyhangúlag elfogadta, az alapítvány kuratóriumának beszámolóját tudomásul vette.

Ezek után alapszabályunknak kisebb, elsősorban formai kiigazítására került sor, amelyet SZARKA László, a következő egyesületi elnöke ismertetett. (Az

elfogadott módosításokat már minden tagtársunk kézhez kapta.)

A jelölés körülményeinek és a szavazás eredményeinek ismertetése előtt NAGY Zoltán felsorolta a Közgyűlés előtt már megválasztott területi csoportok és szakosztályok új vezető tisztségviselőit, akik a következők:

### 1. Területi csoportok

#### *Alföldi csoport:*

elnök: Dr. SZALÓKI István

titkár: Dr. KISS Bertalan

#### *É-magyarországi csoport:*

elnök: HURSÁN László

titkár: Dr. ORMOS Tamás

#### *Mecseki csoport:*

elnök: Dr. SZÚCS István

titkár: BERTA Zsolt

#### *Soproni csoport:*

elnök: Dr. BENCZE Pál

titkár: Dr. SÁTORI Gabriella

#### *Zala megyei csoport:*

elnök: ÁBELE Ferenc

titkár: CSÁSZÁR János

### 1. Szakosztályok

#### *Általános Geofizikai Szakosztály*

elnök: Dr. MÁRTON Péter

titkár: Dr. MÁRZ Ferenc

#### *Felszíni Geofizikai Szakosztály*

elnök: Dr. KÉSMÁRKY István

titkár: ifj. TAKÁCS Ernő

#### *SPWLA Budapest Szakosztály*

elnök: Dr. TÓTH József

alelnök: JESCH Aladár

titkár: Dr. KORMOS László

#### *Szénhidrogén Szakosztály*

elnök: MOLNÁR Károly

alelnökök: Dr. POGÁCSÁS György,

Dr. VINCE Tamás

titkár: ifj. SOMFAI Attila

GADÓ Károly, a Jelölő Bizottság elnöke ismertet- te a jelölés módját és a jelölteket, majd HURSÁN László, a Szavazatszámoló Bizottság elnöke szá- molt be a levélbeni szavazás eredményeiről. Ezek szerint az első fordulóban beérkezett szavazólapok száma 284 volt, ami rendkívül magas, 40 %-os rész- vételt jelent.

— Az első alelnökre dr. TARCSAI György 111, dr. KISS Bertalan 91, dr. BARÁTH István 79 szavazatot kapott (még 3 tagtársunk kapott 1-1 szavazatot. Tekintve, hogy egyik jelölt sem érte el az 50%+1 fő feltételt, így második fordulóra került sor, ahol már csak két jelölt indult. A beérkező 246 szavazat alapján

dr. KISS Bertalan (132 szavazat) lett az alel- nök. Dr. TARCSAI György 114 szavazatot ért el.

— Az egyesület titkára ismét dr. FERENCZY László lett (226 szavazattal) IMRE Tamás (57) ellenében.

— A Magyar Geofizika főszerkesztője dr. BODOKY Tamás (274).

— Az Ellenőrző Bizottság elnöke UJFALUSY Ant- al (145), tagjai: VERŐ László (229) és dr. SZEIDOVITZ Gyözőné (194).

— A Magyar Geofizikusokért Alapítvány kura- tóriumának tagjai:

Dr. TAKÁCS Ernő (260)

REGŐS Ferenc (230)

Dr. HORVÁTH Ferenc (215)

Dr. NEMESI László (212)

Dr. ACZÉL Etelka (203)

PAULIK Dezső (188)

Dr. MÁRZ Ferenc (181)

RENNER János (175)

MIKLÓS Gergely (173)

Ezek után kitüntetések átadására került sor. Eötvös Loránd emlékérmét kapott MESKÓ Attila professzor, az MTA levelező tagja. Az indoklást az odaítélő bizott- ság elnöke, POSGAY Károly ismertetette.

MESKÓ professzor úr a műszaki tudományok dok- tora fokozatot 1977-ben a „Szeizmikus és gravitációs szűrési módszerek általános analízise és a gravitáci- ós értelmezési feladatok gyakorlati megoldása” c. disszertációja alapján kapta meg. 1980-ban tanárrá neveztek ki, 1985-től tanszékvezető és a MTA Geo- fizika tanszéki kutatói csoportjának vezetője. Tudom- ánnyos munkásságának súlypontja a geofizikai ada- tok matematikai feldolgozása és értelmezése terüle- tére esik. Az elsők között hívta fel a figyelmet arra, hogy a geofizikai térképek átalakításában használt módszerek átviteli függvényeikkel egységesen tár- gyalhatók. Alapvető munkát végzett szeizmikus gya- korlati digitális feldolgozásának előkészítésében, gy- akorlati megvalósításában. Tudományos tevékenysé- gét 1968-ban állami díj adományozásával ismerték el. Aktív résztvevője a magyar és a nemzetközi tudom- ánnyos életnek. Az MTA Geofizikai Bizottságának elnöke sokoldalú tudományos szervezési kötelezettsé- geinek és oktatási tevékenységének köszönhetően széleskörű áttekintése van a hazai és nemzetközi geofizikai kutatásokról és segítségével már több ta- nitványa és munkatársa is sikerrel szerepelt a nem- zetközi tudományos életben. MESKÓ professzor az Alapszabály értelmében ezzel a kitüntetéssel auto- matikusan az Egyesület Tiszteleti Tagjává vált.

Az Egyesület Tiszteleti Tagjává választotta:

BODOKY Tamás,

UJFALUSY Antal és

VERŐ László tagtársunkat.

Az indoklás a következő:

BODOKY Tamás az ELGI Szeizmikus és Számí- tástechnikai Főosztályának vezetője, Egyesületünk- nek 1964 óta tagja. Hosszú ideig töltötte be az Egye- sület felszíni szakosztályának titkári, majd elnöki tisztét és abban a minőségben vett részt számos bel-

földi és nemzetközi rendezvényünk sikeres szervezésében. Ezek között kiemelkedő volt a budapesti EAEG kongresszuson a technikai bizottság vezetőjének tiszttségében nyújtott teljesítménye, aminek későbbi elismerését is köszönheti. 1991-ben megválasztották a EAEG Council tagjának, jelenleg az EAEG alelnökjelöltje. 1990-ben Egyesületünk elnöke, majd az azt követő alelnöki periódus után a Magyar Geofizika főszerkesztője.

UJFALUSY Antal nyugdíjas, jelenleg a MOL Rt. Kutatási Főosztályának szakértője, az MGE alapító tagja. A 60-as években mint egyesületi titkár részt vett az akkor meginduló nemzetközi rendezvények szervezésében. Mint szakember számos hazai és nemzetközi konferencia és szimpózium aktív előadójaként szerepelt. Kiemelkedő segítséget nyújtott az 1985. évi budapesti EAEG kongresszus megrendezéséhez.

Hosszú ideje, közel másfél évtizede választott tisztségviselője a Magyar Geofizikusok Egyesületének, mint az Ellenőrző Bizottság elnöke, és az Egyesület eredményes működéséért felelősséget érző tagtársunk, aki nagy gondossággal, figyelemmel, hasznos észrevételekkel kíséri Egyesületünk szabályszerű működését. Egész szakmai életútja szorosan összekapcsolódik az Egyesületben és annak érdekében végzett munkájával.

VERŐ László, az ELGI Geoelektromos és Gravitációs Főosztályának vezetője Egyesületünknek 1964 óta tagja. Az egyesületi élet szervezésében, valamint az egyesületi szakmai rendezvények nívós tartalommal való kitöltésében alapvető érdemei vannak. Hosszú időn keresztül látott el összekötői feladatokat az MGE és az ELGI között. Rendszeres előadója volt belföldi és nemzetközi geofizikai tudományos rendezvényeknek, számos ilyen rendezvény kezdeményezője, neve az általa művelt geoelektromos szakterület külföldi szakemberei előtt is elismert.

1990-ben Egyesületünk alelnökévé választották, 1991-ben az Egyesület elnöke. Ebben a hivatalában nagy erőfeszítéseket tett a geoszakterületek érdekvédelméért, különös tekintettel azokra az egyeztető tárgyalásokra, amelyekben Egyesületünk a kormányzati szervek számára élhetett a szakmai vélemények kifejezésének lehetőségével. Jelentősek az érdemei a tagegyesületeink közötti jó együttműködés és kapcsolatok kialakításában.

Az Egyesület Elnöksége Renner János emlékéremmel tüntette ki:

- az Egyesületben és annak érdekében végzett tevékenysége elismeréseként és az egyesületi élet szervezése és fejlesztése terén szerzett érdemeiért SZALÓKI Istvánt, a MOL Rt. vezérigazgatóhelyettesét és
- az Egyesületben és annak érdekében hosszú időn át végzett tevékenységéért Egyesületünk lapjának, a Magyar Geofizikának, valamint az Egyesület által szervezett nemzetközi geofizikai szimpóziumok szakmai kiadványainak szerkesztésében szerzett érdemeiért ZELEI Andrást, a Geofizikai Szolgáltató Kft. igazgatóját.

Az Egyesületben végzett kimagasló társadalmi tevékenységéért az Elnökség Emlékklapot adományozott

CSÁSZÁR János (Nagykanizsa), LABÁ CZKI Emil (Szolnok), REGÖS Ferenc (Bp.) és WESZTERGOM Viktor (Sopron) tagtársainak.

Az 1992-es év legjobb elméleti cikke:

HAJAGOS Béla, STEINER Ferenc (Miskolci Egyetem) „A kovarianciamátrix általánosítása és robustussá tétele” című, a Geofizikai Közleményekben megjelent angol nyelvű dolgozata.

Az 1992-es év legjobb gyakorlati cikke:

LÖRINCZ Katalin és SZABÓ Péter (ELGI) „Többfázisú oldaleltolódásos tektonizmus vizsgálata a Szolnok környéki szeizmikus szelvényeken” című munkája.

Társadalmi munkáért pénzjutalomban részesült: APPELSHOFFER Zoltán, BALÓ Lajos, BENKŐ Attila, BIHARI Lászlóné, BODRI Bertalan, CZIPÓ László, JÁNVÁRINÉ KÁNTOR Ilona, KAKAS Kristóf, LÁSZLÓ Csaba, MÁGEL Ágostonné, PETHŐ Gábor, SZABÓ Imre, SZÜCS Péter, TÖRKÖLY József, VARGÁNÉ TÓTH Ilona.

A kitüntetések átadása után NAGY Zoltán hatalmas virágcsokorral köszönte meg BELLÉR Éva ügyvezető titkárnak áldozatos, fáradságos munkáját.

A Közgyűlés zárszavát SZARKA László, Egyesületünk új elnöke tartotta, ebből idézünk: „Egyesületi program helyett néhány ténytet szeretnék a Geofizikusok Egyesületének a magyar geofizikáról felsorolni, mivel a szakmai programot legközelebbi elnökségi ülésünkön írásban is rögzíteni fogjuk. Mégis miért mondanék tényeket? SZILÁRD Leó egyik írásában találtam a következő pábeszédet:

SZILÁRD Leó: — Csak a tényeket írom le, nem azért, hogy bárki is elolvasa, csak a Jóisten számára.

Kérdés: — Nem gondolod, hogy a Jóisten ismeri a tényeket?

SZILÁRD Leó: — Lehet, hogy ismeri, de a tényeknek nem ezt a változatát.

A magyar geofizikával kapcsolatban, azt hiszem, a tényeknek legalább két változata van: a mi oldalunkról az a fontos, a mi változatunk szerint, hogy a magyar geofizika elkerülhetetlenül szükséges átalakítását nemcsak a nemzetközi példához, hanem a nemzeti hagyományokhoz is igazítva kell végezni, úgy, hogy az értékeket megőrizzük. Az elmúlt 40 évben elmondhatjuk, hogy tulajdonképpen másodosztályúvá silányított feltételek között kellett megmutatni, hogy mit tud a magyar geofizika, mit tudnak a geofizikusok. Elmondhatjuk, hogy másodosztályú bajnokok lettünk és most éljük azokat a napokat, éveket, amikor meg kell mutatni, hogy a szuperligában mit tudunk produkálni.

A 80-as években elkezdődött egy folyamat a geofizikában, nemcsak az Egyesületre gondolok, hanem a magyar geofizikára általában, amikor nemcsak elkezdett a lehetőségekkel élni, hanem különösen a 80-as évek második felében a lehetőségeket, a kereteket megpróbálta önmaga is tágitani. Ez vezetett azután a 89-ben megírt alapszabályhoz, aminek a

vonatkozásait, a magyar hagyományok és az európai normák összehasonlítását már korábban említettem.

Még egy statisztikai tény szeretnék ismertetni, ami a magyar geofizika erőteljességét bizonyítja. Egy friss példa, ezért bizonyára nem sokan tudnak róla, hogy 1992-ben az EAEG hivatalos lapjában összesen 54, a legszigorúbb szűrőn átment publikáció jelent meg. Ezek között 7 amerikai, 6-6 német és brit, 5-5 kanadai és norvég, 4 indiai és 4 magyar, 2 olasz és 2 francia, 1 ukrán és 1 litván dolgozat szerepelt. Azt hiszem, hogy ez elég annak bizonyítására,

hogy a magyar geofizika meg fogja állni a jövőben is a helyét.

És ez a tényeknek az a változata, amit nemcsak a Jóistennek kell ismernie, hanem azoknak is, akik a magyar geofizikát másképpen gondolják.”

A Közgyűlés után, szintén a Fő utcában, jó hangulatú, zenés baráti vacsora zárta a napot, amelyen az utóbbi években megszokott 80 fő helyett 120-an vettek részt.

*Ferenczy László*

## IFJÚ SZAKEMBEREK ANKÉTJA

Csopak — 1993. április 11-16.

1993-ban az Ifjú Szakemberek Ankétját Csopakon rendezte a Magyar Geofizikusok Egyesülete április 15-16-án. Az ez évi program szakmai előadásokból, a legjobb előadói díjak és a legjobb első előadói díj odaítéléséből állt.

Az ankét megrendezését többé-kevésbé érthető kedvezőtlen előjelek kísérték, mint az a közgyűlésen már elhangzott, a korábbi évekhez képest csökkent a résztvevők és az előadások száma. Végül is a regisztráltak száma 51 volt — majdnem mindenki el is jött — és elhangzott 13 előadás. A legtöbb ifjú szakembert a MOL Rt. KTÁ delegálta az ankétra, közel ugyanannyian érkeztek a Miskolci Egyetem Geofizikai Tanszékéről; ezen felül a GES Kft., az ELGI, az ELTE Geofizikai Tanszéke, az MTA GGKI, a MOL Rt., a MOL Rt. OGIL és az Országos Bányaműszaki Felügyelőség (OBF) képviseltette magát legalább egy ifjú szakemberrel. Tekintettel a felsőoktatási intézmények nehéz pénzügyi helyzetére, a Magyar Geofizikusokért Alapítvány anyagilag is támogatta a miskolci egyetemisták részvételét.

Az előadások megoszlása más képet mutat. Hat előadást tartottak a Miskolci Egyetem hallgatói vagy ösztöndíjasai, két-két előadással szerepelt az ELGI és az MTA GGKI, egy-egy előadással pedig az ELTE, a GES Kft. és az OBF.

Az előadások ismertetését remélhetőleg feleslegessé teszi az az ígélet, hogy egy részük elhangzik majd a vándorgyűlésen is, illetve nyomtatásban megjelennek.

Az Ifjúsági Bizottság által felkért zsűri öttagú volt. Elnöke dr. STEINER Ferenc professzor, tagjai pedig dr. FERENCZY László, dr. MÁRTON Péter, dr. POGÁCSÁS György és VERŐ László. A díjnyertesek felsorolása előtt szeretném idézni a zsűri elnökének értékelését:

„Tegnap és ma ezen az ankéton olyan előadásokat volt módunk az ifjú szakemberek jóvoltából mindnyájunknak hallgatni, amelyek — közvetlenül vagy közvetetten — gyakorlati célok szolgálatában végzett munkáról számoltak be. Ez a munka természetesen valamilyen előzményhez csatlakozik, például egy már kevésbé ifjú kutató vagy egy team munkájához, esetleg meglévő szoftverekhez stb. Amikor a zsűri elismerését tolmácsolom az előadók-nak önmagukkal szemben támasztott és szinte kivétel nélkül tapasztalt igényességükért, egyetlen negatívumként azt állapítottuk meg, hogy egyes előadá-

sok nyomán a más témakörökben dolgozók számára nem derült ki egyértelműen, hogy a bemutatott eredményekből mit tekint sajátjának az előadó. A zsűri felhívja a figyelmet, hogy az eredmények kontrolljára nagyobb súlyt kell helyezni.

Az ankét színvonalas volt, az eredményességért a szervezőknek és az előadóknak egyaránt köszönettel tartozunk.”

Következzék ezután a díjazottak felsorolása.

*I. díj (15 - 15 000 Ft)*

FANCSIK Tamás (Miskolci Egyetem)

Inhomogén közegben terjedő Rayleigh-típusú hullámok komplex diszperziós relációja és elmozdulás függvénye

KIS Márta (Miskolci Egyetem)

Szeizmikus refrakciós és egyenáramú VESZ mérési adatok együttes inverziója

KIS Márta, aki negyedéves hallgató, egyben elnyerte az első előadói díjat is.

*II. díj (10 000 Ft)*

PÁSZTOR Péter (MTA GGKI)

Georadar adatok feldolgozása hagyományos szeizmikus szoftverrel

*III. díj (6 - 6 000 Ft)*

GÖGH Éva (ELGI)

A felhagyott Nagykovácsi Béta bányászati üzem öregműveletei hatásának kimutatása sekélyszeizmikus módszerrel

NEDUCZA Boriszláv (ELGI)

Radar adatok feldolgozása a szeizmikában használatos feldolgozási módszerekkel

PAPP Gábor (MTA GGKI)

Kompakciós modell a Kárpát-medence üledékeire gravitációs adatok alapján.

A hallgatóság és a zsűri közösen odaítélte egy közönségdíjat is (2 000 Ft-os könyvutalvány), ezt igen szoros versenyben PÁSZTOR Péter nyerte.

A zsűri szabad kezét kapott abban, hogy hány díjat ítél oda. Az, hogy az előadások közel fele valamilyen elismerésben részesült, bizonyítja az örvendetesen magas színvonalat. A díjakkal járó pénzjutalmat a Magyar Geofizikusokért Alapítvány ajánlotta fel, és a kuratórium elnöke, dr. NEMESI László jelenlétével és értékelő hozzászólásával is megtisztelte az ankétot.

(Ha lett volna egy különdíj a legszellemesebb mondat jutalmazására, azt én Ahmed A. M. AMRAN-nak (Miskolci Egyetem) ítéltem volna oda. A türke-

vei kutatási terület szerkezeti és sztratigráfiai interpretációjáról beszélve megemlítette, hogy bizonyos dolgokról nem beszélhet a titkosság miatt, pedig (sajnos, nem szó szerinti idézet) „ahogy én körülnézek, itt én vagyok az egyedüli idegen”.)

Az Ifjúsági Bizottság elnökének, IMRE Tamásnak a zárszavához kapcsolódva dr. POGÁCSÁS György kifejtette, az Ifjúsági Ankét komoly érték és el kell kerülni azt, hogy a nehézségek miatt — más egyesületekhez hasonlóan — elmaradjanak az ifjúsági ren-

dezvények, csökkenjen az ifjúság érdeklődése az egyesületi élet iránt. Bizva abban, hogy mindez nem marad pusztába kiáltott szó, a Csopakra szívesen visszaemlékező ifjú szakemberek egy évvel „öregebben”, a még ifjabbak pedig új lendülettel remélhetőleg 1994-ben is találkozni fognak, egy hasonlóan kellemes helyen, hasonlóan jól megrendezett ankéton.

*Verő László*

---

---

# EAEG



---

---

## HÍREK

Az EAEG tagjai márciusban kapták kézhez azt a levelet, amelyben J.-C. GROSSET ismerteti a Jelölő Bizottság javaslatát, ki legyen az alelnök az 1993. június - 1994. június időszakra és egyben kéri is a tagság szavazatát. Egyesületünk tagjai számára sem ismeretlen már a levélben történő szavazás, ez nem lenne elég indok arra, hogy erről az évről évre ismétlődő eseményről hírt adjunk. Most azonban a magyar geofizikusok a szokásosnál nagyobb figyelemmel kísérik a szavazást, erre magyarázat a jelölt személye. A Jelölő Bizottság ugyanis dr. BODOKY Tamást találta legmegfelelőbbnek erre a feladatra. Felesleges hangsúlyozni, milyen megtiszteltetés ez személy szerint az Egyesület korábbi elnöke és a Magyar Geofizika jelenlegi főszerkesztője, de a Magyar Geofizikusok Egyesülete és az egész magyar geofizika számára. De azért azt sem szabad elfelejteni,

hogy ez a tisztség nem kevés munkával és felelőséggel is jár. Az EAEG az SEG, az amerikai társ-egyesület mögött az alkalmazott geofizikusok második legnagyobb nemzetközi egyesülete a világon, háromezernél is több taggal. Ennek az egyesületnek legfőbb vezetésében vesz majd részt három éven át — alelnökként, elnökként, majd ismét alelnökként — BODOKY Tamás, ha megválasztják. Az eredményre még várni kell, hiszen a szavazólapokat május 24-ig lehet visszaküldeni. A stavangeri EAEG kongresszusról szóló beszámolóban természetesen az eredményt is ismertetni fogjuk. Addig mást nem tehetünk, mint szurkolunk a sikerért (remélem, a szavazólapot minden magyar EAEG-tag visszaküldte).

*Verő László*

# Földrengés forrászónák szerepe a Paksi Atomerőmű szeizmikus veszélyeztetettségében<sup>1</sup>

ZSÍROS TIBOR<sup>2</sup>

*Egy adott hely földrengés veszélyeztettségét döntő módon befolyásolja, hogy a számítások során milyen forrásmodellre támaszkodnak. A Paksi Atomerőmű veszélyeztetettségét két egészen különböző forrásmodell alapján becsülték, így az eredmények is jelentősen eltérnek egymástól. Az egyes forrásterületek jelentőségének vizsgálatából az következik, hogy ajánlatos minden rengéses forrást egyedi forrászónaként kezelni, ha azt a rengések száma megengedi.*

**T. ZSÍROS: The Relative Importance of Earthquake Source Zones in the Assessment of Paks Nuclear Power Plant**

*The seismic hazard at a site is decisively determined by the source model of earthquakes used. For the seismic hazard assessment of the Nuclear Power Plant at Paks, two quite different source model were used, therefore, the two results are also significantly different. Studying the contributions of the source zones to the hazard, it is a conclusion that every earthquake source is advisable to be considered as an individual source zone, if the number of events is not very low.*

## 1. Bevezetés

A Paksi Atomerőmű biztonságával kapcsolatban számos földtudományi kutatást végeztek az utóbbi években. Ezek közül két tanulmány [ZSÍROS 1990, Ove Arup and Partners 1992] közölt eredményeket a Pakson várható valószínűségi földrengés veszélyről. A végeredményként megadott veszélyeztetettség (Pakson várható éves rengésgyakoriság) azonban jelentősen (kb. egy nagyságrenddel) különböző a két dolgozatban. Az eltérés legfőbb oka az, hogy más-más földrengés forrásmodellre támaszkodik a két vizsgálat. Ove Arup and Partners [1992] tanulmányukban négy különböző forrásmodell vizsgáltak, melyek közül az általuk legelfogadhatóbbnak, legvalószínűbbnek tartott forrásmodell (ARUP-1) az 1. ábrán látható. A másik dolgozatban [ZSÍROS 1990] csak egy forrásmodell (2. ábra) — melyet nevezünk MTA modellnek — alapján történt a veszélyeztetettség vizsgálat. Az ARUP-1 és MTA forrásmodellek felhasználásával meghatározott éves rengésgyakoriság eltérését mutatja be a 3. ábra. Jelen tanulmányban azt szeretnénk kideríteni, hogy mekkora szerepet viselnek a két forrásmodell egyes forrásterületei Paks földrengés veszélyeztetettségében, és milyen következtetéseket vonhatunk le a kapott eredményekből a földrengés zónák kijelölésével kapcsolatban.

## 2. Az MTA forrásmodell vizsgálata

A földrengések gyakorisága alapján történő szeizmikus veszélyeztetettség becslés egyik alappontja a várható földrengések forrásterületeinek kijelölése. Minthogy egy forrászóna körülhatárolásának módja

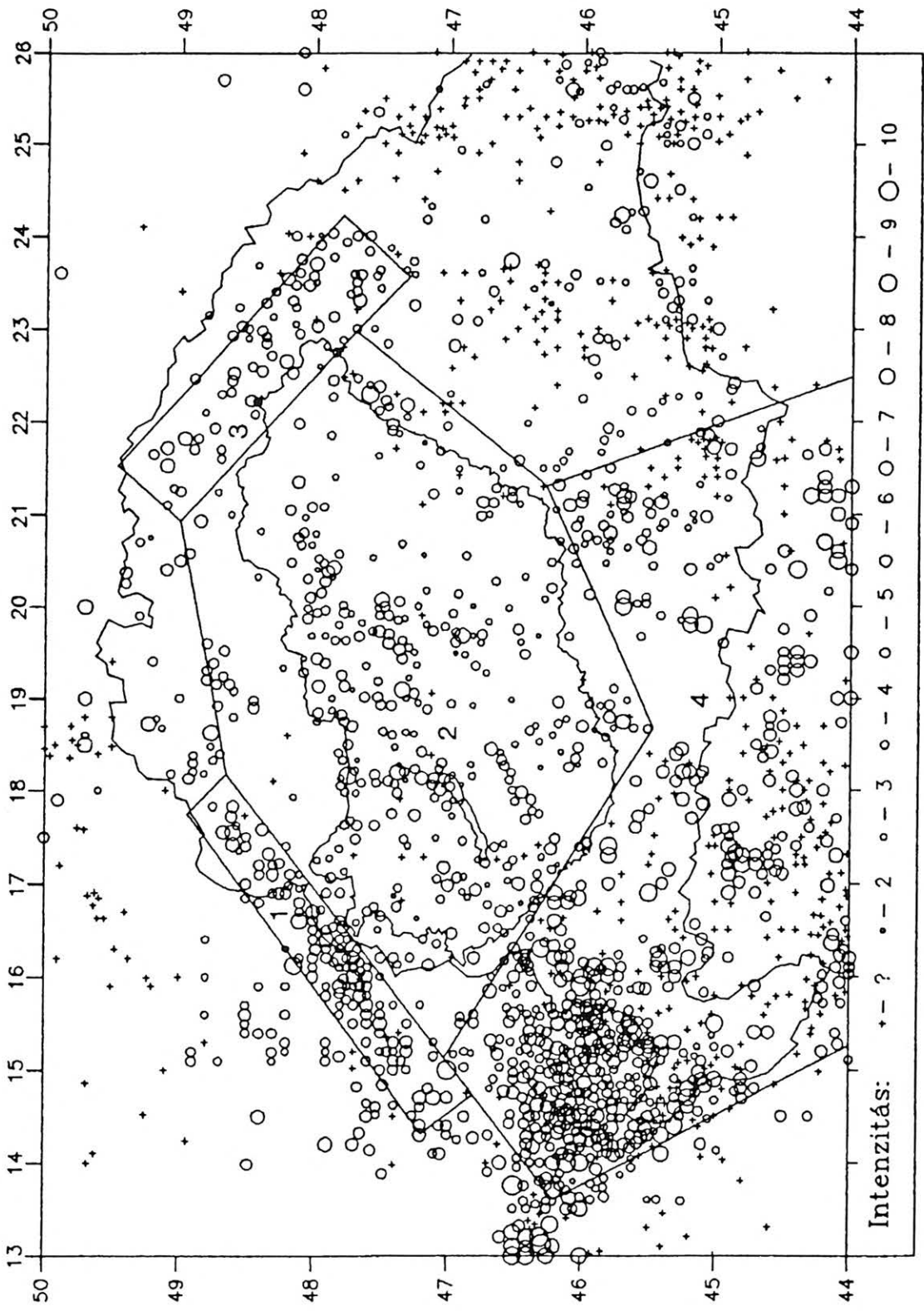
nincs kellőképpen definiálva, így annak kijelölése szükségképpen mindig tartalmaz szubjektív elemet. Nem nagy szeizmicitású területen (mint amilyen a Pannon-medence is) a fenti feladat megnyugtató megoldása nem könnyű. Két szempont ütközik egymással, nevezetesen:

- Egyik cél az, hogy a forrásterület legyen men-nél szűkebben lehatárolva; hiszen a forrásterület bármely pontját azonos valószínűséggel tartjuk forráskeltő helynek.
- A másik cél viszont az, hogy a forrásterület legyen men-nél nagyobb, mert így több földrengést foglal magában, s ezáltal a földrengés gyakoriság becslése megbízhatóbb lesz.

További szempontok, információk is befolyásolják a forrásterületek kijelölését, melyeket a geológiai, tektonikai, geofizikai s geodéziai ismeretek kínálnak. Nehéz azonban ezek súlyát meghatározni mindaddig, amíg nincs kvantitatív ismeretünk arról, hogy a földrengéseken kívüli földtudományi adatok, paraméterek mennyiben járulnak hozzá a vizsgált terület szeizmicitásához. Paks veszélyeztetettségét becsülő dolgozatok forrásmodelljei közül az MTA modell (2. ábra) lényegében csak a szeizmicitásra, a földrengések területi eloszlására hagyatkozik, míg az ARUP-1 modell (1. ábra) a Pannon-medence egészén azonos szeizmikus aktivitást tételez fel. Az MTA forrásmodell alapján a Pakstra meghatározott éves rengés gyakoriság eloszlást a 3. ábra MTA jelzésű görbéje mutatja. Egy adott megrázottsági (intenzitás) szinthez tartozó gyakoriság érték az egyes forrásterületekről származó gyakoriság értékek összege. A forrásterületek egymáshoz viszonyított súlyának meghatározásához kiszámítottuk valamennyi forrásterület saját rengés gyakoriság értékét a 4,0–9,0 közötti (elméleti) intenzitás intervallumban. A forrásterületek saját rengés gyakoriságának a teljes rengés gyakorisághoz viszonyított (százalékos) értékét mutatják be a 4.–22. ábrák. Ezek alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

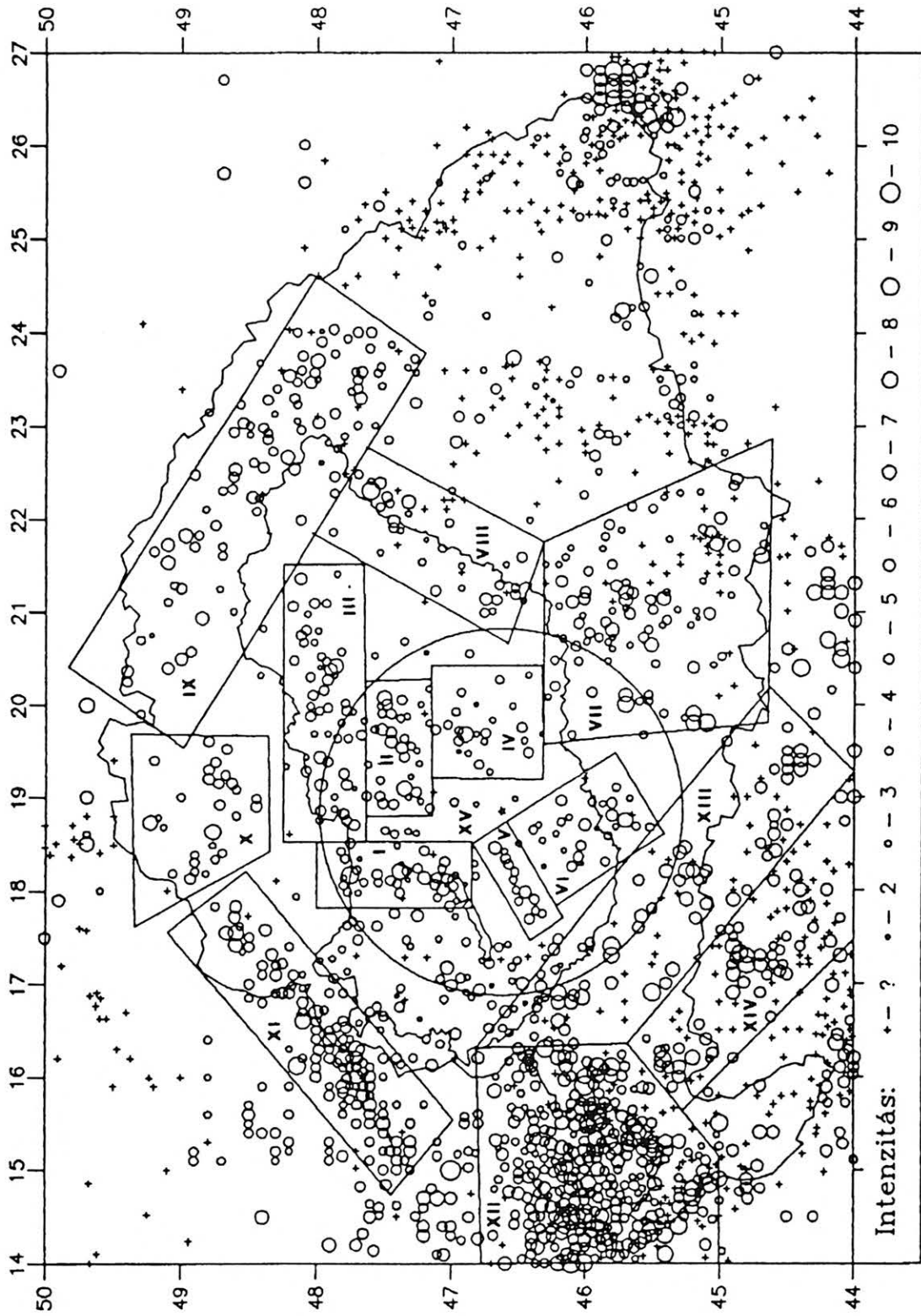
<sup>1</sup> Beérkezett: 1993. február 25-én

<sup>2</sup> MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, H-9400 Sopron, Csatkai u. 6.



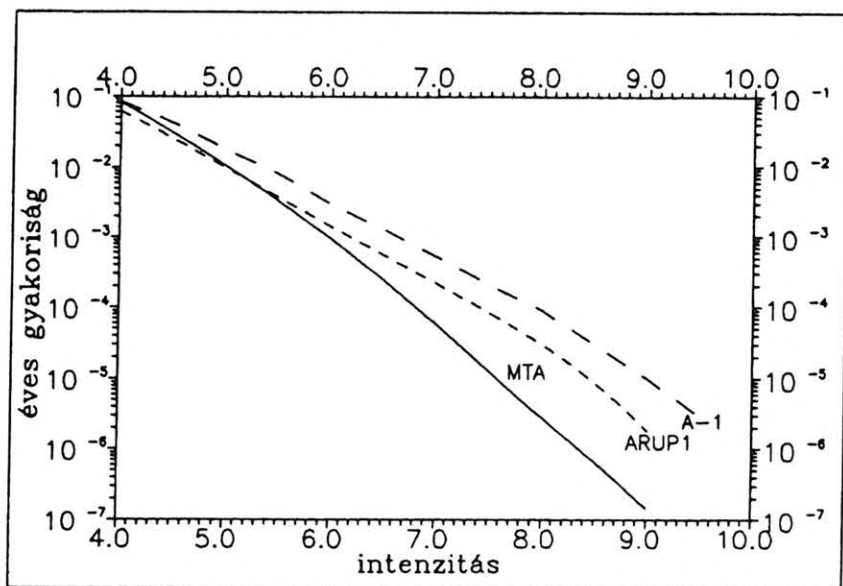
1. ábra. Földrengés forrásterületek (ARUP-1 modell)

Fig. 1. Earthquake source zones (ARUP-1 model)



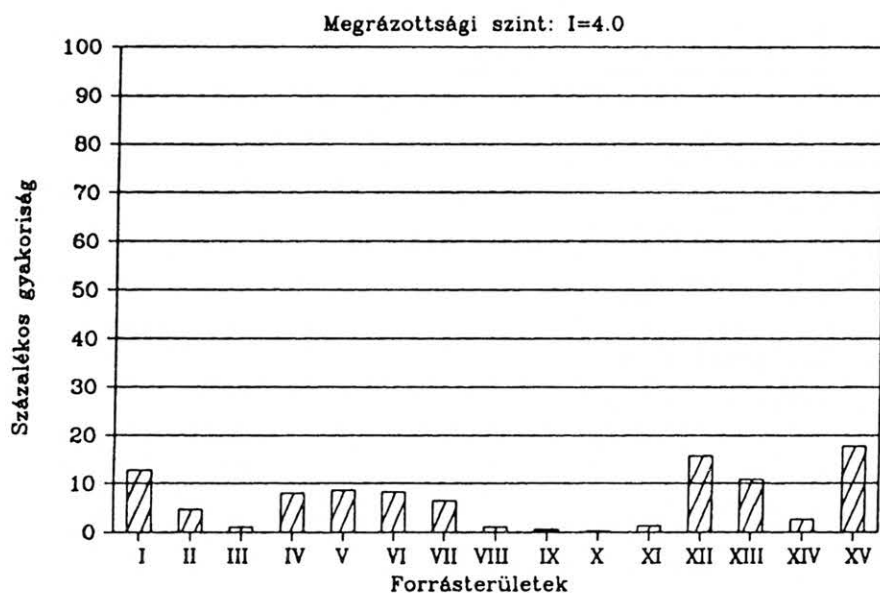
2. ábra. Földrengés forrásterületek (MTA modell)

Fig. 2. Earthquake source zones (MTA model)



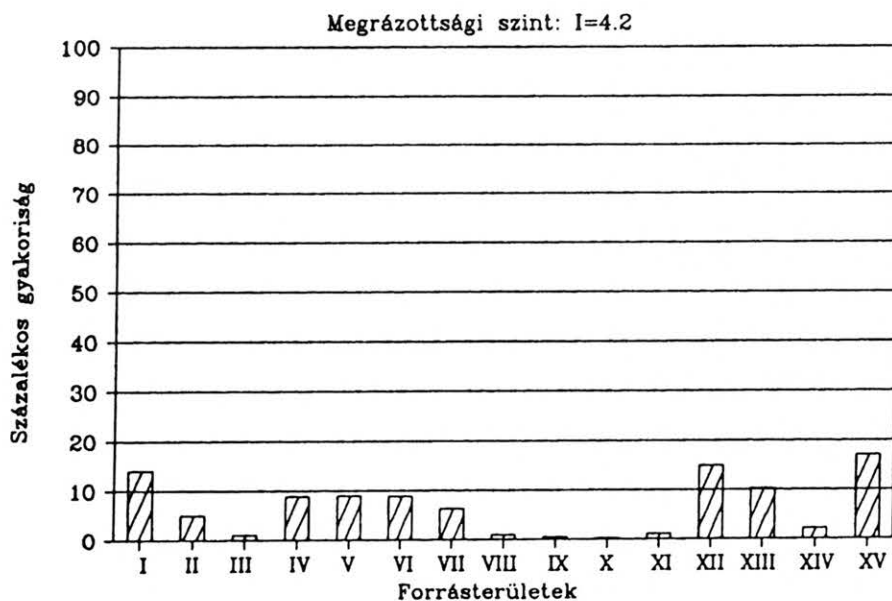
3. ábra. Földrengés intenzitás éves gyakorisága Paks. MTA: intenzitás adatok és MTA modell alapján. ARUP1: intenzitás adatok és ARUP-1 modell alapján. A-1: magnitúdó adatok és ARUP-1 modell alapján [Ove Arup and Partners 1992]

Fig. 3. Annual frequency of intensity at Paks. MTA: intensity data and MTA model used. ARUP1: intensity data and ARUP-1 model used. A-1: magnitude data and ARUP-1 model used [Ove Arup and Partners 1992]



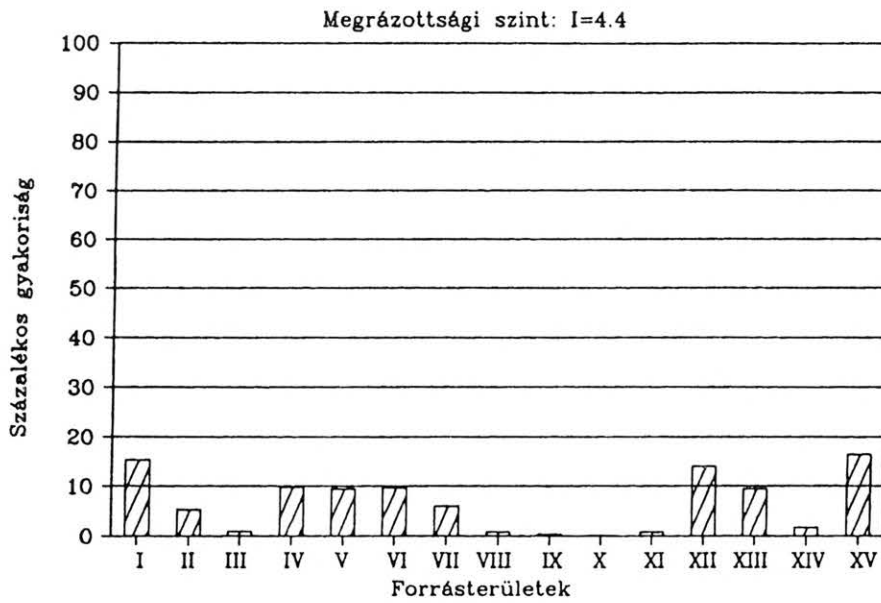
4. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks I=4,0 intenzitású megrázottságában

Fig. 4. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 4.0 at Paks (in per cent)



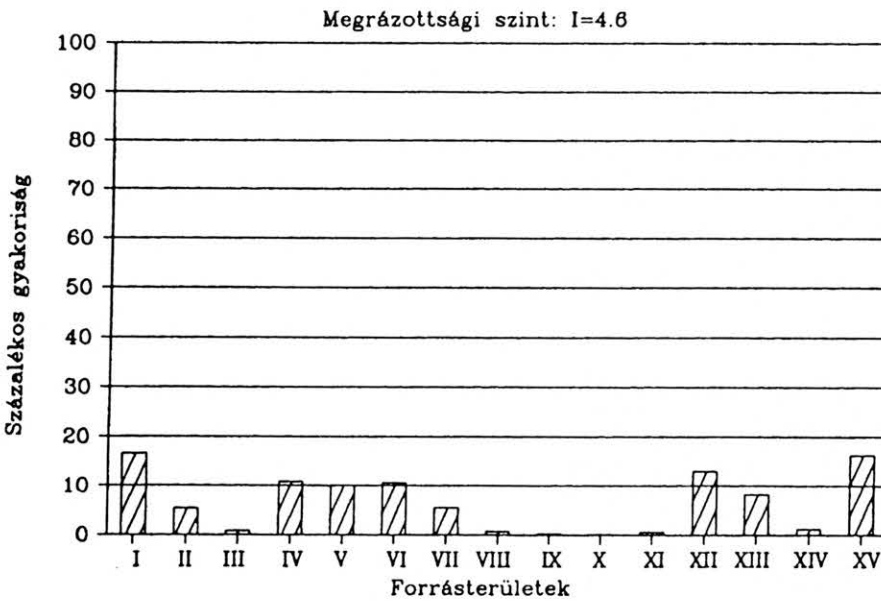
5. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks I=4,2 intenzitású megrázottságában

Fig. 5. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 4.2 at Paks (in per cent)



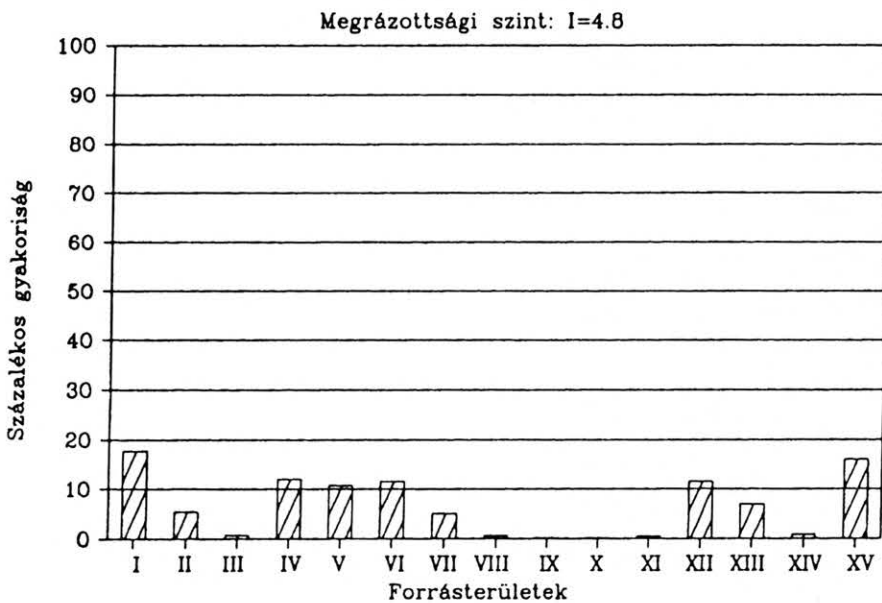
6. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=4,4$  intenzitású megrázottságában

Fig. 6. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 4.4 at Paks (in per cent)



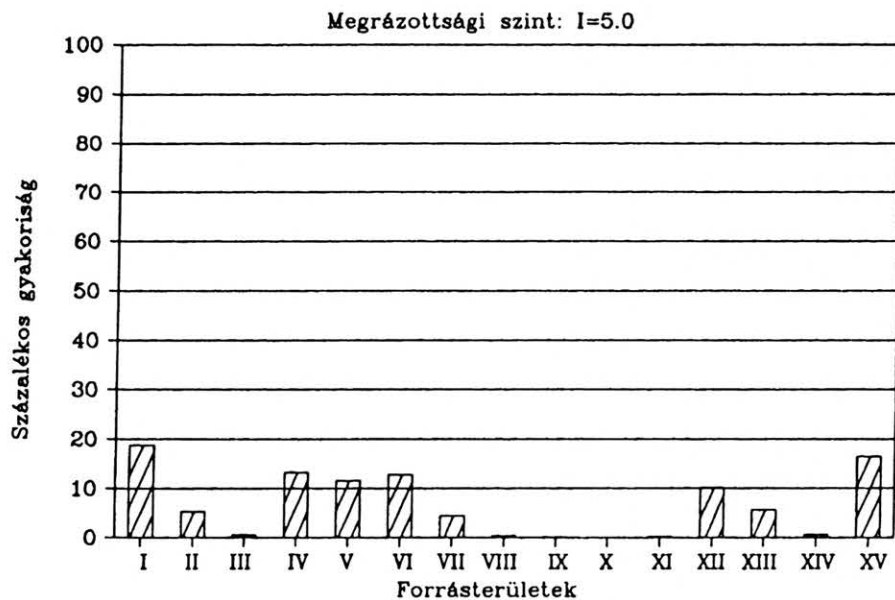
7. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=4,6$  intenzitású megrázottságában

Fig. 7. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 4.6 at Paks (in per cent)



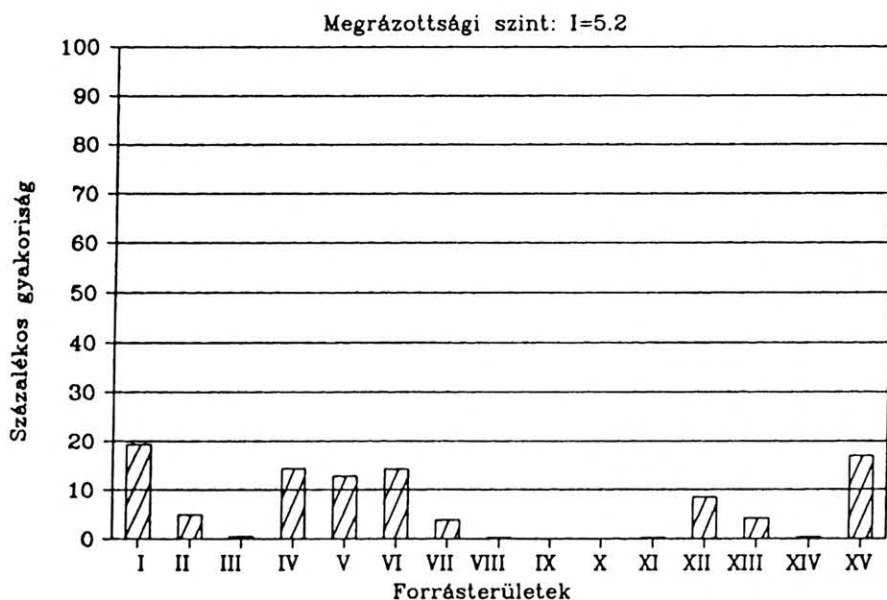
8. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=4,8$  intenzitású megrázottságában

Fig. 8. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 4.8 at Paks (in per cent)



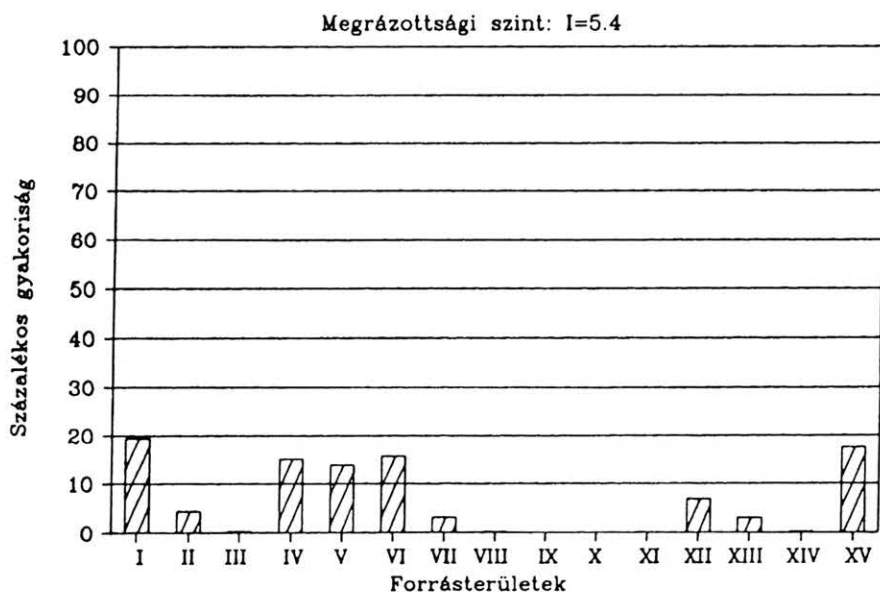
9. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=5,0$  intenzitású megrázottságában

Fig. 9. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 5.0 at Paks (in per cent)



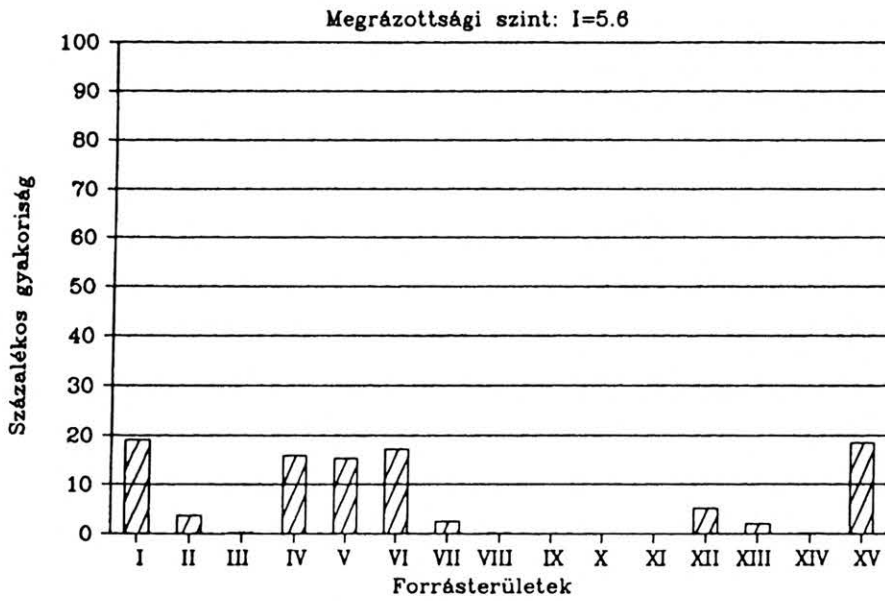
10. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=5,2$  intenzitású megrázottságában

Fig. 10. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 5.2 at Paks (in per cent)



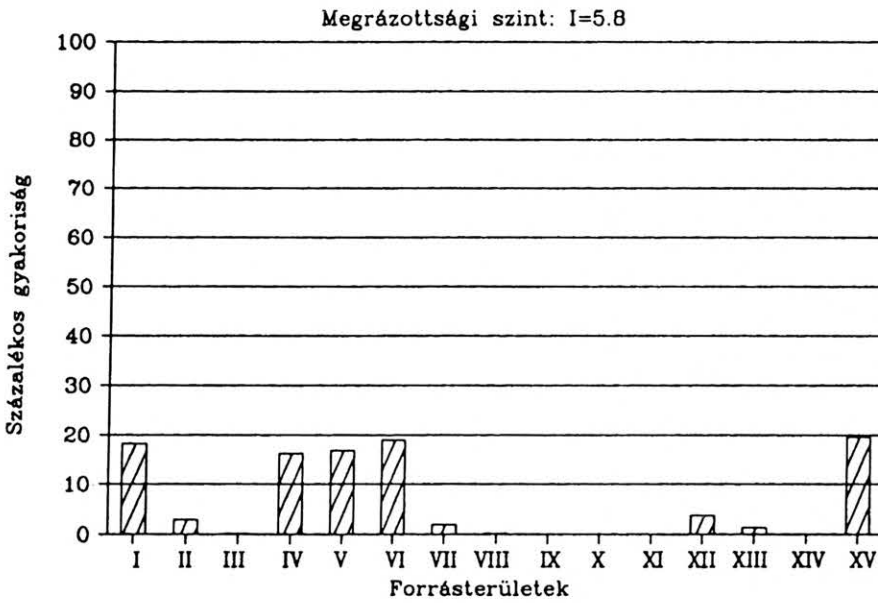
11. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=5,4$  intenzitású megrázottságában

Fig. 11. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 5.4 at Paks (in per cent)



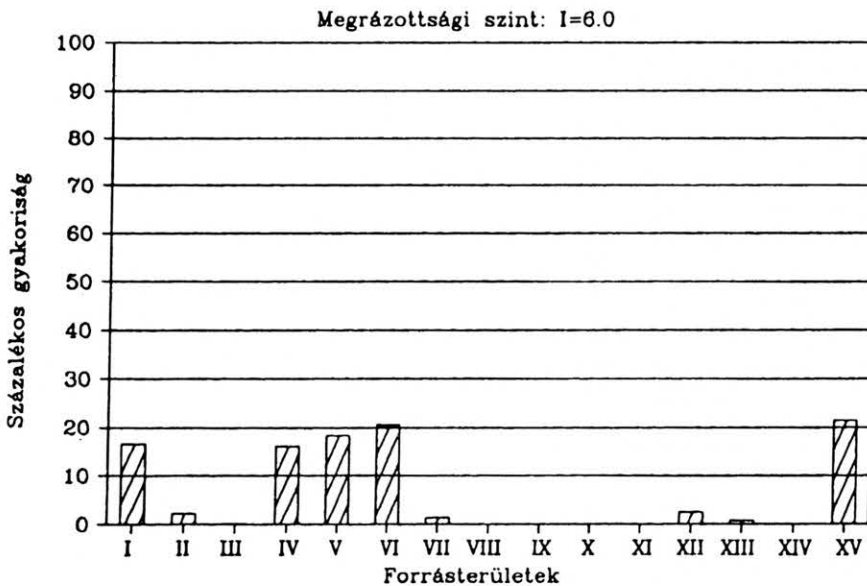
12. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=5,6$  intenzitású megrázottságában

Fig. 12. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 5.6 at Paks (in per cent)



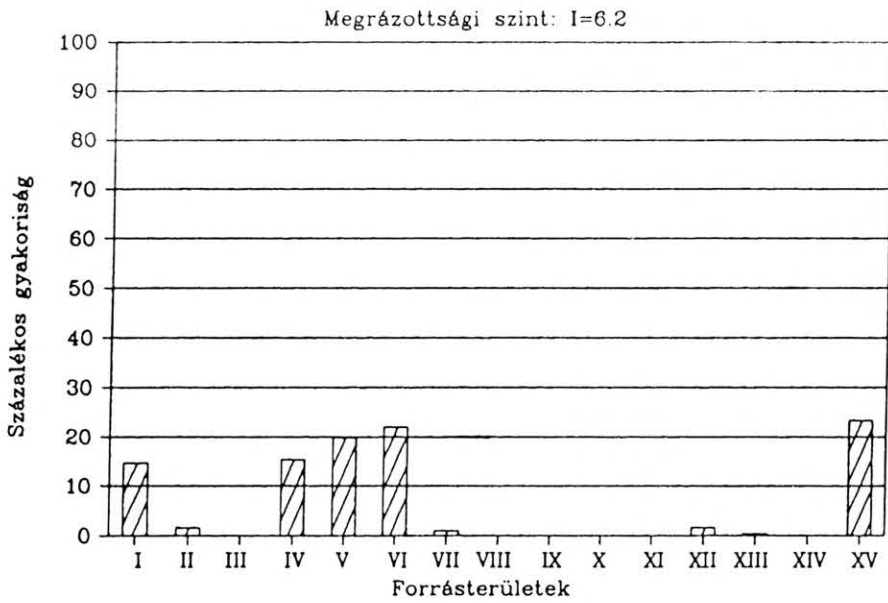
13. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=5,8$  intenzitású megrázottságában

Fig. 13. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 5.8 at Paks (in per cent)



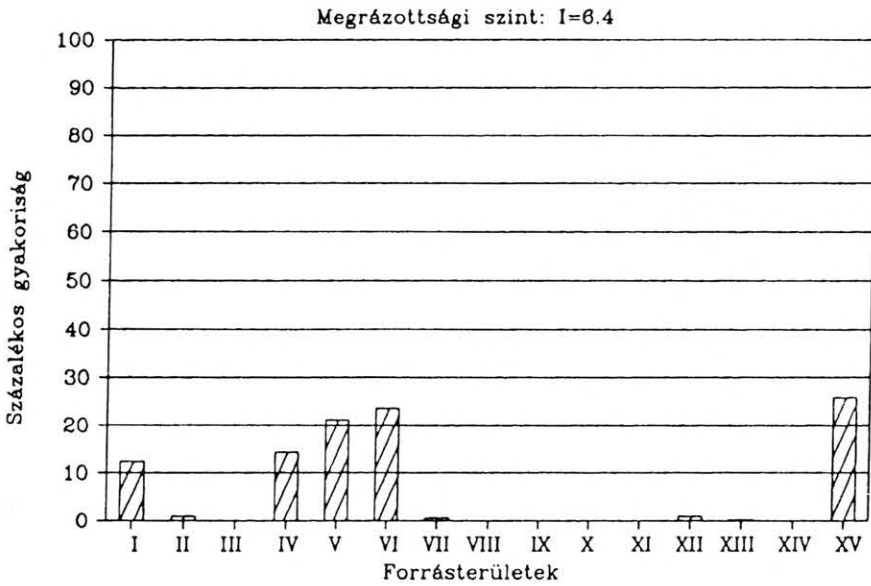
14. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=6,0$  intenzitású megrázottságában

Fig. 14. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 6.0 at Paks (in per cent)



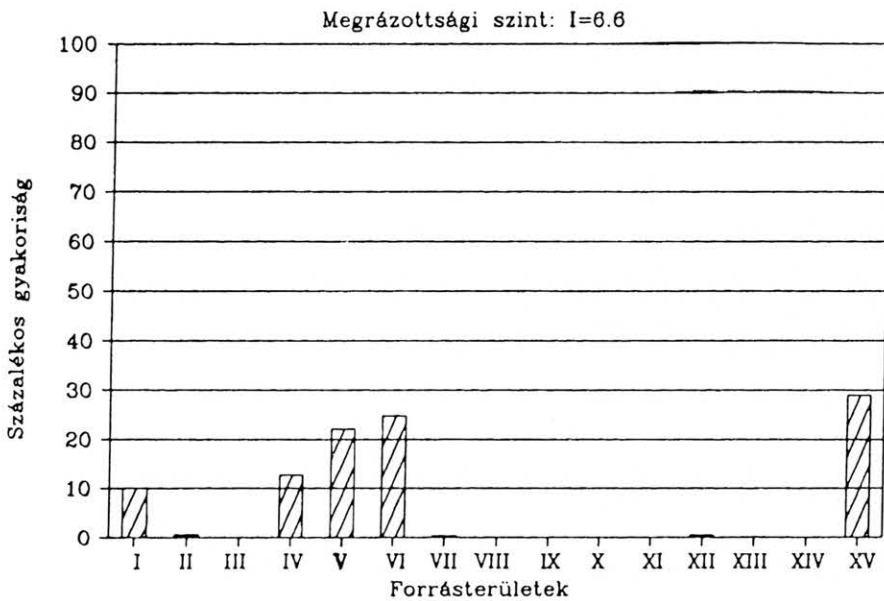
15. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=6,2$  intenzitású megrázottságában

Fig. 15. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 6.2 at Paks (in per cent)



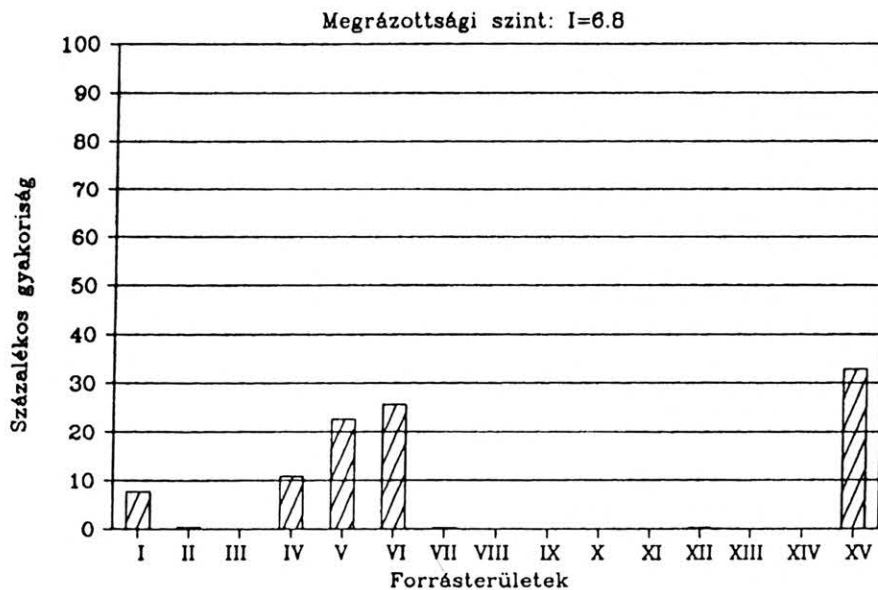
16. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=6,4$  intenzitású megrázottságában

Fig. 16. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 6.4 at Paks (in per cent)



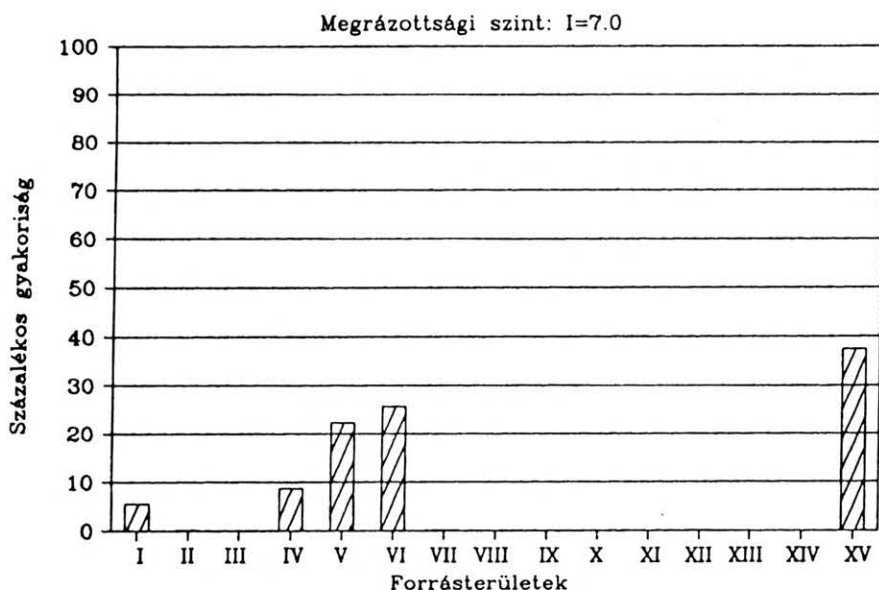
17. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=6,6$  intenzitású megrázottságában

Fig. 17. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 6.6 at Paks (in per cent)



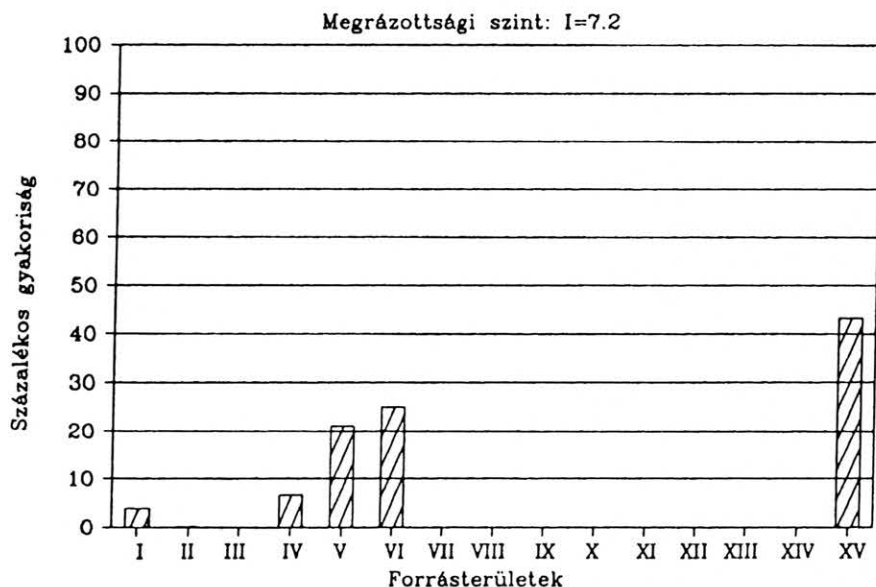
18. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=6,8$  intenzitású megrázottságában

Fig. 18. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 6.8 at Paks (in per cent)



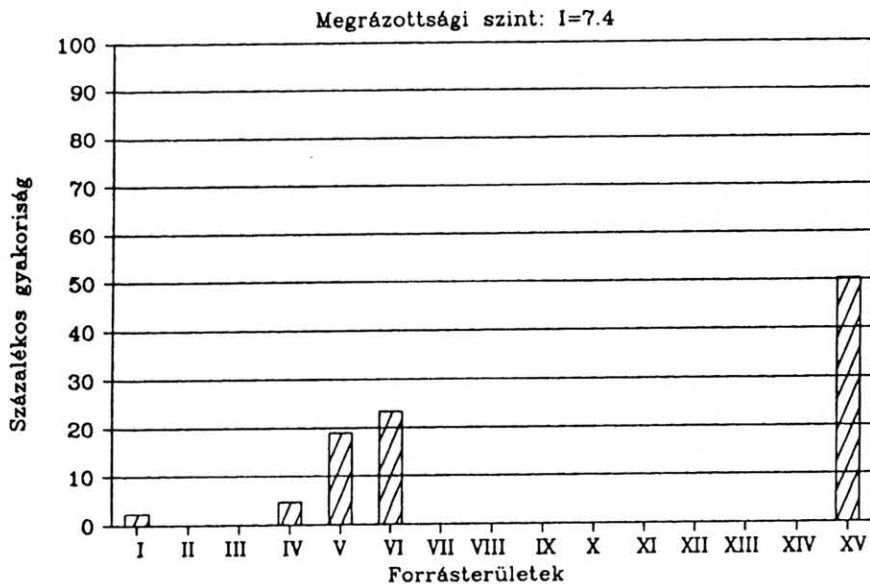
19. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=7,0$  intenzitású megrázottságában

Fig. 19. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 7.0 at Paks (in per cent)



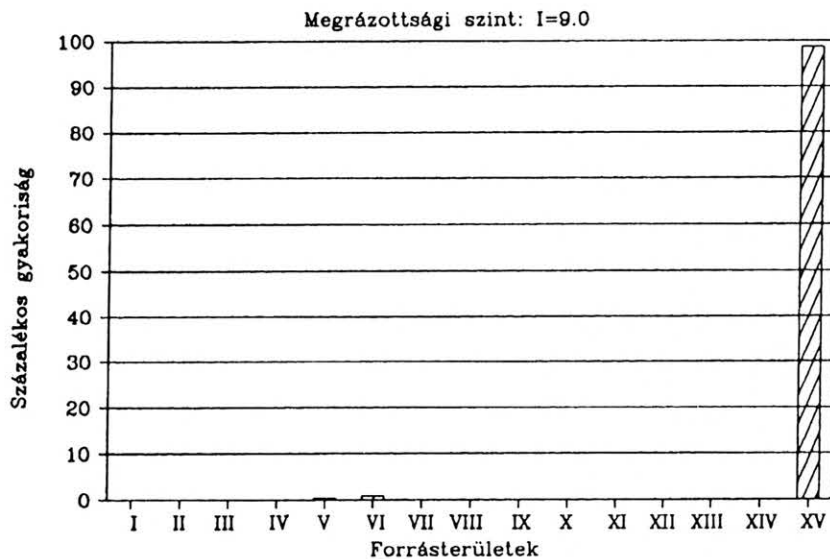
20. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=7,2$  intenzitású megrázottságában

Fig. 20. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 7.2 at Paks (in per cent)



21. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=7,4$  intenzitású megrázottságában

Fig. 21. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 7.4 at Paks (in per cent)



22. ábra. Az MTA forrásterületek százalékos részesedése Paks  $I=9,0$  intenzitású megrázottságában

Fig. 22. Contributions of MTA source zones to the annual frequency of intensity 9.0 at Paks (in per cent)

a) A háttér szeizmicitás (XV. forrásterület) — különösen magasabb megrázottsági szinteken — kiemelt szerepet játszik. Ennek oka pedig az, hogy az alkalmazott veszélyeztetettségi módszer a várható rengés gyakoriságot a forrásterületen egyenletesen osztja el. Ha pl. csak egyetlen rengéssel számol, akkor annak epicentrumát a terület centrumába helyezi. Ily módon a Pakstól viszonylag távol eső (pl. észak-zalai) rengések — melyek nincsenek külön forrásterületbe foglalva — nagy súllyal szerepelnek a veszélyeztetettségi becslésben. Ha nincs, vagy elhanyagolható a háttér szeizmicitás, akkor a fenti hatás sem lép fel. Amennyiben a vizsgált hely egy nagy kiterjedésű forrásterületen helyezkedik el — mint pl. ARUP-1 forrásmodellnél Paks (lásd 4. fejezet) — a fenti jelenség újra fellép. A fentieknek megfelelően tehát kívánatos minden rengéses forrást egyedi forrászónaként kezelni.

b) Alacsony ( $I \leq 5$ ) megrázottságon a vizsgált helytől távolabb elhelyezkedő erős szeizmicitású forrászónáknak a szerepe jelentősebb, mint egyes közeli forrászónáké. Paks esetében  $I=5,6$  intenzitás

szintig a Móri-árok (I. forrászóna) szerepe jelentősebb, mint a közeli kecskeméti (IV.), Kapos-menti (V.) vagy baranyai (VI.) forráshelyek hatása.  $I=4,8$  megrázottsági szint alatt pedig még a távoli XII. forrászóna (Szlovénia, Friuli-zóna) hatása is nagyobb bármely Pakshoz közeli (IV., V., VI.) forrászóna hatásánál.

c)  $5,6 \leq I \leq 7,2$  közötti megrázottsági tartományban a Pakshoz legközelebbi (IV., V., VI.) forrásterületek rengés gyakorisága a döntő.

d) Magasabb intenzitás szinteken ( $I \geq 7,4$ ) egyre inkább dominál a háttér szeizmicitás (XV. forrásterület), s mellette már csak a VI. és V. forrásterület hozzájárulása érdemel említést.

### 3. Paks szeizmikus veszélyeztetettségének becslése epicentrális intenzitás adatok s az ARUP-1 forrásmodell alapján

Paks földrengés veszélyeztettségével foglalkozó mindkét tanulmány [ZSÍROS 1990, Ove Arup and

Partners 1992] lényegében ugyanarra az adatbázisra [ZSÍROS et al. 1988] támaszkodott. Amíg azonban közülük a korábbi az epicentrális intenzitás adatokat vette alapul, addig az utóbbi a magnitúdó adatokat részesítette előnyben. (Megjegyzendő, hogy a felhasznált adatbázisban a magnitúdó adatok túlnyomó többsége az epicentrális intenzitás alapján lett becsülve.) Az ARUP-1 forrásmodell alapján — de az epicentrális intenzitás adatokra támaszkodva — mi is meghatároztuk Paks földrengés veszélyeztetettségét, a valószínűségi becslési módszer [MCGUIRE 1976] segítségével. A földrengés gyakoriság számításához szükségünk volt a förengések adatkészletére; vagyis ki kellett szűrni az elő- és utórengéseket. Hogy melyik rengés tekinthető förengésnek, ez a kérdés nincs kellő mértékben tisztázva, definiálva, így a förengések kiválogatása során is jelentkezik bizonyos szubjektivitás. A korábbi tanulmányokban egyik esetben [ZSÍROS 1990] személyi döntéssel történt a förengések kiválogatása; míg a másik esetben [Ove Arup and Partners 1992] minden  $M \geq 4,0$  magnitúdójú rengést förengésnek vettek, függetlenül azok időbeli s térbeli eloszlásától. Jelen veszélyeztetettségi vizsgálatban az  $I_0$  epicentrális intenzitású rengés  $R$  sugarú környezetében, az  $I_0$  intenzitású rengés keletkezési idejétől számított  $T$  időszak alatt keletkezett valamennyi  $I \leq I_0$  nagyságú rengéseket  $I_0$  utórengésének tekintettünk. Ehhez hasonlóan az  $I_0$  epicentrális intenzitású rengés  $R$  sugarú környezetében, az  $I_0$  nagyságú rengés keletkezési idejétől visszafelé számított  $T'$  időszak alatt keletkezett  $I < I_0$  nagyságú rengéseket  $I_0$  előrengéseinek tekintettünk. A Pannon-medence rengés sorozatainak tanulmányozása után az elő- és utórengések válogatásához kiválasztott idő és távolság értékeket az 1. táblázatban foglaltuk össze.

| $I_0$                           | $R$ (km) | $T$ (nap) | $T'$ (nap) |
|---------------------------------|----------|-----------|------------|
| 2                               | 5        | 1         | 1          |
| 2-3                             | 5        | 1         | 1          |
| 3                               | 10       | 3         | 3          |
| 3-4                             | 10       | 3         | 3          |
| 4                               | 15       | 10        | 7          |
| 4-5                             | 15       | 10        | 7          |
| 5                               | 20       | 30        | 20         |
| 5-6                             | 20       | 30        | 20         |
| 6                               | 25       | 250       | 50         |
| 6-7                             | 25       | 250       | 50         |
| 7                               | 30       | 470       | 90         |
| 7-8                             | 30       | 470       | 90         |
| 8                               | 35       | 930       | 150        |
| 8-9                             | 35       | 930       | 150        |
| 9                               | 40       | 1400      | 370        |
| 9-10                            | 40       | 1400      | 370        |
| 10                              | 45       | 1830      | 730        |
| $I_0$ - epicentrális intenzitás |          |           |            |

1. Táblázat. A förengések kiválogatásához használt idő ( $T$  ill.  $T'$ ) és távolság ( $R$ ) paraméterek

A förengések adatkészletéből ezután meghatároztuk az egyes forrásterületeken a földrengések (kumulatív) gyakoriságát. A gyakoriság meghatározásánál — korábbi vizsgálatok alapján — abból indultunk ki, hogy adatkészletünk  $I_0 \geq 8^\circ$  esetén 1700-tól,  $8^\circ > I_0 \geq 7^\circ$  esetén 1800-tól,  $7^\circ > I_0 \geq 6^\circ$  esetén 1850-től, s  $6^\circ > I_0 \geq 5^\circ$  esetén 1880-tól teljesnek tekinthető. A maximális rengéserősséget az 1., 2. és 3. forrászónában  $I_0=9^\circ$ -nak, a 4. forrászónában pedig  $I_0=10^\circ$ -nak választottuk a történelmi szeizmicitás alapján. Ahhoz hogy bármely helyen számíthassuk a földmozgás nagyságát, még ismernünk kell a földrengés intenzitás távolság szerinti gyengülését is. Dolgozatunkban az intenzitás gyengülési modellt (23. ábra) egy korábbi tanulmányból [ZSÍROS 1990] vettük, mely a Pannon-medence 30 legjobbnak tartott izoszeizta térképe alapján készült. Mindezek alapján meghatároztuk a Pakson (46,63N, 18,85E) várható éves rengés gyakoriságot a  $4,0 \leq I \leq 9,0$  (elméleti) intenzitás intervallumban. Az eredményeket a 3. ábra ARUP-1 jelzésű görbéje mutatja. Az MTA és ARUP-1 forrásmodellek alapján végzett vizsgálatok végeredményeinek — a rengés gyakoriságban jelentkező — eltérése  $I > 6$  intenzitás szint felett jelentős. Ennek megfelelően a Pakson várható valószínűségi földrengés veszély is más és más a két forrásmodellnél (24.-25. ábra). A 3. ábra ARUP-1 és A-1 (Ove Arup and Partners [1992] eredménye) görbéinek különbözőségét két tényező okozza:

- intenzitás és magnitúdó adatkészletek különbözősége
- eltérő intenzitás gyengülési modellek alkalmazása.

Ez utóbbi minden bizonnyal a jelentősebb faktor.

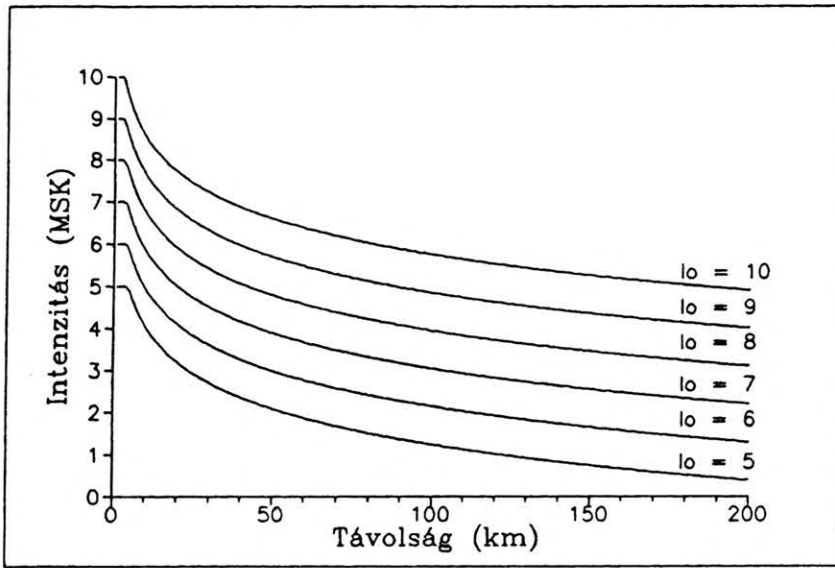
#### 4. Az ARUP-1 forrásmodell vizsgálata

Paks szeizmikus veszélyeztetettségének vizsgálatánál használt ARUP-1 forrásmodell (1. ábra) négy forrásterületet tartalmaz:

1. Lajta—Kis-Kárpátok
2. közelítően a mai Magyarország területe
3. Kárpátalja
4. a hajdani Jugoszlávia északi része és a Bánát.

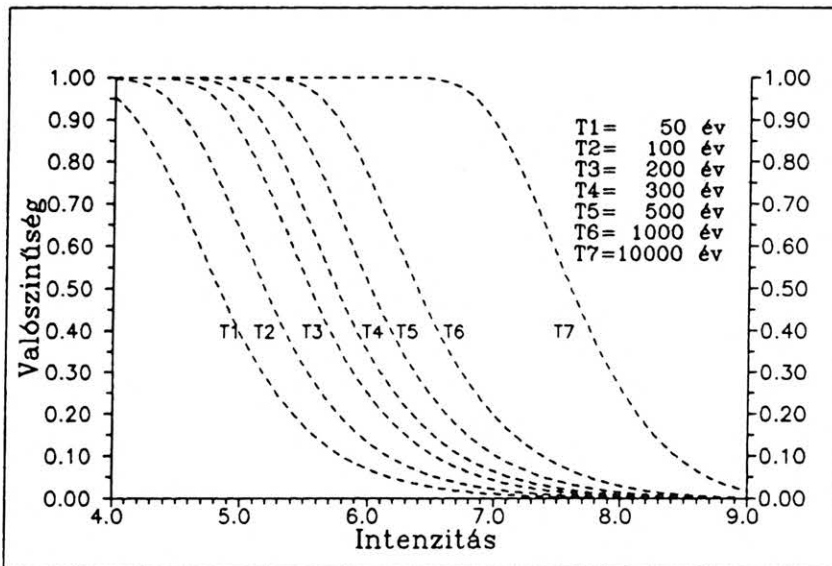
Ebből az 1. és 3. forrásterület nagyjából megegyezik az MTA modell XI. és IX. forrászónájával. A négy forrásterület saját rengés gyakoriságának a teljes rengés gyakorisághoz való százalékos arányát a 26.-28. ábrákon láthatjuk.

A korábbiakban elmondottak alapján (lásd 2. fejezet) már nem meglepő, hogy e forrásmodellnél a 2. forrásterület hatása minden intenzitás szinten dominál. Az 1. (Lajta—Kis-Kárpátok) és a 3. (Kárpátalja) forrászóna elhanyagolható szerepet játszik Paks földrengés veszélyeztetettségében, melyet az MTA modell vizsgálata is megerősít. A 2. forrásterület szerepével kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy amennyiben e nagy forrásterület kisebb forrásterületekre lenne bontva, úgy a Paksra jutó éves rengés gyakoriság (magasabb intenzitás szinteken feltétlenül) csökkenne; hiszen az ARUP-1 modellnél Paks közelítőleg a 2. forrásterület centrumában helyezkedik el.



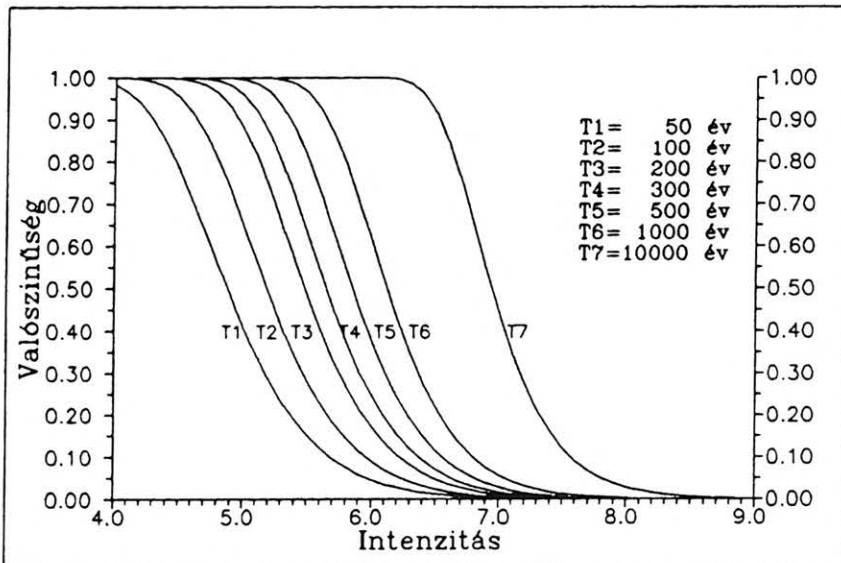
23. ábra. Földrengés intenzitás gyengülése a Pannon-medencében

Fig. 23. Intensity attenuation in the Pannonian Basin



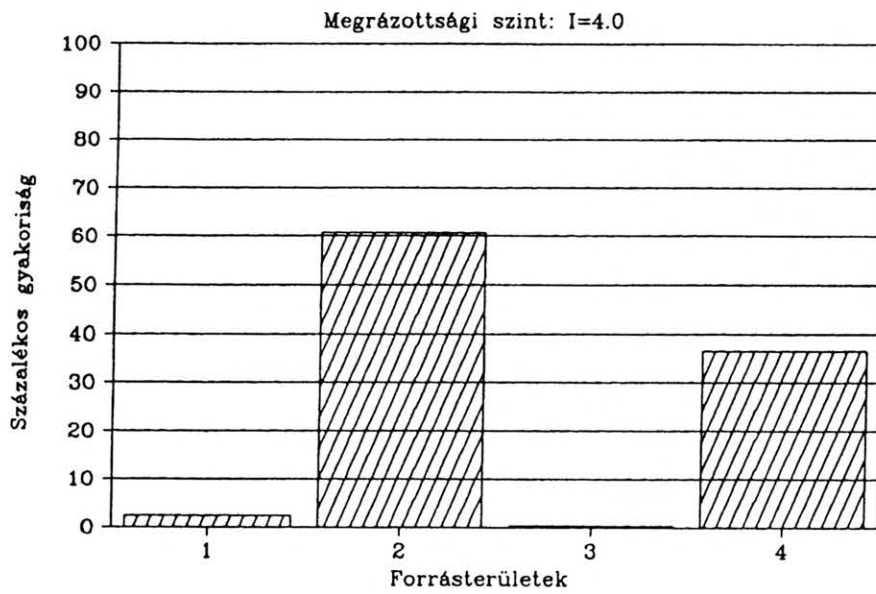
24. ábra. Pakszon várható földrengésveszély (MTA modell)

Fig. 24. Probabilistic seismic hazard at Paks (MTA model)



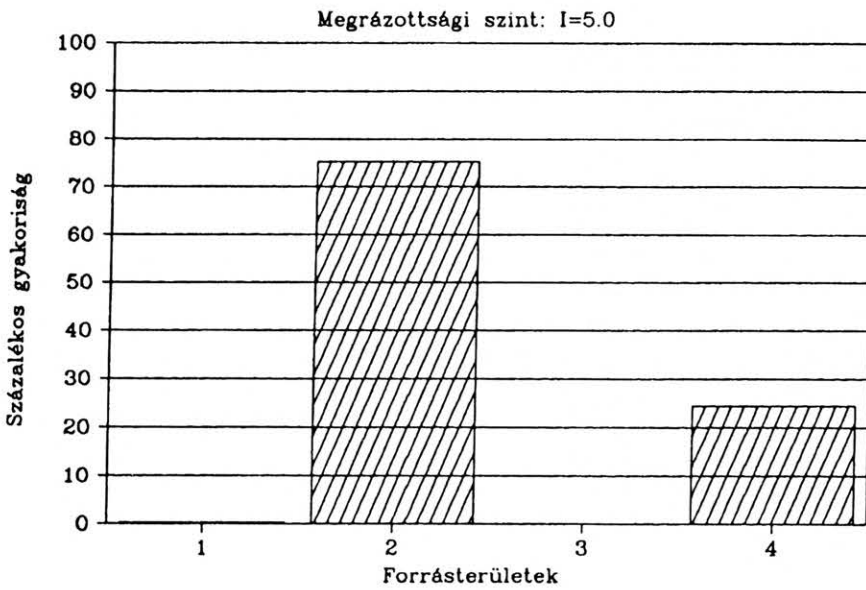
25. ábra. Pakszon várható földrengésveszély (ARUP-1 modell)

Fig. 25. Probabilistic seismic hazard at Paks (ARUP-1 model)



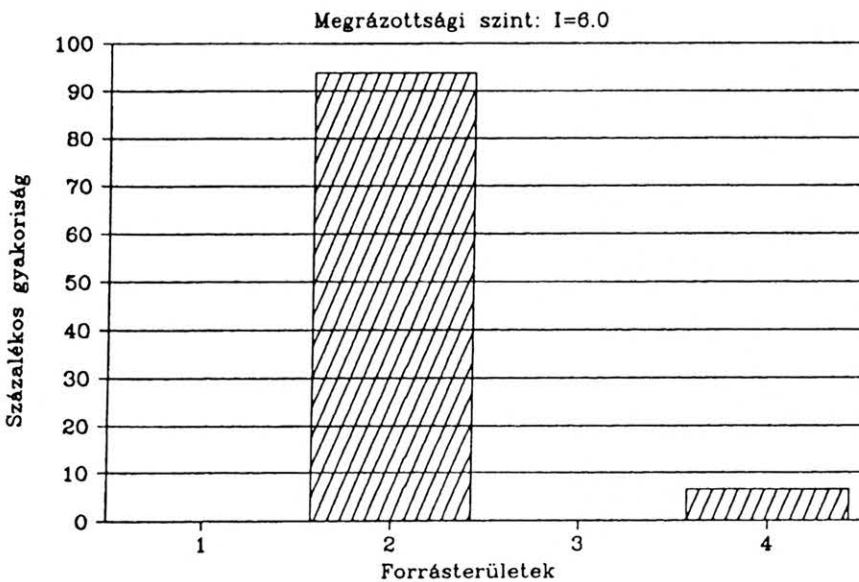
26. ábra. Az ARUP-1 forrásterületek százalékos részesedése Paks I=4,0 intenzitású megrázottságában

Fig. 26. Contributions of ARUP-1 source zones to the annual frequency of intensity 4.0 at Paks (in per cent)



27. ábra. Az ARUP-1 forrásterületek százalékos részesedése Paks I=5,0 intenzitású megrázottságában

Fig. 27. Contributions of ARUP-1 source zones to the annual frequency of intensity 5.0 at Paks (in per cent)



28. ábra. Az ARUP-1 forrásterületek százalékos részesedése Paks I=6,0 intenzitású megrázottságában

Fig. 28. Contributions of ARUP-1 source zones to the annual frequency of intensity 6.0 at Paks (in per cent)

## 5. Összefoglaló következtetések

1. Egy adott hely szeizmikus veszélyeztetettségét — elsősorban magasabb intenzitás szinteken — nagyban meghatározza a kérdéses helyet magába foglaló forrásterület aktivitása. Ez megvalósulhat úgy is, hogy bár az adott hely forrásterületen kívül fekszik, de a hely ún. háttér (rendszerint 150 km sugarú környezet) szeizmicitása nem hagyható figyelmen kívül. A fentieknek megfelelően tehát kívánatos minden rengéses forrást lehetőleg egyedi forrásként kezelni.

2. Az MTA modell (2. ábra) alapján Pakson várható földrengés veszély kialakításában:

- a.  $I \leq 5,6$  intenzitás szintig a távolabbi erősebb forrásként (I. – Móri-árok) nagyobb a szerepe, mint a Paksot körülvevő kecskeméti (IV.), Kapos-menti (V.) és baranyai (VI.) forrásterületeknek.
- b.  $5,8 \leq I \leq 7,2$  intenzitás intervallumban a Paks melletti forrásként (IV., V., VI.) hatása a meghatározó.
- c.  $I \geq 7,4$  intenzitás szint felett a háttér szeizmicitás (XV. forrásterület) egymaga nagyobb súlyt képvisel — s egyre fokozódó mértékben — mint az összes többi forrásként.
- d. A III., VIII., IX., X., XI. és XIV. forrásként  $I \geq 5,0$  intenzitás szint feletti szerepe elhanyagolható.

3. Az ARUP-1 forrásmodell (1. ábra) alapján Paksra meghatározott földrengés veszélyesség mindeneke előtt a 2. forrásterület szeizmikus aktivitásának függvénye. Az éves rengés gyakoriság kialakításában a 2. forrásként százalékos súlya az egyes intenzitás szinteken a következő:  $I=4-61\%$ ,  $I=5-75\%$ ,

$I=6-94\%$ ,  $I \geq 7-100\%$ . Mellette a IV. forrásterületnek van még szerepe ( $I=4-37\%$ ,  $I=5-24\%$ ,  $I=6-6\%$ ). Az 1. és 3. forrásterületek hozzájárulása elhanyagolható valamennyi intenzitás szinten.

4. A Pakson várható éves rengés gyakoriság eloszlások (3. ábra) eltéréseit

- a) az MTA és ARUP-1 görbék esetén a forrásmodellek különbözősége
- b) az ARUP-1 és A-1 görbék esetén (elsősorban) az eltérő intenzitás gyengülési modellek használata

okozza.

## Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetét fejezi ki a Paksi Atomerőmű Részvénytársaságnak a kutatás anyagi támogatásáért (CB-92113-414-23/k).

## HIVATKOZÁSOK

- Ove Arup and Partners 1992: Paks Nuclear Power Plant Seismic Hazard Assessment. (Paksi Atomerőmű Vállalat megbízásából készült tanulmány)
- MCGUIRE R. 1976: Evaluation of earthquake risk to site, U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-67
- ZSÍROS T., MÓNUS P., TÓTH L. 1988: Hungarian Earthquake Catalog (456-1986), Geod. and Geophys. Res. Inst., Budapest, p. 182
- ZSÍROS T. 1990: Paks földrengés kockázatának becslése a szeizmicitás alapján, Magyar Geofizika, **31**, 124-132

# A földköpeny termikus konvekciójának szerkezete a numerikus modellszámítások eredményeinek tükrében<sup>1</sup>

CSEREPES LÁSZLÓ<sup>2</sup>

*A földfelszín és a földbelső fejlődését meghatározó egyik legfontosabb geodinamikai folyamat a köpeny termikus konvekciója. Térbeli szerkezete máig sem ismert jól, ezért nagy jelentőségűek a legutóbbi évek háromdimenziós konvekciós modellszámításainak eredményei. E számítások azt jelzik, hogy a köpenyben lemezszerű lebukó áramlattal körbevett, belsejükben egy vagy több felszálló oszlopot tartalmazó konvektív celláknak kell létezniük. A szubdukciós zónák jól megfigyelhetők az áramlás leszálló ágának, a fő felszálló mozgást viszont az elméleti várakozás szerint a nagy hotspotok alatt kell megtalálnunk. Az óceáni hátságok divergens lemezszegélyeinél csak lokális, passzív feláramlásról lehet szó. A jelenlegi szubdukciós zónák három nagy köpenycellát zárnak körül.*

## L. CSEREPES: Planform of the Thermal Convection in the Earth's Mantle in the Light of Numerical Modelling

*Mantle convection is one of the most important geodynamic processes governing the evolution of the Earth's surface and interior. The fact that its pattern is still poorly known highlights the recent results of three-dimensional numerical modelling of the flow. The calculations show that the convective cells should be bordered by sheet-like descending currents, and one or more ascending cylindrical plumes are expected in their interior. Subduction zones of the Earth correspond very well to the descending limb of the flow, whereas the main upwellings should be traced beneath big hotspots of the surface. The ascending flow under the divergent plate boundaries of mid-ocean ridges is shown to be a passive, local process. The present-day subduction zones seem to indicate three mantle cells.*

## 1. Bevezetés

A szilárd Föld felszínét alkotó litoszférolemezek egymáshoz képest észlelhető mozgásában a köpeny konvekciója nyilvánul meg. Óceáni területeken az óceánfenék tárja elénk a cirkuláció felszínét, kontinentális területeken a kontinensblokkokat a környező óceáni litoszférába fagyva szállítja magával a konvekció. A lemezek jelenlegi mozgását jól ismerjük: ez az ismeretanyag nyújtja a legtöbb információt arról, hogy milyen lehet a köpenykonvekció mélybeli szerkezete. Mégis az áramlás tényleges térbeli formája egyelőre kevésbé világos. A megfigyelések és az elmélet nem nyújtanak elég megszorítást arra, hogy a különböző alternatív konvekciómodellek valamelyikét nagy valószínűséggel helyesnek tekinthessük. A konvekció térbeli szerkezetének megismerése sok szempontból lenne fontos — elsősorban maguknak a lemeztektonikai folyamatoknak megértése szempontjából. Hiszen még mindig keresett a válasz olyan alapvető kérdésekre, hogy hogyan, mitől szakad ketté egy litoszférolemez új spreading-szegély mentén, hogyan, mitől jönnek létre új szubdukciós zónák vagy hotspotok. De az áramlási szerkezet pontosabb ismerete az egész köpeny, sőt az egész Föld fejlődésének, pl. kémiai differenciációjának megértését is szolgálná, vagy említhetjük azt is,

hogy nélküle a geoid alakját sem tudjuk megmagyarázni.

A köpeny konvekciója termikus konvekció, azaz a hőmérsékleteloszlás egyenlőtlenégeiből, ill. a hőtágulásból következő sűrűség-inhomogenitások felhajtóereje mozgatja. Táplálója az a hőmennyiség, amely a köpeny anyagát fűti. Elméleti vizsgálata a termikus konvekció egyenleteinek megoldásával, numerikus modellezéssel történik. Immár több mint két évtizedre visszanyúló kétdimenziós számítások után az utóbbi néhány évben megjelentek az első háromdimenziós konvekciós „numerikus kísérletek” eredményei, feltárva a sík végtelen folyadék rétegben, ill. gömbhéjban fellépő cirkuláció lehetséges térbeli formáit. Ugyanezek az évek a lemezmozgást illető geológiai és geofizikai megfigyelések terén is produkáltak kiemelkedő fontosságú újjdonságokat. Így most, röviddel a háromdimenziós numerikus modellkísérletek kezdetei után, a megfigyelések és modellek közös interpretálásával már mód nyílik új szemlélettel megközelíteni a köpenykonvekció térbeli szerkezetének teóriáját. Cikkünk egy ilyen új megközelítés fő elemeit foglalja össze.

## 2. Fel- és leszálló mozgások a köpenyben

A köpenykonvekció szerkezetén, amit kvantitatíve az áramlási sebesség eloszlásának megadásával lehetne jellemezni, kvalitatíve és a fogalmat szűkítve a felszálló és leszálló áramágak térbeli elhelyezkedését és formáját fogjuk érteni. A lemeztektonika alapfelismerései közé tartozik, hogy a mozgó lemezek akkréciós (divergens) szegélyei alatt a köpenyben

<sup>1</sup> Beérkezett: 1993. március 25-én

<sup>2</sup> ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

felfelé, a szubdukciós (konvergens) szegélyek alatt lefelé irányuló áramlásnak kell lennie. Maga a szubdukció nem más, mint lefelé áramlás. Mégsem mondhatjuk, hogy a lemezmozgás és a lemezszegélyek elhelyezkedésének ismeretében a konvekció fő szerkezetét is magunk elé tudjuk képzelni, hiszen egyrészt a lemeztektonika arról nem nyújt felvilágosítást, hogy az iménti fel- és leszálló áramlatok milyen mélységig terjednek ki, másrészt azt sem mondja meg, hogy a konvekciónak csak ezek a fel- és leszálló ágai léteznek-e, vagy netán vannak mások, akár jelentősebbek is, amelyeket nem jelölnek olyan markáns geológiai formációk, mint a lemezszegélyek.

Valóban, az elmúlt két évtizedben felmerültek olyan konvekciómodellek, amelyek fel- és leszálló ágakat kötnek más geológiai jelenségekhez és geofizikai megfigyelésekhez is. Ezek egyrészt a hotspotok a maguk vulkanizmusával és magas hőáramával, ami alá felszálló áramoszlop képzelhető, másrészt az óceáni területek bizonyos geoidundulációi az óceánfenék topográfiájának velük társuló hullámzásával, amelyek váltakozó fel- és leszálló ágakat sejtetnek.

Az nem látszik kétségesnek, hogy a szubdukcióban megjelenő konvektív leszálló ág a konvekció fő leszálló ága, hiszen a Benioff-zónák mentén észlelhető szeizmikus sebességanomáliákhoz („hideg” anomáliákhoz) mérhető erősségű más horizontális heterogenitások a köpenyben nem tapasztalhatók [MITRONOVAS, ISACKS 1971]. A szubdukció fő kérdése, hogy milyen mélységig hatol le. A ma ismert két alternatív válasz a konvekciós elmélet talán legnagyobb dilemmáját jelenti. A „választóvonal” közöttük a 670 km mélységben ismeretes szeizmikus diszkontinuitás, ill. annak természete: átengedi-e magán a cirkulációt avagy áthatolhatatlan akadályt képez. Az első esetben a lemezmozgást a felsőköpeny, a másodikban a teljes köpeny konvekciója produkálja. Mindkét lehetőség mellett érvek, megfigyelések sorakoztathatók [PELTIER, JARVIS 1982, CSEREPES, RABINOWICZ 1985, SILVER et al. 1988]. A kérdést itt nem taglalhatjuk, mondandónk szempontjából a dilemmára adandó válasz nem elengedhetetlenül lényeges követelmény.

Az óceáni hátságok riftvölgyei alatt szükségszerűen működő feláramlásnak ismét csak elsősorban a mélységi kiterjedése kérdéses, méghozzá sokkal inkább, mint a szubdukcióé. Itt ugyanis meleg köpenyanyag nyomul fölfelé, mélybeli földrengések mint nyomjelzők nincsenek és szóba se jöhetnek, ellentétben a Benioff-zónákkal. A meleganomáliával társuló negatív szeizmikus sebességanomáliák is kisebb mértékűek, mint a Benioff-zónák ellentett anomáliái. Ezért a szóban forgó felszálló mozgást csak viszonylag sekély mélységekig (maximum 200–300 km) lehet mérésrel nyomozni, s nem lehet tudni, végső soron milyen mélységből ered [WOODHOUSE, DZIEWONSKI 1984, ZHANG, TANIMOTO 1992].

A hotspotok legjellemzőbb ismérvei magas hőáramuk, vulkanizmusuk és viszonylag kis, foltszerű vagy szinte pontszerű kiterjedésük. A lemezmozgáshoz való viszonyuk felismerése óta az is tudott dolog, hogy sokszor tízmillió éven át nagy állandósággal működő, lassan mozgó és a litoszféra alatt elhelyezkedő hőforrás tartja fenn őket (gondoljunk csak a mintapéldául szolgáló Hawaii-Emperor óceáni vul-

kánvonulatra). Utóbb azonban ismertté vált az is, hogy a hotspotok túlnyomó többsége széles kiemelkedéseken, hátakon helyezkedik el. Ezeket különösen óceáni területeken lehet jól megfigyelni: általában 1000–1500 km szélességűek, magasságuk 500–1200 m a környező óceánfenékhez képest, pozitív gravitációs és hőáramanomáliák kísérik őket [CROUGH 1983, CAZENAVE et al. 1988]. A hotspotokat meghatározó jelenségkörben kétségtől a termikus jellemzők dominálnak, így kezdettől fogva termikus eredetűnek tartják őket. A hotspot-hátak létrejöttét illetően ugyan ettől eltérő nézetek is megfogalmazódtak, de ezek sosem voltak komolyan számbaveendő alternatívái annak a modellnek, mely szerint a litoszféra aljánál elhelyezkedő hőforrás fűti fel a litoszférát is, s végül annak hőtágulása hozza létre az óceánfenék kiemelkedését [CROUGH 1978, 1983]. De ez a modell is csak akkor hozható összhangba a valóság kvantitatív jellemzőivel, ha a szublitoszférikus hőforrást konvektív feláramlásnak tulajdonítjuk. Ez magyarázza a litoszféra felmelegedését, dinamikus nyomásával az óceánfenék kiemelkedésének megfigyelt mértékét s a gravitációs anomáliákat is [COURTNEY, WHITE 1986, ROBINSON et al. 1987, CEULENEER et al. 1988].

A feltételezés, hogy a hotspotokat a konvekció felszálló áramlata hozza létre, nem új keletű [MORGAN 1971], noha mindig is sok kritika és kétkedés kísérte. Mindenesetre a hotspotok pontszerűsége miatt ennek az áramlatnak oszlopszerűen koncentrálnak kell lennie (azaz nem lapszerűnek, mint a divergens lemezszegélyek alatt található felszálló ágak). A hotspotok alatti felszálló oszlopokat közvetlen méréssel (pl. szeizmikus tomográfiával) kimutatni még nem sikerült, nyilván kis keresztmetszetük miatt. Eredetük mélységére sincs tehát közvetlen adat. Fent vázolt közvetett hatásaik nagysága azonban azt sejteti, hogy a hotspotok alatti felszálló áramlatok nem csupán elhanyagolható perturbációi a köpenybeli cirkulációnak.

Az óceáni területeken észlelt, az óceánközépi hátságokhoz nem kapcsolódó gravitációs és geoidanomáliák, illetve az utóbbiakkal sokszor korrelációban lévő óceánfenék-topográfia (kiemelkedések és mélyedések) a köpenykonvekció további jelei lehetnek. Felszálló ág felett a topográfia kiemelkedése és egy-azonos esetekben a gravitációs térnek is pozitív anomáliája várható, leszálló ág felett az előjelek megfordulnak [MCKENZIE 1977]. Ezek kimutatása szűrt térképek készítésével, a nagyon nagy hullámhosszú változások elhagyásával történik. Feldolgozások egész sora [pl. MARSH, MARSH 1976, MCKENZIE et al. 1980, WATTS et al. 1985] mutatta ki ily módon pozitív és negatív anomáliasokk bizonyos szabályszerűséget sejtető váltakozását az óceánok területén, kb. 2000–3000 km domináns hullámhosszal. Ezt a nagy, lemez méretű konvekciós áramlásra szuperponálódó kisebb léptékű konvekciós örvények fel- és leszálló ágai magyarázhatják. A kisléptékű konvekciónak külön elmélete is született [RICHTER 1973, RICHTER, PARSONS 1975]. Az óceánfenék topográfiájának és gravitációs anomáliáinak kritikusa újrafeldolgozása azonban végül is nem igazolta a kisméretű konvektív cellák létezését. Mindezekelőtt kiderült, hogy a pozitív és negatív anomáliafoltok jó részének helyzete erősen függ az adatok

szűrésének módszerétől, azaz nem valóságos képződmények; másrészt pedig azok a domináns foltok, amelyek módszertől függetlenül mindig észlelhetők, jól ismert hotspot-nyomokkal esnek egybe [SANDWELL, RENKIN 1988]. Azt mondhatjuk tehát, hogy az óceánfenék valószínűleg nem jelöl felszálló és leszálló konvekciós áramlatokat a hotspotokhoz, ill. a lemezszegélyekhez kapcsolódó cirkulációs ágakon kívül.

### 3. A konvekció numerikus modellezése

A köpenykonvekció szerkezetének megoldatlan problémáit végső soron a megfigyelés (pl. szeizmikus tomográfia) fogja egyszer tisztázni. Addig a kérdésről a legtöbbet az elméleti vizsgálatok, a numerikus modellezés eredményei tudják elmondani. Ez a modellezés a konvekció egyenleteinek megoldását jelenti. Ezek, nevezetesen a kontinuitási egyenlet, a Navier-Stokes- vagy mozgásegyenlet és a hőtranszport egyenlete legtöbbször a klasszikus Boussinesq-approximációnak megfelelő alábbi alakban szerepelnek [CHANDRASEKHAR 1961, TRITTON 1977]:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_j} = 0, \quad (1)$$

$$\rho_0 (1 - \alpha (T - T_0)) g e_i - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \eta \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right) = 0, \quad (2)$$

(i = 1, 2, 3)

$$\rho_0 c_p \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u_j \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( K \frac{\partial T}{\partial x_j} \right) + H, \quad (3)$$

Ebben  $t$  az idő,  $x_i = (x, y, z)$  derékszögű koordináták,  $u_i$  a sebességvektor,  $T$  a hőmérséklet,  $p$  a nyomás,  $\rho_0$  a sűrűség a  $T_0$  referenciahőmérsékleten,  $\alpha$  a hőtágulási együttható,  $g$  a nehézségi gyorsulás nagysága,  $e_i$  a nehézségi gyorsulás irányába mutató egységvektor,  $\eta$  a viszkozitás,  $c_p$  a fajhő,  $K$  a hővezetési tényező,  $H$  a térfogati hőtermelés. Párosan előforduló azonos indexekre minden tagban összegezni kell az Einstein-féle jelölésmódnak megfelelően.

A Boussinesq-approximáció azt jelenti, hogy a sűrűségnek a nyomástól és a hőmérséklettől való függéséből — kompresszibilitás, hőtágulás — csak a dinamikailag igazán jelentős utóbbit tartjuk meg, azt is csak a mozgásegyenletben. Ebben az egyenletben az inerciaerőket is elhagytuk, hiszen ezek a köpenyanyag igen nagy viszkozitása miatt nagyon sok nagyságrenddel kisebbek a többinél.

A Föld köpenye gömbhéj alakú folyadék réteg, radiálisan befelé mutató, nagyjából állandó  $g$  nehézségi gyorsulással. Ennek a szituációnak egy gyakori modellszerű idealizációja, ha véges  $d$  vastagságú, sík, vízszintes irányokban végtelen folyadék réteg termikus konvekcióját vizsgáljuk. A konvekció fenntartásához szükséges, hogy a folyadékba hőt tápláljunk, pl. az alsó határán át. A Föld magjából biztosan nem jelentéktelen mennyiségű hő jut a köpenybe. Valószínű azonban, hogy ennél nagyobb mértékű

a köpeny saját, belső, radioaktív nyomelemeitől származó fűtése. A lényegét illetően mindkét fűtési mód ugyanazt produkálja: a rétegben lefelé menet egyre melegebb van, alsó határa melegebb, mint a felső. Legyen ennek a hőmérsékletkülönbségnek valamilyen karakterisztikus mértéke  $\Delta T$ .

A termikus konvekció kvalitatív és kvantitatív sajátosságait meghatározó legfontosabb hidrodinamikai paraméter a dimenziótlan Rayleigh-szám:

$$Ra = \frac{\alpha c_p \rho_0^2 g \Delta T d^3}{K \eta}. \quad (4)$$

Ebben  $d$  a folyadék réteg vastagsága,  $\Delta T$  az íménti hőmérsékletkülönbség, a többi mennyiség az (1)–(3) egyenletek koefficienseinek értékei, ha azok állandók – ill. valamilyen rájuk vonatkozó átlagok, ha egyébként nem állandók.

Fennmaradó (időben el nem tűnő) termikus konvekció akkor lehetséges, ha  $Ra$  meghalad egy kritikus  $Ra_{krit}$  szintet, melynek nagysága a legkülönbözőbb körülmények közt is  $10^3$  rendjébe esik. A (4)-ben szereplő adatok köpenyre vonatkozó értékei többé-kevésbé jól ismertek, s így tudjuk, hogy a köpenyre jellemző Rayleigh-szám 3–5 nagyságrenddel meghaladja  $Ra_{krit}$  értékét. (Hogy pontosan mennyivel, az attól is függ, hogy az egész köpeny egy réteggént vesz részt a cirkulációban, vagy netán eligendő a felsőköpeny elkülönülő konvekcióját vizsgálni.)

A numerikus modellezés végül is (1)–(3) paramétereinek, valamint a határ- és kezdőfeltételeknek az előírása után az egyenletek numerikus megoldásával, a konvekciót jellemző mennyiségek (elsősorban  $T$  és  $u_i$ ) időbeli nyomonkövetésével történik. A cirkuláció egy tranziens folyamat után (kisebb Rayleigh-számoknál) stacionárius vagy (nagyobb Rayleigh-számoknál) kvázistacionárius véghelyzetbe jut: ennek sajátosságait kell megvizsgálnunk. A kvázistacionárius helyzet lehet szabályosan oszcilláló vagy kaotikus, ám benne minden mennyiség jellemző átlagok körül ingadozik. A véghelyzetet többnyire nem befolyásolja érdemlegesen a kezdeti feltételek kiválasztása.

Végtelen sík réteg stacionárius konvekciója cellás szerkezetű, azaz a réteget azonosan ismétlődő „elemi áramlási cellák” töltik ki. Nem stacionárius esetben is elhatárolhatók cellák, noha ezek nem lesznek sem egybevágóak, sem állandóak. A cellás szerkezet tesztilehetővé, hogy a numerikus modellezést a végtelen réteg egy véges (pl. téglalatest alakú) darabján hajtsuk végre, s feltételezzük ennek periodikus ismétlődését minden irányban. Ha a folyadék réteg gömbhéj, akkor annak egészét célszerű a modellezésbe bevonni.

### 4. Konvektív cellaszerkezetek

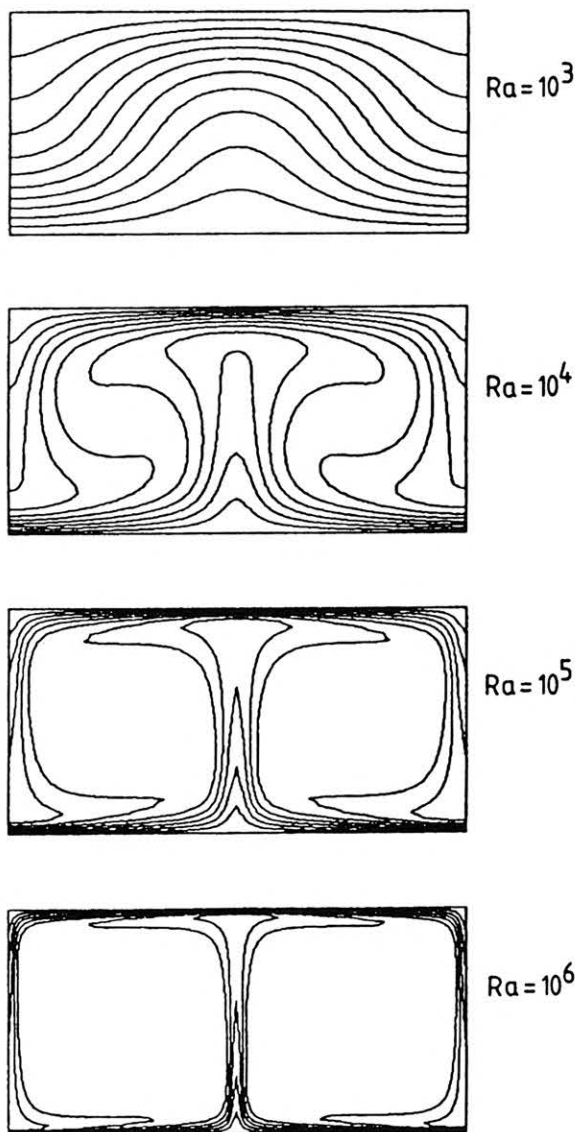
Kicsit részletesebben először a sík végtelen réteg lehetséges konvektív szerkezeteit tekintjük át. Ezek kevesebb munkával vizsgálhatók és ezért sokkal jobban ismertek, mint a teljes gömbhéj cirkulációs formái.

A legegyszerűbb esetek konvektív szerkezeteit még korábbról, a háromdimenziós numerikus kísér-

letek megindulása előtti időben is szép számmal elvégzett laboratóriumi kísérletekből ismerjük [KRISHNAMURTI 1970a,b, BUSSE, WHITEHEAD 1971, WHITEHEAD, PARSONS 1978]. Az alapszituációban izotermikus és merev (mozdulatlan) vízszintes határok között helyezkedik el a folyadék, a két határ közt állandó  $\Delta T$  hőmérsékletkülönbség van, belső fűtés nincs, a folyadék fizikai paraméterei (pl. hővezetőképesség, viszkozitás) állandóak. Ekkor közvetlenül  $Ra > Ra_{krit}$  esetén az egyetlen stabil áramlási forma „kétdimenziós”, azaz az egyik vízszintes irányban végtelen hosszú párhuzamos áramhengerből áll (1. ábra), a mozgás mindenütt merőleges a hengerek hossz tengelyére. Egy elemi cellát két szomszédos, ellentétesen forgó konvektív örvény alkot. Minden egyes félcella, azaz henger középpontjára, pontosabban a középpontján át meghúzott hossz tengelyére tükrösen szimmetrikus. Ez azt jelenti, hogy a fel- és leszálló ágak egymásnak tükörképei, bármely fizikai mennyiség ( $T, u_i$ ) eloszlását tekintjük is. A fel- és leszálló ágak a szomszédos hengerek képzeletbeli válaszfalánál elhelyezkedő, végtelen hosszú, a Rayleigh-szám növekedésével egyre inkább lapszerűen koncentrálódnak. A 2. ábra alul-fölül „szabad” határokkal határolt (relative kis viszkozitású külső közegekkel érintkező) folyadékra mutatja be a növekvő  $Ra$ -val fokozatosan kialakuló koncentrált határrejtegeket a vízszintes határokon, ill. a fel- és leszálló ágak centrumában.

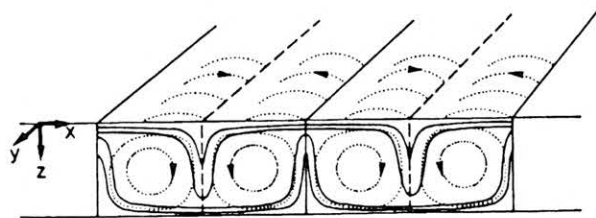
Az áramhengeres „kétdimenziós” cirkuláció az említett alapesetben szabad határok között nagyon nagy  $Ra$  értékekig stabil marad, merev határok között azonban már  $Ra \approx 13 Ra_{krit}$  fölött valódi háromdimenziós szerkezetnek adja át helyét. Ezt bimodális áramlásnak nevezik, minthogy struktúrája úgy áll elő, hogy az 1. ábrán látható fő módusra, a periodikusan ismétlődő hengerekre hossz tengelyük irányában is periodikus változás rakódik rá (hosszanti alapl módus). A hengeres és bimodális áramlások is stacionáriusak.  $Ra \approx 60 Ra_{krit}$  fölött a bimodális cirkulációt szabálytalanul oszcilláló háromdimenziós szerkezet váltja fel („multimodális” konvekció). Mindezen struktúráknak azonban továbbra is alapjellemezője, hogy a fel- és leszálló ágak szerkezetileg, geometriailag egymás tükörképei.

Ez a fontos szimmetria a külső feltételek szimmetriájának következménye. Az említett alapesetekben ugyanis mind az alsó, mind a felső határ izotermikus; mindkettőjük vagy merev, vagy szabad; a közeg



2. ábra. Határrejtegek kialakulása nagy  $Ra$  értékeknél. Az ábrák sík végtelen rétegben kialakuló hengeres áramlás egy celláját mutatják be. Az izovonalak egyenközű izotermák. A vízszintes határokon állandó hőmérséklet van előírva

Fig. 2. Development of boundary layers at high Rayleigh numbers. The figures show the vertical cross-section of a roll cell in an infinite plane layer. The contours are isotherms drawn at equal intervals. The horizontal boundaries are isothermal



1. ábra. „Kétdimenziós” hengeres konvekció végtelen sík rétegben. A folytonos vonalak izotermákat, a pontozottak áramvonalakat jelképeznek

Fig. 1. 'Two-dimensional' roll convection in an infinite plane layer. Isotherms and stream lines are indicated by solid and dotted lines, respectively

fizikai koeficiensei nem változnak. Összefoglalva úgy mondhatjuk, hogy a folyadék réteg minden jellemzőjét tekintve a középsíkára nézve szimmetrikus, s ennek folyománya lesz az áramlás szimmetriája is.

A folyadék réteg fizikai jellemzőinek ez a szimmetriája azonban csak egy speciális esetnek tekinthető, s nem várható, hogy általában vagy többnyire fennáll. Nem várhatjuk ezt a Föld köpenyére vonatkozóan sem. Kisebbs jelentőségű tényezőket nem említve most csak három nagyon fontos körülményt említünk meg azok közül, amelyek következtében a Föld köpenyét (vagy akár csak felsőköpenyét) nem

nevezhetjük középnyúltságára vonatkozóan szimmetrikus folyadékrendszerek.

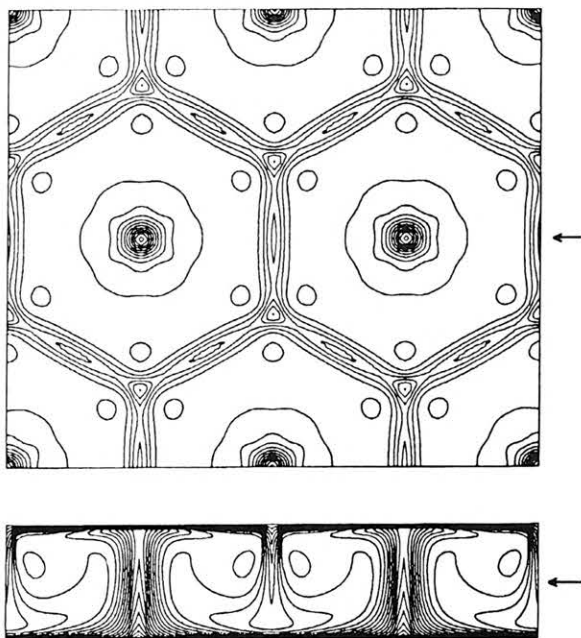
Az egyik az a tény, hogy a köpenyt (vagy felsőköpenyt) nem csupán az alsó határán belépő hőáram fűti, hanem jelentős, sőt esetleg döntő mértékben saját belső hőtermelése. Azaz a felső határán át nagyobb hőfluxus lép ki belőle, mint amennyi az alsón át érkezik. A fent tárgyalt szimmetrikus alapesetben ez a két hőáram azonos volt.

A második fontos szimmetriasértő körülmény az, hogy a köpeny fizikai koefficienseinek többsége határozott mélységfüggést mutat. Ezek közül egyet vizsgáltunk meg részletesen: a viszkozitást, melynek mélységgel való változásai több nagyságrendet is átfoghatnak. A nagy viszkozitású litoszféra alatt az asztenoszféra egy viszkozitásmínimumot képvisel, ennek a minimumnak az értéke kb. 2 nagyságrenddel kisebb, mint az átlagos köpenyviszkozitás [CATHLES 1975]. A köpeny térfogatának legnagyobb részében feltehető a viszkozitás lassú növekedése a mélységgel. Ezt az általános trendet csak a vékony vízszintes határrétegek törik meg. Közülük a felszíni határréteg éppen a litoszférával esik egybe. Az alsó határréteg a konvektív zóna alján helyezkedik el, ennek viszkozitására — akárhol keresendő is, a felsőköpeny vagy a teljes köpeny alján — közvetlen adatunk nincs, de tudjuk, hogy erős hőmérsékletfüggéséből következően a viszkozitásnak e vékony alsó határrétegben csökkennie kell. Az átlagos viszkozitás-mélység görbe tehát semmiképpen sem szimmetrikus a konvektív zóna középnyúltságára nézve.

A harmadik fő szimmetriasértés végül abból fakad, hogy a köpeny nem sík réteg, hanem gömbhéj. Ez például azt jelenti, hogy a belső határa kisebb felületű, mint külső határa, így még ha feltételezhető lenne, hogy alsó határán ugyanannyi hő lép be, mint amennyi a felsőn távozik, az átlagos hőáram (sűrűség) akkor is különböző lenne e két felületen.

Az első két típusú szimmetriasértés már sík rétegben is ahhoz vezet, hogy a konvekció zárt polygonális cellákban szerveződik. Ha térben periodikus kezdőfeltételekből indulunk, akkor a megoldás is többnyire olyan, hogy szabályos sokszögcellák töltik ki az egész folyadékréteget. E sokszögek lehetnek hatszögek vagy négyzetek. Ha a kezdőfeltételek nem periodikusak térben, akkor véges idő alatt nemigen várható szabályos sokszögek kialakulása, ilyenkor inkább azt látjuk, hogy a folyadékréteg nem szabályos négy-, öt-, hatszögekből álló áramlási cellákra tagolódik. Ezek lassan változtathatják alakjukat, egyesek kettéhasadnak, mások összeolvadnak.

Egy szabályos hatszögeket produkáló modellszámítás eredményeit mutatjuk be a 3. ábrán. Ebben a felszínen távozó összes hő 50%-át egyenletes belső fűtés, 50%-át az alsó határon belépő egyenletes hőfluxus szolgáltatja. Viszkozitásmodellként az egyszerűség kedvéért azt vettük fel, hogy a viszkozitás exponenciálisan növekszik a mélységgel, s növekedése a felső határtól az alsóig 1 nagyságrendnyi (10-szeres). A konvekció felszálló ága a cellák közepén helyezkedik el, ennek meleganomáliája oszlop-szerűen koncentrálnak. A leszálló áramlat a cella peremén körben egy egybefüggő leszálló „hideg függőnyt” alkot. A struktúra lényege — ami független attól, hogy a cella szabályos alakú-e vagy sem — a központi áramoszlop és a peremeken koncentrált



3. ábra. Hatszögcéllás konvekció.  $Ra=2 \times 10^6$ ; a hatszögek oldalhosszúsága 1,33-szorosa a réteg vastagságának. A felső ábra vízszintes metszet a réteg felezősíkjában, az alsó ábra függőleges metszet a hatszögek középpontjain át. A két metszet kölcsönös helyzetét egy-egy nyíl jelöli rajtuk. A kontúrok izotermák, szabályos közönként rajzolva. A vízszintes metszeten a hatszögek középpontja meleg, kerülete hideg az átlaghoz képest

Fig. 3. Hexagonal convective cells at  $Ra=2 \times 10^6$ . Side length of a hexagon is 1.33 times the layer depth. Upper figure: horizontal cross-section at mid-depth; lower figure: vertical cross-section across hexagon centres. Location of each section is indicated on the other by arrows. The contours are isotherms drawn at equal intervals. Centre of a hexagon is warmer, its periphery is colder than the average temperature at a given depth

áramlepel vagy áramfüggöny. Ezekben a mozgás vertikális irányú és egymáshoz képest ellentett értelmű. A 3. ábrától eltérő esetekben az is előfordul, hogy a központi oszlopban leszálló s akkor a peremeken felszálló mozgás van. A sokszögcélláknak a két lehetséges fajtáját nevezhetjük *pozitívnak* (ha a központi oszlopban felszálló mozgás van), ill. *negatív* (ha a központi oszlopban leszálló mozgás van). A réteg tulajdonságainak vertikális aszimmetriája vezet oda, hogy a *fel- és leszálló áramlatok gyökeresen eltérő térbeli formájúak*, ill. az aszimmetria „előjelei” határozzák meg, hogy pozitív vagy negatív típusú cellák jönnek-e létre.

A részletes numerikus kísérletek [CSEREPES 1993] azt mutatják, hogy ha csak a fent felsorolt fő aszimmetriák első típusa valósul meg, azaz a sík rétegben jelentős (kb. 50%-nál nagyobb arányú) belső fűtés van, de a viszkozitás és a többi közegjellemző állandó, akkor negatív sokszögcéllákat kapunk. Ellenben a viszkozitásnak a köpenyt jellemző vertikális változása, elsősorban a mélységgel növekvő értéke vagy az asztenoszférikus viszkozitásmínimum jelenléte pozitív cellákra vezet — mégpedig a belső fűtés arányától függetlenül. Ez esetben a belső fűtés mennyisége csupán abban játszik szerepet,

hogy a központi felszálló oszlop, amely az alsó határrétegből szállítja a felszínre a hőt, milyen erősen fejlett. Csökkenő arányú belső fűtés, azaz növekvő arányú belépő hőáram az alsó határon a központi felszálló oszlop növekvő nagyságú meleganomáliáját okozza.

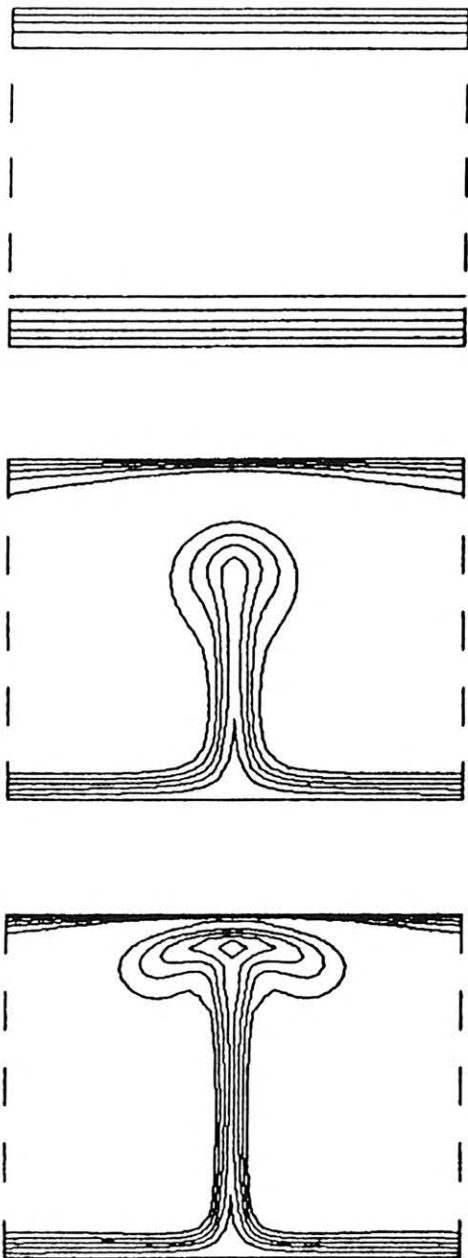
Gömbhéjban kialakuló konvekció cellaszerkezetét a legrészletesebben BERCOVICI et al. [1989a,b,c] tanulmányai írják le. Ezeknek a lényege az, hogy önmagában a gömbi geometriában rejlő aszimmetria pozitív típusú sokszögcellák kialakulásához vezet. Ezek a cellák a gömbi görbületől eltekintve mindenben olyanok, mint például a 3. ábra cellái. A gömbhéjat kitöltő cellák száma a gömbhéj relatív vastagságától (a vastagság/külső rádiusz hányadostól) függ. Ha a teljes köpenyt tekintjük konvektív rétegnek, szabályos körülmények között tetraédesen elhelyezkedő 4, esetleg oktaédesen elhelyezkedő 6 cella kialakulása lenne várható [BERCOVICI et al. 1989c]. Ha a numerikus kísérlet szabálytalan kezdőfeltételekből indul, BERCOVICI et al. [1989b] szerint időben változó számú, 2-5 darab pozitív sokszögcella tölti ki a gömbhéjat.

Olyan nagy Rayleigh-számoknál, amilyenek a köpenyt jellemezhetik, a numerikus modellezés eredményei mindig időfüggőek. Az időfüggésnek csak egyik megnyilvánulása, hogy a cellák nem állandóak. Egy további nagyon fontos jelenség, hogy a nagyobb méretű vagy éppen növekvő méretű cellákban nemcsak egy, hanem több központi áramoszlop is kifejlődhet. Tehát például pozitív típusú cellákban több felszálló oszlop lehet jelen egyszerre. Ezek maguk is keletkeznek és elhalnak. Keletkezésük az alsó határréteg instabilitására vezethető vissza [CSEREPES 1990, CSEREPES, CHRISTENSEN 1990]. Ennek egy lehetséges képsorát a 4. ábra mutatja be.

## 5. A köpenykonvekció szerkezetének vázlata

A sorra vett réteg-aszimmetriák mindegyike fontos jellemzője a köpeny konvektív rétegének, így eredményeink feltehetőleg jól alkalmazhatók rá. Mint láttuk, ezek a körülmények pozitív típusú sokszögcellákat hoznak létre. Igaz, hogy a belső fűtés — ha domináns szerepű — inkább negatív cellák létrejöttét segítené elő, de a viszkozitásrétegződés és a gömbi geometria hatása ezt ellensúlyozza és ellentétesre billenti: azaz az elméleti várakozás szerint a köpenyben központi felszálló oszlopo(ka)t és lepel-szerű peremi leszálló áramlatot tartalmazó, pozitív típusú poligonális celláknak kell létezniük.

Ez a konklúzió a *leszálló* mozgás geometriáját tekintve tökéletesen megfelel a geológiai ismereteknek. A köpenykonvekció leszálló ágaként elismert szubdukció éppen olyan hosszan elnyúlt, lapszerű szerkezet, amilyen a pozitív sokszögcellák peremén húzódik. Ami a *felszálló* mozgást illeti, láttuk, hogy a közvetlen megfigyelések kétséget hagynak abban a kérdésben, hogy hol keressük a köpenykonvekció fő emelkedő ágait: az óceáni hátságok alatt, ahol lapszerű struktúráknak kell lennie, vagy a hotspotok alatt, ahol koncentrált oszloparámlat van — netán mindkét helyen? A modellszámítások konklúziója az, hogy a fő felszálló ágaknak oszlopszerűen koncentrálnak kell lenniük. A konvekciónak a köpenyre



4. ábra. Új felszálló oszlop kialakulása.  $Ra=2,5 \times 10^7$ ; a kontúrok izotermák vertikális metszetben. A legfelső ábrán egy nagyobb konvektív cella belső része látható, az alsó határréteg instabil. Kis zavar megindítja az új felszálló áramlatot (második és harmadik fázis)

Fig. 4. Development of a new ascending jet.  $Ra=2.5 \times 10^7$ ; the contours are isotherms in a vertical cross-section. The uppermost figure shows the interior of a previously existing convective cell; the lower boundary layer is unstable. A small perturbation triggers the new upwelling (second and third stage)

alkalmazható, erős réteg-aszimmetriát tartalmazó modelljei között nem találtunk olyat, amelynek lapszerűen koncentrált felszálló ága lenne, mint például a „két-dimenziós” áramhengeres megoldásnak. Így áll elő fő következtetésünk: a köpenykonvekció fő felszálló ágainak oszlopszerűeknek kell lenniük, s hotspotok alatt kell keresnünk őket.

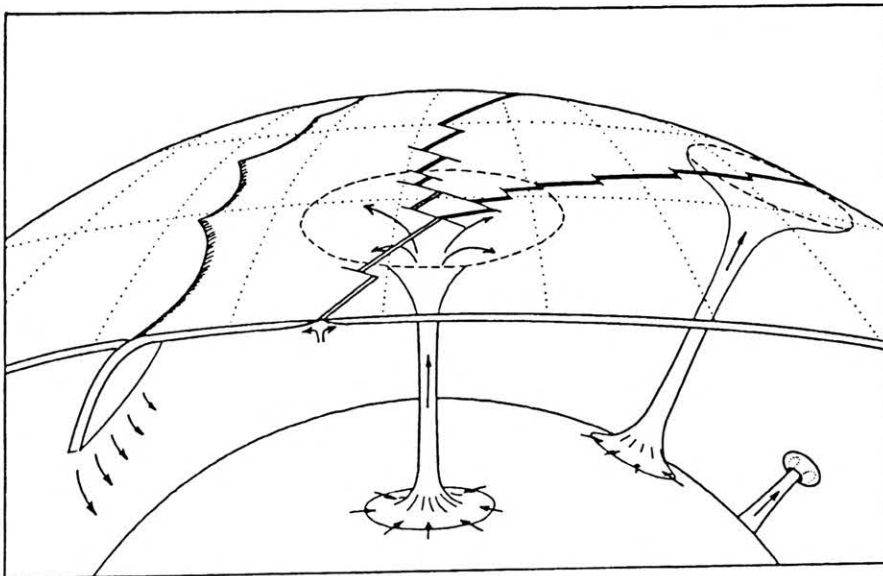
Milyen szerep jut így az óceáni hátságok riftvölgyei alatt zajló hosszanti felszálló mozgásnak? Az említett szeizmológiai megfigyelések, melyek szerint ez a mozgás csak kis mélységekig hagy nyomot a mérhető mennyiségekben, úgy tűnik, valóban azt igazolják, hogy csak lokális, másodlagos folyamatról van szó. Kézenfekvő arra gondolni, hogy a riftvölgyek alatt csupán a széttartó lemezek közti űrt betöltő, passzív feláramlás zajlik.

Az a gondolat, hogy hotspotok alatt működő felszálló oszlopok jelentik a köpenykonvekció elsődleges emelkedő áramait, először MORGAN [1971] írásában fogalmazódott meg, mégpedig abban a formában, hogy ezek az áramok a köpeny-mag határról érkeznek. Morgan megállapításait a hotspotok akkor már ismert fő jellemzőire, ill. a légköri konvekcióból vett bizonyos analógiákra alapozta. A hotspotok eredete azonban a legutóbbi időkig is vita tárgyát képezte. Még azok a szerzők is, akik elfogadták a hotspotok alatt működő oszlopáramlások hipotézisét, azt a nézetet képviselték, hogy ez a mozgás csupán másodlagos jelenség, lokális instabilitás az óceáni hátságok és árkok közt húzódó elsődleges áramlási cellákhoz mérten [PARMENTIER et al. 1975, LOPER, STACEY 1983, DAVIES 1988]. A felszálló oszlopok elsődlegességét háromdimenziós numerikus modellszámítások eredményeire támaszkodva először BERCOVICI et al. [1989a,b], valamint CSEREPES és CHRISTENSEN [1990] erősítették meg. Az utóbbi szerzők kimutatták, hogy végkövetkeztetéseink akkor sem módosítandók, ha explicite figyelembe vesszük a felszíni litoszféralemezek merev egységként történő mozgását és — ennek megfelelően — az óceáni riftvölgyek mint lemezszegélyek szerepét [CSEREPES, CHRISTENSEN 1990].

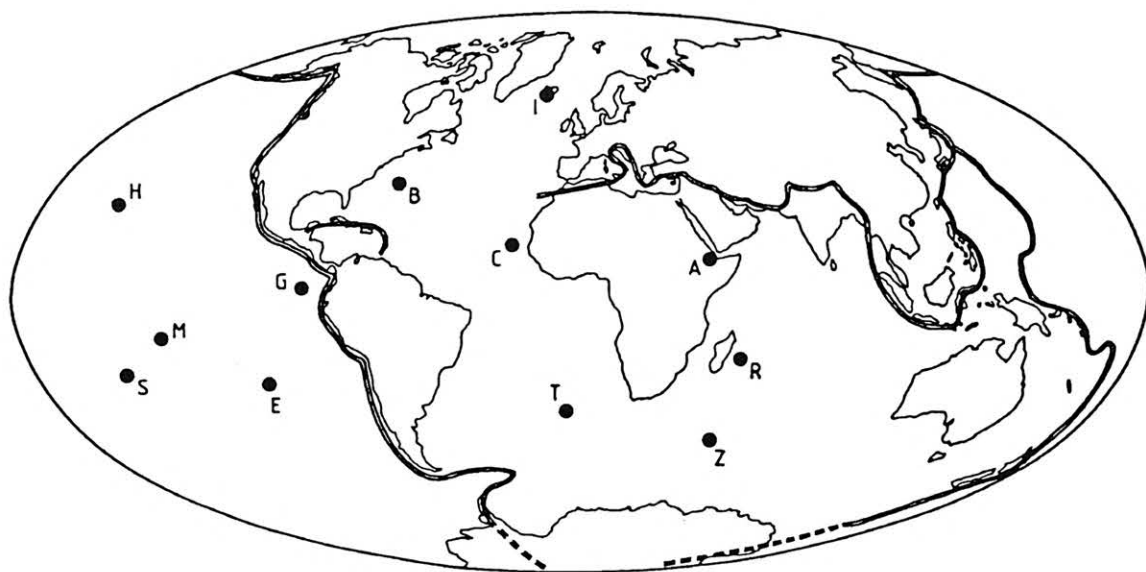
A köpeny konvektív celláinak határait ezek szerint a szubdukciós zónáknak kell kijelölniük. Az óceáni hátságok nem jelölnek lényeges konvektív struktúrát. A fő felszálló ágakat a cellák belsejében a nagy hotspotok alatt kell megtalálnunk. Nem érdemtelen ugyanakkor felfigyelnünk arra, hogy a hot-

spotok statisztikája azt mutatja: elhelyezkedésük nem véletlenszerű. Erős tendencia tapasztalható arra, hogy a hotspotok és az óceáni hátságok, azaz a konvekció aktív és passzív felszálló mozgásai egymás közelében legyenek. A hotspotok nagy része valóban közel van az óceáni hátságokhoz, sokuk egyenesen a hátságokon „ül” [WEINSTEIN, OLSON 1989]. Ezt a tendenciát CSEREPES és CHRISTENSEN [1990] numerikus kísérletei is igazolták. Emellett az óceáni riftvölgyek keletkezésére vonatkozó újabb geológiai megfigyelések is fontos tényre hívják fel a figyelmet: új divergens lemezszegély, rift és óceán létrejötte, másképpen egy litoszféralemez kettéhasadása — úgy tűnik — minden esetben egy új, aktív hotspot hatására, azaz felszálló köpenyáramlat fölött történik [WHITE, MCKENZIE 1989, CAMPBELL, GRIFFITHS 1990, HILL 1991, DUNCAN, RICHARDS 1991]. A Pangea kontinensekre hasadásának már csaknem minden fázisáról sikerült kimutatni, hogy egy-egy hatalmas hotspot működésének következménye: a Középső-Atlantikum valószínűleg a Cape Verde, a Déli-Atlantikum a Walvis (másképpen Tristan da Cunha), az Északi-Atlantikum az Izland hotspot hatására nyílt ki, India leválása Afrika darabjairól a Réunion hotspot működésével esik egybe, ma az Afar hotspot szakítja szét Afrikát és Arábiát [WHITE, MCKENZIE 1989]. Mindezek legfőbb bizonyítékai azok a riftszegélyekre kiömlött óriási bazalttakarók, amelyeknek kora jól egybeesik az új lemezhatárok létrejöttének korával (Paraná, Dekkan, Etiópia stb.).

Az elmondottak leglényegesebb elemeit a 5. ábra fantáziarajza foglalja össze. A 6. ábra térképázlata egy elképzelés a mai köpenykonvekció fő szerkezeti elemeiről. A szubdukciós zónák által körülhatároltan ma három nagy konvektív cellának kell működnie a köpenyben. Ez a cellaszám megfelel annak, amit BERCOVICI et al. [1989b] gömbháj konvekciójáról szóló numerikus modellkísérletei jósolnak. Mind-egyik cellában több nagy (és a térképen nem jelölten még több kis) hotspot, azaz felszálló oszlop található. Ezek nagy száma a köpenykonvekció magas  $Ra$  ér-



5. ábra. Vázlat a köpenykonvekció valószínű szerkezetéről  
Fig. 5. A view of the mantle: possible structure of its convection



6. ábra. A köpenykonvekció gyanítható cellahatárai a Föld felszínére vetítve (szubdukciós zónák, dupla vonallal). A fekete pontok a geológiai közelmúltban nagy aktivitást mutató s így feltehetőleg a konvekció fő felszálló ágait reprezentáló hot-spotok. A—Afar; B—Bermuda; C—Cape Verde (Zöldfoki-szk.); E—Húsvét-sz.; G—Galápagos; H—Hawaii; I—Izland; M—Marquises; R—Réunion; S—Társaság-szk.; T—Tristan da Cunha; Z—Crozet

Fig. 6. Suspected cell boundaries of mantle convection, projected to the Earth's surface (subduction zones, with double lines). Black dots show the location of hotspots with high activity in recent geologic times: they may represent the main upwelling centres of the circulation. A—Afar; B—Bermuda; C—Cape Verde; E—Easter I.; G—Galápagos; H—Hawaii; I—Iceland; M—Marquises; R—Réunion; S—Society Is.; T—Tristan da Cunha; Z—Crozet

tékének, ill. az említett határréteg-instabilitásnak a következménye. A helyzet természetesen erősen időfüggő, ami a mai lemezhatárok gyors eltolódásában, átrendeződésében egészen nyilvánvalóan jelentkezik. A déli kontinenseket magába foglaló cella felülete például gyorsan növekszik, várható, hogy előbb-utóbb új szubdukciós övezet mentén ketté fog hasadni. Az időbeli változások jele az is, hogy a szubdukciós övezet ma sem teljesen egybefüggő.

## HIVATKOZÁSOK

- BERCOVICI D., SCHUBERT G., GLATZMAIER G. A. 1989a: Three-dimensional spherical models of convection in the Earth's mantle. *Science* **244**, 950-955
- BERCOVICI D., SCHUBERT G., GLATZMAIER G.A. 1989b: Influence of heating mode on three-dimensional mantle convection. *Geophys. Res. Lett.* **16**, 617-620
- BERCOVICI D., SCHUBERT G., GLATZMAIER G.A., ZEBIB A. 1989c: Three-dimensional thermal convection in a spherical shell. *J. Fluid Mech.* **206**, 75-104
- BUSSE F. H., WHITEHEAD J.A. 1971: Instabilities of convection rolls in a high Prandtl number fluid. *J. Fluid Mech.* **47**, 305-320
- CAMPBELL I. H., GRIFFITHS R.W. 1990: Implications of mantle plumes structure for the evolution of flood basalts. *Earth Planet. Sci. Lett.* **99**, 79-93
- CATHLES L. M. 1975: The viscosity of the Earth's mantle. Princeton University Press
- CAZENAIVE A., DOMINH K., RABINOWICZ M., CEULENEER G. 1988: Geoid and depth anomalies over oceanic swells and troughs: evidence of an increasing trend of the geoid to depth ratio with age of plate. *J. Geophys. Res.* **93**, 8064-8077
- CEULENEER G., RABINOWICZ M., MONNEREAU M., CAZENAIVE A., ROSEMBERG C. 1988: Viscosity and thickness of the sub-lithospheric low-viscosity zone: constraints from geoid and depth over oceanic swells. *Earth Planet. Sci. Lett.* **89**, 84-102
- CHANDRASEKHAR S. 1961: Hydrodynamic and hydromagnetic stability. Oxford University Press
- COURTNEY R.C., WHITE R.S. 1986: Anomalous heat flow and geoid across the Cape Verde Rise: evidence for dynamic support from a thermal plume in the mantle. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **87**, 815-867
- CROUGH S.T. 1978: Thermal origin of mid-plate hot-spot swells. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **55**, 451-469
- CROUGH S.T. 1983: Hotspot swells. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* **11**, 165-193
- CSEREPES L. 1990: Convection in the Earth's mantle: motor of the geologic evolution. *Evolution: from cosmogenesis to biogenesis*; szerk. Lukács B., Bérczi Sz., Molnár I., Paál G.; KFKI-1990-50/C, Budapest, 61-64
- CSEREPES L. 1993: Effect of depth-dependent viscosity on the pattern of mantle convection. *Geophys. Res. Lett.*, megjelenés előtt

- CSEREPES L., CHRISTENSEN U. 1990: Three-dimensional convection under drifting plates. *Geophys. Res. Lett.* **17**, 1497-1500
- CSEREPES L., RABINOWICZ M. 1985: Gravity and convection in a two-layer mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.* **76**, 193-207
- DAVIES G. F. 1988: Ocean bathymetry and mantle convection. 1. Large-scale flow and hotspots. *J. Geophys. Res.* **93**, 10467-10480
- DUNCAN R. A., RICHARDS M. A. 1991: Hotspots, mantle plumes, flood basalts, and true polar wander. *Rev. Geophys.* **29**, 31-50
- HILL R. I. 1991: Starting plumes and continental break-up. *Earth Planet. Sci. Lett.* **104**, 398-416
- KRISHNAMURTI R. 1970a: On the transition to turbulent convection. Part 1. The transition from two- to three-dimensional flow. *J. Fluid Mech.* **42**, 295-308
- KRISHNAMURTI R. 1970b: On the transition to turbulent convection. Part 2. The transition to time-dependent flow. *J. Fluid Mech.* **42**, 309-320
- LOPER D. E., STACEY F. D. 1983: The dynamical and thermal structure of deep mantle plumes. *Phys. Earth Planet. Inter.* **33**, 304-317
- MARSH B. D., MARSH J. G. 1976: On global gravity anomalies and two-scale mantle convection. *J. Geophys. Res.* **81**, 5267-5280
- MCKENZIE D. 1977: Surface deformation, gravity anomalies and convection. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **48**, 211-238
- MCKENZIE D., WATTS A., PARSONS B., ROUFOSSE M. 1980: Planform of mantle convection beneath the Pacific Ocean. *Nature* **288**, 442-446
- MITRONOVAS W., ISACKS B. L. 1971: Seismic velocity anomalies in the upper mantle beneath the Tonga-Kermadec island arc. *J. Geophys. Res.* **76**, 7154-7180
- MORGAN W. J. 1971: Convection plumes in the lower mantle. *Nature* **230**, 42-43
- PARMENTIER E. M., TURCOTTE D. L., TORRANCE K. E. 1975: Numerical experiments on the structure of mantle plumes. *J. Geophys. Res.* **80**, 4417-4424
- PELTIER W. R., JARVIS G. T. 1982: Whole mantle convection and the thermal evolution of the Earth. *Phys. Earth Planet. Inter.* **29**, 281-304
- RICHTER F. M. 1973: Convection and the large-scale circulation of the mantle. *J. Geophys. Res.* **78**, 8735-8745
- RICHTER F. M., PARSONS B. 1975: On the interaction of two scales of convection in the mantle. *J. Geophys. Res.* **80**, 2529-2541
- ROBINSON E. M., PARSONS B., DALY S. F. 1987: The effect of a shallow low viscosity zone on the apparent compensation of mid-plate swells. *Earth Planet. Sci. Lett.* **82**, 335-348
- SANDWELL D. T., RENKIN M. L. 1988: Compensation of swells and plateaus in the North Pacific: no direct evidence for mantle convection. *J. Geophys. Res.* **93**, 2775-2783
- SILVER P. G., CARLSON R. W., OLSON P. 1988: Deep slabs, geochemical heterogeneity, and the large-scale structure of mantle convection: investigation of an enduring paradox. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* **16**, 477-541
- TRITTON D. J. 1977: *Physical fluid dynamics*. Van Nostrand Reinhold
- WATTS A. B., MCKENZIE D. P., PARSONS B. E., ROUFOSSE M. 1985: The relationship between gravity and bathymetry in the Pacific Ocean. *Geophys. J. R. astr. Soc.* **83**, 263-298
- WEINSTEIN S. A., OLSON P. L. 1989: The proximity of hotspots to convergent and divergent plate boundaries. *Geophys. Res. Lett.* **16**, 433-436
- WHITE R., MCKENZIE D. 1989: Magmatism at rift zones: the generation of volcanic continental margins and flood basalts. *J. Geophys. Res.* **94**, 7685-7729
- WHITEHEAD J. A., PARSONS B. 1978: Observations of convection at Rayleigh numbers up to 760,000 in a fluid with large Prandtl number. *Geophys. Astrophys. Fluid Dyn.* **9**, 201-217
- WOODHOUSE J. H., DZIEWONSKI A. M. 1984: Mapping the upper mantle: three-dimensional modeling of Earth structure by inversion of seismic waveforms. *J. Geophys. Res.* **89**, 5953-5986
- ZHANG Y. S., TANIMOTO T. 1992: Ridges, hotspots and their interaction as observed in seismic velocity maps. *Nature* **355**, 45-49

# A tiszakécskei hőanomália vizsgálata termikus konvekció numerikus modellezésével<sup>1</sup>

LENKEY LÁSZLÓ<sup>2</sup>

*Folyadékkal telített, permeábilis rétegben hőkezelés hatására kialakuló termikus konvekció kétdimenziós, numerikus számításainak eredményeit közöljük. A Rayleigh-szám, az alsó határon előírt állandó hőmérséklet vagy állandó hőfluxus és az anizotrópia hatásait vizsgáljuk. Az eredmények: a stacionárius állapot izotermál és áramvonalai, a felszíni hőárameloszlás, a horizontális átlaghőmérséklet és kitétetett függőleges egyenesek mentén a hőmérséklet–mélység függvény.*

*Geotermikus és geológiai adatok felhasználásával kidolgoztuk a tiszakécskei hőanomália egy áramlási modelljét. Eszerint a hőanomália egy lehetséges magyarázata a zömében a felső, 1 km vastagságú laza üledékekben zajló termikus konvekció hőter módosító hatása.*

**L. LENKEY: Study of the Thermal Anomaly at Tiszakécske by Numerical Modelling of the Thermal Convection**

*Two-dimensional, numerical calculations are reported for thermal convection of a fluid in a permeable layer heated from below. Influences of the Rayleigh number, uniform bottom heatflux, constant temperature at the lower boundary and anisotropy of the layer on the convection pattern were examined. Results of the calculation include: steady-state isotherms, streamlines, surface heatflux distribution, horizontally averaged temperature within a cell, and in any vertical section, the temperature–depth profile.*

*Using geothermal and geological data, a thermohydraulic model has been constructed for an observed thermal anomaly at Tiszakécske. A plausible explanation of the thermal field anomaly is a free convection of groundwater in the upper 1 km of highly permeable sediments.*

## 1. Bevezetés

A porózus kőzetekben hőközlés hatására létrejövő folyadékáramlások tanulmányozása fontos része a felszín alatti folyadéktározókban lejátszódó folyamatok megértésének. A felszín alatti vízkészletek tisztaságának megőrzése érdekében a szennyező anyagok terjedésének törvényszerűségeit ismerni kell. A hőmérsékleti viszonyok ismerete a termálvíz kitermelés szempontjából fontos. A két- vagy többfázisú folyadékáramlások vizsgálata a szénhidrogének migrációjáról és felhalmozódásának körülményeiről ad pontosabb felvilágosítást.

A felsorolt problémák nagy gyakorlati jelentősége miatt a termikus konvekciót részletesen tanulmányozták. Az izoterm felületekkel határolt, homogén permeabilitású rétegben létrejövő konvekció kialakulásának feltételét LAPWOOD [1948] határozta meg. Állandó hőfluxus esetén a kialakulás feltételét RIBANDO és TORRANCE [1976] adta meg. A termikus konvekció egyenletrendszerét numerikusan, véges differenciák módszerével többen megoldották: ELDER [1967], RIBANDO és TORRANCE [1976]. A rétegzett és anizotróp közegben zajló áramlással KVERNOLD és TYVAND [1978], MCKIBBIN és TYVAND [1981] foglalkozott.

Az elméleti munkákat hamarosan követték a gyakorlati felhasználások a technika és a geofizika területén. A spreading centrumok közelében mért tenger-

fenéki hőfluxus térbeli ingadozását RIBANDO et al. [1976] az óceáni kéregben zajló hidrotermális cirkulációval modellezte. Az északi-tengeri olajmezőkben végbement konvekció szénhidrogénmigrációra és közetdiagenezisre gyakorolt hatását elemezte RABINOWICZ et al. [1985]. A termikus konvekció üledékek diagenezisében játszott szerepét vizsgálta BJORLYKKE et al. [1988].

A hazai szakirodalom a termikus konvekció modellezésével még nem foglalkozott, ezért rövid összefoglalást adunk az elméletéről és néhány egyszerű esetben bemutatjuk az egyenletek numerikus megoldásával kapott eredményeket. A cikk további részében a modellezés gyakorlati alkalmazására mutatunk példát a tiszakécskei hőanomália értelmezésével.

## 2. Matematikai összefoglalás

### 2.1. A hidrodinamikai egyenletek megfogalmazása

Tekintsünk egy homogén, végtelen, horizontális, porózus réteget, melyet folyadék tölt ki. A réteg felső határa  $z=0$ , hőmérséklete  $T_0$ . Az alsó határ  $z=-L$ , hőmérséklete  $T_0 > T_L$ . Konvekció nélkül a hőmérséklet lineárisan változik a rétegben a

$$T = \frac{T_0 - T_L}{L} \cdot z + T_0 \quad (1)$$

képletnek megfelelően.

<sup>1</sup> Beérkezett: 1990. december 15-én

<sup>2</sup> ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Ez az állapot azonban könnyen felborulhat: kis hőmérsékletzavar is áramlást indít a hőtágulás és a fellépő felhajtóerő hatására.

A homogén permeabilis közegben zajló konvekciót leíró egyenletek megfogalmazásakor a Boussinesq-közelítést használjuk, amely szerint a  $\rho_f$  folyadék-sűrűség kivételével a közeg jellemzői állandók. Ezek a következők:  $\alpha$ : a folyadék térfogati hőtágulási együtthatója,  $c_p$ : állandó nyomáson mért fajhő,  $\mu$ : a folyadék viszkozitása,  $\lambda_m$ : a folyadékkal kitöltött közetmátrix hővezető képessége,  $k_0$ : a közeg permeabilitása. Feltesszük még, hogy a közet és a folyadék termikus egyensúlyban van, ami a kis áramlási sebességek következtében teljesül is. A Boussinesq-közelítés felhasználásával a termikus konvekció stacionárius állapotra vonatkozó egyenletei a következők [LAPWOOD 1948]:

$$-\nabla p - \frac{\mu}{k_0} \underline{v} - \rho_f g \underline{e}_z = 0, \quad (2)$$

$$\nabla \underline{v} = 0, \quad (3)$$

$$\nabla (\underline{v} \theta) = \kappa_m \nabla^2 \theta, \quad (4)$$

$$\rho_f = \rho_0 (1 - \alpha \theta). \quad (5)$$

(2) — a Darcy-törvény átrendezett alakja:

$p$  — nyomás (itt dinamikai nyomás),

$\underline{v}$  — sebesség,

$\underline{e}_z$  — felfelé mutató egységvektor;

(3) — kontinuitási egyenlet;

(4) — a hőtranszport egyenlet:

$\theta = T - T_0$  — hőmérsékletkülönbség a felső határhoz viszonyítva,

$\kappa_m = \lambda_m / c_p \rho_0$  — a folyadék-közetmátrix közeg hődiffuzivitási együtthatója;

(5) — a hőtágulás miatt bekövetkező sűrűségcsökkenést fejezi ki;

$\rho_0$  — a folyadék sűrűsége  $T_0$  hőmérsékleten.

A következőkben csak kétdimenziós, az  $(x, z)$  síkban zajló áramlások számításával foglalkozunk. A sebességvektort  $\underline{v} = (u, 0, w)$  alakban írjuk. Ekkor az egyenletrendszert egyszerűsíthetjük, ha a (2) egyenletből kiküszöböljük a nyomást, a (2), (3) és (4) egyenletben bevezetjük az áramfüggvényt ( $\psi$ ), melyet úgy definiálunk, hogy a rotációja a sebesség legyen és végül dimenziótlanjuk az egyenleteket. A dimenziótlantáshoz használt egységek:  $L$ ,  $L^2/\kappa_m$  és  $\Delta T$  sorrendben a hosszúság, idő és hőmérséklet dimenziók kifejezésére.  $L$  a réteg vastagsága,  $\Delta T = T_L - T_0$  a réteghatárok hőmérsékletkülönbsége. A felsoroltakat elvégezve az egyenletrendszer a következőképpen alakul:

$$\frac{\partial^2 \psi'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 \psi'}{\partial y'^2} = Ra_r \frac{\partial \theta'}{\partial x'}, \quad (6)$$

$$u' = -\frac{\partial \psi'}{\partial z'} \quad w' = -\frac{\partial \psi'}{\partial x'}, \quad (7)$$

$$\nabla (\underline{v}' \theta') = \nabla^2 \theta'. \quad (8)$$

A vesszős tagok dimenziótlan mennyiségeket jelölnek. A továbbiakban az egyenletek dimenziótlan alakját fogjuk használni, ezért a ' -t elhagyjuk.

Az  $Ra_r$  dimenziótlan konstans a Rayleigh-szám:

$$Ra_r = k_0 \frac{\rho_0 g \alpha \Delta T L}{\mu \kappa_m}. \quad (9)$$

A  $t$  index azt fejezi ki, hogy az alsó határon a hőmérséklet állandó. A (6)–(8) dimenziótlan egyenletek akkor is fennállnak, ha az alsó határon állandó  $q$  hőfluxus van előírva. Ebben az esetben a Rayleigh-szám definíciója megváltozik. A  $\Delta T$  referenciahőmérséklet a hőfluxusból számolható:  $\Delta T = qL/\lambda_m$ . Az ezzel definiált Rayleigh-szám:

$$Ra_f = k_0 \frac{\rho_0 g \alpha L^2}{\mu \kappa_m \lambda_m}. \quad (10)$$

A Rayleigh-szám bevezetésével az áramlás paramétereit egy dimenziótlan konstansban egyesítettük. A konvekció fennmaradásának feltétele, hogy a Rayleigh-szám meghaladjon egy, a határfeltételektől függő kritikus értéket. Ezt úgy kaphatjuk meg, ha a (6)–(8) egyenleteket linearizáljuk. Feltesszük, hogy az áramlás megindulásakor a hőmérséklet-eloszlás csak kicsit tér el a hővezetéssel kialakuló lineáristól. Ilyen feltétel mellett a nemlineáris, másodrendben kicsi tagok elhanyagolhatók és az egyenletrendszer megoldhatóvá válik [LAPWOOD 1948, RIBANDO és TORRANCE 1976, SCHUBERT és TURCOTTE 1982]. Állandó hőmérsékletű, impermeabilis alsó és felső réteghatárok esetén a homogén, izotróp permeabilitású rétegben kialakuló termikus konvekció kritikus Rayleigh-száma 39,5. Ugyanebben a rétegben, ha az alsó határon állandó hőfluxust írunk elő, a kritikus Rayleigh-szám 27,1-re módosul.

## 2. 2. Inhomogén, horizontálisan rétegzett és anizotróp közeg

A homogén permeabilitás nem mindig elfogadható közelítés. A permeabilitás helyfüggését is figyelembe véve a (6) helyett ezt kapjuk:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{k(x, z)} \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{1}{k(x, z)} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) = Ra_r \frac{\partial \theta}{\partial x}, \quad (11)$$

ahol  $k(x, z)$  dimenziótlan mennyiség, egy  $k_0$  referencia-permeabilitáshoz viszonyított arány. Az inhomogén közeg Rayleigh-számában ez a permeabilitás szerepel. Így az inhomogén közegben zajló áramlást a  $k_0$  permeabilitású homogén közegben zajló áramláshoz lehet viszonyítani.

Horizontálisan rétegzett közeg esetében valamelyik réteg permeabilitását célszerű viszonyítási alappal választani.

Ha a rétegek vastagsága az áramlás méreteinél jóval kisebb, a rétegzett közeg homogén, anizotróp közeggel helyettesíthető. Az átlagos  $k_h$  horizontális és  $k_v$  vertikális permeabilitás a rétegzettséggel párhuzamos és arra merőleges áramlás segítségével a következőképpen definiálható:

$$k_h = \sum_{i=1}^N r_i k_i, \quad k_v = \left( \sum_{i=1}^N \frac{r_i}{k_i} \right)^{-1}, \quad r_i = l_i/L, \quad (13)$$

$l_i$ —az  $i$ -edik réteg vastagsága,

$k_i$ —az  $i$ -edik réteg permeabilitása.

Az anizotrópia-koefficiens az átlagos horizontális és vertikális permeabilitás hányadosa:

$$\varepsilon = \frac{k_h}{k_v}. \quad (14)$$

Horizontális rétegzettségéből adódó anizotrópia esetén  $\varepsilon > 1$ . Az anizotróp közegben kialakuló áramlást a Rayleigh-szám és az anizotrópia-koefficiens együtt határozza meg. A Rayleigh-számot az átlagos vertikális permeabilitással definiálják [MCKIBBIN és TYVAND 1981]:

$$Ra_t = k_v \frac{\rho_0 g \alpha \Delta T L}{\mu \kappa_m}. \quad (15)$$

Az anizotrópia-koefficiens növekedésével csökken a kritikus Rayleigh-szám és nő a cellahossz. Széles cellák kialakulásához igen nagy anizotrópia-koefficiensre van szükség. Pl.  $\varepsilon = 100$  mellett a kritikus Rayleigh-szám 11,84, az ehhez tartozó cellahossz 3. Ez az érték az áramlás megindulásához tartozik, a kritikus értéknél nagyobb Rayleigh-szám esetén kisebb  $\varepsilon$  is elegendő ekkora oldalhosszúságú cella kialakulásához.

### 2. 3. Határfeltételek

A probléma teljes matematikai megfogalmazásához hozzátartoznak a határfeltételek. Az  $L$  vastagságú permeabilis réteget a fentiekben horizontálisan végtelennek definiáltuk. A végtelen rétegben a termikus konvekció cellákban zajlik, ahol a szomszédos cellák tükörképei egymásnak. A periodikusság miatt tehető meg, hogy a numerikus megoldás során a horizontális kiterjedést valamely  $b$  hosszúságú részre korlátozzuk. A vizsgált tartomány a  $0 < x < b$  és  $-L < z < 0$  közötti térrész. Ebben a tartományban a Rayleigh-számtól, az anizotrópia-koefficiéntől és a  $b/L$  oldaliránytól függően egy vagy több áramlási cella is kialakulhat. A számítások során a  $b/L$  oldalirány újabb paraméterként szerepel.

A hidrodinamikai határfeltétel a vizsgált tartomány széleinek nyomás- vagy sebességviszonyaiból vezethető le. Impermeabilis alsó és felső határok

esetén a függőleges sebességkomponenseknek a határokon zérussá kell válniuk. Végtelen rétegben a cella oldalain a fel- és leszálló áramlások miatt a vízszintes sebességkomponens zérus. Ebből a határokon a  $\psi = 0$  határfeltétel adódik.

A hőmérsékleti határfeltétel a tartomány tetején  $\theta = 0$ , a tartomány oldalain  $\partial\theta/\partial x = 0$ . A tartomány alján  $\theta = 1$ , vagy állandó bemenő fluxus esetén  $\partial\theta/\partial z = 1$  határfeltétel van előírva. Az utóbbi két esetben az egység a dimenziótlanítás következménye.

### 2. 4. Számítástechnikai összefoglalás

A (6), (7), (8), (11) egyenletek numerikus megoldása véges differenciák módszerével történt. A függvényértékeket egy négyzetháló rácspontjain számoltuk. A háló mérete  $16 \times 16$  és  $50 \times 50$  között változott.

A számítás iterációval történt valamilyen kezdeti hőmérséklettel feltételezéssel. Egy globális iterációs lépésben először a (6) vagy (11) egyenletet oldottuk meg Gauss-Seidel iterációval, 4–10 iterációs lépést elvégezve. Ezután a sebességeket számoltuk a (7) egyenletből numerikus differenciálással. Végül a hőmérséklet számolása következett a váltakozó irányok módszerének felhasználásával megoldva a (8) egyenletet. Az új hőmérséklettel visszatértünk a (6) vagy (11) egyenletre és újból elvégeztük a leírt számításokat. Az iterációt addig folytattuk, amíg két egymást követő iterációs lépés során a kapott hőmérsékletek relatív eltéréseinek összege alatta maradt a megadott hibahatárnak.

Az eredmények a hőmérséklet, sebesség és áramfüggvény kétdimenziós terei, amelyekből további mennyiségek számíthatók, pl. tetszőleges helyen a hőmérséklet—mélység görbe, a horizontális átlaghőmérséklet, a felszíni hőáram-eloszlás és az átlagos felszíni hőfluxus. A hőmérséklet-eloszlás és az áramvonalak megjelenítése izovonalasan történik.

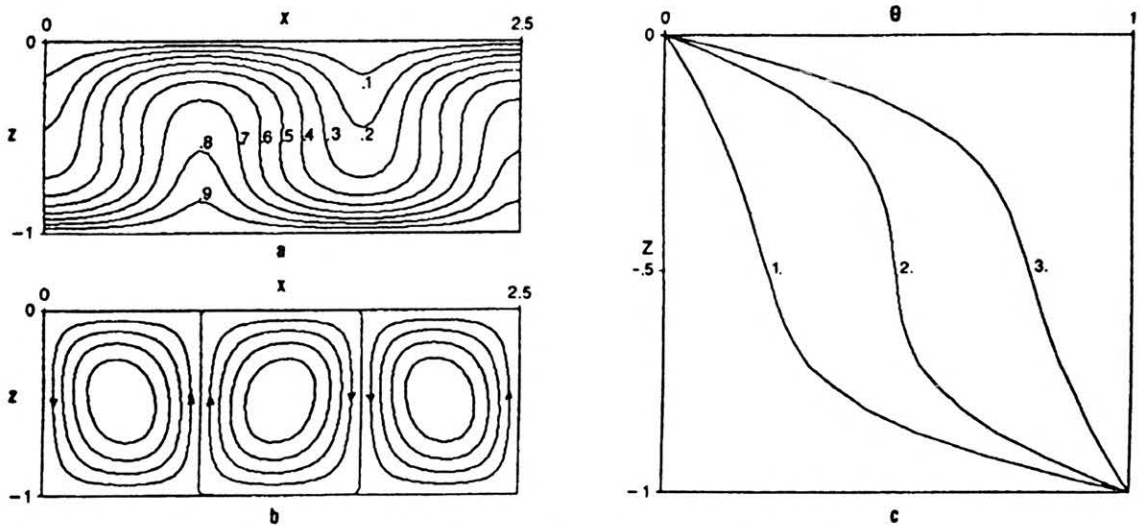
A program helyességét a szakirodalomban megadott eredményeket reprodukáló számítások végzésével ellenőriztük [RIBANDO és TORRANCE 1976].

## 3. A modellszámítások eredményei

Négy esetet mutatunk be. Az első a matematikai összefoglalásban bemutatott homogén, izotróp réteg modellje, a második az anizotróp közeget ismerteti, a harmadik és negyedik realisabb határfeltételek előírását szemlélteti. A Rayleigh-számot a különböző modellekben azonosnak definiáltuk:  $Ra = 100$ , így az eredmények összehasonlíthatók.

### 3.1. Homogén, izotróp permeabilitású, végtelen horizontális réteg

Ez a matematikai összefoglalásban bemutatott legegyszerűbb modell, az összes többi ezzel hasonlítjuk össze. Az állandó hőmérsékletű határfelületek esetén  $Ra_t = 100$  és  $b/L = 2,5$  mellett kialakuló áramlási teret az 1. ábra mutatja. Az izotermák az (a), az áramvonalak a (b) ábrán láthatók. A (c) ábrán az 1. görbe a leszálló ág centrumában, a 3. görbe a felszálló ág centrumában mutatja a hőmérséklet—mélység függvényt. A 2. görbe a horizontális átlaghőmérséklet a mélység függvényében.



1. ábra. Homogén, izotróp permeabilitású réteg, állandó hőmérsékletű alsó határ,  $Ra_i=100$ ,  $b/L=2,5$ , felszíni átlaghőfluxus = 2,61  
 a—izotermák; b—áramvonalak,  $|\psi|_{\max}=4,7$ ; c—hőmérséklet-mélység görbék: 1—leszálló ág centruma, 2—horizontális átlaghőmérséklet, 3—felszálló ág centruma

Fig. 1. A layer of homogeneous, isotropic permeability, constant bottom temperature,  $Ra_i=100$ ,  $b/L=2.5$ , averaged surface heatflux = 2.61

a—isotherms; b—streamlines,  $|\psi|_{\max}=4.7$ ; c—temperature-depth curves: 1—centre of the cold plume, 2—horizontally averaged temperature, 3—centre of the hot plume

A  $b/L=2,5$  oldalárány az összehasonlíthatóság érdekében megegyezik a később bemutatandó anizotróp rétegben kialakuló áramlási cella oldalárányával. Az izotróp rétegben a kezdeti állapotnak megfelelő egy cella háromra hasad fel. Ez jól tükrözi a termikus konvekciónak azt a tulajdonságát, hogy izotróp rétegben a kialakuló cellák vízszintes mérete kisebb a függőleges méretnél. A bemutatott példában a vízszintes és függőleges oldalak aránya 0,833. A továbbiakban az anizotróp réteg kivételével a cellák oldalárányát 0,833-nak választottuk és nem változtattuk.

Az 1. ábrán látható áramlás szimmetrikus, a fel- és leszálló ágak egyformák. Mindez a határfeltételek szimmetriájának következménye.

Az 1a. ábra izotermái és az 1c. ábra hőmérséklet-mélység görbéi szolgálta határreteg-elmélet megalkotásának alapjául. A fel- és leszálló ágakban a hőszállítás konvekcióval történik a cella tetején és alján, ahol a függőleges sebességkomponens nullára csökken, a hőszállítás kondukciónal megy végbe. Ezek a határretek. A határreteg-elmélet is lehetőséget ad a termikus konvekció paramétereinek becslésére a kritikus jelentősen meghaladó Rayleigh-számok esetén [SCHUBERT és TURCOTTE 1982].

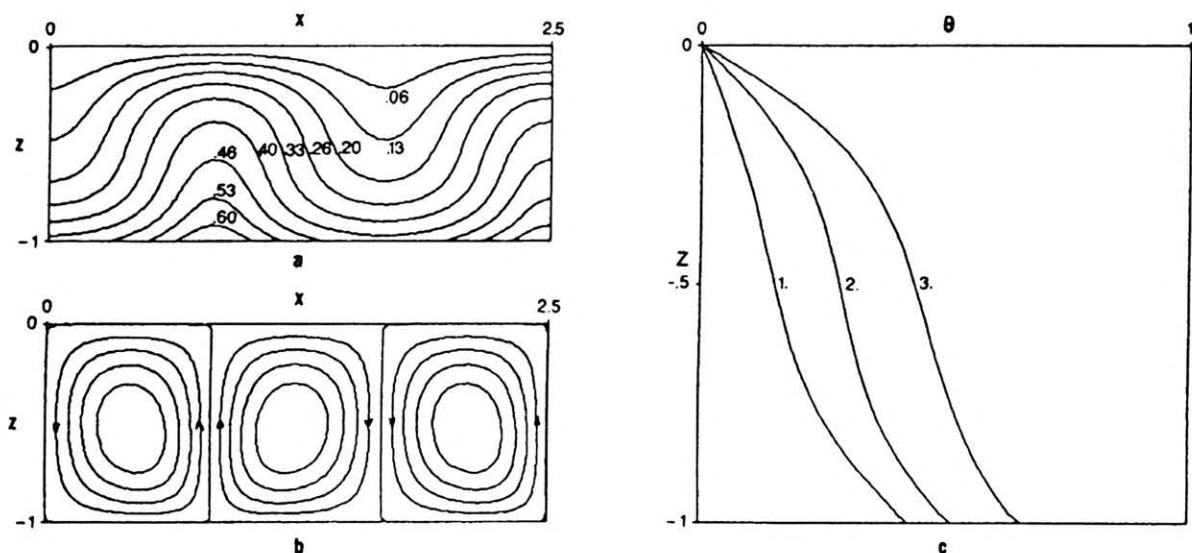
Az alsó határon előírt állandó bemenő hőfluxus esetén kialakuló áramlást a 2. ábra mutatja;  $Ra_f = 100$ ,  $b/L=2,5$ . A határfeltétel-változás okozta hatások az 1. és 2. ábra összehasonlításából láthatók. Legfeltűnőbb a különbség a c. ábrákon. Állandó fluxusú melegítés esetén az átlaghőmérséklet a cellában csökken, az alsó határ lehül. Ez a jelenség, továbbá az áramfüggvény abszolút értékének és az izotermák meredekségének csökkenése azt jelzi, hogy a konvekció intenzitása kisebb. A Rayleigh-szám (10) definíciója szerint állandó fluxusú határfeltétel esetén növelni kell a bemenő fluxust, így a Rayleigh-számot is, hogy az áramlás megegyezzen

az állandó hőmérsékletű határfeltétele mellett kialakulóval. Az 1. ábra eredményeinek megfelelő, állandó fluxusú határfeltételhez tartozó  $Ra_f$ -t úgy kaphatjuk meg, hogy  $Ra_f$ -t megszorozzuk a felszíni átlaghőfluxussal. Hasonlóképpen a 2. ábrának megfelelő, állandó hőmérsékletű alsó határfeltételéhez tartozó  $Ra_f$ -t az  $Ra_f$ -es és a réteg alján mérhető átlaghőmérséklet szorzata adja. Bármelyik esetben a hőmérsékletet a szorzótényezőkkel át kell skálázni.

Az így számított Rayleigh-számok esetén kapott áramlási terek azonban nem lesznek teljesen egyformák. Az alsó határon állandó fluxust előírva a hőmérséklet nem állandó, ezért az izotermák metszik az alsó határt, az alsó és felső határon előírt különböző határfeltételek miatt az áramlás nem szimmetrikus. A felszálló ág keskenyebb, a leszálló szélesebb lesz, felfelé gyorsabban, lefelé lassabban áramlik a folyadék.

Az 1. táblázat az áramfüggvény abszolút értékének maximumát, a sebességek minimumát és maximumát és az átlagsebességeket közli dimenziótlán egységben. Az átlagsebesség számolása a sebességre merőlegesen, a maximális értéket tartalmazó egyenes mentén történt.

A felszíni hőfluxus eloszlása gyakorlati szempontból is fontos. Ezt mutatja a 3. ábra. Az 1. görbe az állandó hőmérsékletű alsó határra, a 2. görbe az állandó fluxusú alsó határra vonatkozik. A 2. görbe kisebb amplitúdója a már említett kisebb intenzitású áramlás következménye. Az alsó határon állandó hőfluxust előírva a felszíni átlaghőfluxus 1. Ez az energiamegmaradás következménye: a cellába alul belépő hőfluxusnak meg kell egyeznie a cellából felül kilépő hőfluxussal. Ezt használtuk fel az ekvivalens  $Ra_f$  számolásnál.



2. ábra. Homogén izotróp permeabilitású réteg, állandó hőfluxusú alsó határ,  $Ra_f=100$ ,  $b/L=2,5$   
 a—izotermák; b—áramvonalak,  $|\psi|_{\max}=2,55$ ; c—hőmérséklet-mélység görbék: 1—leszálló ág centruma, 2—horizontális  
 átlaghőmérséklet, 3—felszálló ág centruma

Fig. 2. A layer of homogeneous, isotropic permeability, constant bottom flux,  $Ra_f=100$ ,  $b/L=2.5$   
 a—isotherms; b—streamlines,  $|\psi|_{\max}=2.55$ ; c—temperature-depth curves: 1—centre of the cold plume, 2—horizontally averaged  
 temperature, 3—centre of the hot plume

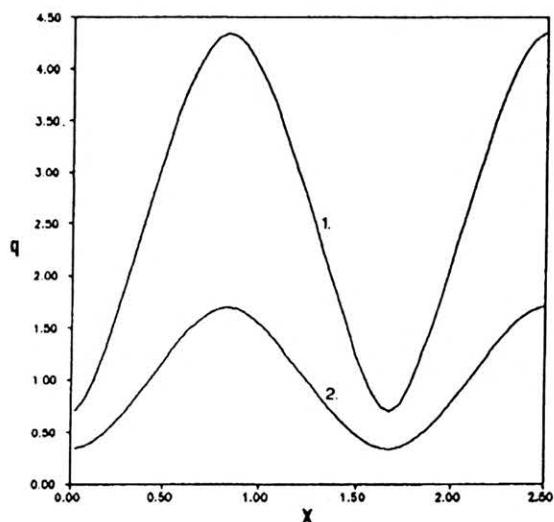
|  | $ \psi _{\max}$ | $U_{\min}$<br>$U_{\max}$ | $W_{\min}$<br>$W_{\max}$ | $\bar{U}$ | $\bar{W}$ |
|--|-----------------|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
| $Ra_f=100$<br>$b/L=2.5$                  | 4.7             | -17.22<br>17.22          | -19.33<br>19.33          | 9.25      | 11.64     |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=2.5$                  | 2.55            | -11.3<br>11.3            | -10.9<br>9.21            | 5.1       | 5.66      |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=10$                   | 11.97           | -42.45<br>42.43          | -21.82<br>21.79          | 23.84     | 9.48      |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=2.5$<br>$\epsilon=10$ | 6.74            | -24.58<br>25.16          | -17.68<br>5.54           | 13.5      | 4.07      |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=0.833$                | 2.84            | -9.46<br>11.41           | -11.62<br>10.51          | 5.64      | 6.4       |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=0.833$                | 2.46            | -8.04<br>9.83            | -9.91<br>9.04            | 4.92      | 5.54      |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=3$                    | 2.97            | -11.11<br>10.23          | -13.18<br>9.27           | 6.78      | 6.55      |
| $Ra_f=100$<br>$b/L=3$                    | 2.8             | -10.39<br>9.65           | -12.38<br>8.73           | 6.39      | 6.17      |

1. táblázat.

### 3.2. Homogén, anizotróp permeabilitású, végtelen horizontális réteg

Az erre az esetre vonatkozó, izoterm határfelületek esetén kialakuló áramlási terek a 4. ábrán láthatók. A Rayleigh-szám 100, az anizotrópia-koefficiens 4, a modellezett tartomány oldalaránya  $b/L=2,5$ .

Az anizotrópia legfontosabb hatása, hogy a horizontális mennyiségek megnövekednek. A horizontális sebesség növekedése maga után vonja a cellahossz növekedését és az izotróp réteghez képest az áramlás intenzitásának növekedését is: az izotermák jobban görbülnek, a felszálló ág melegebb, a leszálló hidegebb, nő a felszíni átlaghőfluxus. A vertikális

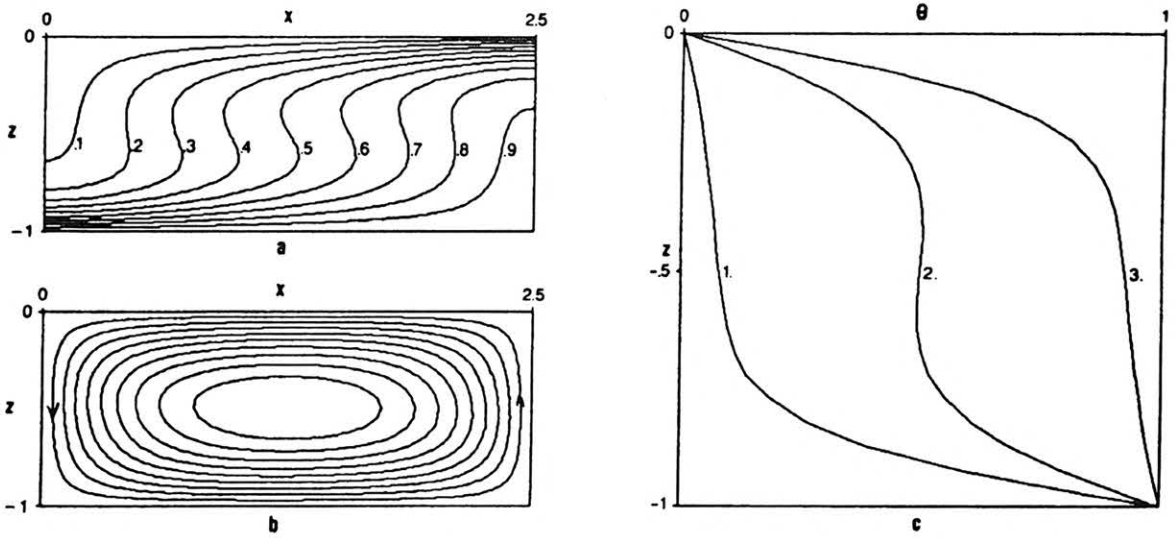


3. ábra. Felszíni hőfluxus eloszlás, homogén, izotróp permeabilitású réteg esetén,  $Ra_f=Ra_f=100$ ,  $b/L=2,5$   
 1—állandó hőmérsékletű alsó határ; 2—állandó hőfluxusú alsó határ

Fig. 3. Surface heatflux versus position in case of a layer of homogeneous isotropic permeability,  $Ra_f=Ra_f=100$ ,  $b/L=2.5$   
 1—constant bottom temperature; 2—constant bottom flux

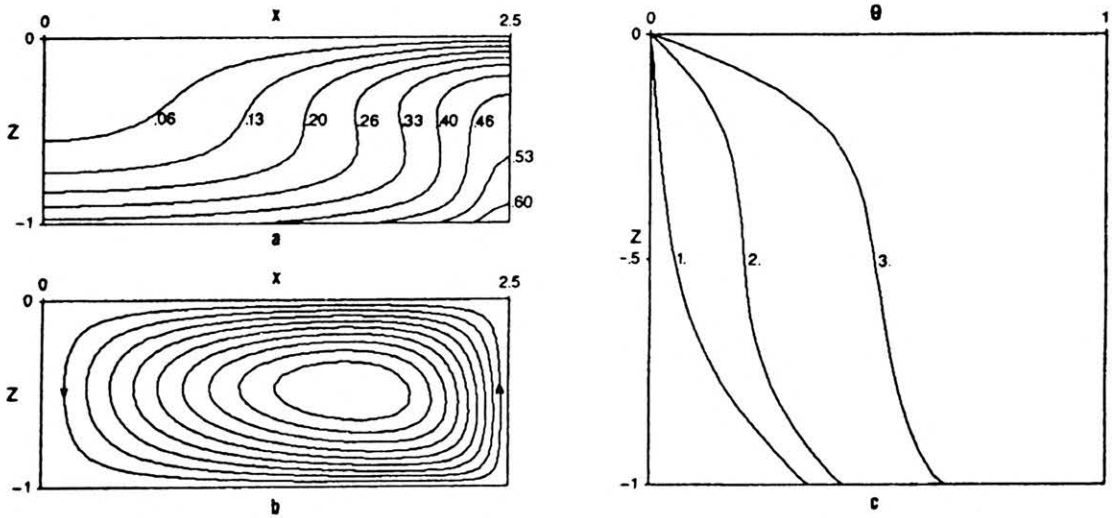
sebesség nem változik jelentősen. Az értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

Az alsó határon előírt állandó bemenő hőfluxus esetén,  $Ra_f=100$ ,  $\epsilon=4$  és  $b/L=2,5$  paraméterek mellett kialakuló áramlást az 5. ábra szemlélteti. Az anizotrópiákról leírtak most is érvényesek, csak egy szembeötlő jelenségre hívjuk fel a figyelmet: az alsó és felső határfeltétel eltérése miatt létrejövő aszim-



4. ábra. Homogén, anizotróp permeabilitású réteg, állandó hőmérsékletű alsó határ,  $Ra_f=100$ ,  $b/L=2,5$ ,  $\epsilon=4$ , felszíni átlaghőfluxus: 2,94  
 a—izotermák; b—áramvonalak,  $|\psi|_{\max}=11,97$ ; c—hőmérséklet-mélység görbék: 1—leszálló ág centruma, 2—horizontális átlaghőmérséklet, 3—felszálló ág centruma

Fig. 4. A layer of homogeneous, anisotropic permeability, constant bottom temperature,  $Ra_f=100$ ,  $b/L=2.5$ ,  $\epsilon=4$ , averaged surface heatflux = 2.94  
 a—isothersms; b—streamlines,  $|\psi|_{\max}=11.97$ ; c—temperature-depth curves: 1—centre of the cold plume, 2—horizontally averaged temperature, 3—centre of the hot plume



5. ábra. Homogén, anizotróp permeabilitású réteg, állandó hőfluxusú alsó határ,  $Ra_f=100$ ,  $b/L=2,5$ ,  $\epsilon=4$   
 a—izotermák; b—áramvonalak,  $|\psi|_{\max}=6,74$ ; c—hőmérséklet-mélység görbék: 1—leszálló ág centruma, 2—horizontális átlaghőmérséklet, 3—felszálló ág centruma

Fig. 5. A layer of homogeneous, anisotropic permeability, constant bottom flux,  $Ra_f=100$ ,  $b/L=2.5$ ,  $\epsilon=4$   
 a—isothersms; b—streamlines,  $|\psi|_{\max}=4.7$ ; c—temperature-depth curves: 1—centre of the cold plume, 2—horizontally averaged temperature, 3—centre of the hot plume

metriára, amit az anizotrópia felerősít. Az áramlási cella kezd eltolódni a felszálló ág irányába. Ez instabillá teszi az áramlást. Nagy eltolódás esetén a leszálló ág másik oldalán elkezd kialakulni egy új cella. A kezdetben egységes cella így hasad kettő vagy még több részre. Az 5. ábrán bemutatott áramlás még éppen stabil. 4-nél kisebb anizotrópia-koefficiens esetén már két cella jön létre.

### 3.3. Kétréteges permeabilitás-eloszlású modell

Az előző két fejezetből is kitűnik, hogy az alsó határfeltételnek nagy hatása van az áramlási tér jellemzőire. A cella alján előírt állandó hőmérséklet vagy állandó hőfluxus azonban idealizáció, valóságos geológiai környezetben legfeljebb közelítésnek tekinthető. Ezért a határfeltételt attól a rétegtől, ahol az áramlás zajlik, távol érdemes előírni. Ezt valósítja

meg a kétréteges modell, ahol a határfeltételt az alsó, impermeábilis réteg alján írjuk elő. Az impermeabilitás viszonylagos. Modelljeink alsó rétegében a permeabilitás 3-4 nagyságrenddel kisebb, mint a felső rétegben. A többregeges modellvizsgálatok tapasztalata szerint, ekkora permeabilitás-különbség esetén az alacsonyabb permeabilitású rétegben zajló áramlás elhanyagolható a másik mellett.

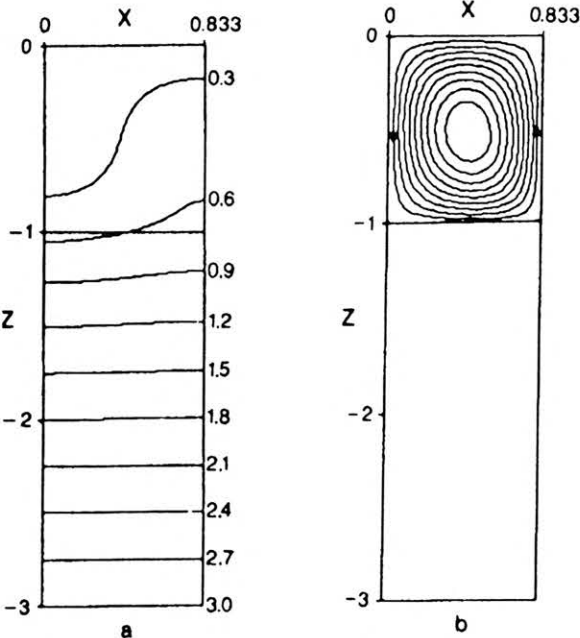
Viszonyítási alapnak a permeábilis réteget tekintettük, permeabilitását és vastagságát egységnek választottuk. Hozzá viszonyítva az impermeábilis réteg permeabilitása  $10^{-3}$ , vastagsága 2 egység. A Rayleigh-számot a permeábilis réteg paramétereivel definiáltuk:  $Ra_i = Ra_f = 100$ .

A 6. ábra az állandó hőmérsékletű határfeltétel esetén kialakuló áramlási tereket ábrázolja. Az alsó határon állandó fluxust előírva az izotermák és az áramvonalak minimális mértékben térnek el a 6. ábrán láthatóktól, ezért külön nem mutatjuk be őket. Az átlaghőmérséklet-mélység görbék láthatók. Kétréteges permeabilitás-eloszlás esetén az alsó határon állandó hőfluxust előírva, a permeábilis réteg alján a hőmérséklet kismértékben nő, állandó hőmérsékletű alsó határ esetén, a hőmérséklet ugyanott csökken a homogén, izotróp permeabilitású réteghez képest, ahol a határfeltételt a permeábilis réteg alján írtuk elő. Az impermeábilis réteg kiegyenlítő hatása következtében, az eltérő határfeltételek mellett kialakuló áramlások egymáshoz közeledését nemcsak az átlaghőmérséklet-mélység görbéken lehet látni, hanem az áramfüggvények abszolút értékeinek maxi-

mumai és a megfelelő sebességek közti különbségek csökkenése is ezt jelzi.

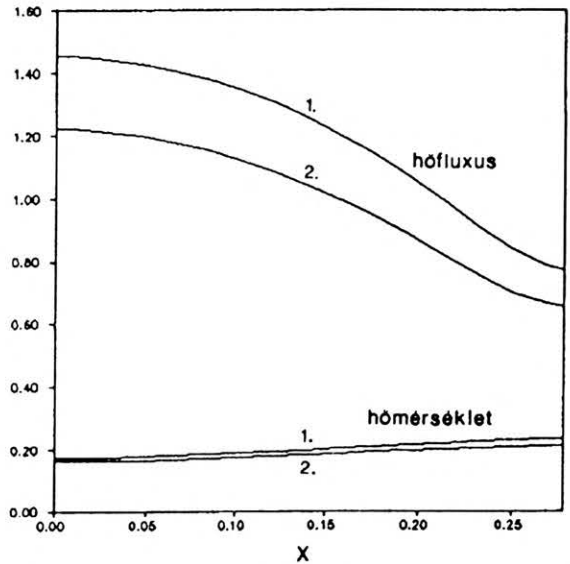
Vastagabb impermeábilis réteg közbeiktatásával az eltérő határfeltételek mellett kialakuló áramlások közti különbség tovább csökkenthető. Végül eljutunk a reális viszonyokat jól tükröző határfeltétel „nélküli” áramlás modelljéhez, ahol az idealizált határfeltételeket végtelen mélységben írjuk elő. A módszer gyakorlati megvalósításának korlátja, hogy az impermeábilis réteg vastagságának növelésével jelentősen nő a számítás időigénye és sok felesleges helyet foglalunk a memóriából.

A 7. ábra a hőmérsékletet és a hőfluxust mutatja a permeábilis, felső réteg alján. Ezen látható, hogy egyik sem állandó. Ha végtelen, homogén permeabilitású réteget egyréteges modellel közelítünk, az állandó hőmérséklet előírása az alsó határon jobb közelítés az állandó hőfluxus előírásainál. Ezt a közelítést használva figyelembe kell venni, hogy a határ hőmérséklete alacsonyabb annál, ami a konduktív úton kialakulna (8. ábra). A csökkenés mértéke a bemutatott példában 40-45%-os.



6. ábra. Kétréteges permeabilitás eloszlás,  $k_{felső} : k_{alsó} = 1 : 10^{-3}$ ,  $Ra_i = 100$ ,  $h/L = 0,833$ ,  $L = 1$ ,  $z = -3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ, felszíni átlaghőfluxus: 1,2  
a—izotermák; b—áramvonalak,  $|\psi|_{max} = 2,84$

Fig. 6. Two-layer permeability distribution,  $k_{upper} : k_{lower} = 1 : 10^{-3}$ ,  $Ra_i = 100$ ,  $h/L = 0,833$ ,  $L = 1$ . Constant bottom temperature at  $z = -3$ , averaged surface heatflux: 1.2  
a— isotherms; b— streamlines,  $|\psi|_{max} = 2.8$ .



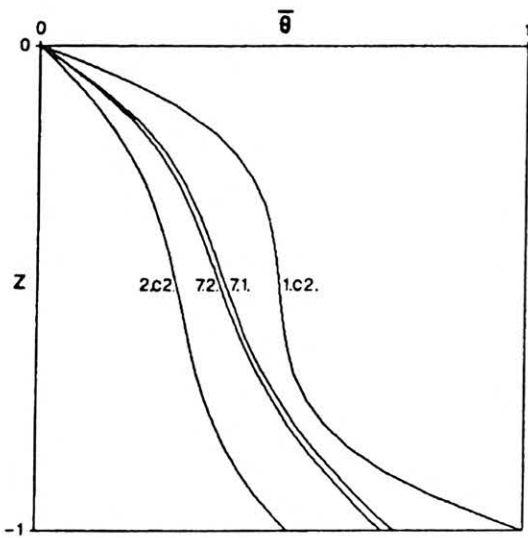
7. ábra. Hőfluxus és hőmérséklet eloszlás a felső réteg alján,  $z = -1$ -ben, a 6. ábrán látható termikus konvekció esetén  
1— $z = -3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ; 2— $z = -3$ -ban állandó hőfluxusú alsó határ

Fig. 7. Heatflux and temperature versus position at the bottom of the permeable layer in case of a two-layer permeability distribution with parameters of Fig.6

1—constant bottom temperature at  $z = -3$ ; 2—constant bottom flux at  $z = -3$

### 3.4. Impermeábilis környezetbe ágyazott, zárt, permeábilis tartományban kialakuló áramlás

Az előző vizsgálatok mind végtelen rétegre vonatkoznak. Ez általában jó közelítés, de előfordulhat, hogy az üledékek minősége horizontálisan megváltozik, a permeábilis réteg kiemelkedik, vagy vetők korlátozzák horizontális kiterjedését. Ilyenkor, ha a feltételek lehetővé teszik, zárt rezervoárban alakul ki a termikus konvekció. Ennek modellezése során a kétréteges modellt fejlesztettük tovább úgy, hogy a permeábilis tartományt oldalról is impermeábilis fal-



8. ábra. Horizontális átlaghőmérséklet-mélység görbék 1.c2.—homogén, izotróp permeabilitású réteg,  $Ra_f=100$ ,  $z=-1$ -ben állandó hőmérsékletű alsó határ; 2.c2.—homogén, izotróp permeabilitású réteg,  $Ra_f=100$ ,  $z=-1$ -ben állandó hőfluxusú alsó határ; 7.1.—6. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció,  $z=-3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ; 7.2.—6. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció,  $z=-3$ -ban állandó hőfluxusú alsó határ

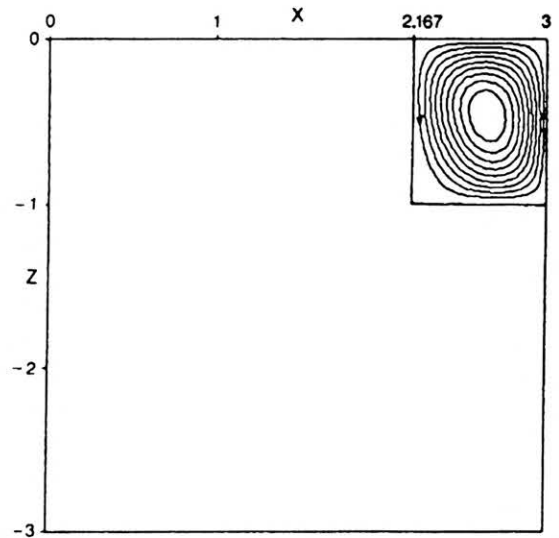
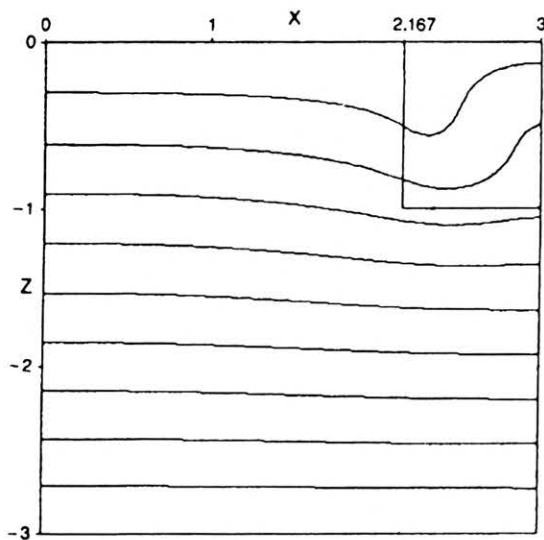
Fig. 8. Horizontally averaged temperature-depth curves 1.c2.—a layer of homogeneous, isotropic permeability,  $Ra_f=100$ , constant bottom temperature at  $z=-1$ ; 2.c2.— a layer of homogeneous, isotropic permeability,  $Ra_f=100$ , constant bottom flux at  $z=-1$ ; 7.1.—two-layer permeability distribution with parameters of Fig. 6. constant bottom temperature at  $z=-3$ ; 7.2.—two-layer permeability distribution with parameters of Fig. 6. constant bottom flux at  $z=-3$

lal határoltuk. Szemléletesen az impermeábilis közeget egy nagy „doboznak” lehet elképzelni, a benne található kis „doboz” a permeábilis közeg. A határfeltételek a nagy „doboz” oldalain vannak előírva.

A permeábilis régió vastagsága és permeabilitása az egység, ehhez viszonyítva a nagy „doboz” vastagsága és hossza 3 egység, a környezet permeabilitása  $10^{-3}$ . A permeábilis kis „doboz” vízszintes és függőleges oldalainak aránya 0,833. A Rayleigh-szám 100. A felsorolt paraméterekkel jellemzett közegben állandó hőmérsékletű alsó határ esetén kialakuló áramlás izotermái és áramvonalai láthatók a 9. ábrán. Az alsó határon állandó hőfluxust feltételezve az izotermák és áramvonalak képe megegyezik a 9. ábrán találhatóakkal. A 10. ábra hőmérséklet-mélység görbéket ábrázol a fel- és leszálló ágban és a cella közepén. A 11. ábra a permeábilis tartomány hori-

zontális átlaghőmérsékletét és a homogén, izotróp permeabilitású réteg egy cellájának átlaghőmérsékletét hasonlítja össze.

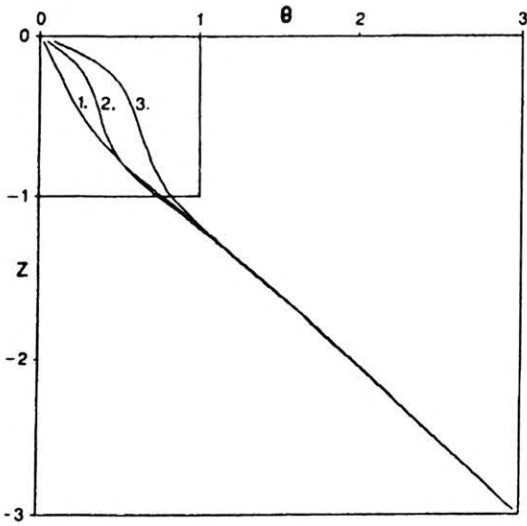
A végtelen, kétréteges permeabilitás-eloszlású modellhez képest, a zárt térben zajló termikus konvekció fenti módon történő modellezésével az eltérő határfeltételek mellett kialakuló áramlások közti különbség tovább csökken. Az áramlási terek közti különbség a modellezés gyakorlati alkalmazásakor elhanyagolható. A számított hőmérséklet értékek mért adatokkal történő összehasonlítása során az eltérő határfeltétel előírásából származó hiba kisebb annál, amit akkor követünk el, ha nem az ugyanarra a függőleges egyenesre vonatkozó számolt és mért értékeket hasonlítjuk össze. Ennek fennáll a lehetősége, ha csak mélyfúrásban mért hőmérsékletek állnak rendelkezésünkre és nem tudjuk, hogy az áram-



9. ábra. Impermeábilis környezetbe ágyazott, zárt permeábilis közegben kialakuló termikus konvekció.  $Ra_f=100$ , a cella vízszintes és függőleges oldalának aránya 0,833. Határfeltételek az impermeábilis környezet szélein előírva,  $z=-3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ

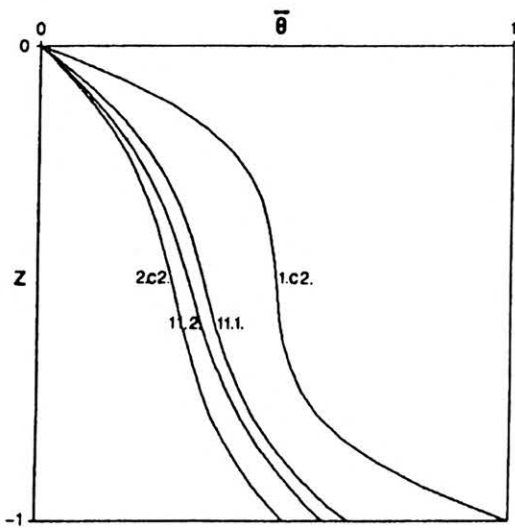
a—izotermák; b—áramvonalak,  $|\psi|_{\max}=2,97$

Fig. 9. Thermal convection in a confined permeable box,  $Ra_f=100$ , ratio of the horizontal and vertical sides of the permeable box: 0.833. Boundary conditions are prescribed on the boundaries of the impermeable region. Constant bottom temperature at  $z=-3$  a—isotherms; b—streamlines,  $|\psi|_{\max}=2.97$



10. ábra. Hőmérséklet-mélység görbék a 9. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció esetén 1—leszálló ág centruma; 2—cella közepe; 3—felszálló ág centruma

Fig. 10. Temperature-depth curves for a thermal convection with parameters of Fig. 9. 1—centre of the cold plume; 2—centre of the cell; 3—centre of the hot plume



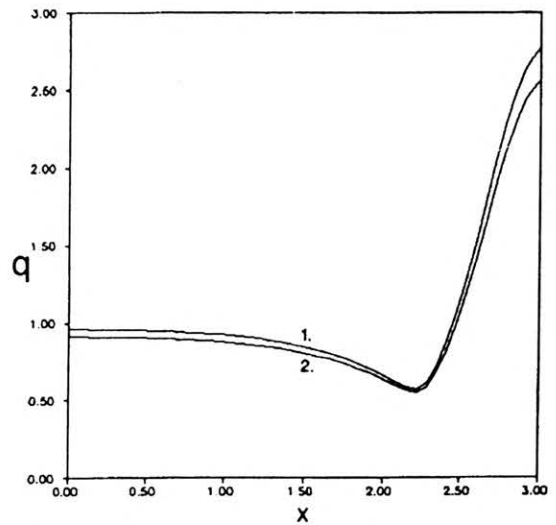
11. ábra. Horizontális átlaghőmérséklet-mélység görbék 1.c.2.—homogén, izotróp permeabilitású réteg,  $Ra_f=100$ ,  $z=-1$ -ben állandó hőmérsékletű alsó határ; 2.c.2.—homogén, izotróp permeabilitású réteg,  $Ra_f=100$ ,  $z=-1$ -ben állandó hőfluxusú alsó határ; 11.1.—a permeabilis tartomány átlaghőmérséklete a 9. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció esetén.  $z=-3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ; 11.2.—a permeabilis tartomány átlaghőmérséklete a 9. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció esetén.  $z=-3$ -ban állandó hőfluxusú alsó határ

Fig. 11. Horizontally averaged temperature-depth curves 1.c.2.—a layer of homogeneous, isotropic permeability,  $Ra_f=100$ , constant bottom temperature at  $z=-1$ ; 2.c.2.—a layer of homogeneous, isotropic permeability,  $Ra_f=100$ , constant bottom flux at  $z=-1$ ; 11.1.—horizontally averaged temperature of the permeable box for the thermal convection with parameters of Fig. 9, constant bottom temperature at  $z=-3$  11.2.—horizontally averaged temperature of the permeable box for the thermal convection with parameters of Fig. 9, constant bottom flux at  $z=-3$

lasi cellát a fűrés pontosan hol harántolta. Az ebből eredő bizonytalanság és az áramlási terek kis eltérése következtében mindkét határfeltétel elfogadható, a reális határfeltétel jó közelítésének tekinthető.

A zárt térben zajló áramlás által a hőterben keltett zavar hamar lecseng (9. ábra). Egy cellaméretnél nagyobb távolságban az áramlás már nem zavarja meg jelentősen a konduktív hőteret. Ezért az aljzatban vagy nagyobb mélységben létrejövő áramlások felszínközeli mérésekkel kimutathatatlanok. A nagyobb mélységben zajló termikus konvekció biztos felismeréséhez szükséges, hogy a fűrés harántolja azt a térrészt, ahol az áramlás zajlik, másrészt minél sűrűbb hőmérsékletmérés kell.

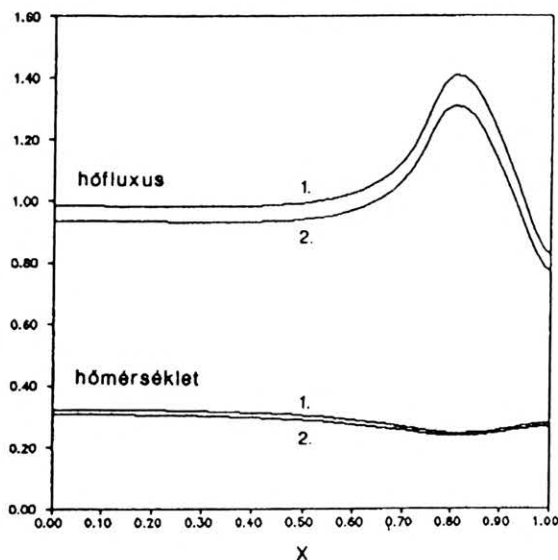
Nemcsak a konvekció befolyásolja a konduktív hőteret, a cellán kívüli konduktió is visszahat a cellán belüli hőmérséklet-eloszlásra. Az impermeabilis és permeabilis közeg határán a leszálló ág hőmérséklete a hővezetéssel odaszállító hő miatt kevésbé hűl le, mint a végtelen rétegben kialakuló periodikus áramlásnál (10. ábra). A jelenség a felszíni hőfluxus-eloszlásban is tükröződik: a leszálló ág felett az átlagos konduktív hőfluxusnak a fele, a felszálló ág felett a 2,5–3 szorosa mérhető (12. ábra).



12. ábra. Felszíni hőfluxus eloszlás a 9. ábrának megfelelő feltételek mellett 1— $z=-3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ; 2— $z=-3$ -ban állandó hőfluxusú alsó határ

Fig. 12. Surface heatflux versus position for the thermal convection with parameters of Fig. 9. 1—constant bottom temperature; 2—constant bottom flux

A 13. ábrán a hőmérséklet és a hőfluxus látható a permeabilis régió aljának mélységében. Az alsó határ nem hűl le annyira, mint kétréteges permeabilitás-eloszlású végtelen réteg esetén: az átlaghőmérséklet a cella alján 23–26%-kal alacsonyabb a hővezetéssel kialakuló hőmérsékletnél. Az áramlás „elszívja” a hőt a környezetétől, a bemenő fluxus az áramlási cella alatt a határfeltételtől függően 12–21%-kal haladja meg az egységet. Impermeabilis közeggel körülvett permeabilis tartomány esetén is a permeabilis régió aljának mélységében az állandó hőmérséklet jobb közelítés az állandó hőfluxusnál.



13. ábra. Hőfluxus és hőmérséklet eloszlás a permeabilis tartomány aljának mélységében,  $z = -1$ -ben  
1— $z = -3$ -ban állandó hőmérsékletű alsó határ; 2— $z = -3$ -ban állandó hőfluxusú alsó határ

Fig. 13. Heatflux and temperature versus position at the depth of the bottom of the permeable box at  $z = -1$ .  
1—constant bottom temperature at  $z = -3$ ; 2—constant bottom flux at  $z = -3$

### 3.5. A modellszámítások összefoglalása

Néhány egyszerű modell felhasználásával a különböző feltételek mellett kialakuló termikus konvekciót mutattunk be. A vizsgálatok két iránya az anizotrópia hatásának tisztázása és realisabb határfeltételek kitzzése volt. Az anizotrópia legfontosabb hatása, hogy növeli a cellaméretet és a horizontális sebességet. A határfeltételek vizsgálata során alkotott végtelen, kétréteges modell és a zárt térben kialakuló áramlás modellje azt mutatta, hogy a távol előirt határfeltételek realisabbnak tekinthetők. Gyakorlati megfontolásokból (gépidő, memória, rendelkezésre álló adatokkal való pontosan összehasonlítás) elegendő a végtelen rétegben zajló termikus konvekció egyetlen cellájával modellezni, melynek alsó határán alacsonyabb hőmérsékletet kell előírni annál, ami hővezetéssel kialakulna.

## 4. A tiszakécskei geotermikus anomália geofizikai és hidrológiai vizsgálatának eredményei

A Kecskeméttől 30 km-re K-re található Tiszakécske és Lakitelek közelében fúrt közepes mélységű (150–250 m) kutakból fakadó melegviz (25–47 °C) a terület felszín alatti hőmérsékletének jelentős megemelkedésére utal. A geotermikus viszonyok részletesebb megismerése céljából a 60-as években geofizikai méréseket végeztek [HARTNER és STEINER 1965]. 1 km-es négyzetháló rácspontjaiban 50 m-es kutakban mértek hőmérsékletet. A legfontosabb eredmény a felszíni (felső 50 m-re vonatkozó) hőmérsékletgradiens eloszlás térképe. Szerkesztése

során a nyers adatokból származó gradienst korrigálni kellett. Egy adott területen állandó hőfluxust feltételezve a geotermikus gradiens a hővezetőképességtől függ. Ez ezen a területen a homok és agyag arányának függvénye. Ezért a gradiens számolásakor a hővezetőképességet egy átlagos homok-agyag arányának megfelelő hővezetőképességre korrigálták. Így született a 14. ábrán látható korrigált izogradiens térkép [ALFÖLDI et al. 1966].

Nagy pozitív geotermikus anomáliát találtak, melynek középpontjában a geotermikus gradiens értéke háromszor akkora, mint az országos átlag. Több 1000–2000 m-es fúrást mélyítettek, azonban a hőmérséklet nem növekedett olyan ütemben, ahogy az a sekély fúrások eredményeiből várható lett volna. Sőt, az átlagos hőmérséklettől való kezdeti nagy eltérés bizonyos mélységtől csökkent. Ezt mutatják a 15. ábra reziduál hőmérséklet és hőmérsékletgradiens görbéi [ALFÖLDI, GÁLFI 1976]. A fúrások helyei a 14. ábrán láthatók. A reziduál számolása során a mért értékekből levonták az átlagos gradiensnek megfelelő hőmérsékletet és a felszíni átlaghőmérsékletet:

$$T_{rez}(z) = T(z) - GG \cdot z - T_0. \quad (16)$$

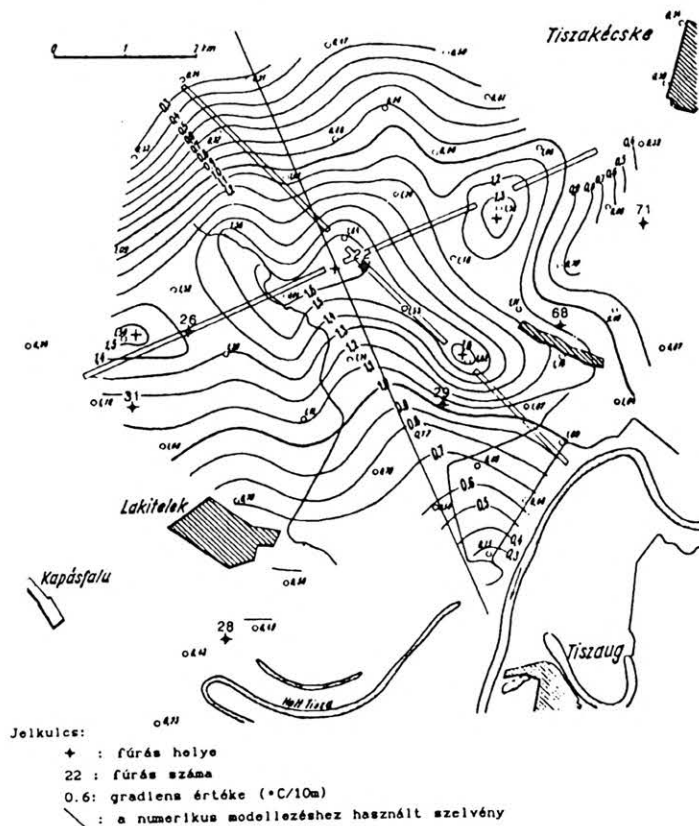
A cikk írói a Duna—Tisza-közéregre vonatkozó átlagos geotermikus gradiens értékkel:  $GG = 0,05$  °C/m és  $T_0 = 10$  °C átlaghőmérséklettel számoltak.

A bemutatott hőanomáliát vagy az üledékek hővezetőképességében bekövetkező változás, vagy folyadékáramlás okozhatja. A hővezetőképesség-változás ellen szól, hogy a megfigyelt gradiens a mértél 2–3-szor kisebb hővezetőképesség mellett alakulna ki. Ilyen hővezetőképességű anyagok a vizsgált területen azonban nincsenek, az üledékek megegyeznek a környéken távolabb találhatóakkal. Az áramlás mellett a mélységgel csökkenő hőmérsékletgradiens és a vízkémiai vizsgálatok eredményei szólnak.

A kutatási területen mélyített fúrások nagy része termásvizet szolgáltat. Az ezekből vett vízminták segítségével meghatározták az összes oldott só, a bikarbonát- és a kloridion mennyiségét, valamint a He koncentrációt. Az országban itt mérték az egyik legmagasabb He koncentrációt [MARTEL et al. 1989]. Az összes oldott só (1350 mg/l) és a kloridion (>40 mg/l) koncentrációjának maximuma egybeesik a geotermikus anomália középpontjával. Az oldott anyagok mennyisége a bikarbonát kivételével a szélék felé haladva csökken. A minimumot DNY-on mérték: az összes oldott só tartalom: 650 mg/l, a kloridion tartalom: <20 mg/l.

A felszín alatti vizek összes oldott só tartalma és a kloridion koncentrációja általában a mélységgel növekszik. Ezért ott, ahol ezeknek a kémiai paramétereknek az értéke megnő, folyadék feláramlásra lehet számítani. A kéreg eredetű He a felszín alatti vizekben oldódik, így koncentrációjának növekedése hasonlóképpen folyadékfeláramlást jelez. A bikarbonácion leg többször a levegő  $CO_2$ -jából származik, koncentrációjának növekedése felszíni eredetre és folyadék leáramlásra utal [ERDÉLYI 1985].

A folyadékáramlást a geológiai viszonyok és az üledékek fizikai tulajdonságai is lehetővé teszik. A mélyfúrásokból általánosított rétegoszlopot a



14. ábra. Felszíni (felső 50 m) hőmérsékletgradiens izovonalak a tiszakécskei hőanomália területén. [ALFÖLDI, GÁLFI 1966]

Fig. 14. Surface (upper 50 m) temperature gradient map in the region of the thermal anomaly of Tiszakécske [ALFÖLDI, GÁLFI 1966]

16. ábra mutatja [ALFÖLDI et al. 1976]. Az ábrán látható permeabilitás értékeket nyomás görbékből és a porozitás, szemcseméret és permeabilitás közt fennálló összefüggésből becsülték.

Hidrosztratigráfiaileg két fő egység különíthető el. Az első a 0-500 m-ig terjedő negyedidőszaki folyóvízi homok és kavics üledékeket foglalja magába. A terület középpontjában a folyamatos kavics és homokrég vastagsága eléri a 750 m-t. A kevésbé cementált durva üledékek áteresztőképessége igen nagy. A kitermelt víz több mint fele ebből a rezervoárból származik.

A másik egység 500-1000 m-ig terjed. Ez a fő termálvíz rezervoár. Az itt található pliocénkorú üledékeket homok és közbetelepült agyagosabb rétegek váltakozása alkotja. Sem a két víztározóban, sem köztük nincs folyamatos agyagrégteg, amely a vertikális vízmozgást akadályozná, ezért a 0-1000 m-ig terjedő részt gyakorlatilag egy egységes rezervoárnak lehet tekinteni, amelyet a geológiai rétegsor alapján osztanak két részre.

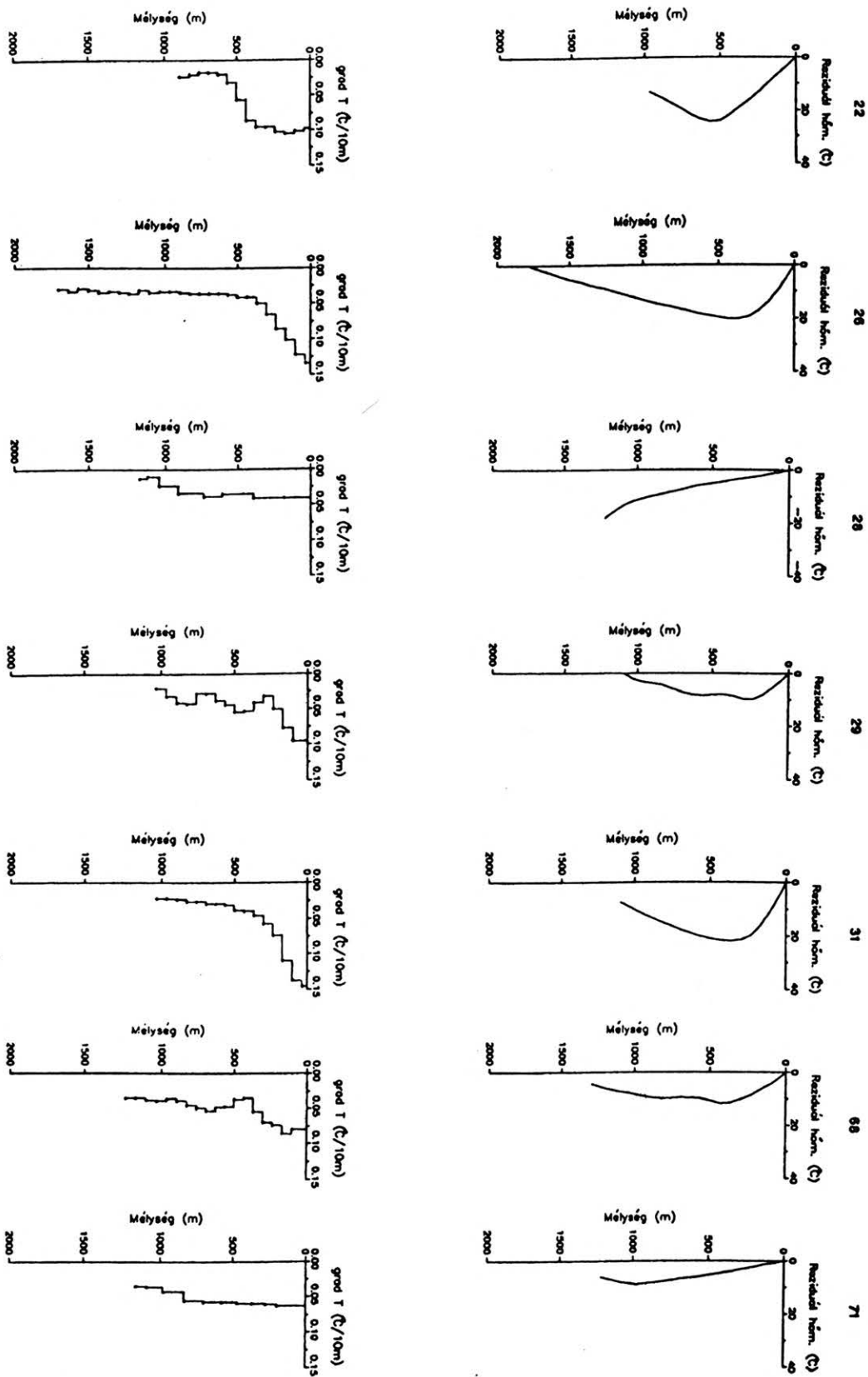
Az 1000 m alatti részt nem tekintették vízvezetőnek.

## 5. A tiszakécskei geotermikus anomália modellezése termikus konvekcióval

Az előző fejezetben közölt kutatási eredmények arra utalnak, hogy a Tiszakécske és Lakitelek között

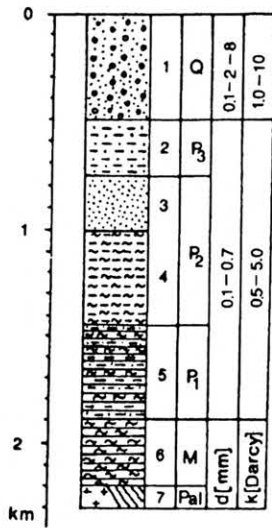
található hőanomáliát folyadék áramlása okozza. A részletes kutatások mérési adatai lehetővé tették az áramlás modelljének megalkotását és ellenőrzését. A cél az volt, hogy a termikus konvekció létét számítással is igazoljuk és a bizonytalan hidrogeológiai paramétereket, így az áramlási sebességeket és a nagy hibával mérhető permeabilitást pontosabban meghatározzuk.

Az áramlási egyenletek megoldása két dimenzióban történt, ezért a számolt és mért adatok összehasonlítása szelvény mentén volt lehetséges. Ennek iránya ÉÉNy-DDK, merőleges a hőanomália fő tengelyére. A szelvény csapása a 14. ábrán látható. A modellezett áramlás cellájának horizontális méretét a szelvény mentén mért maximális és minimális hőáram távolsága határozza meg. A modellezéshez az É-i kisebb távolságot választottuk (kb. 3 km), mert a szelvény D-i részének értékeit az anomália fő csapásától D-re található maximum befolyásolja. A vertikális méretet a hidrogeológiai viszonyok szabják meg; a közetek permeabilitás viszonyai a felső 1 km-ben teszik lehetővé a folyadék vertikális mozgását. Az egyszerűség érdekében ezt a tartományt egységeseznek és homogénnek tekintettük. Ezeknek az adatoknak a felhasználásával a legegyszerűbb modell a homogén, anizotróp, végtelen réteg egyetlen cellája, melynek vízszintes és függőleges oldalainak aránya 3:1. A számítások során a Rayleigh-számot és az anizotrópia-koefficienszt változtattuk. A Rayleigh-számban szereplő paramétereket a permeabilitás ki-



15. ábra. A hőanomália területén fúrt kutakban mért hőmérsékletekből a (16) képlet alapján számolt reziduál-hőmérséklet görbék és hőmérsékletgradiens görbék [ALFÖLDI et al. 1976]

Fig. 15. Residual temperature gradient curves calculated from temperatures measured in bore holes drilled in the region of the thermal anomaly of Tiszakécske [ALFÖLDI et al. 1976]



16. ábra. Általánosított rétegsor  
 1—homok, kavics; 2—agyagos homok; 3—homok; 4—agyagos márga;  
 5—agyagos márga és homokkő; 6— márga; 7—kristályos medence aljzat;  
 Q—negyedidőszak, P<sub>3</sub>— felső pliocén; P<sub>2</sub>—középső pliocén; P<sub>1</sub>—alsó pliocén;  
 M—miocén; Pal—paleozoikum [ALFÖLDI et al. 1976]

Fig. 16. Generalized column  
 1—sand and gravel; 2—shaley sand; 3—predominantly sand; 4—clayey marl;  
 5—clayey marl and sandstones; 6—marl; 7—crystalline basement rocks;  
 Q—Quaternary; P<sub>3</sub>—Upper Pliocene; P<sub>2</sub>—Middle Pliocene; P<sub>1</sub>—Lower Pliocene; M—Miocene; Pal—Paleozoic [ALFÖLDI et al. 1976]

vételével ismertnek tételeztük fel. Ezeket tartalmazza a 2. táblázat.

|                                |   |                      |
|--------------------------------|---|----------------------|
| $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]    | : | 1                    |
| $g$ [m/s <sup>2</sup> ]        | : | 10                   |
| $\alpha$ [1/°C]                | : | $1.8 \cdot 10^{-4}$  |
| $\mu$ [Pas]                    | : | $3.04 \cdot 10^{-4}$ |
| $\lambda_m$ [W/(m°C)]          | : | 1.6                  |
| $\kappa_m$ [m <sup>2</sup> /s] | : | $3.82 \cdot 10^{-7}$ |
| $c_p$ [kJ/(kg°C)]              | : | 4.187                |
| $\epsilon$                     | : | 10                   |
| $b$ [km]                       | : | 3                    |

2. táblázat

Egy modell akkor tekinthető jónak, ha a mért adatokat reprodukálni tudja. Esetünkben a modell által számolt mennyiségek közül a felszíni hőmérsékletgradiens és a hőmérsékleteloszlás voltak a kontrolladatok. Azokat az eredményeket fogadjuk el jónak, amelyeknél a számolt felszíni gradiens maximuma 0,05 °C/10 m pontossággal megegyezett a mért maximummal és a felszálló ágban számolt hőmérséklet jól megközelítette az ugyanott mért értéket. Az utóbbi esetben a döntés alapjául a görbék hasonlósága szolgált.

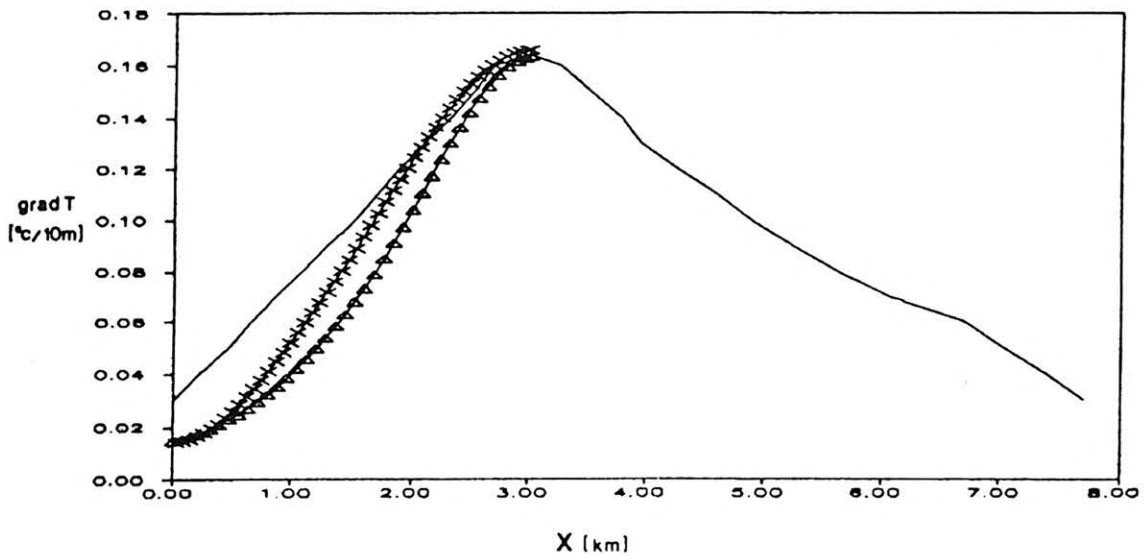
Ha az alsó határon állandó hőmérsékletet irunk elő, a fenti feltételeknek eleget tevő áramlás  $T_{hat}=70$  °C,  $Ra_r=28$  Rayleigh-szám és  $\epsilon=10$  anizotrópia-koefficiens mellett alakul ki. Az izotermák és az áramvonalak megfelelnek a 3. ábrán láthatóknak, azzal az eltéréssel, hogy a cella most szélesebb. A felszíni gradienst a 17. ábra, a felszálló ág hőmér-

sékletét a 18. ábra mutatja. A felszálló ágban mért hőmérséklet és a számolt hőmérséklet jól megegyeznek, a felszíni gradiens különbsége azonban a leszálló ág felé növekszik. Ez abból fakad, hogy az eredmények egy végtelen rétegben kialakuló áramlási cellára vonatkoznak, szemben Tiszakécskével, ahol az áramlás a tér egy korlátozott részén zajlik. A zárt térben kialakuló áramlás vizsgálata (3.5. fejezet) megmutatta, hogy az impermeábilis és permeábilis közeg határán az áramlás hőtérmodosító hatása csökken. Ez magyarázhatja, hogy Tiszakécskén a gradiensmaximumot övező minimum értéke nagyobb, mint a modellből számolt.

A sebességek jellemző értékei és a számolt permeabilitások a 3. táblázatban láthatók. A permeabilitásokat a Rayleigh-szám és a 2. táblázatban közölt paraméterek ismeretében a (9) és (14) képlet alapján számoltuk. A táblázatban közölt és a 16. ábrán látható permeabilitások között a két nagyságrend eltérés több okra vezethető vissza:

- 1.) a modell alapján számolt permeabilitások a (13) definíció szerinti átlagértékek: ahol a  $k_i$  tényleges permeabilitások nagyságrenddel térhetnek el az átlagtól. Laboratóriumban a  $k_i$  permeabilitások mérhetők;
- 2.) a 16. ábrán található permeabilitásokat a porozitás, szemcseméret és permeabilitás között fennálló összefüggés alapján becsülték. Az átlagos szemcseméretet laboratóriumi mérésekkel határozták meg. A mintavételezés során a laza, nem konszolidált üledékekből a finom frakció egy része eltávozik, ezért a meghatározott szemcseméret-eloszlás nem azonos az eredetivel. Az így kapott eloszlás felhasználásával becsült porozitás és permeabilitás nagyobb a valódinál.

A területre vonatkozó átlagos hőáram 90-95 mW/m<sup>2</sup> [DÖVÉNYI et al. 1983], az átlagos hővezetőképesség 1,5-1,7 W/m°C [ALFÖLDI et al. 1976]. Az ezekből számolt hőmérsékletgradiens  $GG=0,053-0,063$  °C/m. Ekkora hőmérsékletgradiens és 10 °C felszíni átlaghőmérséklet esetén 1 km-ben 63-73 °C-nak kell lennie, vagyis a modellből származó 70 °C megegyezik a hővezetéssel kialakuló hőmérséklettel. Ez viszont nem felel meg a 3.3. és 3.4. fejezetekben bemutatott kétréteges permeabili-

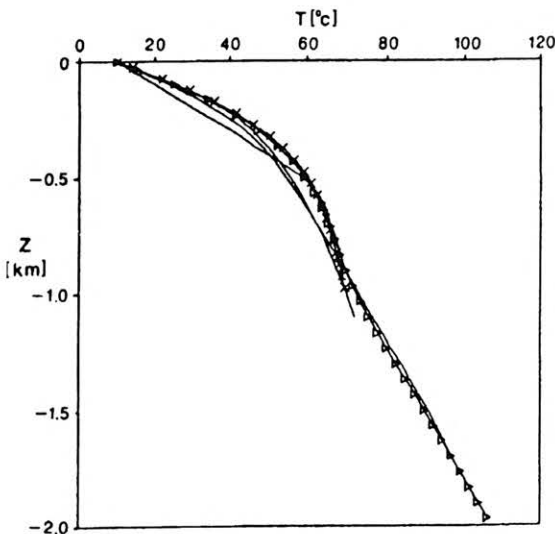


17. ábra. Felszíni hőmérsékletgradiens eloszlás

Folyamatos vonal— a 14. ábrán látható szelvény mentén kiolvasott értékek; X-ekkel jelölt görbe—homogén, anizotróp permeabilitású rétegben zajló termikus konvekció ( $Ra_1=28$ ,  $\epsilon=10$ ,  $T_{alsó}=70^\circ\text{C}$ ,  $T_{felső}=10^\circ\text{C}$ ) 1 km vastag és 3 km széles cellája felett a számolt hőmérsékletgradiens;  $\Delta$ -ekkel jelölt görbe— a 19. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció cellája felett a számolt hőmérsékletgradiens

Fig. 17. Surface temperature gradient along the profile trace

Continuous line—values read from the surface temperature gradient map. Line marked with X-s—calculated surface temperature gradients above a thermal convection cell occurring in a layer of homogeneous, anisotropic permeability. Parameters:  $Ra_1=28$ ,  $\epsilon=10$ ,  $T_{lower}=70^\circ\text{C}$ ,  $T_{upper}=10^\circ\text{C}$ , length=3 km, thickness=1 km. Line marked with  $\Delta$ -s—calculated surface temperature gradients above a thermal convection cell with parameters of Fig. 19



18. ábra. Hőmérséklet-mélység görbék

Folyamatos görbék— a tiszakécskei hőanomália maximumának környékén fúrt (22, 26, 31) kutakban mért hőmérsékletek; X-ekkel jelölt görbe— a 17. ábra X-ekkel jelölt görbéjéhez tartozó termikus konvekció felszálló ágának centrumában számolt hőmérséklet;  $\Delta$ -ekkel jelölt görbe— a 17. ábra  $\Delta$ -ekkel jelölt görbéjéhez tartozó, 19. ábra paramétereivel megegyező termikus konvekció felszálló ágának centrumában számolt hőmérséklet

Fig. 18. Temperature-depth curves.

Continuous curves—temperatures measured in bore holes (22, 26, 31) drilled near the centre of the thermal anomaly of Tiszakécske. Curve marked with X-s—temperatures calculated in the centre of the hot plume of the thermal convection cell belonging to the line with X-s in Fig. 17. Curve marked with  $\Delta$ -s—temperatures calculated in the centre of the hot plume of the thermal convection cell with parameters of Fig. 19

tás-eloszlású modell és az impermeábilis közegbe ágyazott permeábilis tartomány modellje által jósolt hőmérsékletnek, mivel ezen modellek szerint a konvektív úton elszállított hő miatt az áramlási cella alsó határának hőmérséklete alacsonyabb a hővezetéssel kialakulóknál. A 3.3. és 3.4. fejezetek eredményei szerint 1 km-ben 45–60 °C várható. Ez az elvárás ellentmondásban van a mért adatokkal. A kutakban mért hőmérséklet-mélység profil és az 1 km-ben mért magas hőmérséklet csak úgy magyarázható, ha feltesszük, hogy 1 km-nél mélyebben is van áramlás.

Az 1 km-nél mélyebben zajló áramlás jellege bizonytalan. Az üledékek összetétele megváltozik; az agygrétegek száma megnő, márga padok is előfordulnak. Ezek az effektív vertikális permeabilitást

annyira lecsökkenthetik, hogy itt nem alakul ki áramlás. Az egyetlen, kellően mély, 2048 m-es fúrás alapján azonban ezeknek a rétegeknek folytonossága nem állapítható meg. Egy lehetséges magyarázat szerint a mélységi víz nyílt törésvonal mentén áramlik felfelé. Ám a törésvonal jelenlétét sem bizonyítják mérések (pl. szeizmika). A legközelebbi, az anomália fő csapására merőleges szeizmikus szelvények, a VA-11/c és a VA-12/e, a neogénban is aktív oldaleltolódást mutattak ki [POGÁCSÁS et al. 1989], de a vetővonal a vizsgált területtől 8–10 km-re ÉNy-ra húzódik.

Kétréteges termikus konvekció feltételezésével alkotható olyan modell, amely a mérési eredményekkel összhangban van: a felső réteg permeabilitását

|                                  | $ U _{\max}$ | $ W _{\max}$ | $\bar{U}$   | $\bar{W}$  | $k_v$ | $k_h$ |
|----------------------------------|--------------|--------------|-------------|------------|-------|-------|
| Rat=28<br>That=60 °C<br>0-1 km   | 5.55<br>17.4 | 1.8<br>5.8   | 3.4<br>10.8 | 1.1<br>3.6 | 49.5  | 495   |
| Rat=60<br>That=97.5 °C<br>0-1 km | 4.0<br>12.7  | 2.3<br>7.1   | 2.2<br>7.0  | 1.7<br>5.3 | 32.6  | 326   |
| Rat=60<br>That=97.5 °C<br>1-2 km | 0.8<br>2.6   | 0.9<br>2.7   | 0.5<br>3.6  | 0.4<br>1.2 | 6.5   | 65.2  |

3. táblázat A tiszakécskei áramlás számolt paramétereit

(A sebességek a felső sorban  $10^9$  m/s egységben, az alsó sorban cm/év egységben vannak megadva. A permeabilitások mDarcy-ban értendők)

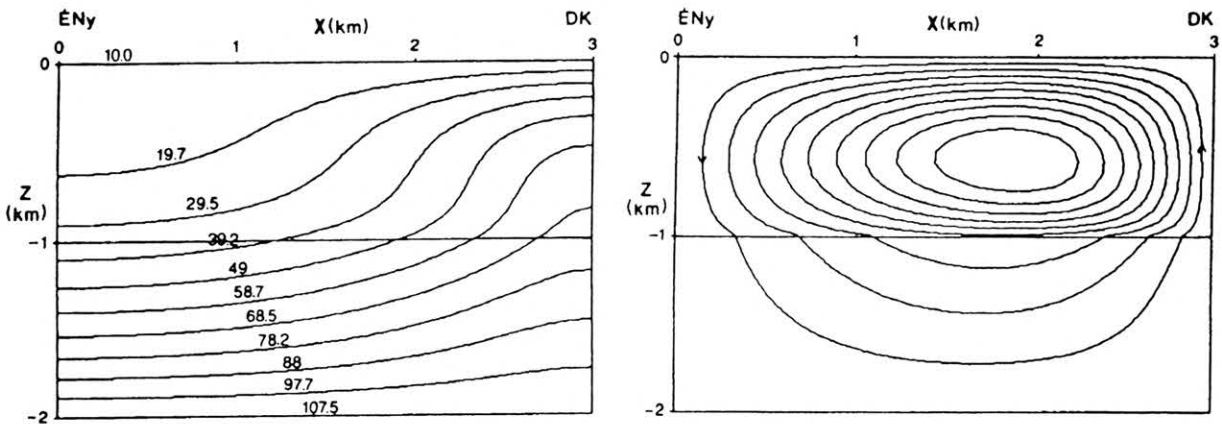
Table 3. Calculated parameters of the convection system at Tiszakécske

(Velocities in the upper row are given in  $10^9$  m/s, in the lower row in cm/year units. The permeabilities are given in mDarcy)

viszonyítási alapként tekintve, az alsó réteg permeabilitása ennek 1/5-e, a rétegek vastagsága 1 km, a Rayleigh-szám 60, az anizotrópia-koefficiens 10, az alsó határ hőmérséklete  $T_{\text{hat}}=107,5$  °C. A felsorolt paraméterekkel megadott termikus konvekció izotermái és az áramvonalai a 19. ábrán, a felszíni gradiens a 17. ábrán, a felszálló ág hőmérséklete a 18. ábrán láthatók. A számolt sebességeket és permeabilitásokat a 3. táblázat tartalmazza. A folyadék 70%-a a felső 1 km-ben cirkulál, ez a fő folyadékrezervoár. Az itt zajló áramlás felelős javarészt a tiszakécskei hőanomália kialakulásáért. A folyadék maradék része 1-2 km között kisebb sebességgel áramlik. Ebben a mélységtartományban az áramlás hőtermelő hatása kismértékű, az alsó határ hőmérséklete

nem csökken olyan mértékben, mint a 3.3. és 3.4. fejezetek modelljeiben a permeabilis tartomány alján. Ezért a modellünk által 2 km mélységben jósolt 107,5 °C-os hőmérséklet elfogadható érték. A számolt és a mért mennyiségek jó egyezése alapján úgy tekinthetjük, hogy a bemutatott modell a tiszakécskei áramlást jól írja le. Tehát a nagyobb mélységben zajló termikus konvekció sem zárható ki.

A 3. táblázat jól mutatja, hogy a két tárgyalt tiszakécskei konvekciós modellünk számított sebesség, illetve permeabilitás értékei nem térnek el jelentősen. A permeabilitás és az áramlási sebesség a valóságban nagyságrendeket változhat, ezért a becslült értékek közötti eltérés kicsinek tekinthető. A hasonló paraméter-becslésekre vezető két modell közös jellemzője,



19. ábra. Lakitelek—Tiszakécske áramlási rendszerének modellje: kétrétegű permeabilitás eloszlás;  $K_{\text{felső}} : K_{\text{alsó}} = 1:0,2$ , felső réteg vastagsága=alsó réteg vastagsága=1 km, cellahossz=3 km,  $T_{\text{alsó}}=107,5$  °C,  $T_{\text{felső}}=10$  °C,  $Ra_i=60$ ,  $\epsilon=10$

Fig. 19. Two-dimensional groundwater flow model of the Lakitelek—Tiszakécske thermal anomaly: two-layer permeability distribution;  $K_{\text{upper}} : K_{\text{lower}} = 1:0,2$ , thickness of the upper layer = thickness of the lower layer = 1 km, length = 3 km,  $T_{\text{upper}} = 10$  °C,  $T_{\text{lower}} = 107,5$  °C,  $Ra_i = 60$ ,  $\epsilon = 10$

hogy a számolt mennyiségek jól közelítették a mért mennyiségeket. Ez azt támasztja alá, hogy elegendő a legegyszerűbb modellek illesztése a mérési eredményekhez. Ha szükséges, a bonyolultabb modellek megalkotásához már felhasználhatók az egyszerű modellekből levont következtetések.

## 6. Összefoglalás

A termikus konvekció egyenleteinek numerikus megoldásával az anizotrópia, a határfeltételek és a zárt áramlási tér hatásait mutattuk be. A fő jellegzetességek felhasználásával számítások sorozatát végeztük annak alátámasztására, hogy a tiszakécskei hőanomáliát termikus konvekció okozza. A felszíni hőmérsékletgradiens-eloszlás és az anomália közép-pontjában mért hőmérséklet-mélység menet számolt értékekkel való összevetése igazolja a feltevést, hogy a felső 1 km-ben, ahol az üledékek permeabilitás viszonyai lehetővé teszik, termikus konvekció zajlik. A modellezés lehetővé tette a rezervoár paramétereinek a meghatározását: a vertikális permeabilitás:  $3,3-5 \cdot 10^{-14}$  Darcy, a sebesség  $3,5-5$  cm/év, a horizontális permeabilitás  $3,3-5 \cdot 10^{-13}$  Darcy, a sebesség  $7-11$  cm/év. A számítások arra utalnak, hogy az áramlásnak létezik egy mélyebb komponense is. A rendelkezésre álló adatok birtokában nem tisztázható teljes bizonyossággal, hogy a termikus konvekció mélyebb gyökeréről vagy törészóna mentén feláramló vízről van-e szó. A modellezés szerint ez lehet nagy mélységben zajló termikus konvekció is. A kérdést a feltételezett leszálló ág mentén mélyített  $1,5-2$  km-es fúrás és a benne mért hőmérsékleteloszlás vagy egy, a területet harántoló szeizmikus szelvény dönthetné el.

## Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani CSEREPES Lászlónak (ELTE, Geofizikai Tanszék), akitől az egyenletek numerikus megoldásához az algoritmusokat kaptam, továbbá a cikk elolvasása után felhívta a figyelmem néhány következtetésre. Hasonló okból mondok köszönetet HORVÁTH Ferencnek (ELTE, Geofizikai Tanszék), aki kritikai megjegyzéseivel és tanácsaival segített a cikk megírásában.

## HIVATKOZÁSOK

- ALFÖLDI L., GÁLFI J. 1966: Hydrogeological and geophysical investigations of a geothermal anomaly in Hungary. Part I. Methodological problems of geothermal measurements. Reprints of Bulletin of the I.A.S.H. XI Année No.1 8-23
- ALFÖLDI L., ERDÉLYI M., GÁLFI J., KORIM K., LIEBE P. 1976: Hydrogeological and geophysical investigations of a geothermal anomaly in Hungary. Part II. Geothermal flow system in the Tiszakécske region. Hydrological Sciences Bulletin, XXI 2, 1-13
- BJORLYKKE K., MO A., PALM E. 1988: Modelling of thermal convection in sedimentary basins and its relevance to diagenetic reactions. Marine and Petroleum Geology 4, 338-351
- DÖVÉNYI P., HORVÁTH F., LIEBE P., GÁLFI J., ERKI I. 1983: Geothermal conditions of Hungary. Geophysical Transactions 29. No.1
- ELDER J. W. 1967: Steady free convection in a porous medium heated from below. Journal of Fluid Mechanics, 27, part 1, 29-48
- ERDÉLYI M. 1985: Geotermics and the deep flow-system of the Hungarian Basin. Journal of Geodynamics 4, 321-330
- HARTNER M., STEINER F. 1965: Az 1964. évi Tiszakécske—Lakitelek között végzett geotermikus mérések. Magyar Geofizika 6, 29
- KVERNOLD O., TYVAND P. 1979: Nonlinear thermal convection in anisotropic porous media. Journal of Fluid Mechanics, 90, part 4, 609-624
- LAPWOOD E. R. 1984: Convection of a fluid in a porous medium. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society 44, 508-521
- MARTEL D. J., DEÁK J., DÖVÉNYI P., HORVÁTH F., O'NIONS R. K., OXBURGH E., R., STEGENA L., STUTE M. 1989: Leakage of helium from the Pannonian basin. Nature 342, No.6252, 908-91
- MCKIBBIN R., TYVAND P. 1982: Anisotropic modeling of thermal convection in multilayered porous media. Journal of Fluid Mechanics 118, 315-339
- POGÁCSÁS Gy., LAKATOS L., BARVITZ A., VAKARCS G., FARKAS Cs. 1989: Pliocén-quarter oldalejtölódások a Nagyalföldön. Általános Földtani Szemle 24, 159-162
- RABINOWITZ M., DANDURAND J. L., JAKUBOWSKI M., SCHOTT J., CASSAN J. P. 1985: Convection in a North Sea oil reservoir: inferences on diagenesis and hydrocarbon migration. Earth and Planetary Science Letters 74, 387-404
- RIBANDO R. J., TORRANCE K. E. 1976: Natural Convection in a Porous Medium: Effects of Confinement, Variable Permeability, and Thermal Boundary Conditions. Journal of Heat Transfer, Paper No 76-HT-Y, 42-48
- RIBANDO R. J., TORRANCE K. E., TURCOTTE D. L. 1976: Numerical Models for Hydrothermal Circulation in the Oceanic Crust. Journal of Geophysical Research 81, No 17, 3007-3012
- SCHUBERT G., TURCOTTE D. L. 1982: Geodynamics. Applications of continuum physics to geological problems. John Wiley and Sons, New York, 272-285, 400-406

*Nehezen tudjuk tudomásul venni, hogy mire ez a tanulmány megjelenik, a szerző már nem lehet közöttünk, akit mint embert atyai barátunkként és mint geofizikust mesterünként tiszteltünk.*

*Váratlan, hirtelen elhunyt előtt még néhány nappal ezen a tanulmányon dolgozott, hogy a kért határidőre pontosan átadhassa egy angol nyelven megjelenő, általunk szerkesztett monográfiához. A szakmai életműhöz, mint kerek egészhez ez volt az a kicsiny hozzájárulás, amellyel életének szinte utolsó percéig tanúsította, hogy a magas színvonalú szakmai tevékenység és a pontosság mennyire összhangban voltak egymással az egész munkássága során.*

*Ennek a tanulmánynak magyar nyelvű közreadásával a régi barátság jogán idézzük fel szakmai és emberi nagyságát, és a veszteség bizonyosságával, mely tisztelettel búcsúzunk BARTA professzortól.*

Aczél Etelka és Pintér Anna

## Földmágneses kutatások Magyarországon

A legkorábban felismert jellemző adata a földmágneses térnek a csillagászati és a mágneses észak által bezárt szög, a deklináció (mágneses elhajlás) volt. A XV. században a hordozható napórák készítői ismerték fel, és jelölték meg műszereiken ezt a szöveget. MÁTYÁS király 1467 körül udvarába hívta Hans DORN szász származású domonkosrendi műszerkészítőt, akinek itt készített műszereiről BARTHA Lajos meghatározta az 1470–85 közti időszakra az elhajlást. Szerinte a legnagyobb elhajlás Budán a XV. század közepén  $14^\circ$  keletre volt. Egy évszázaddal később a kitérés nullára csökkent. A török időkben csak kevés adat maradt fenn, azok is inkább Erdélyből.

A felszabadító háborúk során Luigi Ferdinando MARSIGLI olasz hadmérnök végzett térképészeti célból elhajlás méréseket a Dunával és a Tiszával párhuzamos hosszúsági körökön Buda, Baja, Eszék közelében, illetve Eger, Szolnok, Szeged és Titel mellett. A mérések szerint a fenti vonalakon az 1690-es években  $9,5^\circ$ , illetve  $11^\circ$  nyugati volt az elhajlás. Ezeket az adatokat Edmund HALLEY is felhasználta 1702-ben kiadott első modern izogon térképének szerkesztésekor.

A XVIII. század első felében MIKOVINY Sámuel végzett elhajlás méréseket térképező műszerek beállítására (DEÁK András). Ezek a mérések átvetettek a jezsuiták nagyszombati egyetemén (utóbb a királyi egyetemen) kb. 1760-tól végzett alkalmi megfigyelésekig, amelyek utóbb Budán folytatódtak a XIX. századig. A „Societas Palatinae Meteorologicae” közleményei szerint.

Igen érdekesek HELL Miksa és SAJNOVICS János csillagászok Vardø szigetén a  $70^\circ 22'$  északi szélességen végzett mérései. Az 1769 áprilisa és júniusa közötti mérések valószínűleg az első — sarkkörön túli — hosszabb, összefüggő megfigyelési sorozatok. A deklinációt naponta háromszor, néha azonban 8–12 esetben is leolvasták, háborgások megfigyelése céljából. (Kéziratban lévő anyagok, publikálás alatt, BARTHA Lajos közlése).

Rendszeres, mindhárom mágneses elemre kiterjedő, az egész Monarchiát felölelő országos mágneses alaphálózat-mérést KREIL Károly osztrák kutató végzett, és méréseit 1850.0 időpontra redukálta. A következő, az akkori Magyarországra kiterjedő —

1875.0-re redukált — mérést SCHENZL Guidó, a Meteorológiai Intézet igazgatója, ezt követően pedig — 1890.0-re redukálva — KURLÁNDAR Ignác aligazgató végezte. A huszadik század 20-as éveire esedékes mérés a háborús és háború utáni nehézségek miatt elmaradt. Térképészeti okokból HOFHAUSER Jenő mérnök ezredes deklináció méréseket végzett 1934–36-ban. Majd ugyancsak ő és BARTA György Észak-Erdélyben végzett 1943-ban teljes (minden összetevőre kiterjedő) mágneses mérést.

A második világháború után újból rendszeressé váltak az országos alaphálózat-mérések. BARTA György (1950.0), ACZÉL Etelka (1065.0), LOMNICZI Tibor (1980.0). Látható, hogy az 1890 és 1950 között eltelt 60 éves kiesés ma már elég jól interpolálható, mert a múlt és jelen évszázad második felében végzett 3-3 mérés jól képviseli az időszakok változásának jellegét, és a két időszak összekötése — feltehetőleg — helyes közbülső értékeket ad.

Rendszeres obszervatóriumi észlelés is viszonylag korán, 1871-ben kezdődött Budán. A nagyváros fejlődése a további méréseket 1890-től megakadályozta. Az észleléseket 1893-ban áthelyezték a KONKOLY THEGE Miklós által 1871-ben alapított csillagászati obszervatóriumba, Ógyallára. A trianoni békeszerződéssel Ógyalla Csehszlovákiába került, a mágneses észlelések megszűntek, a deklináció megfigyeléseket 1924-ben újrakezdték. Mindhárom mágneses összetevő rendszeres mérése 1940 elején indult meg, és 1945-ig tartott.

Ogyalla pótlására 1949-ben Budakeszin kezdődtek földmágneses mérések, 1954-től a Tihanyi Geofizikai Obszervatóriumban folynak az észlelések, ahol a mágneses észlelések mellett a hangsúly a mágneses pulzációk és a tellurikus áramok regisztrálására tevődött át.

A múlt század második felében — az addig inkább a mérések eredményeit ismertető — monográfiák mellett SCHENZL Guidó és BÜKY Aurél a mágneses műszerekről írtak könyveket, KONKOLY THEGE Miklós pedig cikkben ismertette a századfordulón Ógyallán használt műszereket.

EÖTVÖS Loránd gravitációs mérései során mindig végzett mágneses méréseket is. Gravitációs torziós ingája mintájára a mágneses tér gradiensek mérésére műszert is szerkesztett (mágneses transzlatomé-

ter). Igen érzékeny műszerével már a század elején téglák, égetett agyagtárgyak és kőzetek mágnesezett-ségét mérte. Érdeemes volna ezt a műszert felújítani, és vele mágnesez háborgások idején a mágnesez tér gradiensének változását mérni.

Fruška Gora-i mágnesez és gravitációs mérései alapján EÖTVÖS Loránd fogalmazta meg a köztömegek mágnesez és gravitációs hatása között — bizonyos esetekben — fennálló összefüggést. Megállapította, hogy a homogén mágnesezett tömeg által okozott mágnesez erőösszetevő arányos ugyanazon tömeg mágnesez irányába eső gravitációs összetevőjének gradiensével.

STEINER Lajos a mágnesez öbölháborgások saját-ságait vizsgálva jellegzetes eltéréseket talált a különböző napszakokban bekövetkező öbölháborgások vektordiagramjai között. A földmágnesez jelenségeket leíró 1923-ban megjelent könyve hézagpótló volt a magyar geofizikai irodalomban.

A Magyar Allami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet a 20-as évektől rendszeresen végzett földtani célú földmágnesez terepméréseket, ugyanilyen méréseket végzett a MAORT geofizikai részlege is. Ezekkel a mérésekkel főleg a vulkanikus kőzetek kimutatására törekedtek. Közvetett hatású a köolajkutatásra abban állt, hogy mágnesez anomáliákkal, vagyis vulkanikus kőzetekkel borított területeken kizárták a köolaj előfordulását. Az olcsó módszer tehát a drágább módszerek összpontosított alkalmazását tette lehetővé.

Természetesen nyersanyag feltárására vezető eredmények is voltak. Mágnesez mérésekkel találták meg a perkupai gipszet. Érdekes volt a szarvaskői wehrli pontos helyének meghatározására végzett mérés. A szerző ugyanis itt talált hazánkban először nagy tömegű, fordítottan mágnesezett kőzetet.

Különleges feladat volt az 50-es évek elején a Béke-barlang helyének és bejáratának kitűzésére Jósfafő közelében végzett mérés. A mérésre új módszert kellett kidolgozni, amelyet más hasonló feladatoknál is sikerrel lehetett alkalmazni.

Országos jelentőségű volt a HAÁZ István által vezetett, 1,5 km távközű vertikális intenzitás mérés. Az egész ország területére kiterjedő, mintegy 50 ezer mérés jelezte és körülhatárolhatóvá tette a nagy földtani szerkezeteket és fontos adatokat szolgáltatott a hazai medencekutatás számára. Természetesen a vulkanikus kőzetek helyére és mélységére vonatkozóan is bővítette ismereteinket.

Az utóbbi fél évszázadban új mérési elvek, új műszerek jelentek meg. 1943-ban kezdték alkalmazni a tengeri háborgásban a folyamatosan mérő légi vontatású magnetométereiket. Ezek a műszerek kimutatták a hajókaravánokra leselkedő tengerallatjárók által okozott mágnesez teret. Lehetővé tették helyzetük meghatározását, és így a védekezést ellenük. A tengerallatjáró-háborgút tulajdonképpen ezek a műszerek döntötték el. Róluk mi csak a háborgú után néhány évvel értesültünk, hiszen létük és működési elvük a szövetséges haderők féltve őrzött titka volt. Egy atomfizikai jelenség (proton rezonancia) egészen új utakat nyitott meg a mágnesez térerősség méréséhez. Ezzel a mágnesez térerősséget az eddiginél gyorsabban, pontosabban és külső zavaró hatásoktól függetlenebbül lehetett meghatározni. Mindkét felfedezés nagymértékben átalakította az elméleti

és gyakorlati mágnesez kutatások módszereit, és növelte hatékonyságukat.

Már a századforulón ismeretes volt, hogy a vulkanikus kőzetek kihülésükkor mágnesezödnek a mindenkori mágnesez térnek megfelelően. Mágnesezett-ségük irányát (részben nagyságát is) geológiai korokon át megőrzik. A mérési módszerek finomodásával az ilyen vizsgálatokból egy egész tudományág — a paleomágnesez — fejlődött ki. A mérési eredmények sokasodásával kiderült, hogy mágnesez terünk a geológiai múltban sokszor átfordult, vagyis északi és déli pólusa nagyjából milliő évenként felcserélődött. Az utolsó néhány százmillió évet normális (mai, N) és ellenkező irányítottágű (R) mágnesez korszakokra osztották. Ismereteink gyarapodása ezt a besoztást állandóan finomítja.

EGYED László, az ELTE Geofizikai Tanszékének első vezetője, akinek földtágulási elmélete egyik előfutára a mai lemeztektonikának, felismerve az ezekben a kutatásokban rejlő lehetőségeket, felhívta fiatalabb munkatársainak a figyelmét az érdekes feladatokra. SZEMERÉDY Pál 1958-ban kezdte kísérleteit protonprecessziós obszervatóriumi magnetométerrel, az első mérések 1960-ban folytak a Tihanyi Obszervatóriumban. Hordozható — tranzisztoros — magnetométere 1962-ben készült el, s vele 1964-ben légi mágnesez méréseket is végeztek. A paleomágnesez mérések céljára szolgáló kőzetgenerátorát és lemágnesező berendezését az ötvenes évek végén, hatvanas évek elején fejlesztette ki.

Ugyanebben az időszakban kezdődtek MÁRTON Péter és SZALAY Emőke nemzetközileg is jelentős paleo- és archeomágnesez vizsgálatai. Többek között megállapították, hogy a Mecsek hegység a függőleges tengely körül kb. 90°-ot fordult el az óramutató járása irányában, a Mátra pedig 15°-ot billent az Alföld felé. Külföldi kutatókkal együttműködve, balkáni és itáliai geológiai képződmények mozgását vizsgálták a Pannon medencebeli mozgásokkal összehasonlítva. A vizsgálatokból kiderült, hogy a Pannon medence egyes részei a geológiai régmúltban az afrikai táblához tartoztak, és részt vettek annak mozgásában.

Ilyen és hasonló hazai és nemzetközi vizsgálatok vezettek a kontinens vándorlás elméletéhez, amelynek gyökereit az 1910-es években WEGENER munkáiban találjuk, de az elgondolás első nyomait már HALLEY és HUMBOLDT XVIII-XIX. századi munkái is őrzik. Annak idején azonban ezeknek a mérész, új gondolatoknak a jegyében nem lehetett méréseket végezni. Az elméleti tudományos érvekkel igazolni az 1957 közepétől 1958 végéig tartó Nemzetközi Geofizikai Év és az azt követő Geofizikai Együttműködés éveit alatt sikerült.

Az ionoszférának és a magnetoszférának nagy szerepe van a rádiózásban, visszaverik az elektromágnesez hullámokat, és a légkör elektromos folyamatait (villámok, elektromos kisülések) rádiózáj formájában megőrzik és továbbítják.

SZEMERÉDY Pál 1966-ban a Tihanyi Obszervatóriumban megkezdte az atmoszférikus rádiózáj intenzitásának regisztrálását 27 kHz-en. Egy sajátos rádiózáj a magnetoszféra közvetítésével hozzánk is eljutó, füttyszerű ún. whistler. Megfigyelése ugyancsak Tihanyban 1967-ben kezdődött, rendszeres regisztrálása 1969-től folyik.

A magaslégkörben folyó elektromos áramok a Föld kérgében is áramokat indukálnak. Az 50-es évek elején mind nagyobb teret nyert ezeknek az ún. tellurikus áramoknak a vizsgálata. Mérésük ugyanis lehetővé teszi a földrétegek elektromos ellenállásának meghatározását, és ezen keresztül a Föld belső szerkezetének kutatását. ADÁM Antal, a Magyar Tudományos Akadémia Soproni Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének (MTA GGKI) kutatója ezeknek az áramoknak a mérésére műszert szerkesztett, és azzal nemcsak itthon, hanem Kínában is kőolajkutató méréseket végeztek. Mérései során felismerte 60–80 km mélységben a Ny-dunántúli jól vezető réteget. Ezt a jelentős földszerkezeti ismeretet — osztrákokkal együttműködve — a Dráva ausztriai szakaszára is kiterjesztette. A világon elsőként mutatta ki, hogy a Gutenberg-féle földrengési hullámok szempontjából kis sebességű zóna egyszerűen elektromos jólvezető is, és így egyértelművé tette az abban lejátszódó részleges olvadást. Kimutatta, hogy a zóna a Pannon medencében a nagy hőáram miatt lényegesen magasabban helyezkedik el, mint a környező, idős táblás területeken.

Az MTA GGKI-hez tartozó, 1957 óta működő Nagycenki Obszervatóriumban különösen gondosan mérték a földmágneses tér rövid periódusú változásait, a pulzációkat. VERŐ József a pulzációkat periódusidejük és amplitúdójuk alapján osztályozta, és előfordulásuk idejét és gyakoriságát statisztikai módszerekkel vizsgálta. (Az osztályozást a nemzetközi szervezet elfogadta, és a módszert azóta sok helyen alkalmazzák.) Kimutatta, hogy az ionoszféra és az alsó magnetoszféra viszonyai jelentősen módosíthatják a pulzációs tevékenységet. Ezt később ausztráliai együttműködéssel közvetlenül is bizonyította. Bizonyos rezonancia kérdések tisztázására 1991-ben német és olasz együttműködéssel újabb állomáshálózatot szervezett.

A nemzetközileg elismert, jelentős kutatásokat az tette lehetővé, hogy a Nagycenki Obszervatórium 1957-től folyamatos észleléssorozata a világon a leghosszabb.

A rendszeres mágneses méréseket végző magyar obszervatórium sorsának rövid áttekintéséből látható, hogy rendkívül sok megszakítás tarkítja a méréseket. Kívánatos volt a nemzetközi mércével mérve is hosszú, de sokszor megszakított sorozatot hitele-

sen egységesíteni és a Kárpát-medencére egy jól összeillesztett és a hiányzó részeket lehetőleg tökéletes interpolációval kitöltött egységes sorozattal kiegészíteni. Ez a törekvés terelte a szerző figyelmét a mágneses évszázados változás vizsgálatának irányába. A magyar obszervatóriumok adatsorainak egységesítésére végzett számítások során azonban kiderült, hogy a mágneses vektor végpontja az évszázados változás során jó közelítéssel csavarvonalszerű térgörbét ír le. A szerző ezt követő vizsgálatai kimutatták, hogy ez a Föld többi obszervatóriumának adatsoraiban is megjelenik. A haladás irányába nézve a csavarvonal körüljárási iránya az egész Földön megegyezik az óramutató járásával. A jelenség az átlagos változáshoz képest az egész Földön egyidőben siet, illetve késik. Ezzel tehát bebizonyosodott, hogy az évszázados változás részjelensége is globális — a Földet mint egészet érintő — jelenség. Ráadásul további jellegzetes sajátágokat is lehetett találni. Megdőlt tehát a régen begyökerezett vélemény a mágneses évszázados változás lokális jellegéről.

Ennek további következménye volt, hogy nagyobb figyelmet kellett fordítani a Föld mágneses középpontjának már régen ismert excentrikus helyzetére és mozgására. A múlt század közepe óta már — mai értelemben is — pontos mérések alapján tudjuk, hogy Földünk mágneses középpontja több száz kilométerre van a földgömb geometriai középpontjától (jelenleg Marshall szigetek irányában), és 5 évenként 1°-kal vándorol nyugati irányba. 150 év óta ez a vándorlás jól követhető, bizonyos extrapolációval visszafelé 1550-ig is folytatható. Az adatokból megállapítható, hogy ennek a vándorlásnak a sebessége 1550 óta nem változott, vagyis mágneses terünk excentrikus helyzetű középpontja az első mérések óta a Csendes-óceán közepéről került a jelenlegi helyére. Az excentricitás legkisebb mértéke 224 km volt az 1600-as években, a legnagyobb ma, több mint 400 km.

A korántsem teljes összefoglalásból is látható, hogy az évszázados múltra visszatekintő hazai földmágneses kutatásban sok a nyitott kérdés. Ezeknek a megválaszolása és az eddigi felismerések továbbfejlesztése a következő generációk sokat ígérő feladata lesz.

*Barta György*

# MI LESZ VELED EMBERKE ?

## A RENDSZERVÁLTÁS ÉS A SZÉNÁNYÁSZATI SZERKEZETÁTALAKÍTÁS HATÁSA EGY VÁLLALATI KUTATÓHELY MŰKÖDÉSÉRE

### (Hogyan tovább GEOPARD?)

#### 1. Bevezetés

A Kormány 3320/1992. számú határozata a Mecseki Szénbányák szerkezetátalakításáról az alábbiak szerint rendelkezett:

1. A Komló Bányáuzemben területpolitikai megfontolásokra figyelemmel 1997-2000-ig a termelést fenn kell tartani.
2. A Mecseki Szénbányák külfejtései és az 1. pontban meghatározott tovább működő aknáit, a kiegészítő technológiai és infrastrukturális létesítményei a Pécsi Hőerőmű Rt.-vel egy szervezeti egységbe kerülnek összevonásra.
3. A bányászkodás megszűnését követően a környezeti károkért a felelősségi terheket a központi költségvetés viseli.
4. A mecseki bányászkodás megszűnésével összefüggésben, a speciális területi problémák megoldása céljából ki kell dolgozni Pécs—Komló térsége hosszú távú területfejlesztési koncepcióját.

Az ezt követő 3530/1992. számú kormányhatározat alapján kinevezett miniszteri biztos vezetésével munkabizottságok alakultak azzal a feladattal, hogy a felszámolási eljárást befejezzék, az összevonást végrehajtsák, a vagyont, a létszámot és a különböző követeléseket, tartozásokat felosszák. A Mecseki Szénbányák 1993-ban jogutód nélkül megszűnik. A 2. szerinti integrációs szervezet mellett létrejön egy, a maradó eszköztárat, bányavagyont kezelő részvénytársaság.

A *GEOPARD* Geotechnikai, Környezetvédelmi Kutató-fejlesztő és Szolgáltató Kft. fő tulajdonosa — 86,7 %-os többséget kitevő üzletrésszel — a Mecseki Szénbányák. E szoros tulajdonosi kötődés egyben a legfőbb piacot is jelentette a *GEOPARD* Kft. szolgáltatásai számára.

A Mecseki Szénbányák ellen megindított felszámolási eljárás befejezésének közeledte mind a tulajdonosi, mind a piaci kapcsolat oldaláról számos kérdést vet fel. A mindkét területen bekövetkező elkerülhetetlen változások várható kihatásainak tudatos alakítása létfontosságú

- a Kft. által nyújtott szolgáltatások,
- a Kft. alkalmazotti körének, és

— a Kft., mint — tulajdonosi körének érdekeit megtestesítő — jogi személy jövője szempontjából.

Cikkünk célja, hogy Szücs I. [1993] tanulmánya alapján rövid, kivonatolt áttekintést adjon a *GEOPARD* Kft.

- múltjából fakadó trendekről,
- jelenlegi bázisát alkotó és befolyásoló tényezőkről.

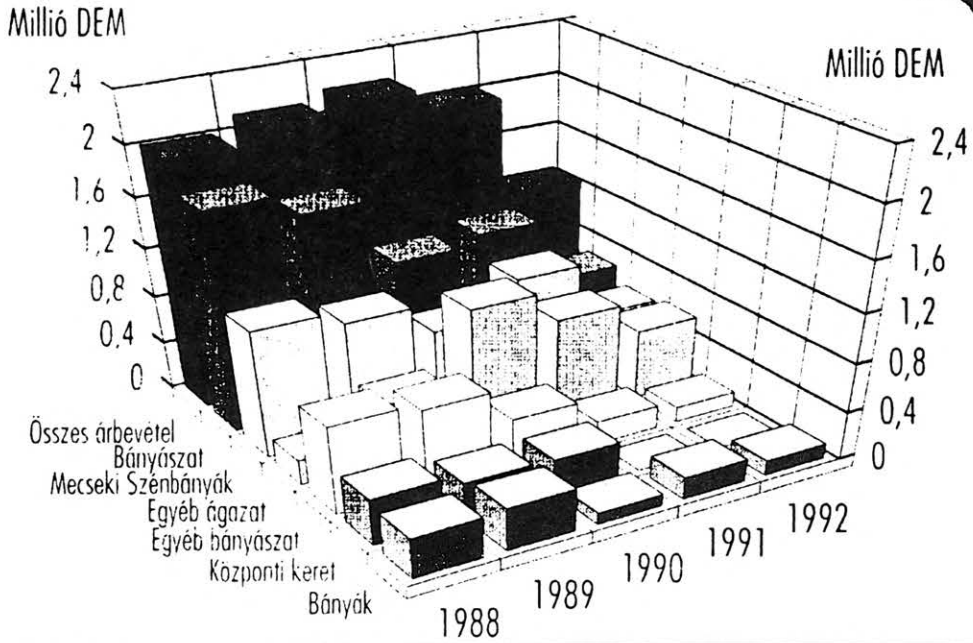
#### 2. Gazdasági bázis

A *GEOPARD* Kft. jogelődjét — a Mecseki Szénbányák Kutatási Központot — 1989-ig jellemző gazdasági mutatókkal CSILLAG et al. [1989], BÁNHEGYI M. et al. [1988] és BÁNHEGYI M. et al. [1989] tanulmányai foglalkoznak részletesen. E tanulmányok beható elemzést nyújtanak a jogelőd szervezet — mint klasszikus vállalati kutató intézmény — gazdasági-társadalmi feltételekhez szüntelenül alkalmazkodó útkeresésének állomásairól. Valamennyi dolgozat külön teret szentel azoknak a speciális vonásoknak, amelyek a bányászathoz kötődő kutatóhelyet jellemzik. Az ebben az időszakban javarészt a bányászati biztonságát érintő munkák speciális értékmérőjeként az eredménykimutatásokban élesen elkülönülnek *direkt* haszon gazdasági mutatóitól az *indirekt* módon jelentkező eredmények. Azon eredmények amelyek *információként* hozzájárulva a műszaki döntések meghozatalához a termelés biztonságát és gazdaságosságát áttételesen szolgálták. Egyrészt úgy, hogy e vizsgálatok eredményeként jelentős  *megtakarítások* jelentkeztek (regionális felmentések, lokális prognózisok, stb.), másrészt azzal, hogy a *bányabiztonság* jelentősen és kimutathatóan javult. Ez utóbbi, nem közvetlenül mérhető haszon becsülhető összege mindig jelentősen meghaladta a direkt gazdasági mutatókban szereplőket.

A külső megmérettetés eme sajátos — sok szubjektív elemet tartalmazó — körülményei közül nem minden átmenet nélkül került a szervezet a piacgazdaság porondjára. A Kft.-vé alakulást megelőző jelentős előiskola volt a két éves önálló üzemi szervezatként való működés. A Kutatási Központ az így szerzett tapasztalatok birtokában a Mecseki Szénbányák vállalati egységei közül elsőként kezdeményez-

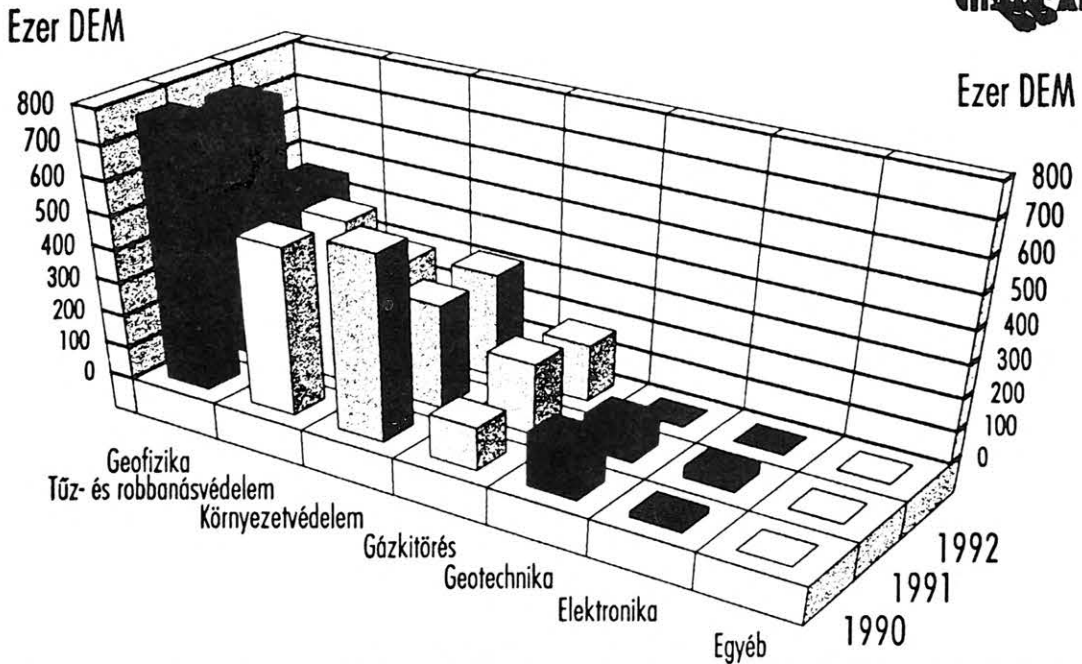


# A pénzügyi források szerkezetének változása



2. ábra.

# Az árbevétel tevékenységek szerinti megoszlása



3. ábra.

- b) A vállalati központ és az üzemek eltérő pénzügyi lehetőségei és napi érdekeltisége. (A K+F munkák elkülönített keretből folynak, míg a szolgáltatások igénybevétele az üzemek saját költségkeretét fogyasztja.)
- c) a 2. fejezet bevezetőjében írtak szerint a szolgáltatásként végezhető munkák jelentős része hosszú távon jelentkező, indirekt hasznot hoz. A rövid távra való berendezkedés kényszerpályáján csak felelősség szempontjából elkerülhetetlen biztonsági szolgáltatások férnek el.

E torz arány következményeként (és hasznos melléktermékeként):

- d) a K+F eredmények jelentős része — fokozott adaptációs fejlesztő munkát befektetve — a külső piacokon talált vevőre, kialakítva az (5) szerinti új területeket.
- (7) Az árbevételre vonatkozó, (1)-ben felismert tendencia tevékenységi területenként külön-külön is tapasztalható. (Kivételként a Gázkitörésvédelem egyenletes növekedése emelhető ki.)
- (8) Stabil árbevétel arányok alakultak ki a fő tevékenységi területek között.
- (9) A geofizikai profil árbevételében:
  - a) döntő szerepet játszik a Paksi Atomerőművel kialakított kapcsolat, amelyből eredő megrendelés volumene az (1)-ben jelzett csökkenés 1/3-ának megfelelő csökkenést (- 0,225 M DEM/év) mutat,
  - b) ma is meghatározó jelentőségű a Mecseki Szénbányáktól kapott megrendelés. (Részaránya ugyan 1/5-ről több mint 1/3-ra nőtt az utóbbi 3 évben, de az 1990 előtti időszak közel 100%-os arányához képest jelentősen csökkent a függőség),
  - c) az egyéb megrendelések arányának nagymértékű növekedése (1% - 20,9%) erős stabilizáló tényező lehet a.) és b.) nem nagyarányú csökkenése esetén.
- (10) A gázkitörésvédelmi profil árbevételében:
  - a) a központi források 1990-es kiesésével döntő és kizárólagos szerepe lett a Mecseki Szénbányáknak,
  - b) nagy szerepet játszottak és játszanak a külszíni gázlecsapolási program megalapozásához tett előkészületek és a program sikeréhez fűzött várakozások.
- (11) A környezetvédelmi profil árbevételében:
  - a) ugyan a legkisebb a Mecseki Szénbányáktól való függőség, de a kapcsolatot jellemző részarány rendkívül hullámzó és meredeken csökkenő tendenciát mutat,
  - b) a stabil partner (Dunaferr, Hejőcsaba) elvesztett szerepét időben, de vélhetően csak átmenetileg, tudta pótolni a Tartalékgazdálkodási Intézetől kapott megrendelés,
  - c) az egyéb megrendelések arányának hullámzó értékei csak tartós növekvő tendencia esetén válhatnak stabilizáló tényezővé.
- (12) A tűz- és robbanásvédelmi profil árbevételében:
  - a) a Mecseki Szénbányák döntő és kiegyensúlyozott szerepet játszik,
  - b) a keményhab eladások enyhén csökkenő részarányt mutatnak,

- c) az egyéb megrendelések értékei (11c.)-hez hasonló — kétszer akkora részarányt képviselő — hullámzást mutatnak.

### 3. A VÁLLALKOZÁS „GOODWILL”-JE

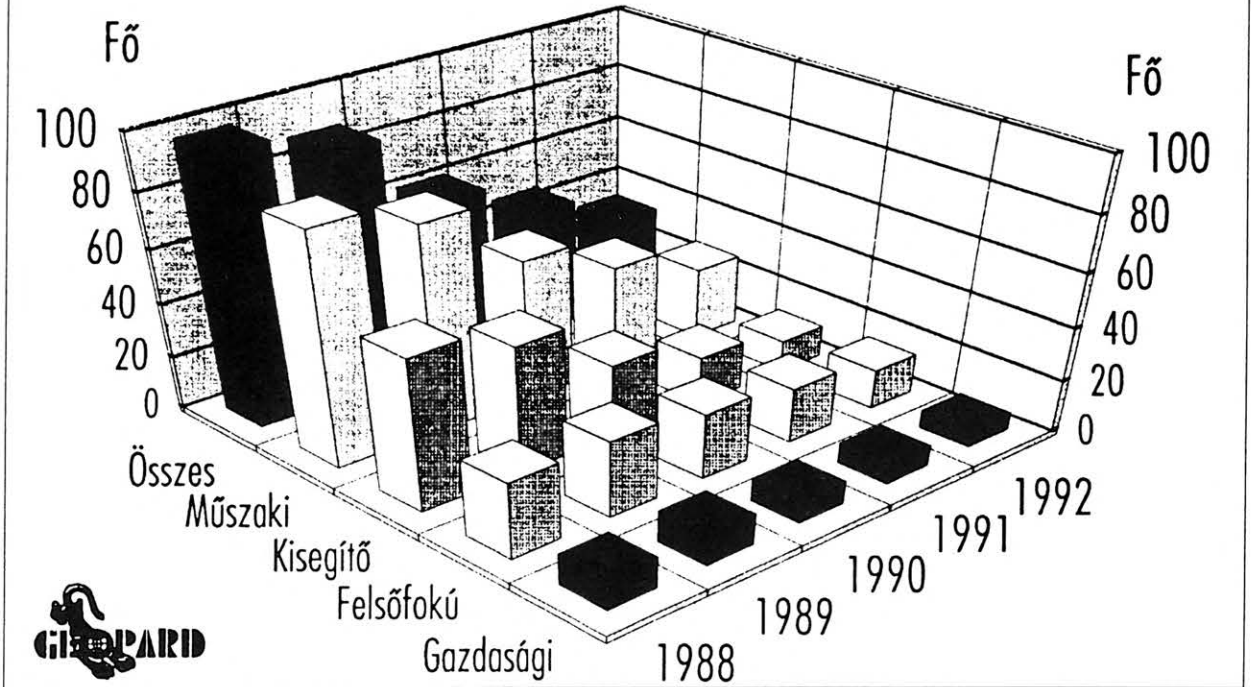
A vállalkozás teljes múltját magában foglaló „goodwill” megítélése a GEOPARD Kft. és Fiók Kft-i esetében nem szakítható ki abból a 40 éves folyamatból, amelyet a jogelőd szervezet bejárt.

A vállalkozás a mai napig hordoz olyan, a vállalati kutatóintézeti múltból fakadó előnyöket és hátrányokat, amelyek nagymértékben befolyásolták a „goodwill” alakulását.

Az *előnyök* a következőkben foglalhatók össze:

- (1) Az államilag szponzorált, garantált „piaci” környezet, szociális biztonsággal párosulva *kedvező alkotói légkört* teremtett az ezzel élni kívánók és az arra alkalmas kutatók számára.
  - (2) E légkör elősegítette a hasonló védettséget élvező intézetekkel való *tudományos kapcsolatok* fenn tartását, amely kapcsolatokban a megmérettetés csúcsa többnyire erkölcsi természetű volt, ezért ösztönző erővel hatott a *publikációs tevékenységre*. Ez előnyösen befolyásolta a hasonló profilú külföldi intézményekkel fenntartott *nemzetközi kapcsolataink* számát.
  - (3) Az ily módon — sokszor mesterségesen — létrehozott kapcsolatok egyben széles körű államilag támogatott lehetőségeket biztosítottak újabb — főleg bányászati — *referencia* területek megszerzésére.
  - (4) A bányabiztonsági kutatómunkák fejlesztési követelményeinek megfogalmazását nem — vagy csak részben — korlátozta a közvetlen megtérülés sürgető igénye. Ily módon *jelentős fejlesztések* valósulhattak meg amelyek egy részét piaci viszonyok között felmerülő problémák megoldására is *adaptálni* lehetett. Az induló vállalkozásnak igen kedvező pozíciót biztosított az, hogy csak a piacképesség szempontjából „eladhatóvá” tett eszközök kerültek be az induló apportba.
  - (5) A fentiek együttesen jelentős szerepet játszottak egy — főleg kelet-európai berkekben — széleskörűen ismert és elismert *bányabiztonsági kutatóintézeti image* kialakításában.
- Az előzőekben kiragadott előnyök egyben a *hátrányok* forrásául is szolgáltak:
- (6) Az (1)-ben említett háttér egyben elősegítette, hogy szükségtelenül nagy, ugyanakkor nem mindig az (5)-nek megfelelően elvárható szelekcióval kiválasztott létszám alakuljon ki. A létszám és a létszámösszetétel változásait mutatja be a 4. ábra.
  - (7) A (2) szerinti belterjes *kapcsolattrendszer* — és az annak eredményét megjelenítő publikációk, rendezvények — a világ élvonalát képviselő *minőségi és piaci normáktól eltérő* sajátosságai miatt csak korlátozottan kerülhetett be a legfejlettebb eredményeket reprezentáló tudományos vérkeringésbe.
  - (8) Az (5) szerinti image kelet-európai mércéjének a *mennyiségi* mutatókra (létszám, kapcsolatok száma, kutatási témák száma, munkaidő-ráfordí-

## A létszám és létszámösszetétel változása



4. ábra.

tás, stb.) indokolatlan mértékben támaszkodó értékítélete jelentősen háttérbe szorította a hatékonysági kritériumokat, és hátrányosan befolyásolta a piacgazdaság körülményei közé csöppe-nő alkalmazotti kör egy részének önfejlődési igényét.

A gazdasági társasággá alakulás óta eltelt három év a múlt által determinált „goodwill”-t jelentősen átformálta, további új elemekkel egészítette ki:

- (9) A (2)-ben jelzett arány módosulás egyben a bányászaton kívüli referencia-területek gyors gazdagodásával, sokszínűvé válásával járt együtt, amely nagymértékben kiszélesítette a (2) és (3) szerinti kapcsolatrendszer spektrumát.
- (10) A (9) szerinti változás jórészt még — szakmai fegyvertárat felvonultató — ösztönös kapcsolat-teremtő munka eredménye, de már nem nélkülözte a marketing olyan eszköztárát, mint:
- gondos, kifejező, idegen nyelven is figyelemkeltő név választás és erre épített (védett) embléma, grafika, szlogen;
  - egységes, igényes arculatot adó levélpapír, névjegykártya, borító, kötéstechnika;
  - a tevékenység egészét összefoglaló szórólapok és egyes szakterületeket megcélzó prospektusok;
  - útbaigazító, hirdetőablak;
  - hirdetések szakkatalógusokban (szaknévsor, cégkódex, üzleti évkönyvek, telefonkönyv, stb.) és hirdető lapokban.

(11) A nagyvállalati külsőségeket is magán viselő elhelyezkedés és működés olyan korábbi jellemzőit, mint pl.:

- több telephely,
- porta- és gondnoki szolgálat,
- blokkoló óra rendszer,
- könyvtár,

a cég image-ára gyakorolt, nagyrészt előnyös hatással együtt, a létszámcsökkenéssel párhuzamosan fokozatosan fel kellett adni.

(12) A piaci körülmények között jelentősen felértékelődött és üzletszerző erővé lépett elő:

- az egyes szakterületek OBF „Vizsgáló Állomás”-i és IKM „Bázisközpont” státusza; (Tűz- és Robbanásvédelmi Vizsgálóállomás, Közetfizikai, Gázdinamikai Vizsgálóállomás, Geotechnikai Vizsgálóállomás (OBF); Zaj- és Rezgésvédelmi Minősítő Bázisközpont (IKM));
- a pályázatok összeállításakor bemutatható szakmai életpálya (tudományos fokozat, doktori fokozat, szakértői tevékenység, publikáció, idézettség, szabadalmak, tanulmányúti tapasztalatok, stb.);
- az aktív nyelvtudás;
- a (10)-ben foglaltakra és az elvégzett munkák valamennyi elemére kiterjedő formai igényesség.

## HIVATKOZÁSOK

SZÜCS I. 1993: Tanulmány a Geopard Kft. és fiók Kft.-inek gazdasági, eszköz és szellemi bázisán nyugvó, illetve arra alapozható hazai és nemzetközi vontakozású piaci, humánpolitikai és marketing koncepciójáról, amely elősegíti a Mecseki Szénbányáktól való egyoldalú függőség megszüntetését és a társaság számára stabilitást, kiegyensúlyozott fejlődést biztosít. Geopard Kft., Pécs, Belső anyag

CSILLAG L., LÁSZLÓ Gy., SZERB L., ULBERT J., 1989: A Kutatási Központ tevékenység- és felté-

telrendszerének vizsgálata az önálló működés szempontjából. Tanulmány

BÁNHEGYI M., P. WÁGNER M., SZÜCS I. 1988: A Kutatási Központ szervezeti fejlesztésére vonatkozó javaslat. Mecseki Szénbányák Kutatási Központ, Belső anyag

BÁNHEGYI M., P. WÁGNER M., SZÜCS I. 1989: Előterjesztés a Kutatási Központ gazdasági társasággá való átalakítására. Mecseki Szénbányák Kutatási Központ, Belső anyag

*Szücs István*  
GEOPARD Kft., 7601 Pécs, Pf.: 104.

# HÍREK, BESZÁMOLÓK

## A „EUROPEAN UNION OF GEOSCIENCES” VII. KONFERENCIÁJA Strasbourg, 1993. április 4-8.

Az eddigi hagyományoknak megfelelően idén is Strasbourg adott otthont az EUG két évente megrendezésre kerülő konferenciájának. A rendezvény célja, hogy a földtudományok minél szélesebb területén fórumot adjon az európai szakembereknek legújabb eredményeik bemutatására, és ezáltal ösztönözze a tudományterület fejlődését. Ebben az évben a szervezőbizottság különösen nagy hangsúlyt fektetett a kelet-európai országok képviselőinek részvételére.

A konferencia ideális színhelye volt Strasbourg, az Európa Tanács székhelye. A tudományos program a modern Kongresszusi Palotában, valamint a közvetlen szomszédságában elhelyezkedő Hilton és Holiday Inn szállodák előadótermeiben zajlott le. A hangulatos elzászi környezet, a strasbourgi óváros a katedrálissal, az ódon favázas házak, a csatornák melletti sétányok kellemes kikapcsolódási lehetőséget biztosítottak a sokszínű rendezvény szüneteiben.

A konferencia megnyitására és az ehhez kapcsolódó fogadásra április 4-én vasárnap este került sor. Ekkor adták át az Arthur Holmes és az Alfred Wegener Érmeket, a Kiváló Fiatal Tudósok Díját, valamint a tiszteletbeli tagságról szóló okiratokat. A kitüntetettek között szerepelt Stephan MÜLLER professzor is (Alfred Wegener díj), akinek jó kapcsolata van a szeizmikával foglalkozó magyar geofizikusokkal.

A konferenciát az előadások témaköreinek igen széles skálája jellemezte. A szóbeli előadások naponként 8.30-tól 16 óráig követték egymást kávé-, illetve tea- és ebédszünetekkel megszakítva. Az interdiszciplinális szimpóziumokon (szám szerint 7) meghívott előadók szerepeltek, a szakosított szimpóziumokon (75) pedig a bejelentett előadások közül válogathattunk. A szimpóziumok előadásait minden nap 16 kisebb-nagyobb előadóteremben lehetett meghallgatni. A rendezvény széles spektrumának érzékelése végett érdemes áttekinteni a szimpóziumok fő témaköreit.

### Interdiszciplinális szimpóziumok:

- Az európai litoszféra és felső köpeny szerkezete és fejlődése;
- A felszínközeli és a köpenybeli folyamatok kapcsolata;
- Folyadék és kőzet kölcsönhatás a kontinentális litoszférában;
- Medenceanalízis és a medencék kifejlődése;

- Óceáni szén ciklus, klimatikus változások;
- Tengeri üledékek, a pórsvíz kémiája, mikrobiológia, diagenézis;
- A globális változások 200 ezer éve.

### Szakosított szimpóziumok:

- Geodinamika, tektonofizika, gravitációs és mágneses erőter, paleomágnesség;
- A Föld 3 D szerkezete geofizikai adatok alapján, szeizmológia, szeizmika, hőáramlás, gravitációs és mágneses mérések;
- Tektonika, szerkezeti földtan, kőzet deformációk, medence modellezés, a kéreg szerkezete, tengeri geofizika, geomorfológia;
- Vulkáni és metamorf kőzettan, izotóp geológia, geokémia, ásványtan, ásványfizika, ércgeológia;
- Üledékes kőzettan, sztratigráfia, hidrológia és hidrogeológia, kőolaj földtan, a negyedkor földtana, környezet geokémia, mérnökgeológia;
- Paleooceanográfia, paleoökológia, paleoklimatológia, globális változások, biogeokémiai ciklusok, evolúció, paleontológia, palinológia, paleobotanika;

A poszter előadásokra 16-tól 18 óráig került sor, és a napi szimpóziumok poszterei egyetlen nagy teremben voltak kiállítva. Ilyen módon a földtudományokon belül különböző területeken dolgozó szakemberek ismerkedhettek meg egymás eredményeivel kötetlen beszélgetések kapcsán.

A tudományos programban körülbelül 1200 szóbeli és 2500 poszter előadás szerepelt. A magyar előadások száma 30 volt (9 szóbeli és 21 poszter). CSEREPES László, CSONTOS László és HORVÁTH Ferenc szimpóziumi elnöki tiszteletet töltött be. HORVÁTH Ferenc tagja volt a EUG tiszteletbeli tagságokat odaítélő bizottságának is.

Végezetül szeretném megemlíteni, hogy a strasbourgi konferencia volt az első olyan hivatalos fórum, ahol megkezdődött a jövő év szeptemberében Budapesten megrendezendő „6th International Symposium on Seismic Reflection Probing of the Continents and their Margins” első körlevelének terjesztését.

*iff. Takács Ernő*



A „Türkiye 13. Jeofizik Kurultayı” vagyis a törökök 13. Geofizikai Kongresszusa, „nisan” azaz április havának 5. napjától 9. napjáig Ankarában zajlott a „TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası”, ami magyarul annyit tesz, mint „Törökország Geofizikus Mérnökeinek Kamarája”, rendezésében.

Ankarát, az egykori közép-anatóliai kisvárost, amely úgy terül el egy kis bizánci erődítmény körül, mint a mi fővárosunk a budai vár körül, hetven éve valószínűleg még maguk a törökök is a világ végének tekintették. Feltehetően pont ezért választotta Gázi Musztafa Kemal pasa, minden törökök atyja, a Márvány-tenger partján fekvő mesés, keleti világváros, a csillogó és nyüzsgő Sztambul helyett, amelynek sebezhetőségét azonban maga is tapasztalhatta, az első világháború nagy vereségei után ezt a mindenkitől egyaránt a legmesszebbre fekvő világvéget ifjú törökjei fővárosává. Ma Kemal hatalmas lovas szobra, az egyetlen mindenütt megtalálható szobor egy olyan országban, ahol az iszlám minden szobrot tilt, egy igen sokszínű és furcsa városra néz le. A kis bizánci erődbe zsúfolt régi török városrészekben, a szultánoknál házaló ősapáink láthatták a török városokat ilyenek, most csatornáznak. A római kori romokra épült szocreál, illetve helyesebben „ifjútörökreal” hivatalnok városmagot körülfoltyja a vidékről megállíthatatlanul feláramló nyomor vezetőkes víz, csatorna és villany nélküli masszája, ez Ankara nagy problémája, ugyanakkor az új városrészeket, ahol az üzleti élet zajlik, Európa egyetlen országának sem kellene szégyenlenie, rendezettek, jól építettek és tiszták.

Ankarában mindenütt, még a kis kapualjakba települt boltocskákban is, kéréstelenül és azonnal hivatalos számlát adnak vásárláskor vagy étkezéskor (ÁFA: 11%), a kigyó fejtől a farkáig vagy farkától a fejéig mindig ugyanolyan hosszú, akárhányszor taxizunk rajta végig, mindig pontosan ugyanannyit mutat az óra és a borralalót, ha el is fogadják, nem várják el. De más érdekes dolgokat is látni, például a kormányzó pártok ahelyett, hogy ebben az igen jelentős méretű állami szektorral rendelkező országban minden gazdasági pozícióba „ért vagy nem ért hozzá, csak a mi emberünk legyen” alapon a saját kádereiket dugdosnák, az állami alkalmazottaktól szigorú pártsemlegességet, pártonkívüliséget követelnek meg. Szóval észre lehet venni, hogy Kemal pasa már vagy hetven éve levágatta velük azokat a büszke férfi szakállakat, amik nálunk még csak most kezdenek úgy istenigazából elburjánzani. Európa hajdani „beteg embere”, az első világháború legnagyobb vesztese, a vendégmunkások hazája ma tudatosan készül rá, hogy Közép-Ázsiában és esetleg a Balkán egy részén is átvegye a vezető szerepet — nem fegyverrel, mert Ciprus nagy lecke volt —

hanem villanyárammal, egyetemekkel, odafigyeléssel. És alkalmas is erre!

Na, de elnézést kérünk a kitérőért, voltaképpen nem Törökországról, hanem a 13. török geofizikai kongresszusról akarunk írni. A kongresszust a Sheraton Hotel vadonatúj épületében kimondottan elegáns körülmények között, kifogástalan technikával rendezték.

A kongresszus hivatalos nyelve a török, illetve az angol volt. A gyakorlatban az előadásoknak közel 30 %-a angolul hangzott el és az angolul előadók jelentős része török „konusmaci”, azaz előadó volt. A rendezők szerint egyébként az angol nyelvű előadások részaránya el szokta érni az 50 %-ot is, de most a volt szovjet tagköztársaságokból érkezettek közül sokan adtak elő törökül (!). Egyébként a résztvevők és az előadók között sok volt az idegen és az idegenek között meglehetősen sok ismert nyugati geofizikus is akadt.

A szakmai program két szekcióban folyt és összesen 131 előadásból állt. Poszter szekció nem volt. Az előadások absztraktjait egy jól szerkesztett és szépen nyomott kötetben minden regisztrált előre megkapta.

Az előadások téma szerinti megoszlása általában az EAEG kongresszusokon megszokott eloszlásnak felelt meg, ettől csak egy ponton tért el jelentősen, nevezetesen, az alkalmazott geofizikai témák mellett súlyponti szerepet kaptak a földrengésekkel foglalkozó szeizmológiai előadások is, összesen 28 ilyen volt és ezen belül 7 kimondottan a közelmúltban lezajlott erzincan-i földrengéssel foglalkozott.

Több meghívott nevesebb előadó is szerepelt a programban, általában az ő dupla időben elhangzó előadásaiakkal indították a napi programot. A magyar színek egyedül a mi török-magyar kooperációban elhangzó előadásunk képviselte, amiben az előző évi cayirhan-i szénkutató eredményeiről számoltunk be.

Az előadások látogatottsága 100 és 200 fő között ingadozott.

A szakmai programot egy szépen felépített kiállítás egészítette ki, amelyen a 17 kiállító közül 8 volt hazai, de jelen voltak itt olyanok is mint a CGG, a Haliburton, a GECO-Prakla, az I/O, a Scintrex, vagy a mélyfúrás geofizika terén a Schlumberger, a Robertson Geologging, stb. A kisebb nyugati cégeket több esetben is török ügynökségek képviselték.

A kongresszust az EAEG, illetve SEG kongresszusok mintájára felépített úgynevezett „social” program kísérte, az első napon (pazartesi, 5 nisan - hétfő, április 5) a Sheratonban volt az „Ice-breaker Reception”, ez tényleg nem különbözött semmiben sem a máshol is szokásos Ice-breaker-ektől. Szerdán este (carsamba, 7 nisan) egy remekül rendezett, rend-

kívül elegáns vacsora volt az Ankara Hilton Hotel-ban, ez egy másik vadonatúj hotel, amúgy nincs benne semmi török, lehetne a világon akárhol.

A vacsora végén tánc volt és engem itt ért a meglepetés, a törökök még tudnak táncolni, úgy értem, hogy törökül táncolni és még tudnak énekelni együtt, mértékkel, méltósággal és mindnyájan. A török társastáncokat mindenki táncolta, a végén még mi, idegenek is és mindenki élvezte, még mi, idegenek is.

A „social” programok sorát egy Prokofjev Rómeo és Júlia balett zárta az ankarai Allami Operaházban (persembe, 8 nisan), részben láthatóan orosz táncosokkal és feltehetően orosz zenészekkel. Ez is jó volt.

Mit mondjunk még? Ezek a törökök, ahogy megítélhettük, igazán nem futnak Európa után elszántan, de félünk tőle, hogy mégis sokkal közelebb vannak már hozzá, mint ez a mi úgynevezett Közép-Kelet-Európánk. Így aztán már azon sem csodálkoztunk, hogy lapunk Közép-Kelet-Európában igazán átlagosnak tekinthető főszerkesztőjét az utcán ismételtén „hadzsi”-nak nézték és a szent embereknek kijáró tisztelettel köszöntötték.

*Bodoky Tamás, Halmos Imre*

## KÖRNYEZETGEOFIZIKA — LAUSANNE, 1993.

Áprilisban a Lausanne-i Egyetem Geofizikai Intézete háromnapos nemzetközi környezetgeofizikai konferenciát rendezett, amelyen Magyarországról DRASKOVICS Pál, VARGA Mihály, ADÁM Antal és SZARKA László vett részt (az utóbbiak MÜLLER Imre neuchâtelii professzor vendégeként).

A rendezvényen ugyan az USA és Németország alig, Nagy-Britannia pedig egyáltalán nem képviseltette magát (Szerbiából és Romániából pedig nem érkeztek meg a bejelentett résztvevők, de ez más lapra tartozik), a nagyrészt francia nyelvterületről származó előadók jóvoltából a konferencia a sok érdekesség mellett maradandó újdonságokat is hozott.

A francia orientációra jellemző volt, hogy az Európa Tanács Környezetvédelmi Bizottságának alelnöke, M. V. RUFFY egyetlen nyelven, franciául üdvözölte a mintegy 120 szakembert, közöttük az indiai származású, Svédországban élő idős PARANIS professzort, a Geoexploration volt főszerkesztőjét.

A szakmai nyitóelőadást egyesületünk tiszteletbeli tagja, RYBACH László zürichi professzor „How to define environmental geophysics” címmel tartotta.

Úgy vélem, hogy a legnagyobb újdonságot a mágneses radareredmények és a klasszikus elektromágneses módszerek reneszánsza jelentették.

A közlésre elfogadott előadásokat (az előadások mintegy felét) a „The Journal of Applied Geophysics” című sorozat 10. számaként megjelent 65 oldalas füzet megjelentetni.

Bár a konferencia beharangozása némi kívánnivalót hagyott maga után, a nagyszerű rendezésért, a kétnyelvű (angol-francia) összefoglalók összeállításáért a svájci geofizikusokat, elsősorban Mme D. CHAPPELLIER-t illeti köszönet. A „Bulletin IGL” című sorozat 10. számaként megjelent 65 oldalas füzet megtekinthető az MGE irodájában, vagy megrendelhető a svájci intézet címén (BFSH 2, 1015 Lausanne, Suisse).

*Szarka László*

(A konferencián elhangzott előadások listája — szerzők és címek — megtalálható a szerkesztőségben, illetve a szerzőknél.)

## A MTESZ VILÁGKIÁLLÍTÁSI BIZOTTSÁG MEGALKULÁSA

1992. november 25-én alakult meg a MTESZ Világkiállítási Bizottság, amely szakértői, véleményezői és javaslattevői munkával kíván hozzájárulni a világkiállítás előkészítéséhez, valamint konferenciasorozatot fog rendezni. A Bizottság elnöke KERKÁPOLY Endre, tagjai a MTESZ tagegyesületeinek, területi szervezeteinek és néhány más szervezetének képviselői. A Magyar Geofizikusok Egyesülete VERŐ Lászlót delegálta.

Az alakuló ülés napirendjén a Világkiállítási Programirodával való együttműködés, a sevillei világkiállítás tapasztalatai és a Bizottság feladatai szerepeltek. BARSINÉ PATAKY Etelka címzetes államtitkár hozzászólásában a budapesti expo előkészületeiről, terveiről adott tájékoztatást.

A második ülésre január 21-én került sor. A taejoni (Dél-Korea) világkiállítás terveinek és a Bizottság 1993. évi feladatainak ismertetése után lehetőségünk volt a Magyar műszaki értékek 150 év ipar- és világkiállításain című kiállítás megtekintésére, mivel az ülés a Budavári Palotában volt.

Az első ülésen két kérdést tettem fel. Az egyik a taejoni kiállításra vonatkozott; friss volt még az élmény, november elején jártam ott. A másik kérdés a világkiállítás helyének, például a felszámolt vasútállomásnak a környezetvédelmi felmérésére vonatkozott. GRESCHIK Gyula, a Világkiállítási Programiroda műszaki igazgatója nemcsak ezekre válaszolt, hanem — megjegyzése szerint geofizikustól erre vonatkozó kérdést is várt — azt is megemlítette,

hogy a világkiállítás területén, egyes helyeken akár fel nem robbant bombák kutatására is szükség lehet.

A második ülésen felvetettem, hogy a taejoni kiállítási anyag energiával foglalkozó részében szót kellene ejteni a geotermikus energiáról, annak geofizikai kutatásáról is, mert Koreában ez iránt van érdeklődés.

(Sokan és sokszor időpocsékolásnak tekintik az ilyen bizottságokban való részvételt, ahol csak szócséplés folyik. Nem vitatkozni akarok ezzel az állásponttal, de megemlítem, hogy az első ülés után bemutató jelleggel az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet már végzett földradar mérést az expó színhelyén és az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium — remélhetőleg — a kiállítási anyagban említést tesz majd a geofizikai kutatásról.)

Még egy lehetőség nyílik a Bizottság segítségével. Március végéig az Egyesületnek jeleznie kellene, hogy akar-e 1996-ban olyan eseményt rendezni, amely viselhetné az expó jelképét, azaz az expóhoz kapcsolódó programnak minősíthető. Ez a lehetőség ugyan minden hazai gazdasági és egyéb társaság számára nyitva áll, de a pályázatok elkészítésénél is segítséget nyújthat az a Világkiállítási Társadalmi Tanácsadó Testület, amelybe a Bizottság 14 tagot delegál.

Azok, akik részletesebben érdeklődnek a Világkiállítási Bizottság munkája iránt, az ülések részletes jegyzőkönyveit megtekinthetik az Egyesület Titkárságán, vagy hozzám is fordulhatnak felvilágosításért.

*Verő László*

## SAJTÓTÁJÉKOZTATÓ az Országos Találmányi Hivatalban

Szerkesztőségünk meghívást kapott az Országos Találmányi Hivatal új elnöke, dr. SZARKA Ernő által tartott tájékoztatóra. A fontosabb témák a következők voltak:

- a hazai műszaki alkotó tevékenység helyzete és fejlődése a szabadalmazás tükrében,
- a műszaki alkotó tevékenység előmozdítására irányuló állami intézkedések,
- a szabadalmi bejelentések tendenciái, iparjogvédelem, nemzetközi kapcsolatok.

A tájékoztatón elhangzott, hogy 1992-ben kb. 6 %-kal csökkent a szabadalmi bejelentések száma. A csökkenés európai tendencia, de az már figyelemre méltó, hogy a hazai bejelentések száma 26 %-kal lett kevesebb. Ennek magyarázata, hogy a tapasztalatok szerint a szabadalmi bejelentések száma érzékenyen követi a gazdaság helyzetét. A hazai GDP csökkenése, különösen az ipari termelés visszaesése, a fejlesztésre fordítható szűkös pénzüsszegek magyarázzák a jelenséget. Ugyanakkor viszont az a tény, hogy a szabadalmi bejelentések 78 %-a döntően a fejlett ipari országokból érkezik, áttételesen azt mutatja, hogy sikeres a kormány gazdaságpolitikájának a külföldi működő tőke megnyerésére irányuló törekvése.

A tervezett állami intézkedések közé tartozik a várhatóan 1993-ban megszülető törvény a szabadalmi ügyvivőkről. Folyik a szabadalmi törvény reformjának előkészítése. További jogalkotási tervek: a feltalálók és újítók kiténtetésére vonatkozó új rendelet előkészítése, és az iparjogvédelmi igazgatási szolgáltatási díjakról szóló rendelet esetleges módosítása.

A téma iránt részletesebben érdeklődők további információkat kaphatnak a jelen írás szerzőjétől.

*Tóth Lajos*





