

# Újabb adatok a Nagyalföld délkeleti részének kéregszerkezetéhez

GÚTHY T.

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Columbusz utca 17–23.  
E-mail: guthy.tibor@mfgi.hu

A kilencvenes években a MOL regionális szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényeket mért a Nagyalföld DK-i részén. A mérés regisztrációs ideje 12 másodperc volt, így a szelvények a Mohorovičić- (továbbiakban rövidítve „Moho”) határfelület leképezésére is alkalmasak. Mélyszerkezet-kutatási szempontból a szelvények idáig nem voltak hasznosítva. A dolgozatban hat db szelvény Moho-mélységéig történő újrafeldolgozásának és a mélység migrációjának folyamatát mutatom be. Az újrafeldolgozott szelvényeket és a korábbi Pannon Geotraverz szelvényeket felhasználva a lefedett területre új Moho-mélységtérképet szerkesztettem. Korábban a PGT-1 szelvényen meghatározott (Posgay et al. 2011), meggyengült mozgási zónát az új szelvényeken is követtem, majd annak térbeli helyzetét meghatároztam.

## Gúthy, T.: New profiles for the deep structure of the south-eastern part of the Pannonian Basin

In the nineties, MOL, the Hungarian Oil & Gas Company, acquired some regional seismic profiles for the purpose of hydrocarbon prospecting on the south-eastern part of the Great Hungarian Plain. The field recording time was 12 seconds, which allows imaging of the Mohorovičić discontinuity. These profiles still have not been used for deep seismic researches. In this paper, I am dealing with the processing flow and the depth migration of the 12-second-deep profiles. I present the new depth map of the Moho horizon, which was compiled by the use of the new profiles and the published ones of the Pannon Geotraverse. I have interpreted the reprocessed profiles and traced the weakened dislocation belt published by Posgay et al. in 2011.

*Beérkezett:* 2015. január 19.; *elfogadva:* 2015. március 20.

## A szeizmikus adatfeldolgozás folyamatának és főbb célkitűzéseinek ismertetése

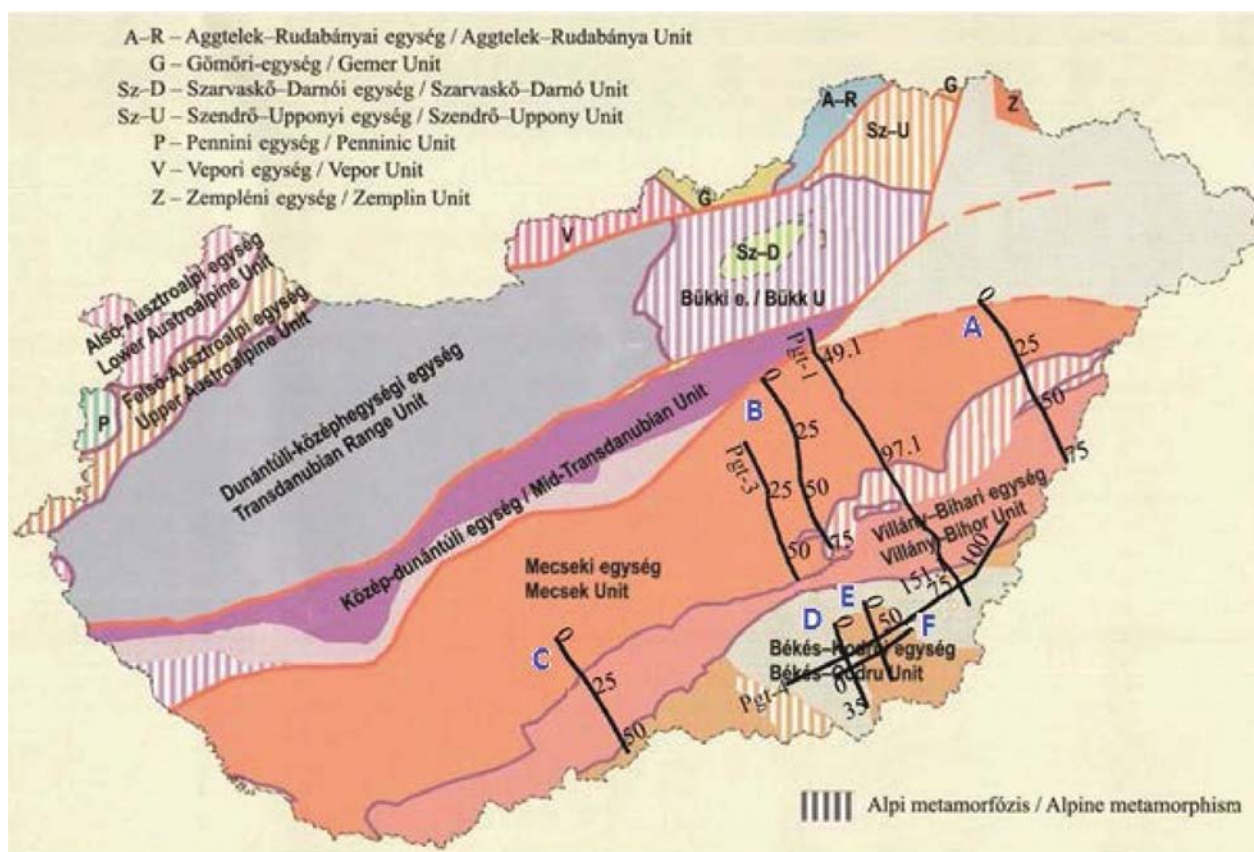
A MOL Nyrt. ipari kutatása során, az 1990-es években 12 s hosszúságú mélyszeizmikus szelvényeket mért, amelyeket azonban csak a kőolajkutatás számára legfontosabb 5-6 s-ig használt fel. Az elmúlt években lehetőség nyílt e szelvények mélyszeizmikus feldolgozására, az adatok tulajdonosának engedélye alapján.

A mérések helyszínrajzi vázlata az 1. ábrán látható, Magyarország nagyszerkezeti egységeit ábrázoló térképen (Haas et al. 2010). Az újrafeldolgozott szelvényeket A, B, C, D, E, F betűkkel jelöltem. Az adatrendszer előnye az általában magas (60), az „A” szelvényen kiemelkedő (240) fedésszám a korábbi nagyalföldi kéregkutató PGT szelvényekhez viszonyítva. Kevésbé kedvező a mélyszerkezet-kutatásához elvárnál rövidebb, a „C” szelvény esetén (~2,8 km) határozottan kis gerjesztésészlelési távolság (offset). Ez alól kivétel az „A” szelvény (~7,2 km). Az alkalmazott geofonok

átviteli függvénye sem ideális az alacsony frekvenciák csökkentése miatt. A feldolgozott szelvények több mint 5700 terepi felvételt tartalmaznak, összesített hosszuk túlnó a 300 km-en. Ez a teljes Pannon Geotraverz (PGT) programot meghaladó szelvényhossz. Az újrafeldolgozott szelvények robbantásos jelforrással készültek, kivéve a „C” szelvény egyik szakaszát és az „A” szelvényt, ahol vibroszeiz jelgerjesztés történt.

Az új mélyszeizmikus szelvények feldolgozásánál a Moho-mélységtérkép megszerkesztését tűztem ki célul a mélységtranszformáció elvégzése után, a korábban mért, PGT jelű szelvények felhasználásával (Posgay et al. 1996). Az új szelvények transzformációját az összegzés előtti mélységmigráció (PSDM) alkalmazásával hajtottam végre.

A terepi adatok számítógépes feldolgozásánál a nemzetközi gyakorlatban elfogadott szeizmikus adatfeldolgozási műveleteket használtam. A technikai előkészítés, szerkesztés, geometriai leírás utáni feldolgozási folyamatból a következő, nem szokásos lépéseket emelem ki:



**1. ábra** | Szeizmikus szelvények elhelyezkedése Magyarország nagyszerkezeti egységein (Haas et al. 2010)  
**Figure 1** | The locations of the seismic profiles on the map of the major tectonic units of Hungary (Haas et al. 2010)

- *turning ray* tomográfias sebességmeghatározás, amely maximum 1800 m mélységig adott az észlelési távolságtól függően értékelhető sebességeket,
- refrakciós statikus korrekció számítása az első beérkezések adatai alapján,
- felszínkonzisztens amplitúdószabályozás,
- többablakos felszínkonzisztens dekonvolúció,
- horizontális sebességanalízis számítása és beillesztése a sebességtérbe,
- *turning ray* tomográfias sebességmező beillesztése az integrált sebességtérbe (horizontális sebességanalízis + *velocity spectra* + *turning ray*),
- többszörösök csillapítására a radontranszformációt alkalmaztam,
- összegzés előtti Kirchhoff-görbült sugaras időmigráció (*Kirchhoff-curved ray pre-stack time migration*),
- a maradék dinamikus korrekció meghatározása és alkalmazása (*residual NMO*),
- induló migrációs mélységsebesség modell összeállítása az integrált sebességtér alapján,
- iteratív sebességmodell-javítás mélységmigráció használatával,
- összegzés előtti Kirchhoff-mélységmigráció (*Kirchhoff pre-stack depth migration*),
- a maradék dinamikus korrekció meghatározása és alkalmazása (*residual NMO*).

E műveletek alkalmazásával a valódi amplitúdóarányok minél jobb megőrzése volt a célom. Az alkalmazott programcsomag (ProMAX<sup>®</sup>) lehetővé tette, hogy a migrációs eljárások előtt – az alkalmazott amplitúdószabályozást inverz irányban elvégezve – a migráció elvileg helyes amplitúdókezelése érvényre jusson. Hasonló megfontolások miatt alkalmaztam a felszínkonzisztens dekonvolúciót.

### Az alkalmazott migrációs eljárások ismertetése

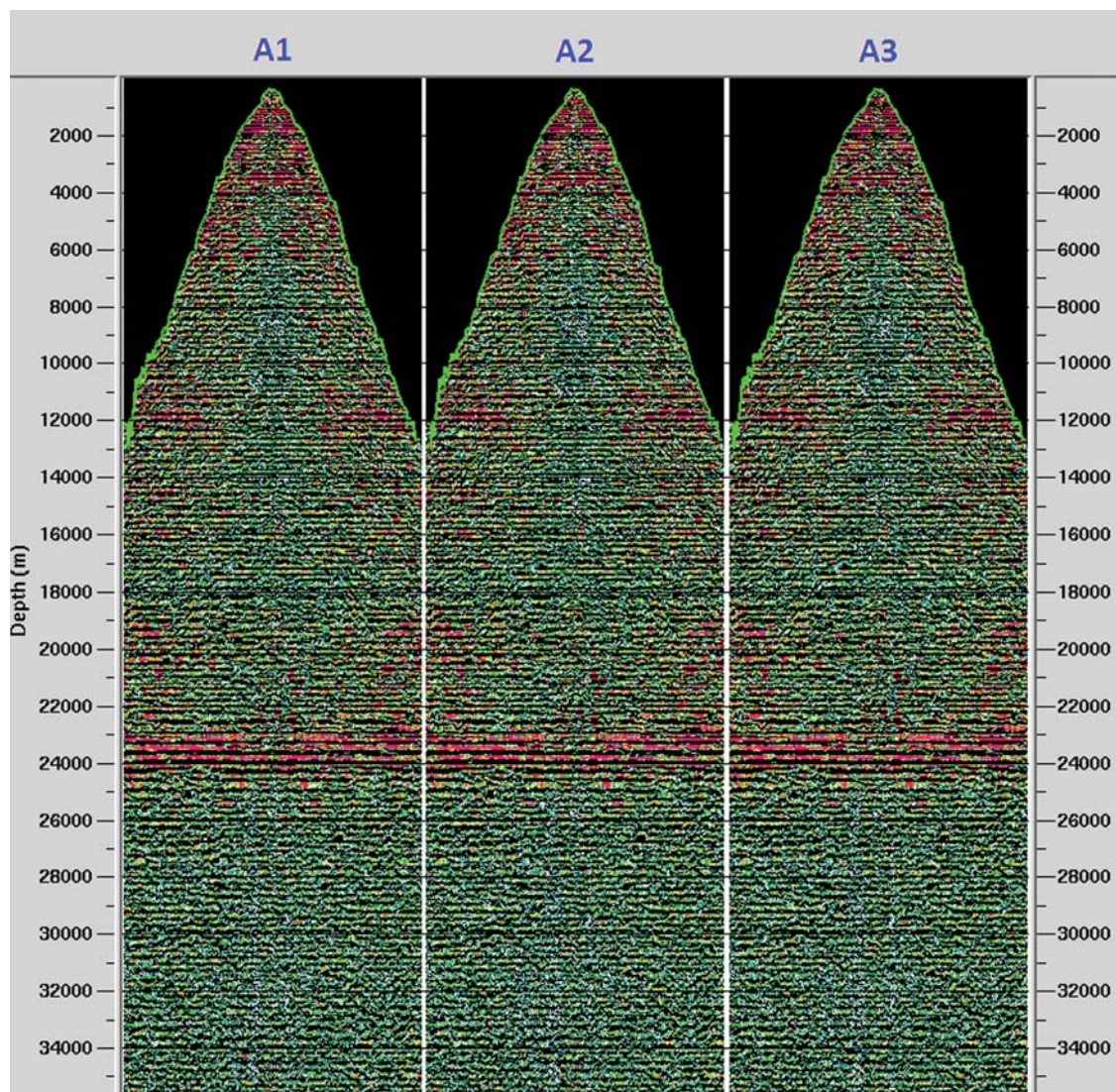
A feldolgozás során a végeredményt képező szelvényeknél a migrációs lehetőségek közül az összegzés előtt végrehajtott műveleteket választottam, mind idő- (PSTM), mint mélységtartományban (PSDM). A Kirchhoff-algoritmusoknál a migráció leggyakrabban a közös offszetgyűjteményeken történik. Ennek megfelelően annyi migrált szelvény lesz, ahány különböző offszetosztályt definiáltunk. Ez különösen hasznos olyan nagy fedésszámú szelvények esetében, mint amelyek jelen munkámban szerepelnek.

A migráció végrehajtásának ez a módja – szemben az összegszelvényen végrehajtott művelettel – több előnyös tulajdonsággal rendelkezik:

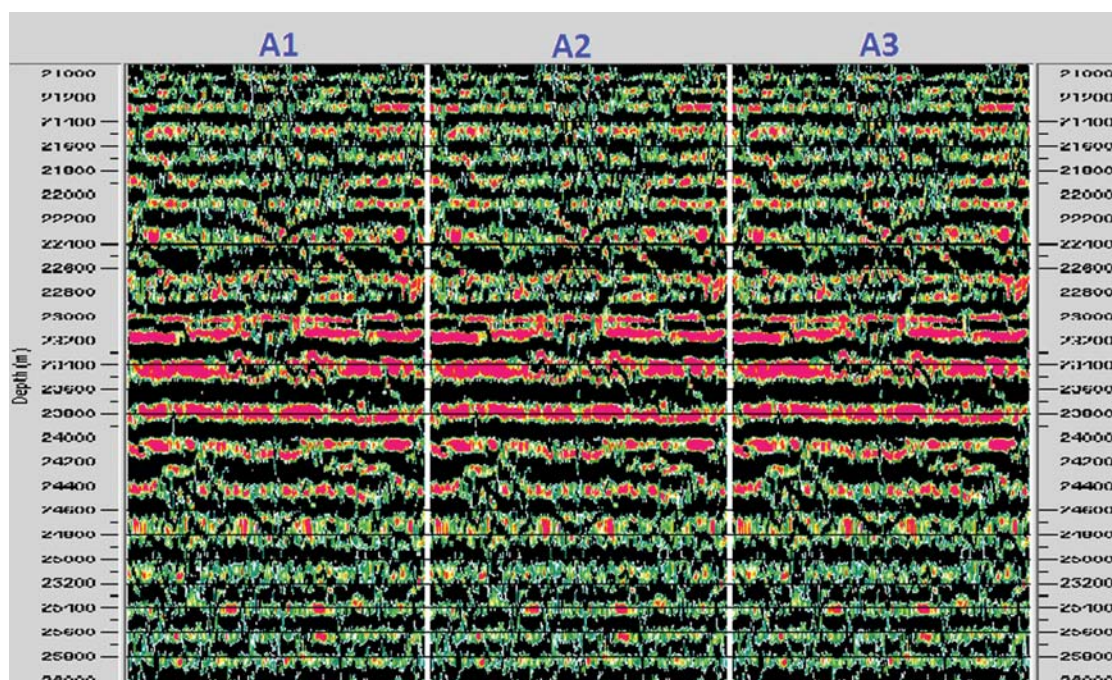
- az összegzés előtti migráció pontosabb migrált képet ad, főleg nagy laterális sebességváltozások esetén,

- a különböző észlelésű, távolságú migrált szelvényeken a migrációs zavarok felismerhetővé és eltávolíthatóvá válnak,
- a különböző észlelésű, távolságú szelvények közös mélységpont (CMP) szerint rendezve, további sebességanalízis lehetőségét adják,
- a sebességek a migrációs iterációk során egyre pontosabbá válnak, így a mélységtranszformáció megbízhatóbb lesz,
- a zavarszűrésben rendkívül hatékony összegzési technika alkalmazása az eredmény minőségét és megbízhatóságát tovább javítja,
- az időbeli migrációnál (PSTM) az általam használt ProMAX programcsomag görbülsugar-utak figyelembevételére is lehetőséget ad (*Kirchhoff-curved ray pre-stack time migration*),
- a magyarországi mélyszeizmikus kutatásban ezeket a műveleteket korábban nem alkalmazták, ezért jelentős minőségjavulás várható.

Mélységmigrációhoz az általam használt ProMAX programcsomag „Prestack Kirchhoff Depth Migration” modulját használtam. A program három megoldási lehetőséget ajánl fel. Az Implicit Eikonial Solver, a Maximum Amplitude Ray Tracing és a Multi-Arrival Ray Tracing módszert. Az Implicit Eikonial Solver módszer az amplitúdókat nem kezeli, csak a beérkezési időket veszi figyelembe, ezért csak  $x$  és  $z$  irányban kevésbé változó sebességtér mellett használatos. Előnye a gyorsasága. A Maximum Amplitude Ray Tracing módszer az amplitúdókat is figyelembe veszi, közülük egyet, a maximális amplitúdót használja. Az általam használt Multi-Arrival Ray Tracing módszer az öt legnagyobb energiával jelentkező beérkezést használja, így nagy sebességgradiensű közegekben is eredményes. Olyan esetekben is ad leképezést, amikor valamely kis sebességű betelepülés miatt a hullámfront hurkot vet, és egy adott helyen a beérkezési idő többértékűvé válik. Hátrányt jelent, hogy jelentős számítógépes kapacitás szükséges az alkalmazásá-



**2. ábra** | Az „A” szelvény három, egymást követő, közös mélységponti (leképezési) gyűjteménye az összegzés előtt elvégzett Kirchhoff-mélységmigráció után, a szelvény első harmadából  
**Figure 2** | Three consecutive common image points gathers after Kirchhoff depth migration from the first third of „A” profile

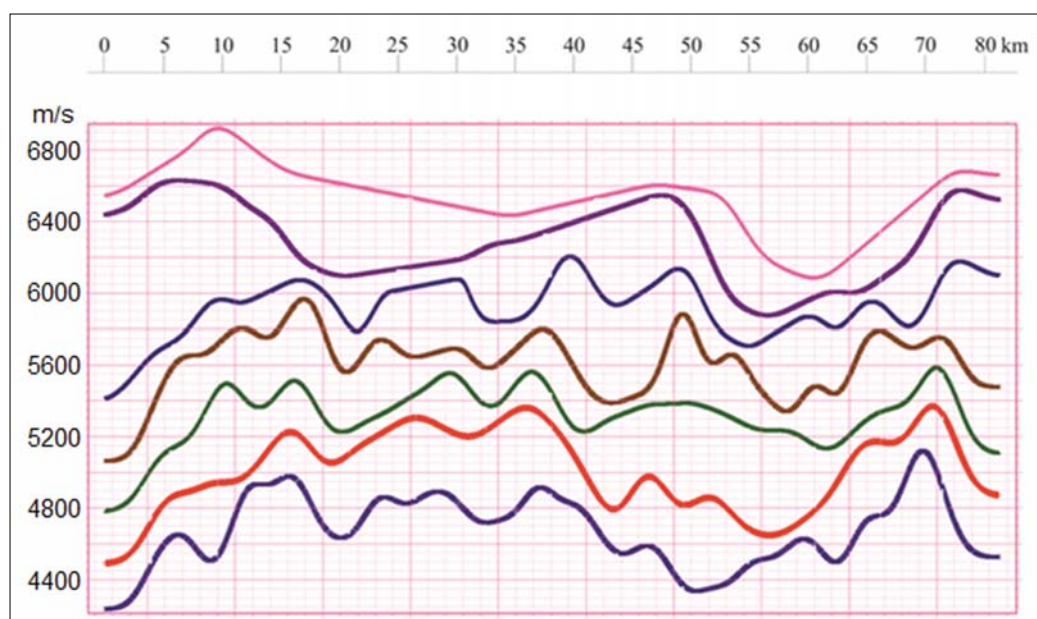


**3. ábra** | Az „A” szelvény közös mélységponti gyűjteményének (2. ábra) kinagyított, Moho környéki részlete  
**Figure 3** | Magnified detail of the Fig. 2, common image point gathers around the Moho horizon

hoz. Az általam használt fontosabb paraméterek, a migrációs fél apertúra 7000 m, kimeneti CMP köz 15 m voltak,  $90^\circ$  maximális beérkezési szög mellett.

Az összegzés előtti mélységmigráció legfontosabb bemenő paramétere a megfelelő pontosságú sebességtér. Ennek lehető legpontosabb meghatározása több lépésben történt. A sebességmező meghatározásának első lépése a bemerülő hullámos (*turning ray*) tomográfiai módszer alkalmazása

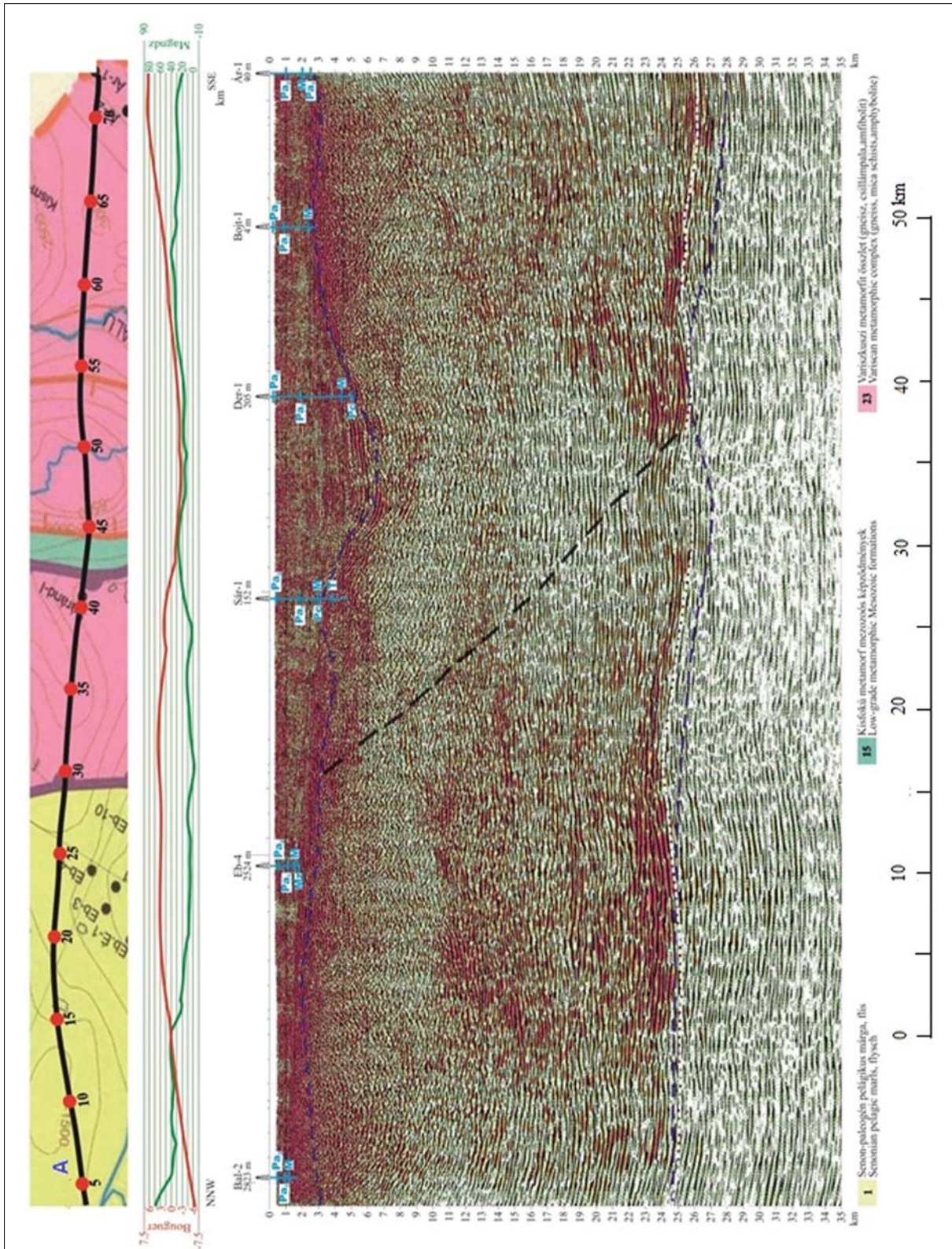
volt. A módszer behatolási mélységét a maximális offszet és a felszínközeli sebességeloszlás határozza meg. A maximális forrás–észlelési távolság esetében 2337 m és 7185 m között változott, ennek megfelelően maximum 1800 m mélységtartományra kaptam értékelhető adatokat. Második lépésben sebességspektrumok (*velocity spectra*) segítségével végeztem el a sebességanalízist. Az első sebességmeghatározás után maradék statikus korrekciót számítottam és alkalmaz-



**4. ábra** | Az „A” szelvény horizontális sebességanalízisének eredménye. Vertikális skálán a meghatározott sebességértékek (m/s), alulról felfelé haladva az 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 s horizontok mentén  
**Figure 4** | The results of the horizon velocity analysis are shown along the profile „A”. The horizons were set at 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 seconds. The results are displayed from bottom to top, respectively

tam. Ezt a műveletsort kétszer ismételt meg a sebességtér és a statikusok minél pontosabb meghatározása érdekében. A kapott sebességekkel végrehajtottam a dinamikus korrekciót. A dinamikusan korrigált CMP gyűjteményeken maradó dinamikus korrekciós értékeket határoztam meg és alkalmaztam az összegszelvény elkészítésénél.

A sebesség meghatározásnál a *velocity spectra* eljárás a nagyobb beérkezési időknél és a nagyobb sebességeknél nem elég pontos a korlátozott offszetteknel (<5000 m). Hogy javítsam a meghatározás megbízhatóságát, konstans időhorizontok mentén (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 s) horizontális sebességanalízist végeztem.



**5. ábra** | Az „A” mélységszelvény összegzés előtti mélységmigrációja (Kirchhoff PSDM)  
**Figure 5** | The prestack Kirchhoff depth migrated image of the „A” profile

A sebességértékek megbízhatósága a meghatározott *semblance*-értékkel egyenesen arányos. Ezért a 0–1 tartományú skálán a 0,3 alatti *semblance* értékű adatokat kihagytam, és az adott helyre interpoláltam a sebességet. A kapott értékeket a sebességspektrum (*velocity spectra*) eljárással meghatározott sebességtérbe illesztettem, és az értékeket simítottam. Az „A” szelvény horizontális sebességanalízisének eredménygörbéi láthatók a 4. ábrán.

A mélységmigráció elvégzése után, mint ahogy a feldolgozási lépések listájában szerepel, maradék dinamikus korrekciójavítást végeztem. Ezután az összegzés előtti CMP gyűjteményeket ellenőriztem. A szeizmogramokon a reflexiós beérkezések az észlelési távolságoktól függetlenül, vízszintesen helyezkednek el. Ez arra utal, hogy jelentős statikus vagy dinamikus korrekciós hiba nem áll fenn. Az „A” szelvény egy pontjára közlöm az eredményeket a teljes mélységtartományban (2. ábra), valamint a Moho környékét kinagyítva (3. ábra). A szeizmogramok amplitúdó szerint vannak színezve, a meleg színek a nagy pozitív amplitúdót jelölik.

A választott feldolgozási munkamenet eredményeként kapott mélységszelvények közül illusztrációként az „A” szelvényt mutatom be (5. ábra).

A közölt szeizmikus szelvény összegzés előtti mélységmigrációval készült mélységszelvény. Az 5. ábra felső részén Magyarország pre-kainozoos térképének aktuális kivágata látható a szelvény nyomvonalával. A nyomvonalon piros pontok jelölik a távolságskálát. Alatta piros vonallal a szelvény menti Bouguer-féle gravitációs anomáliák, zöld vonallal pedig a mágneses  $\Delta Z$  értékek vannak feltüntetve. Néhány jellegzetes fúrás is szerepel, vázlatos rétegsorokkal. A szelvénybe rajzolt felső kék szaggatott vonal a Pre-Tertiary Basement Contour Map (Kilényi, Sefara 1991) szerinti mélységet jelzi. Az alsó kék szaggatott vonal egy korábbi Moho-mélységtérkép adata (Eperjesi 1996, Posgay et al. 1998). A szaggatott fehér vonal az általam meghatározott Moho-horizontot jelöli. A szelvény alatt Magyarország pre-kainozoos térképéhez tartozó jelmagyarázatot közlöm (Haas et al. 2010). A szelvények amplitúdó szerint vannak színezve, a meleg színek pozitív amplitúdót jelölnek.

A szelvényeken az általam jelölt Moho-szint lokális pozitív amplitúdóanomáliával jelentkezik. A Moho-ként értelmezett felület mélységének változása jól követhető. Ugyancsak jól követhetőek a horizont menti reflexiós amplitúdó-változások is. A legnagyobb akusztikus impedanciakontraszt a neogén üledékek és mezozoos aljzatuk között lép fel. A szelvények nagy részén 14–16 km mélységben is reflektáló felületek azonosíthatók. Az alsó és a középső kéreg szerkezetének pontosabb leképezésével az eddigi ismereteinket megaladó részletekre derülhet fény.

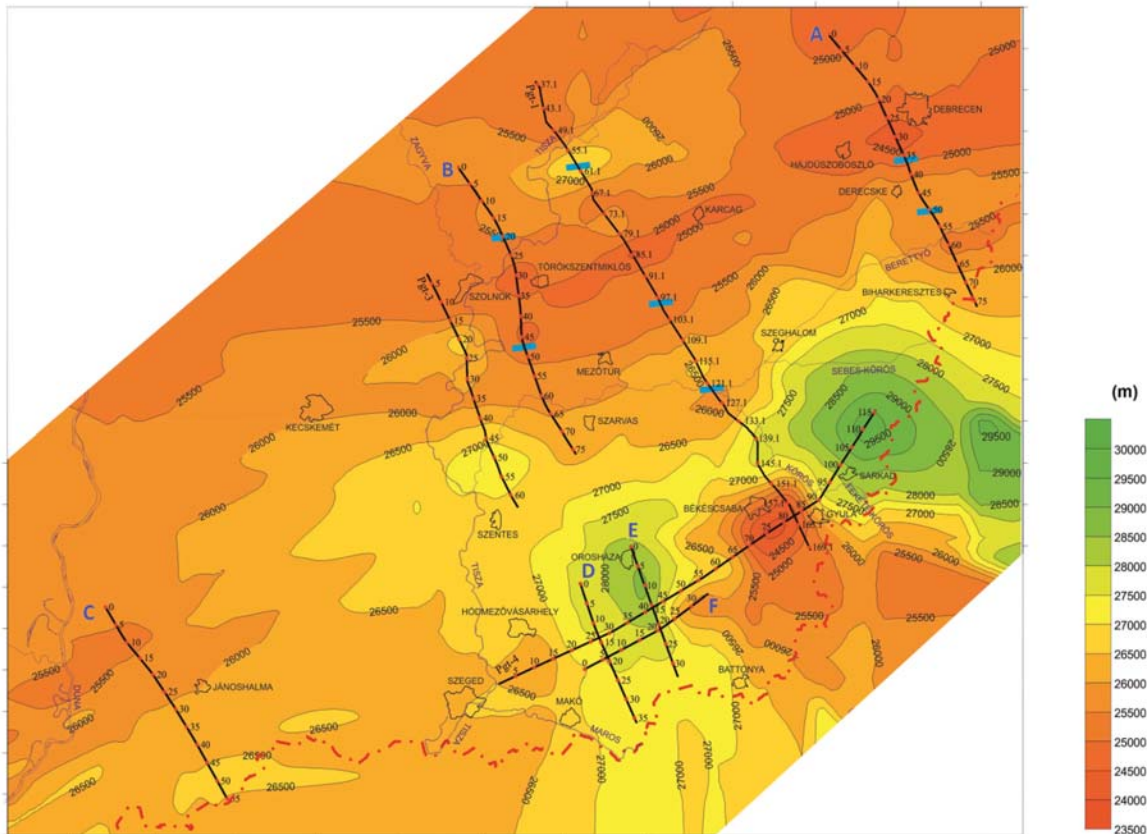
Mint az 5. ábra is mutatja, a megfelelő pontosságú sebességtér felhasználásával készült, összegzés előtti mélységmigráció (PSDM) jól értelmezhető mélységszelvényt eredményezhet a mélyszeizmikus kutatásban. Az időtartománybeli összegzés előtt végzett migrációval (PSTM) szembeni nagy előnye, hogy az idő–mélység transzformációt egy, a

migrációs eljárás során kontrollálható és javítható sebességtér felhasználásával hajtja végre. Az eredményszelvények a jövőbeli kutatási feladatok biztos alapját képezhetik.

## A terület új Moho-mélységtérképe

A Mohorovičić-felület új adatok alapján szerkesztett mélységtérképe a 6. ábrán látható. A kiegészített vonalháló több kereszteződést tartalmaz. Korábbi Moho-térképek szerkesztésénél csupán a PGT-4, PGT-1 és a PGT-1, PGT-2 kereszteződés biztosított azonos mélységpontra két független adatot. Az utóbbi a PGT-2 szelvény csekély hossza miatt csökkent súlyú, ezért a helyszínrajzon (1. ábra) nem tüntettem fel. Az 1. ábrán látható kibővített vonalháló a Battonyapusztaföldvári hátság és a Makói árok keleti, délkeleti lejtőjére vonatkozó ismereteinket sűríti („D”, „E”, „F” szelvények). Az „A” és a „B”, a PGT-1 és PGT-3 szelvényekkel együtt hálót alkot, amely a Közép-magyarországi Vonaltól délkeletre eső területet képezi le. A „rég” (90-es években készült) és az „új” szelvények mélységadatai a kereszteződésekénél jól illeszkednek, amplitúdó lefutásuk hasonló. A szeizmikus reflexiók amplitúdóinak kvantitatív összehasonlítása az eltérő feldolgozási munkamenet miatt további elemzést igényel. A Magyarország területére vonatkozó korábban készült Moho-térképek kevésbé differenciáltak (Mituch, Posgay 1972, Posgay et al. 1991, Horváth 1993, Posgay et al. 1998). A PGT jelű, mélyreflexiós szelvények elkészültéig a Moho-mélységtérképeket a refrakciós menet-időgörbékéből szerkesztett mélységszelvények adatai alapján szerkesztették meg. A refrakciós kiértékelés a gyors, de a viszonylag csekély mélységváltozást az áthaladó hullámok miatt elmosódottan jelzi. A refrakciós szelvényeken a robbantópontok száma messze alatta maradt a Pannon Geotraverz vagy a jelen feldolgozás szelvényeinek adatainál. Az 1998-ban publikált Moho-térkép (Posgay et al. 1998) már tartalmazza a Pannon Geotraverzek szeizmikus reflexiós adatait, ezért a térkép részletgazdagabb. A 2004-ben kiadott „A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza” (témavezető: Horváth, F.) kéregvastagságtérképet is tartalmaz. A térkép szerkesztésénél azt a határfelületet értelmezték Moho-nak, ahol a P hullámsebesség 8.0–8.2 km/s értékre növekedett (Horváth 2007). 2011-ben a CEL vonalakra támaszkodva, olyan Moho-mélységtérképet publikáltak (Janik et al. 2011), amely az általam vizsgált terület északi részét fedi le.

Az általam szerkesztett mélységtérkép (6. ábra) a korábbiaknál sűrűbb, 500 m-es szintvonalközzel készült, így részletesebb térképet ad. A térkép mutatja a feldolgozott szelvények nyomvonalát is. Új eredmények tartom, hogy a térképen olyan szerkezeti elemek jelennek meg, amelyek korábban csak nagyszerkezeti elemzésekben vagy Magyarország pre-kainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) kerültek felvázolásra. A Közép-magyarországi Vonallal közel párhuzamosan futó Moho-gerincevonulat korrelálható az „A” szelvény (30 km), a PGT-1 (85 km), a „B” szelvény (35 km) metszéspontjain keresztül. A PGT-3-as szelvényen



**6. ábra** | A Mohorovičić-diszkontinuitás mélységtérképe a vizsgált területen. A szelvények nyomvonalára merőleges, kék jelek a szelvényeken értelmezett elmozdulási zónák és a Moho-felület metszéspontját mutatják  
**Figure 6** | The depth map of the Mohorovičić discontinuity over the research area. The short blue bars, perpendicular to the profile's tracks marks the intersections of the interpreted weakened zones and the Moho horizon

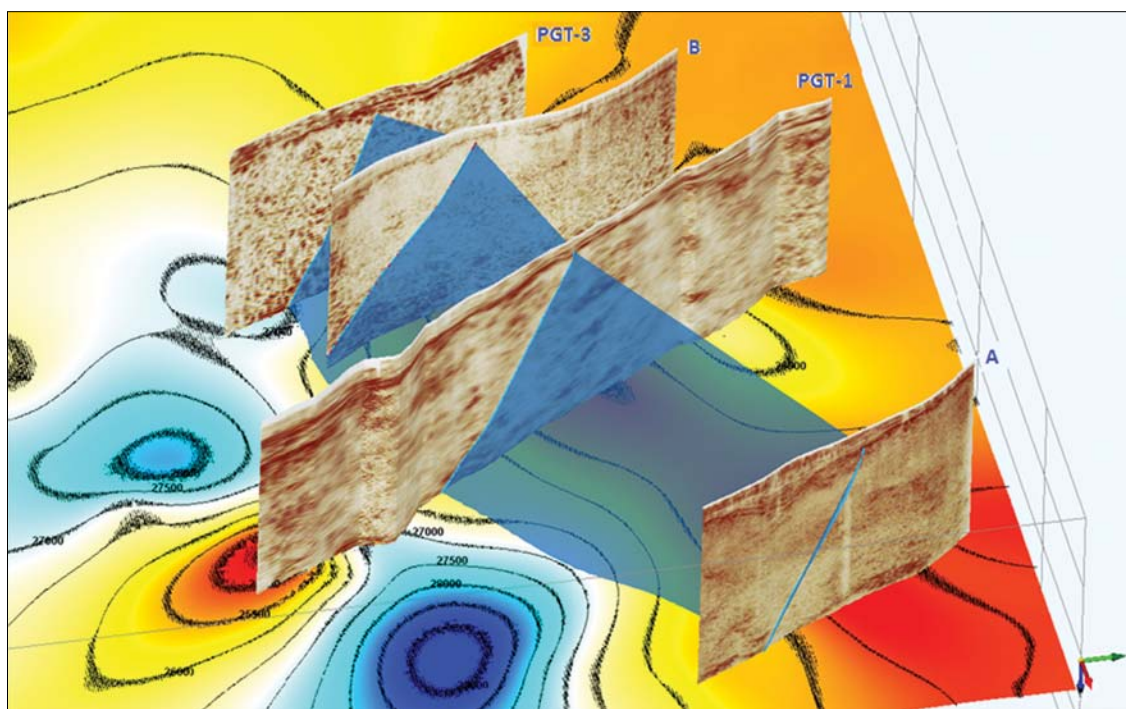
a gerincvonulat ellaposodik, és kissé északi irányban elfordulást mutat. A „C” szelvény ~5. és 13. kilométere között szintén kiemelkedést térképeztem, ennek korrelációja a PGT-3-tól az „A” szelvényig futó kiemelkedéssel a viszonylag nagy távolság miatt bizonytalan. Elképzelhetőnek tartom, hogy a PGT-3 és a „B” között egy északnyugat–délkelet irányú elmozdulás történt. A gerinc laposan dőlő délkeleti oldalát egy süllyedék zárja le, az „A” 75. szelvénykilométerére, a PGT-1 135. szelvénykilométerére, a „B”, „E” szelvények között, és a PGT-3, „D” szelvény között keresztülhaladva. A 90-es évek elejétől ismert kiemelkedést, a PGT-1 és PGT-4 között a térkép tartalmazza. Legmagasabb pontját 24000–23500 m mélység közé becsültem. A Moho-mélység a Békési medence alatt ~29500 m, a Makói árok alatt ~28500 m.

A 7. ábra az általam szerkesztett Moho-mélységtérképre ültetve mutatja a szelvényeket 3D-ben. A térkép 500 méterenként a szintvonalakat is adja. Kék áttetsző színnel ábrázoltam azt a csúszási, nyírási felületet, amely az „A” szelvényt az ott feltüntetett szaggatott fekete vonal (5. ábra) mentén metszi. Hasonló elmozdulási zónákat jelöltek a PGT-1 szelvényen Posgay és szerzőtársai (Posgay et al. 2009, Posgay et al. 2011). Az „A” szelvényen jelölt síkot követve a PGT-1 szelvényen a Posgay és szerzőtársai által jelölt elmozdulási övig, majd tovább korrelálva a „B” és

PGT-3 szelvényeken keresztül rajzolódik ki a kék áttetsző felület. A felületet az üledékes aljzattól kezdve szerkesztettem meg. A felület dőlése íves, 30–40° között változik. A szelvények között lineáris interpolációt alkalmaztam. A csúszási, elmozdulási felület keresztülmetszi a Moho szintjét a mélységtérképen megjelenő, a Makói ároktól és a Békési medencétől ÉNy-ra kialakuló mélyedés peremén. A Moho-mélységtérképen (6. ábra) az „A” szelvény nyomvonalára merőlegesen, ~50 km-nél kék jelzéssel felvittem az elmozdulási öv és a Moho-felület metszéspontját, ugyanígy a PGT-1 szelvényen is a ~121 szelvénykilométernél. Az ábrázolt sík a „B” szelvény vége után éri el a Moho-t, ezért ott nem jelöltem.

### Következtetések, összefoglalás

Az eredetileg nem kifejezetten mélyszerkezet-kutatásra tervezett szelvények is hasznos információt hordoznak a Moho mélységtartományában. Az elkészült szelvények alapján az alkalmazott feldolgozási módszer megfelelőnek bizonyult. A valódi amplitúdók megőrzésére törekedő feldolgozási munkamenet lehetőséget adott a szeizmikus reflexiók amplitúdókra támaszkodó értelmezésre. Az összegzés előtt elvégzett migrációs eljárás megbízható eredményt adott.



**7. ábra** | A Moho-mélységtérképen (6. ábra) ábrázolt szelvények egy részének térbeli helyzete. Az áttetsző kék sík a szelvényeken értelmezett, legdélebbi mozgási öv térbeli helyzetét mutatja. Az ábra jobb alsó sarkában a színes tengelyirányok a tájolást jelzik. A piros nyíl a keleti égtáj felé mutat

**Figure 7** | Moho depth map (Fig. 6) overlaid by selected profiles in perspective view. The transparent light blue plane shows one of the interpreted weakened zones. Arrows at top right corner indicate the orientation, the red arrow shows to East

A megszerkesztett mélységtérkép a korábbiaknál részletesebb, a vizsgált megaegység szerkezetét jobb felbontásban ábrázolja. A sűrűbb vonalhálózatra támaszkodva megjelöltem és perspektivikusan ábrázoltam egy olyan meggyengült mozgási övet, amely feltételezésem szerint a Tiszai egység mélyszerkezetének kialakulása során jelentős lehetett.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom a MOL Nyrt.-nak, hogy az adatokat átadták, és az újra feldolgozásukhoz hozzájárulni szíveskedtek. Köszönöm az MFGI vezetőségének, hogy a publikáció közlését engedélyezték. Köszönöm Posgay Károlynak, Hegedűs Endrének és Szalay Istvánnak a hasznos észrevételeiket, és Banciu Gábornénak az ábrák elkészítésében nyújtott segítségét.

### A tanulmány szerzője

Gúthy Tibor

### Hivatkozások

- Eperjesi B., 1996: A kéreg és köpeny határának vizsgálata a Pannon-medencében geofizikai adatok alapján. Diplomamunka, Miskolci Egyetem
- Haas J. (főszerk.), Budai T. (szerk.), Csontos L. (szerk.), 2010: Magyarország pre-kainozoos földtani térképe: M. 1:500 000. Budapest, MÁFI
- Horváth F., 1993: Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics* 226, 333–357
- Horváth F. (témavezető), 2004: A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza.

- Horváth F., 2007: A Pannon-medence geodinamikája. Akadémiai doktori értekezés
- Janik T., Grad M., Guterch A., Vozár J., Bielik M., Vozárova A., Hegedűs E., Kovács A. Cs., Kovács I., Keller R. G., CELEBRATION 2000 Working Group, 2011: Crustal structure of the Western Carpathians and Pannonian Basin: Seismic models from CELEBRATION 2000 data and geological implications. *Journal of Geodynamics* 52, 97–113
- Kilényi É., Sefara J., 1991: Pre-tertiary basement contour map of Carpathian Basin, beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. *Geophysical Transactions* 36, 1–2
- Mituch E., Posgay K., 1972: The crustal structure of Central and South-Eastern Europe based on the results of explosion seismology. *Geofizikai Közlemények, Különszám*, 118–129
- Posgay K., Albu I., Mayerova M., Nakladalova Z., Ibrmajer I., Blizkovsky M., Aric K., Gutdeutsch R., 1991: Contur map of the mohorovicic discontinuity beneath Central Europe. *Geophysical Transactions* 36/1–2, 7–13
- Posgay K., Takács E., Szalai I., Bodoky T., Hegedűs E., Jánváriné K. I., Timár Z., Varga G., Bérczi I., Szalay Á., Nagy Z., Pápa A., Hajnal Z., Reilkoff B., Mueller St., Ansorge J., Delaco R., Asudeh I., 1996: International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. *Geophysical Transactions* 40/1–2, 1–44
- Posgay K., Bodoky T., Hegedűs E., (1998): Szeizmikus litoszféraisztenoszféra-kutatás – eredmények és nyitott kérdések. *Magyar Geofizika* 39/3, 90–99
- Posgay K., Falus Gy., Kovács I., Kovács A. Cs., Bodoky T., Hegedűs E., 2009: A Tisza nagyszerkezeti egység takaróinak litoszféraisztenoszféraisztenoszféra méretű vázlata. In: *Magmás és metamorf képződmények a Tiszai egységben*. Geolitera, Szeged, pp. 11–27
- Posgay K., Bodoky T., Falus Gy., Kovács I. J., Madarasi A., Gúthy T., Hegedűs E., Kovács A. Cs., 2011: A Tisza és a száva-bükki egység szerkezetének alsó – krétabeli alakulása. *Magyar Geofizika* 52/3, 135–150