

# A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása

POSGAY KÁROLY<sup>1</sup> (témavezető), ALBU ISTVÁN<sup>3</sup>, ÁDÁM ANTAL<sup>5</sup>, BÉRCZI ISTVÁN<sup>2</sup>, HEGEDŰS ENDRE<sup>1</sup>, JÁNVÁRINÉ KÁNTOR ILONA<sup>1</sup>, KOVÁCSVÖLGYI SÁNDOR<sup>1</sup>, LENKEY LÁSZLÓ<sup>6</sup>, NAGY ZOLTÁN<sup>2</sup>, PÁPA ANTAL<sup>3</sup>, REDLERNÉ TÁTRAI MARIANN<sup>1</sup>, SÍPOS JÓZSEF<sup>1</sup>, STEGENA LAJOS<sup>6</sup>, SZAFIÁN PÉTER<sup>6</sup>, SZALAY ÁRPÁD<sup>4</sup>, TÍMÁR ZOLTÁN<sup>1</sup>, TAKÁCS ERNŐ<sup>1</sup>, VARGA GÉZA<sup>1</sup>

*Pretercier medencealjzatról érkező, környezetükből kiemelkedő reflexiós szeizmikus amplitúdó anomáliákat (bright spots) vizsgáltunk meg az Országos Tudományos Kutatási Alap 1875. sz. témája keretében. Az amplitúdó anomáliák értelmezésére szeizmikus modellezést és magnetotellurikus vizsgálatokat végeztünk. A PGT-1 és PGT-4 mélyreflexiós szelvényeken észlelt néhány amplitúdó anomália potenciális szénhidrogén előfordulásként értelmezhető.*

*A Kárpát-medencében végzett kisméretű szeizmikus mérések adták az első olyan eredményt, amelyből a teljes litoszféra szerkezetét lehetett vázolni. A Pannon Geotraverz menti szeizmikus (PGT-1), magnetotellurikus, geotermikus, geomágneses és gravitációs vizsgálatokból a Békési medence alatt az alsó kéreg, a kéreg-köpeny és a litoszféra-asztenoszféra határ emelkedett helyzetére, továbbá a felső kéregig hatoló magmatikus intrúzióra lehetett következtetni.*

## K. POSGAY: Deep reflection survey of the pre-Tertiary basement

*Investigations of seismic reflection amplitude anomalies (bright spots) protruding from its environment observed in the pre-Neogene basin's bottom were carried out in the project (No. 1875) of the Hungarian Scientific Research Fund. For the interpretation of the amplitude anomalies seismic modelling and magnetotelluric investigation were performed. Some amplitude anomalies observed on the PGT-1 and PGT-4 deep reflection profiles can be interpreted as potential oil and gas occurrences.*

*Low frequency seismic reflection measurements performed in the Carpathian Basin were the first results of which allowed to draw a sketch of the complete lithosphere. Along the Pannonian geotraverse relying on an integrated interpretation of seismic (PGT-1), magnetotelluric, geothermal, geomagnetic and gravity results conclusion was drawn on the elevated position of the lower crust, as well as the crust-mantle and the lithosphere-asthenosphere boundary, and on a magmatic intrusion protruding into the upper crust beneath the Békés Basin.*

OTKA nyilvántartási szám: 1875

## 1. Bevezetés

A hazai nyersanyag- és alap kutatás (szénhidrogén-, szén- és bauxitkutatás, földtani alapszervény program, OTKA: Pannon Geotraverz) keretében végzett szeizmikus mérések folyamán több helyen a környezetükből

kiemelkedő energiájú beérkezéseket észleltünk a harmadkori medence aljzatából (1. ábra).

A szakirodalomból megállapítható, hogy a konsolidált kéreg mélységtartományából észlelt amplitúdó anomáliák értelmezése fokozatos fejlődést mutat [POSGAY 1995]. A 80-as években *jelalac modellezéssel* folytatók a vizsgálatok [pl. BROWN et al. 1980, DE VOOGD et al. 1986 és 1988, LÜSCHEN et al. 1987]. A 90-es években a vizsgálatokat a rezgékeltetés-észlelés távolság [AVO, PRATT et al. 1993], a *transzverzális* hullámok [LÜSCHEN 1994, LÜSCHEN et al. 1993], illetve robbantásos rezgékeltetéssel meghatározott reflexiós *polaritás* [PRATT et al. 1991a és b] analízisével egészítették ki. A szemlélet kialakításánál jelentős szerepet játszott a *kolai szupermély fúrás* eredménye [KOZLOVSKY 1987], ahol repedezett prekambriumi összletben, 4,5–9 km mélységintervallumban ásványtartalma

<sup>1</sup>Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.

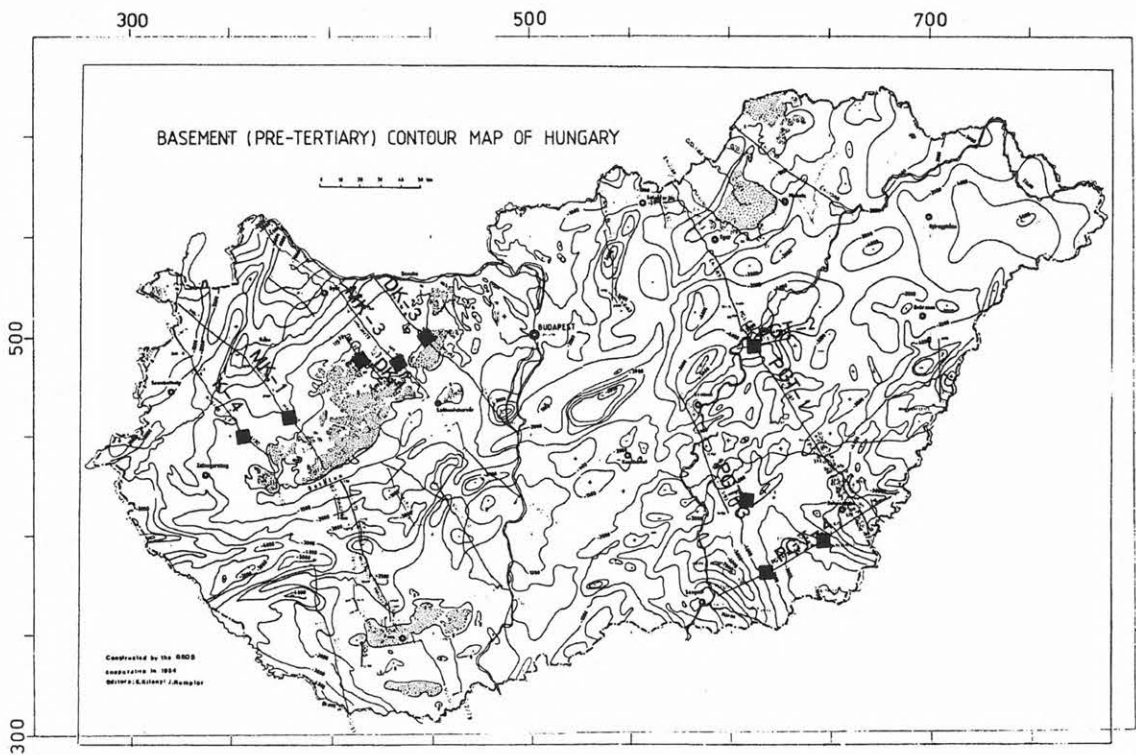
<sup>2</sup>MOL Rt. KTÁ Kutatás-Művelési Mérnöki Iroda, H-1039 Budapest, Batthyány u. 45.

<sup>3</sup>MOL Rt. KTÁ Hazai Kutatási Üzletág, H-1039 Budapest, Batthyány u. 45.

<sup>4</sup>MOL Rt. KTÁ Külföldi Kutatás-Termelési Üzletág, H-5001 Szolnok, Kőrösi út 43.

<sup>5</sup>MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet H-9400 Sopron, Csatka u. 6.

<sup>6</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.



1. ábra. A pretercier medencealjzatból észlelt szeizmikus amplitúdó anomáliák (négyzettel jelezve) helyszínvázlata. A terciér medence aljzatának mélységtérképén [KILÉNYI, RUMPLER 1984] feltüntetjük a litoszféra-asztenoszféra kutató és a földtani szeizmikus alapszelvények nyomvonalát is

Fig. 1. Location of the deep seismic reflection lines and pre-Cenozoic amplitude anomalies. Also shown is the map of the basement (pre-Cenozoic rocks) compiled by KILÉNYI and RUMPLER [1984]

víz beáramlását, illetve a szeizmikus sebesség csökkenését állapították meg .

Az első hazai — a konszolidált kéreg mélységéből észlelt — kiemelkedő amplitúdójú reflexiók beérkezését az ELGI a *Súr-1/c/1974* szelvényen, 4–5 km mélységben (2 s) észlelte a *Dunántúli-középhegységben* folytatott komplex geofizikai kutatás keretében [NYITRAI 1975, SZABADVÁRY et al. 1975]. Az amplitúdó anomália vizsgálatát az *MK-3/75* szelvényen (1. ábra), a földtani alapszelvény program keretében kezdték el [RÁNER et al. 1976]. A reflektáló felület létezéséről Dix rendszerű sebességméréssel és keresztirányú méréssel győződtek meg. A további szeizmikus mérések során a Dunántúli-középhegység tengelyében, 5–10 km széles sávban a *szeizmikus amplitúdó anomáliák* sorát észlelték [Magyarpolány, Oroszlány-Bokod: MAJKUTH 1983, Mór, Sümeg: PÁPA et al. 1990]. A Mór környékén végzett transzverzális kísérlet során SV és SH reflexiót is észleltek az adott mélységtartományból [R. TÁTRAI 1994].

Az értelmezés elősegítésére a földtani alapszelvény program keretében *magnetotellurikus* méréseket is végeztek. A kiemelkedő energiájú reflexiók

szintek mélységében a magnetotellurikus mérések egy jól vezető réteget határoztak meg [RÁNER et al. 1983, PÁPA et al. 1990]. Az első eredmények értelmezésénél a szelvényt földtani adatokkal összevetve, normális kifejlődésű rétegsorokat feltételezve a jól vezető összlet felszíne ismert rétegtani szinttel nem volt azonosítható, ezért a jól vezető összlet és a felette levő képződmények között tektonikai érintkezést tételeztek fel [RÁNER et al. 1984].

A felső kéreg elektromos vezetőképességének anomáliatérképén [ÁDÁM és VERŐ 1967] a Balaton-tól É-ra már feltüntették a *dunántúli elektromos vezetőképesség anomáliát*. Statisztikus módszerekkel történt vizsgálat szerint a vezetőképesség anomália a Dunántúlon elsősorban szétnyílt törésrendszerekhez kapcsolódik, a mezozoós karbonátok előfordulásához kötődik, de valószínűleg nem azokban, hanem csak alattuk, a paleozoós rétegekben alakul ki és grafittelérek, vagy elektrolitok okozzák [ÁDÁM 1980]. Az anomália a Rába-vonaltól a Balaton-felvidék paleozoós képződményekig figyelhető meg [ÁDÁM et al. 1990]. A jól vezető anomáliákat — Alsóvadászi, továbbá Magyarmecske—Bogádmindszent térségében végzett mérések és a fúrásí ered-

mények alapján — grafitos, antracitos, paleozoós üledékekkel hozták kapcsolatba [VARGA 1977, RÁNER et al. 1983, NEMESI 1992]. ÁDÁM [1992] külföldi kutatásai alapján is megerősítve látja azt a feltevését, hogy az anomáliát elsősorban idős, metamorf kőzetek (Altkristallin) grafitos képződményei hozzák létre.

## 2. Az amplitúdó anomáliák vizsgálata

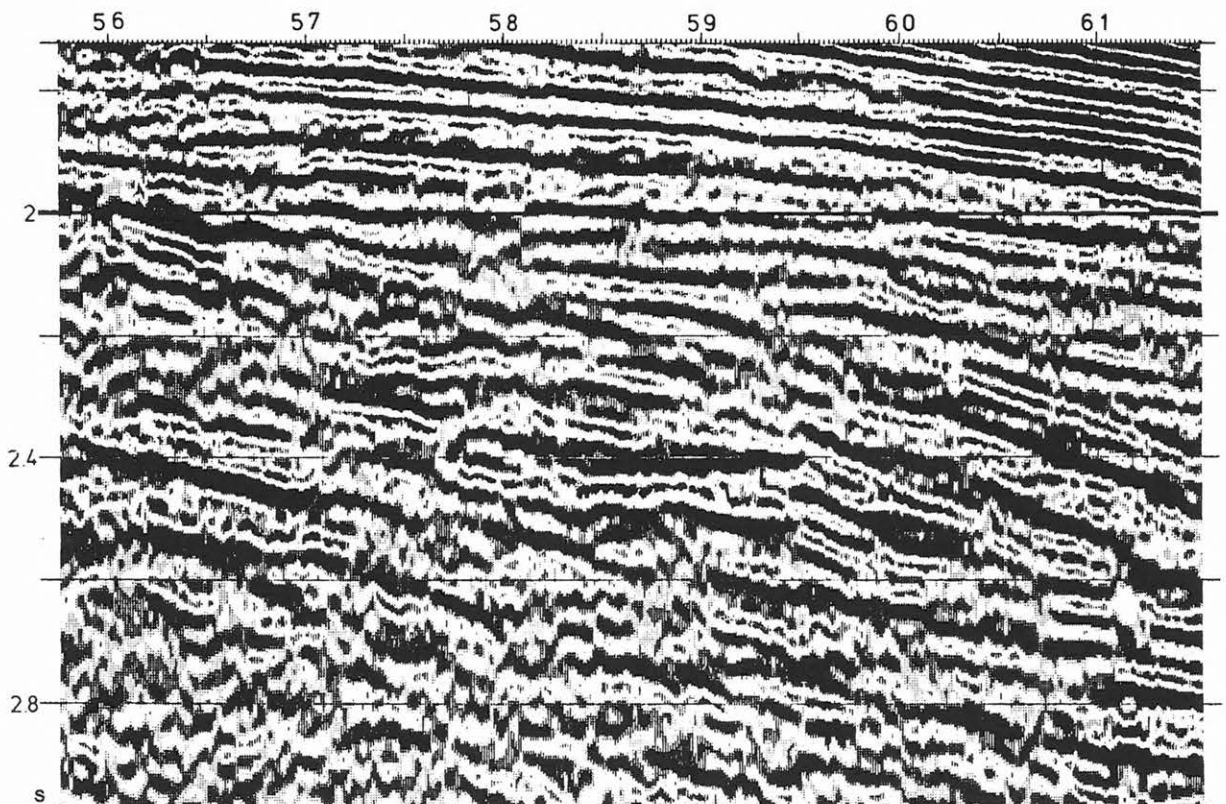
A téma keretében a kérdés megvizsgálására végeztünk alapkutatást. A vizsgálatokat azokkal az amplitúdó anomáliákkal kezdtük, amelyeket *amplitúdóhű feldolgozással* határoztunk meg. Számukat sikerült néhány — a téma keretében végzett terepi méréssel és feldolgozással meghatározott — új amplitúdó anomáliával bővíteni. Az amplitúdó vizsgálatok eredményeit integráltan értelmeztük az egyes területekre jellemző földtani és geofizikai adatokkal.

1992-ben a T4079 sz. OTKA téma („A lemeztektonika törvényszerűségeinek vizsgálata nemzetközi együttműködésben, a litoszféra és az asztenoszféra tartományában”) keretében, magyar, kanadai és svájci együttműködésben kísérletet végeztünk, amelyenél

a frekvenciatartománynak a kis frekvenciák felé (1–2 Hz-ig) történő kiterjesztésével kívántuk a mélyreflexiók mérések behatolóképeségét növelni. A nemzetközi mérések jól illeszkedtek az ELGI negyed évszázados kísérletsorozatába, mellyel a szeizmikus reflexiók méréseit a mélységi behatolás növelésével kívánta kiterjeszteni a *felsőköpeny* kutatására [POSGAY 1975 és 1991]. A rendelkezésre álló pénzügyi keretek jobb kihasználása érdekében a fenti — jelentős hazai és külföldi anyagi támogatással — végzett kutatás kiegészítéseként hajtottuk végre az ismertetett 1875 sz. OTKA téma szeizmikus méréseinek jelentős részét.

A *Hungarian Geotraverse* menti, PGT-4 jelű szeizmikus szelvény az algyői kiemelt szerkezet keleti oldaláról indult, a Hódmezővásárhely—Makói árkot, a Pusztaföldvár—Battonyai medencealjzat felboltozódást és a Békési medencét harántolta (1. ábra). A mélyreflexiók szelvényen 29–32, továbbá 57–60 szelvénykilométer között környezetéből kiemelkedő energiájú, közel vízszintes amplitúdó anomáliákat észleltünk [POSGAY et al. 1996].

Részletesebben az 57–60 szelvénykilométer között észlelt amplitúdó anomáliát vizsgáltuk meg. A



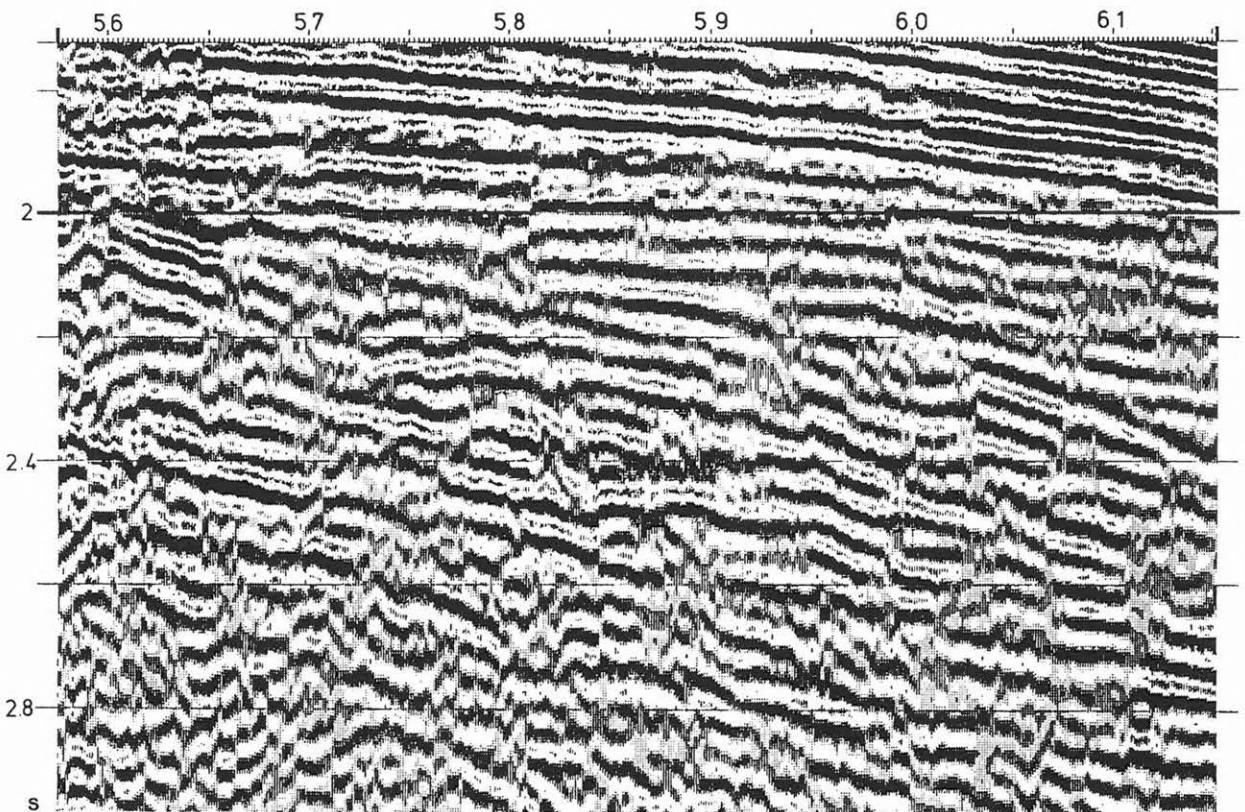
2. ábra. A PGT-4 mélyreflexiók vonalon, kisfrekvenciás metodikával — a feltételezhetően mezozoós korú medencealjzat mélységéből — észlelt amplitúdó anomália. A szelvényrészlet 2–40 Hz közötti szűréssel készült

Fig. 2. Amplitude anomaly observed on the deep reflection line PGT-4 by low frequency methodology, from the depth of the basement of assumed Mesozoic age. The detail of the section was made with filtering between 2–40 Hz

2. ábrán látható szelvényrészletet 2–40 Hz szűrés-sel készítettük. A kisfrekvenciás metodika előnyét mutatja, hogy ugyanezen a szelvényszakaszon 10 Hz-es alulvágás esetén a kérdéses amplitúdó anomália már nem figyelhető meg (3. ábra), azaz csak a litoszféra-asztenoszféra kutatáshoz kifejlesztett metodikával határozható meg. Az anomáliát — a feltételezhetően mezozoós korú medencealjzat felszíne (kb. 2,1 s) alatt, — 2,4 s kétszeres beérkezési időnél figyeltük meg. Értelmezéséhez *longitudinális hullámsebesség-, sűrűség- és Poisson-arány becslés* történt, különös figyelmet fordítva a reflexiós tényező előjelének figyelembevételére. A közzefizikai paraméterek becslése a *téma keretében kifejlesztett szeizmikus csatornamodellező*, illetve a szeizmikus észlelési távolságtól függő *modellező programmal* történt [TAKÁCS 1995]. A vizsgált terepi csatornákon a valódi amplitúdók lehetőség szerinti visszaállításával és megtartásával speciális *előfeldolgoási* eljárásokat (észlelési időtől és távolságtól függő amplitúdó visszaállítás, felszínkonzisztens amplitúdó korrek-

ció, felszínkonzisztens *longitudinális hullám* dekonvolúció, Q kompenzáció) hajtottunk végre a ProMAX feldolgozó rendszerrel. A vizsgálatok alapján valószínű, hogy az anomális amplitúdójú reflexiót mezozoós karbonátos kőzetek törés- és repedésrendszerében lévő *szénhidrogén-gáz és olaj*, vagy *széndioxid és víz*, vagy ezeknek más kombinációja okozhatta. A feltételezett gázos zóna tetéjére  $-0,074$ , a gáz-folyadék határra  $+0,044$ -es *reflexiós tényező* adódott. A gázzal telített zónára  $0,115$ , a folyadékkal telítettre pedig  $0,333$  *Poisson-arány* értéket kaptunk [TAKÁCS 1995].

A Békési medence É-i határán repedezett, metamorf medencealjzatban is meghatároztak vízszintes, kis amplitúdójú, reflektáló felületet (flat spot), melyet olaj-víz határral azonosítottak [ALBU és PÁPA 1992]. Ez az értelmezés is alátámasztja azt az elképzelésünket, hogy a repedések szélességénél több nagyságrenddel hosszabb rezgéshullámok a repedésekben lévő gáz-folyadék, (vagy folyadék-folya-



3. ábra. A 2. ábrán látható szelvényrészlet 10 Hz-es alulvágás után. A két ábra különbségéből arra következtettünk, hogy a kisfrekvenciás metodika a medencealjzat szerkezeteinek felkutatásában is előnyös

Fig. 3. Detail of the section shown in Fig. 2 after low cut filtering at 10 Hz. The difference of the two figures suggests the low frequency methodology offers advantages in studying the structures of the basement

dék) határokról érkező reflexiókat egyetlen reflexióként adhatják vissza.

A Pannon Geotraverzen (1. ábra) észlelt szeizmikus amplitúdó anomália modellvizsgálatánál akusztikus karotázs adatokból indulhattunk ki. A Pannon Geotraverz menti PGT-1 jelű szeizmikus szelvényen, 5–5,5 km mélységből, a környezetéből 6–10 dB-lel kiugró amplitúdó anomáliát észleltünk. Az anomália jellegének és kiterjedésének meghatározására a PGT-2 jelű mélyreflexiók keresztvonalat mértük (4. ábra) és szeizmikus modellvizsgálatot

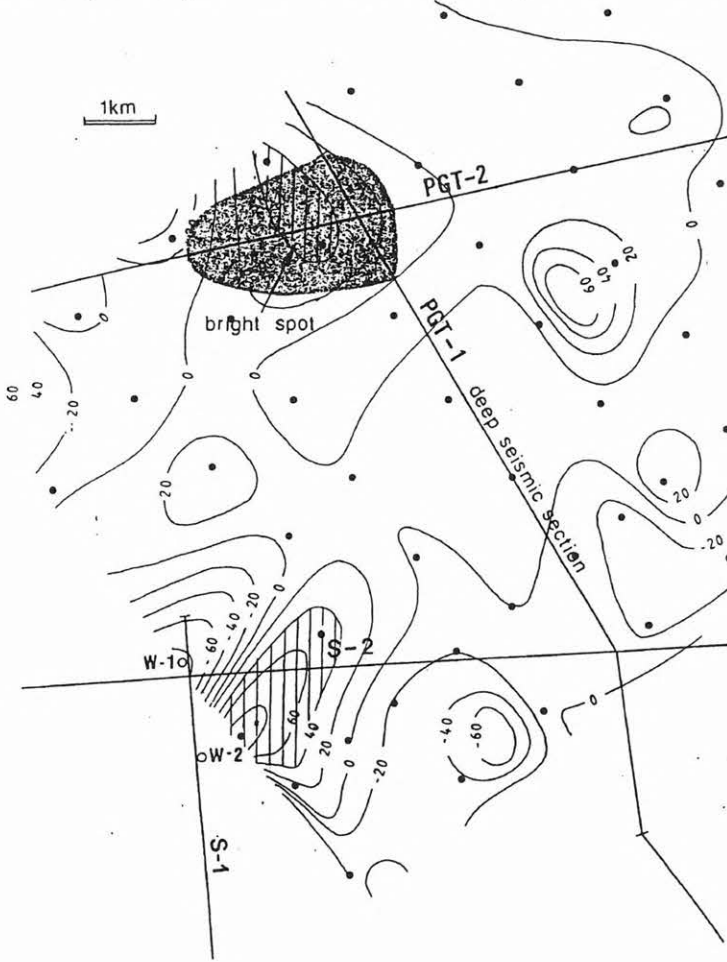
végeztünk [TAKÁCS 1995]. E szerint a mezozoós korú medencealjzat törés- és repedésrendszerében gáz- és folyadéktartalmú réteg tetelezhető fel.

A PGT-2 szelvény mentén — az amplitúdó anomália vizsgálatára — végzett magnetotellurikus mérések [VARGA 1992] a 2–6 ohmm ellenállású neogén rétegek alatt, a nagy ellenállású pretercier medencealjzatot kb. 4 km mélységben mutatták ki. A pretercier aljzaton belül nem lehetett jól vezető réteget elkülöníteni.

A szénhidrogén-kutató, területi, magnetotellurikus mérések eredményeit a téma keretében az amplitúdó anomáliák értelmezésének szempontjából vizsgáltuk meg [NAGY 1992].

Alapját az a felismerés képezte, hogy a CH-telepekből eredő vertikális áramlás rendszerint jellemző változásokat okoz a telep környezetében levő kőzetek elektromos paramétereiben. Produktív és meddő fúrásokon végzett referencia mérések adatai szolgálnak a CH-telepekre jellemző szignifikanciák elkülönítéséhez végzendő cluster analízis alapjául [DZWINEL 1983]. A 4. ábra az amplitúdó anomália környékén az MT mérési pontok helyét és a szénhidrogén előfordulás becsült valószínűségének — a magnetotellurikus adatok sokváltozós statisztikai analízise alapján szerkesztett — szintvonalas térképét mutatja. Az ábrán W-2-vel jelzett fúrás miocén korú gáztermelő réteget harántolt kb. 2600 m mélységben. A térképen itt +70% valószínűségi anomália van, míg a meddő fúrásoknál negatív értékeket mutat. A szeizmikus amplitúdó anomália elég jó egyezést mutat egy +40% értékű valószínűség maximummal. A szeizmikus modellvizsgálat [TAKÁCS 1995] és az ismertetett, MEGA-D felismerő rendszerrel végzett vizsgálat azt mutatja, hogy az amplitúdó anomália *potenciális CH-előfordulásként* értelmezhető [NAGY 1992].

Megvizsgáltuk, hogy az amplitúdó anomáliák nincsenek-e összefüggésben a karsztos tárolókban helyenként megismert nagy hőmérsékletű vízgőz rezervoárokkal. Erre a célra a fábiansebsyenyi és a nagyszénási terület látszott a legalkalmasabbnak, mivel a Fáb-4 és Nsz-3 fúrásokban túlnyomásos vízgőz



4. ábra. A PGT-1 és PGT-2 szeizmikus, mélyreflexiók szelvényeken észlelt amplitúdó anomália vázlata és a szénhidrogén előfordulás becsült valószínűségének — a magnetotellurikus adatok sokváltozós statisztikai analízise alapján szerkesztett — szintvonalas térképe. A szeizmikus amplitúdó anomália elég jó egyezést mutat egy valószínűség-maximummal. PGT-vel a mélyreflexiók szelvényeket, S-sel a szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényeket, ●-tal a magnetotellurikus mérési helyeket, W-vel a mélyfúrásokat jelöltük

Fig. 4. Sketch of the amplitude anomaly observed on the seismic deep reflection profiles PGT-1 and PGT-2 and contour map of estimated probability of the hydrocarbon occurrence, plotted on the basis of multi-variable statistical analysis of magnetotelluric data. The seismic amplitude anomaly shows a fairly good agreement with a probability maximum. PGT is used to mark the deep reflection profiles, S seismic profiles of hydrocarbon exploration, ● magnetotelluric measuring points, W deep wells

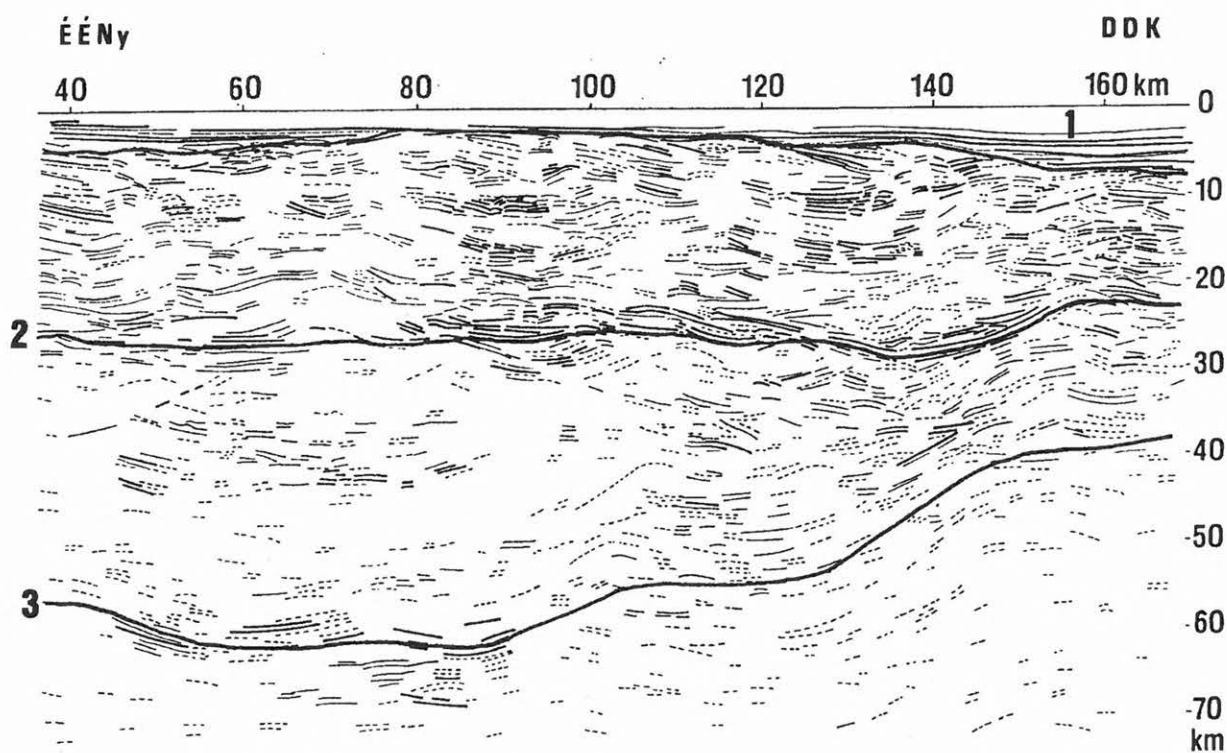
telepeket tártak fel [NAGY et al. 1992]. A környéken mért szénhidrogén-kutató, reflexiós szeizmikus szelvények vizsgálata azt mutatja [ALBU 1994], hogy mindkét fúrás olyan mélytektonikai zóna peremén mélyült és tárt fel geotermikus rezervoárt, amelyek a medencealjzat szerkezetének kialakulása során többször is aktivizálódhattak. A geotermikus rezervoárok triász korú rétegekben képződtek. Ebben a rétegösszletben közel vízszintes, kiemelkedő amplitúdójú reflexiós szintek figyelhetők meg a rezervoár mélységében.

A területen végzett *magnetotellurikus* mérések a preneogén medencealjzatban, a fúrás környezetében jól vezető, tektonikus zónát mutattak ki [NAGY et al. 1992]. A zóna kiterjedéséből és kis ellenállásából arra következtettek, hogy a sósvíz-tartalmú, (nagy elektrolitos vezetőképességű,) karsztosodott tektonikus öv mélységi kiterjedése több kilométer.

A zóna nagymélységű kapcsolatát támasztják alá a *szilíciumdioxid* vizsgálatok is. A szilíciumdioxid oldhatósága a vízben hőmérsékletfüggő és irreverzibilis: ha a magasabb hőmérsékleten telítődött víz lehűl, szilíciumtartalma nem csapódik ki. Mélyebb

rétegekből feláramlott vízre lehet egy fúrás vizsgálatából következtetni, ha vize lényegesen több szilíciumdioxidot tartalmaz, mint ami a tényleges geotermikus hőmérsékletnek megfelelne. A tektonikus zóna mentén STEGENA és társai [1994] nagyszámú szilíciumdioxid anomáliát állapítottak meg. Ez a törészóna a PGT-1 litoszféra-kutató szelvényt annak 120. szelvénykilométere táján keresztezi. A litoszféra-kutató mélyreflexiós szelvény értelmezésekor itt egy *mélytörést* tételeztünk fel, amely a földkérget teljes mélységében harántolja [POSGAY, SZENTGYÖRGYI 1991].

Az észlelt szeizmikus reflexiós amplitúdó anomáliák, valamint több (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, He, Cl-, SiO<sub>2</sub>) folyadék- és gázindikátor felszínközeli eloszlása közötti kapcsolatot vizsgálva [STEGENA 1995] egyik indikátor sem mutatott szignifikáns, országos érvényű korrelációt. Rendkívül érdekes eredményre vezetett viszont az *amplitúdó anomáliák és a karsztosodható kőzetek* elterjedésének vizsgálata. A vizsgált amplitúdó anomáliák döntő többsége a harmadkori medencealjzat karsztosodható kőzeteinek a területére [ALFÖLDI et al. 1977], vagy ennek hatá-



5. ábra. A PGT-1 reflexiós mélységszelvény vonalas rajza. DDK-i részén, a Békési medence alatt a kéreg-köpeny és a litoszféra-asztenoszféra határ felbontozódására következtettünk [POSGAY et al. 1995]

Fig. 5. Interpreted line drawing of the migrated depth section of profile PGT-1. At the SSE end of the profile, at the margin of the Békés basin the conclusion was drawn on the elevated position of the lithosphere-asthenosphere boundary

rára esik. Több helyen az amplitúdó anomáliák mélységében nem sikerült jól vezető réteget kimutatni. Ebből következik, hogy az amplitúdó anomáliák különböző okokra vezethetők vissza. A Dunántúli-középhegységben sáv mentén jelentkező anomáliák *tektonikai érintkezéssel*, vagy töréses zónákban kialakult túlnyomósos, *túlhevített víztárolóval* értelmezhetők. A PGT-1 és PGT-2 keresztződésénél, továbbá a PGT-4 szelvényen észlelt anomáliák szeizmikus és magnetotellurikus vizsgálatából töréses, repedéses zónákban kialakult *szénhidrogén előfordulás* lehetőségére következtetünk.

### 3. Litoszféra-asztenoszféra kutatási eredmények

A mélyreflexiós mérések frekvenciatartományának kiterjesztése a kis frekvenciák felé [POSGAY 1975, 1991] *világviszonylatban is új lehetőséget* nyitott meg a litoszféra-kutatásban. A tektonikai modellek olyan nagymélységű, részletes vizsgálatára ad lehetőséget, melyet korábban csak a kisebb mélységekből kapott eredmények extrapolálásával tételeztek fel. A PGT-1 (5. ábra) és PGT-4 mélyreflexiós szeizmikus szelvények alapján feltételezzük, hogy mind a kéreg-köpeny, mind a litoszféra-asztenoszféra határ a Békési medence táján felboltozódik [POSGAY et al. 1995, 1996]. A magnetotellurikus kutatások rendkívül érdekes adatokat adtak az asztenoszféra mélységi szerkezetére is, de értelmezésük jelentős elméleti megfontolásokat követel ([ÁDÁM 1992, ÁDÁM et al. 1993]. A magnetotellurikus adatokat 2-D felépítés feltételezésével dolgoztuk fel. A Békési medence Magyarország legnagyobb vezetőképeségű medencéje. Elképzelhető, hogy a 2-D feltételezés következtében a valóságosnál kisebb mélységet határoztunk meg). Az újabb mérések és értelmezés alapján [ÁDÁM 1994, VARGA, NEMESI 1994] valószínűnek látszik az asztenoszféra felboltozódása.

A téma keretében szükségesnek látszott a szeizmikus mérések *laterális felbontásának* megvizsgálása is, mivel a nagy energiájú beérkezések, vagy a szeizmikus mérésekkel meghatározott szerkezetek akkor értelmezhetők, ha méretük meghaladja a laterális felbontásból meghatározható méretet [SÍPOS 1995]. A kisfrekvenciás metodika esetén különösen fontosnak tűnt ez a vizsgálat, mivel a szeizmika laterális felbontása a kisebb frekvenciáknál romlik. Ezenfelül figyelembe kell venni azt is, hogy a hullámhossz növelésével a szeizmikus módszer mély-

ségi behatolóképesége javul, viszont a mélységgel a laterális felbontás csökken.

A laterális felbontást gyakorlatilag az első Fresnel-zóna mérete határozza meg. Sík reflektor esetén az összes Fresnel-zónáról származó energia az első Fresnel-zónáról származó energia másfélszerese. Ezért csak az első Fresnel-zónára terjedt ki a vizsgálat. Az időbeli dekonvolúcióhoz hasonlóan a térbeli dekonvolúció is lerövidíti az elemi hullámot. A térbeli dekonvolúció migrációs eljárással kerül megvalósításra a szeizmikus feldolgozás során. A migráció használata esetén az algoritmus dőlés átviteli korlátja jelentősen befolyásolja a laterális felbontást, a vizsgálatok erre a tényezőre is kiterjedtek.

Konkrét példaként a PGT-1 szelvény néhány érdekes szerkezetére készültek számítások. A szelvény feldolgozási eljárásait figyelembe véve a laterális felbontás a pretercier medencealjzat alatt, annak közeléből ( $X=59$  km,  $T=3,2$  s,  $f_c=8,5$  Hz) észlelt amplitúdó anomáliákat adó szintek esetén:

$$R \cong 250 \text{ m,}$$

míg az alsó kéregbeli jellegzetes töréses, gyűrődéses szerkezetekre ( $X=83$  és  $97,3$  km,  $T=7,8$  s,  $f_c=7,5$  Hz):

$$R \cong 535 \text{ m.}$$

A kérdéses szerkezeteknél a *Fresnel-zóna sugara lényegesen kisebb a szerkezetek kiterjedésénél*, ezért azokat értelmezhetőnek tartjuk.

A téma keretében végzett *geotermikus modellezés* [HORVÁTH 1994] során megvizsgálták a gyors üledékképződés és a folyadékáramlások (hűtő) hatását a hőmérsékleti térre. Az eredmények azt mutatták, hogy a Pannon-medence üledékes összletei jelentősen megnövelik az *egyensúlyi hőállapot* eléréséhez szükséges időt, és koruktól, illetve vastagságuktól függő mértékben „szigetelő takaróként” viselkednek. Ezt a hatást korrigálva a módosított felszíni hőáramsűrűség kép a korábbi lokális minimum helyett egy markáns maximumot mutat a Békési medence területén. Ezzel a módosított hőáramsűrűséggel elvégezve az egyensúlyi állapotra vonatkozó termikus modellszámításokat az eredmények megerősítik azt a feltevést, hogy a litoszféra-asztenoszféra határ magasabb helyzetben van a Békési medence alatt, mint a Pannon-medence átlagos mély-

ségű területein [SZAFIÁN, LENKEY 1994, POSGAY et al. 1995].

A termikus modellszámítások támpontot adtak a földmágneses hatószámítások megítéléséhez is. (A Curie-pont 15 km mélységben helyezkedik el.) A téma keretében végzett *gravitációs és mágneses hatószámítások* [KOVÁCSVÖLGYI 1994] szerint a Békési medence területén meghatározott gravitációs maximum hatóinak a PGT-1 szelvény által kimutatott alsó kéreg és a köpeny felboltozódás tekinthető. A medence területén meghatározott mágneses anomália hatója az alsó kéreg azon része, amely a magnetit Curie-pontjának megfelelő hőmérsékleti szintnél (15 km) kiemeltebb helyzetben van, de mind a szeizmikus, mind a mágneses kép alapján valószínű, hogy a magmás test egy része a felső kéregbe is felnyúlik [SZAFIÁN, LENKEY 1994, POSGAY et al. 1995].

A litoszféra-asztenoszféra kutatási eredmények nemzetközi érdeklődésre tarthatnak számot. Például a legelterjedtebben felhasznált *medencefejlődési modellek*nél [MCKENZIE 1978 és WERNICKE 1981] az asztenoszféra felboltozódását a medencéhez viszonyítva különböző helyen tételezik fel. *Olyan tanulmányt, amelyik részletes (mélyreflexiós és magnetotellurikus) mérési eredmények alapján vizsgálja a földköpeny kérdéses zónáját, csak a hazai kutatásokból ismerünk* [POSGAY et al. 1995, 1996, HAJNAL et al. 1996]. A medence elmélyülésének döntő tényezője a felboltozódott asztenoszféra lehülése és összehúzódása. Eredményeink ezért alapvető törvényszerűség tisztázásához járulnak hozzá. Az eredmény gyakorlati értékeléséhez példaként megemlítjük, hogy ez a törvényszerűség az egyik alapja a szénhidrogének keletkezésével kapcsolatos számításoknak. Az eredmények részletes értelmezésének ismertetésére a T 4079 sz. OTKA jelentésben kerül sor.

A medencealjzat-beli reflexiós amplitúdó anomáliák kutatásánál célszerű lenne a *tektonikai* összefüggéseket tovább finomítani. Jobb behatolóképesége alapján erre a *kisfrekvenciás szeizmikus metódika* alkalmasnak látszik. Az amplitúdó anomáliák kutatásának „klasszikus” területén, a Dunántúli-középhegységben ennek alkalmazására még nem került sor. További technikai problémákat kellene az itteni alkalmazáshoz megoldani, amelynek pénzügyi kihatása is lenne. A közeljövőben erre nem sok lehetőség látszik. Reálisnak látszik viszont a meglévő adatok új szempontok szerinti feldolgozása. A hazai szeizmikus és magnetotellurikus *adatfeldolgozásban* az utóbbi években jelentős fejlődés volt. Ennek kihasználása új eredményekre vezethet.

Az ismertetett eredmények *nyersanyag-kutatási hasznosíthatósága* is érdekesnek látszik. Például a PGT-4 szelvény menti amplitúdó anomáliák a megszokásos, szénhidrogén-ipari költségkeretek között kutathatók. Szerkezetüknek, kiterjedésüknek, perspektívásuknak meghatározására kisfrekvenciás szeizmikus, továbbá magnetotellurikus mérések, és ezek megfelelő eredménye esetén fúrásos kutatás javasolható. Mindkét amplitúdó anomália mély medence peremén található, valószínűleg a szénhidrogén keletkezés, érés, migráció, tárolás és csapdaszerkezet szempontjából kedvező helyen [BÉRCZI 1994, POSGAY et al. 1993]. Ezek eredményes megkutatása további medencealjzat-beli amplitúdó anomáliák megtalálását is eredményezhetné, ami *mind a nyersanyagkutatást, mind a jelentésben vázolt téma tudományos megoldását elősegíthetné.*

### Köszönetnyilvánítás

Ezúton is köszönjük az alábbi hatóságoknak és intézményeknek, hogy támogatásukkal az ismertetett kutatást lehetővé tették:

- Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich,
- Központi Földtani Hivatal,
- Magyar Geológiai Szolgálat,
- Magyar Olaj- és Gázipari Rt.,
- Ministry of Energy, Mines and Resources of Canada,
- Országos Tudományos Kutatási Alap.

Különösen köszönjük az ELGI vezetőinek és kollektívájának lelkes munkáját, akik a terepi mérések kiváló megszervezésével és kivitelezésével, a gondos számítógépes feldolgozással és értelmezéssel, a jelentés összeállításában nyújtott segítséggel a leírt eredmények elérését lehetővé tették.

### HIVATKOZÁSOK

- ALBU I. 1994: Jelentés a geotermikus rezervoárok és a szeizmikus amplitúdó anomáliák, valamint a szerkezeti viszonyok közötti kapcsolatok vizsgálatáról. 1875. sz. OTKA téma adattára
- ALBU I., PÁPA A. 1992: Application of high-resolution seismics in studying reservoir characteristics of hydrocarbon deposits in Hungary. *Geophysics* **57**, 1068–1088
- ALFÖLDI L., BÖCKER T., LORBERER Á. 1977: Magyarország karbonátos-repedezett hévíztároló



- lóinak hidrogeológiai jellemzői. Magyarország hévízkútjai, VITUKI, Budapest, 3, 17–28
- ÁDÁM A. 1980: Statisztikus összefüggések az elektromos vezetőképesség eloszlás és a töréses tektonika között a Dunántúlon. *Magyar Geofizika* **XXI**, 3, 95–107
- ÁDÁM A. 1992: A dunántúli elektromos vezetőképesség anomália földtani és módszertani jelentősége. *Értekezések, emlékezések. Akadémiai Kiadó, Budapest*
- ÁDÁM A. 1994: Jelentés a jólvezető képződmények változásának kutatásáról magnetotellurikus mélyszondázással. 1875. sz. téma adattára
- ÁDÁM A., VERŐ J. 1967: A magyarországi elektromágneses mérések újabb eredményei. *Geof. Közl.* **16**, 25–52
- ÁDÁM A., NAGY Z., NEMESI L., VARGA G. 1990: Crustal conductivity anomalies in the Pannonian Basin. *Acta. Geod. Geoph. Mont. Hung.* **25**, 279–290
- ÁDÁM A., SZARKA L., STEINER T. 1993: Magnetotelluric approximations for the asthenospheric depth beneath the Békés Graben, Hungary. *J. Geomag. Geoelectr.* **45**, 761–773
- BÉRCZI I. 1994: Application of deep seismic surveys in oil and gas exploration in the Hungarian part of the Pannonian Basin. 6th Int. Symp. on Seismic Refl. Probing of the Cont. and their Margins, Budapest. Program and abstracts, p. 16
- BROWN L. D., CHAPIN C. E., SANFORD A. R., KAUFMAN S., OLIVER J. 1980: Deep structure of the Rio Grande rift from seismic reflection profiling. *J. of Geoph. Res.* **85**, 4773–4800
- DE VOOGD B., SERPA L., BROWN L., HAUSER E., KAUFMAN S., OLIVER J., TROXEL B. W., WILLEMIN J., WRIGHT L. A. 1986: Death Valley bright spot: a midcrustal magma body in the southern Great Basin, California. *Geology* **14**, 64–67
- DE VOOGD B., SERPA L., BROWN L. 1988: Crustal extension and magmatic processes: COCORP profiles from Death Valley and the Rio Grande rift. *Geol. Soc. of Am. Bull.* **100**, 1550–1567
- DZWINEL J. 1983: Fundamental concept and practical aspects of cybernetic system for direct exploration of mineral deposits. *Acta Geoph. Polnica.* **31**, 297–315
- HAJNAL Z., REILKOFF B., POSGAY K., HEGEDŰS E., TAKÁCS E., ASUDEH I., MUELLER St., ANSORGE J., DE IACO R. 1996: Crustal scale extension in the Central Pannonian Basin. *Tectonophysics*, *Közlés alatt*
- HORVÁTH F. 1994: Kéregszerkezeti anomáliák kimutatása és értelmezése. 1875. téma adattára
- KOVÁCSVÖLGYI S. 1994: A Békési medence gravitációs és földmágneses anomáliáinak értelmezése az újabb ismeretek tükrében. *Magyar Geofizika* **35**, 90–94
- KOZLOVSKY Ye. A. 1987: *The Superdeep Well of the Kola Peninsula.* Springer Verlag, Berlin, Heidelberg
- LÜSCHEN E. 1994: Crustal „bright spots” and anisotropy from multi-component P- and S-wave measurements in Southern Germany. *Tectonophysics* **232**, 343–354
- LÜSCHEN E., WENZEL F., SANDMEIER K. J., MENGES D., RÜHL Th., STILLER M., JANOTH W., KELLER F., SÖLLNER W., THOMAS R., KROHE A., STENGER R., FUCHS K., WILHELM H., EISBACHER G. 1987: Near-vertical and wide-angle seismic surveys in the Black Forest, SW Germany. *J. Geophys.* **62**, 1–30
- LÜSCHEN E., SOBOLEV S., WERNER U., SÖLLNER W., FUCHS K., GUREVICH B., HUBRAL P. 1993: Fluid reservoir beneath the KTB drillbit indicated by seismic shear-wave observations. *Geoph. Res. Letters* **20**, 923–926
- MAJKUTH T. 1983: Jelentés a Bokod III — Márkushegy-Ny reménybeli eocén szénterület 1982. évi előkészítő geofizikai méréseiről. ELGI adattár
- MCKENZIE D. 1978: Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Sci. Let.* **40**, 25–32
- NAGY Z. 1992: Advances in integrated interpretation of seismics with magnetotellurics. 54th EAEG Meeting, Paris
- NAGY Z., LANDY I., PAP S., RUMPLER J. 1992: Results of magnetotelluric exploration for geothermal reservoirs in Hungary. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **27**, 87–101
- NEMESI L. 1992: Jelentés az OTKA pályázat keretében 1992-ben végzett munkákról. (Kis fajlagos ellenállású képződmények a harmadkori medence aljzatában, az aljzat felszínén, vagy annak közelében.) 1875. téma adattára
- NYITRAI T. 1975: A Bakony hegység É-i pereme (a rédei és Sur-akai maximum). ELGI adattár
- PÁPA A., RÁNER G., TÁTRAI M., VARGA G. 1990: Seismic and magnetotelluric investigation on a network of base lines. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **25**, 309–323
- POSGAY K. 1975: Mit Reflexionsmessungen bestimmte Horizonte und Geschwindigkeitsverti-

- lung in der Erdkruste und im Erdmantel. *Geophys. Trans.* **23**, 13–17
- POSGAY K. 1991: A mélylitoszféra szerkezeti elemeinek vizsgálata szeizmikus reflexiók módszerrel. Doktori munkásság tézises összefoglalója. MTA könyvtár. ELGI könyvtár
- POSGAY K. 1995: Zárójelentés „A terciér medence aljzatának geofizikai kutatása” c. 1875. sz. OTKA pályázatról. ELGI adattár
- POSGAY K., SZENTGYÖRGYI K. 1991: A litoszférát harántoló eltolódásos törésrendszer a Pannon medence keleti részén. *Magyar Geofizika* **32**, 1–15
- POSGAY K., HEGEDŰS E., SZALAY Á., TAKÁCS E., TÍMÁR Z. 1993: Structure of the Pannonian lithosphere and utilization of deep reflection results in prospecting for hydrocarbons. 8th Meeting of AEGS, Budapest, Abstr., p. 82
- POSGAY K., BODOKY T., HEGEDŰS E., KOVÁCSVÖLGYI S., LENKEY L., SZAFIÁN P., TAKÁCS E., TÍMÁR Z., VARGA G. 1995: Asthenospheric structure beneath a Neogene basin in SE Hungary. *Tectonophysics. Közlés alatt*
- POSGAY K., TAKÁCS E., SZALAI I., BODOKY T., HEGEDŰS E., JÁNVÁRINÉ K. I., TÍMÁR Z., VARGA G., BÉRCZI I., SZALAY Á., NAGY Z. PÁPA A., HAJNAL Z., REILKOFF B., MUELLER St., ANSORGE J., DE IACO R., ASUDEH I. 1996: International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. *Geoph. Trans. Közlés alatt*
- PRATT T., HAUZER E., HEARN T., RESTON T. 1991a: COCORP seismic investigations of the Surrency Bright Spot beneath the Southern Appalachians, USA. *In: MEISSNER R., BROWN L., DÜRBAUM H.-J., FRANKE W., SEIFERT F. (Eds) Continental Lithosphere: Deep Seismic Reflections. AGU, Geodyn. Ser.* **22**, 1–7
- PRATT T. L., HAUSER E. C., HEARN T. M., RESTON T. J. 1991b: Reflection polarity of the midcrustal Surrency Bright Spot beneath Southeastern Georgia: testing the fluid hypothesis. *J. of Geoph. Res.* **96**, 10145–10158
- PRATT T. L., BROWN L. D., MONDARY J. 1993: AVO and fluids in the deep crust: A COCORP case study. *The Leading Edge, March*, 186–192
- RÁNER G., HEGEDŰS E., KÓNYA A. 1976: Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Az ELGI 1975. évi jelentése, 31–33
- RÁNER G., ÁDÁM O., VARGA G., ALBU I., MAJKUTH T., NEMESI L., R. TÁTRAI M. 1983: Földtani Alapszelvények geofizikai vizsgálata. Az ELGI 1982. évi jelentése, 66–71
- RÁNER G., ÁDÁM O., HAAS J., NEMESI L., R. TÁTRAI M., VARGA G. 1984: Földtani Alapszelvények geofizikai vizsgálata. Az ELGI 1982. évi jelentése, 37–44
- R. TÁTRAI M. 1994: Szeizmikus amplitúdó anomália a Dunántúli-középhegységben. A jelenség sajátosságai, vizsgálata transzverzális hullámokkal, kapcsolata a kismélységű magnetotellurikus jólvezető összlettel. 1875. téma adattára
- SÍPOS J. 1995: A szeizmikus mérések laterális felbontásának vizsgálata. *Magyar Geofizika, közlés alatt*
- STEGENA L. 1995: A magyarországi „bright spot”-ok egy lehetséges magyarázata. *Magyar Geofizika* **1**, 75–76
- STEGENA L., HORVÁTH F., LANDY K., NAGY Z., RUMPLER J. 1994: High-temperature geothermal reservoir possibilities in Hungary. *Terra Nova* **6**, 282–288
- SZABADVÁRY L., HOFFER E., NYITRAI T., RÁNER G., REZESSY G., SZALAI I., TÓTH Cs. 1975: Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli Középhegységben. Az ELGI 1974. évi jelentése, 11–22
- SZAFIÁN P., LENKEY L. 1994: Gravitációs és geotermikus modellszámítások a Pannon geotraversz mentén. 1875 téma adattára
- TAKÁCS E. 1995: Pretercier medencealjzaton belüli amplitúdó anomáliák lehetséges földtani okainak vizsgálata. *Magyar Geofizika, közlés alatt*
- VARGA G. 1977: Új paleozoós, jólvezető képződmények kutatása a Dél-Dunántúlon. ELGI adattár
- VARGA G. 1992: Nagy entalpiájú geotermikus rezervoárok kutatásának vizsgálata magnetotellurikus mérésekkel. ELGI adattár
- VARGA G., NEMESI L. 1994: A Békési medence és a Makói árok mélyszerkezete az újabb magnetotellurikus mérések és 2-D inverzió alapján. 1875 téma adattára
- WERNICKE B. 1981: Low-angle normal faults in the Basin and Range Province: nappe tectonics in an extending orogen. *Nature* **291**, 645–648