

A Hódmezővásárhely–Makói árok és a Békési medence nagymélységű nyírási zónái térbeli elhelyezkedésének közelítő meghatározása¹

POSGAY KÁROLY², BARDÓCZ BÉLA³, BODOKY TAMÁS², ALBU ISTVÁN³, GUTHY TIBOR²,
HEGEDŰS ENDRE², TAKÁCS ERNŐ²

A medencefejlődés főbb tektonikai elemeinek térbeli elhelyezkedését közelítőleg meghatározva olyan térbeli medencefejlődési modellt alakítottunk ki, amelynek alapját a szeizmikus reflexiós szelvényeken az asztenoszféráig követhető mélytörések alkotják. Az Erdélybe is áthúzódó DK-magyarországi, NyDny–KÉK irányú süllyedéksor Ny-i (Dorozsmai és Hódmezővásárhely–Makói árok felőli) részén ÉK-i dőlésű, a K-i (Belényesi és Báródi árok felőli) részén Dny-i dőlésű, enyhe lejtésű nyírási zónák alakultak ki, melyek mentén mind a szinrift, mind a posztrift fázisban jelentős (sok kilométeres) elmozdulás történt a központi (Békési és Zarándi medencék alatti) részen kis mélységbe felnyúló asztenoszféra magaslat felé. A közel ellentétesen elmozduló részek között (a központi részen) meredek dőlésű nyírási zónarendszer alakult ki. A szénhidrogén-kutatás során észlelt „kisfrekvenciás” beérkezések helyenként ennél a meredek zónarendszernél ékelődnek ki. A vázolt modell a környező terület kialakulási törvényszerűségeinek elemeit is tartalmazza.

K. Posgay, B. Bardócz, T. Bodoky, I. Albu, T. Guthy, E. Hegedűs, E. Takács: An approximate determination of the spatial position of deep shear zones of the Hódmezővásárhely–Makó Graben and of the Békés Basin

By an approximate determination of the spatial position of the main tectonic elements we establish a spatial model of basin evolution which relies on deep fractures that can be traced on seismic reflection sections down to the asthenosphere. A row of depressions running in WSW–ENE direction and stretching over even to the Transylvanian region are located in Southeast Hungary. In them slightly dipping shear zones have taken shape which are slanting on the W part (at the Dorozsma and Hódmezővásárhely–Makó Grabens) to NE and on the E part (Beiús and Vad-Borod Grabens) to SW. Along those substantial (several kilometres long) displacements took place in both the synrift and postrift phases towards a domal uplift of the asthenosphere updoming to little depth at the central part (Békés and Zaránd Basins). A system of steeply dipping shear zones was formed (beneath the central part) between the blocks moving in nearly opposite directions. The 'low frequency' reflections observed by hydrocarbon measurements are located on the flanks of the steeply dipping shear zones. The model as sketched here contains elements of formation regularities for the surrounding area as well.

1. Bevezetés

Az 1992-ben nemzetközi együttműködésben készült mélyreflexiós PGT-4 szelvény a fiatal üledékektől az asztenoszféráig érdekes eredményeket adott. A nemzetközi mérések jól illeszkedtek az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) negyed évszázados kísérletsorozatába, mellyel a szeizmikus reflexiós mérések mélységi behatolását kívánta kiterjeszteni a felső köpeny kutatására. Az eredmények szelvény menti értelmezésénél figyelembe vettük a környéken végzett geofizikai mérések és földtani munkák eredményeit is és a megfigyelése-

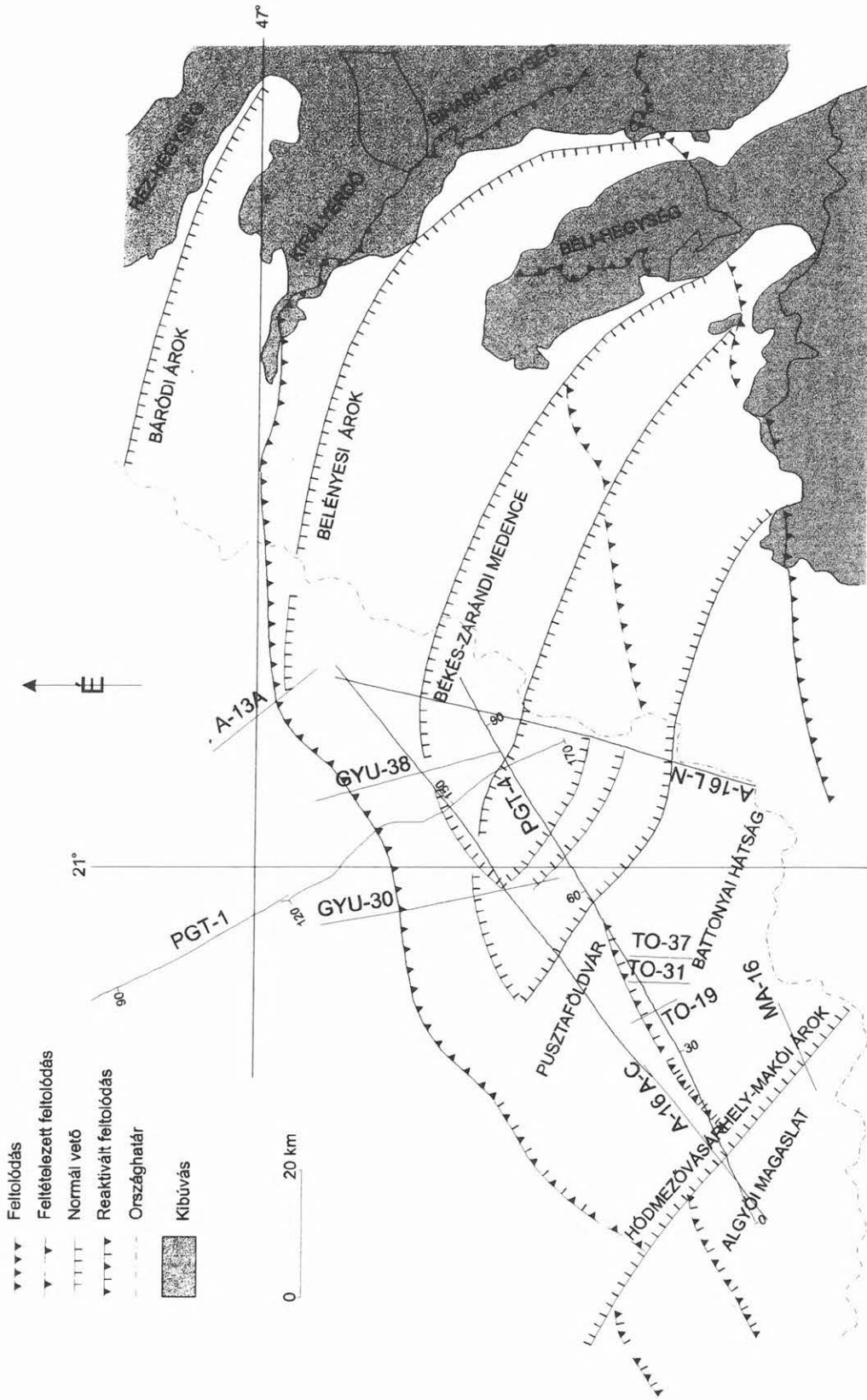
inkből következtettünk a szelvény irányában elhelyezkedő süllyedéksor szerkezetére [POSGAY et al. 1996, HAJNAL et al. 1996].

A PGT-1 és PGT-4 szelvényeken több jelentős nyírási zónára következtettünk [BODOKY et al. 1992, POSGAY 1991, 1993, POSGAY, SZENTGYÖRGYI 1991]. Ezek a nyírási zónák nagy mélységig követhetők voltak és a litoszféra jelentős részét harántolták. Az Erdélybe is áthúzódó, DK-magyarországi, fiatal medence és árokrendszer (1. ábra), [GYÖRFI 1994] fő nyírási zónái — feltevésünk szerint — az asztenoszféráig vagy annak közeléig nyúlhatnak le [POSGAY et al. 1996]. Ezek között jelentős szerepet játszottak a ma enyhén lejtő nyírási zónák. A meredeken dőlő nyírási zónák dőlésiránya hegyesszöget zár be a PGT-1 szelvénnel, melyben a nyírási felületekről viszonylag ritkán észleltünk reflexiókat. Néhány nyírási zóna (feltételezésünk szerint) több km vastag volt. Ezekben a

¹ Beérkezett: 1997. augusztus 7-én

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

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



1. ábra. DK-Magyarország és az Erdélyi-középhegység szerkezetföldtani térképe GYÓRFI [1994] alapján a mélyseizmikus [POSGAY et al. 1995, 1996], továbbá a dolgozatban felhasznált szénhidrogén-kutató szelvények [GROW et al. 1989, 1994, MATTICK et al. 1985, 1988] nyomvonalának feltüntetésével

Fig. 1. Relying on the tectonic map of SE Hungary and the Transylvanian Central Range [GYÓRFI 1994] shown are the traces of deep seismic [POSGAY et al. 1995, 1996] and hydrocarbon exploration profiles [GROW et al. 1989, 1994, MATTICK et al. 1985, 1988] that were utilized in the paper

zónákban levő egyéb felületekről kapott reflexiók amplitúdója lényegesen kisebb volt a környező reflexiókénál [POSGAY et al. 1992, 1993]. A mélyszeizmikus szelvények alapján a *nagy mélységig feltételezhető nyírási zónák irányának meghatározására történt első kísérletről* kívánunk ebben a dolgozatban beszámolni.

A színrift üledékek vékony volta és az alaphegységi reflexiók minősége a szeizmikus szénhidrogén-kutató szelvényeken nehézzé teszi a mezozoós árkok szerkezetének és az alaphegységi vetőknek a biztonságos felismerését [GROW et al. 1989, 1994]. A különböző szelvényeken feltételezhető törések közül az azonos töréshez tartozók meghatározása — a gyakorlatban használt eljárással — bizonytalan, különösen akkor, ha a szelvényháló ritka és a szelvények sokféle irányban haladnak. A litoszféra kutató szelvényeken a törések, nyírási zónák hosszabban figyelhetők meg, de a szelvények közötti távolság miatt a feltételezhető nyírási zónák összetartozásának felderítésekor több lehetőség közül választhatunk.

A vázolt bizonytalanságok csökkentésére a törések, nyírási zónák bejelöléséhez és a különböző szelvényeken látható *nyírási zónák összetartozásának meghatározására — térbeli elhelyezkedésük közelítő paramétereiknek felhasználásával — új eljárást dolgoztunk ki* (amelyet főbb vonalaiban a függelékben ismertettünk).

2. A meghatározott nyírási zónák ismertetése

Az első meghatározásnál a PGT-1 és a PGT-4 mélyszeizmikus szelvényekben (1. ábra) az ezek kereszteződésénél látható, *A* jelű nyírási zóna térbeli helyzetét állapítottuk meg. A 2. ábrán a PGT-1 migrált mélységszelvény D-i része látható. A külszíni 165,5 szelvénykilométerig meghosszabbított vonal mentén végződnek a konszolidált litoszféra mélységében, a szelvény DK-i részén észlelt, közel vízszintes felületelemek. A látszólagos dőlés $\gamma_1' = 66^\circ$. Ezzel az adattal egyeztetjük a PGT-4 szelvényből önállóan is számítható értékeket.

A PGT-4 migrált mélységszelvény ÉK-i része a 3. ábrán látható. A vizsgált *A* nyírási zóna egyes felületeiről észlelt reflexiókat egy $\gamma_4'' = 25^\circ$ -os dőlésű egyenessel közelítettük meg. A szelvény ÉK-i végén észlelt, közel vízszintes reflexiók végződésai egy $\gamma_4' = 53^\circ$ -os dőlésű egyenessel jelölhetők be. A két egyenes a felszínen 90,8 szelvénykilométernél találkozik.

A függelékben leírt összefüggésekkel a nyírási zóna dőlésére $\gamma = 70^\circ$, a szelvények irányának a

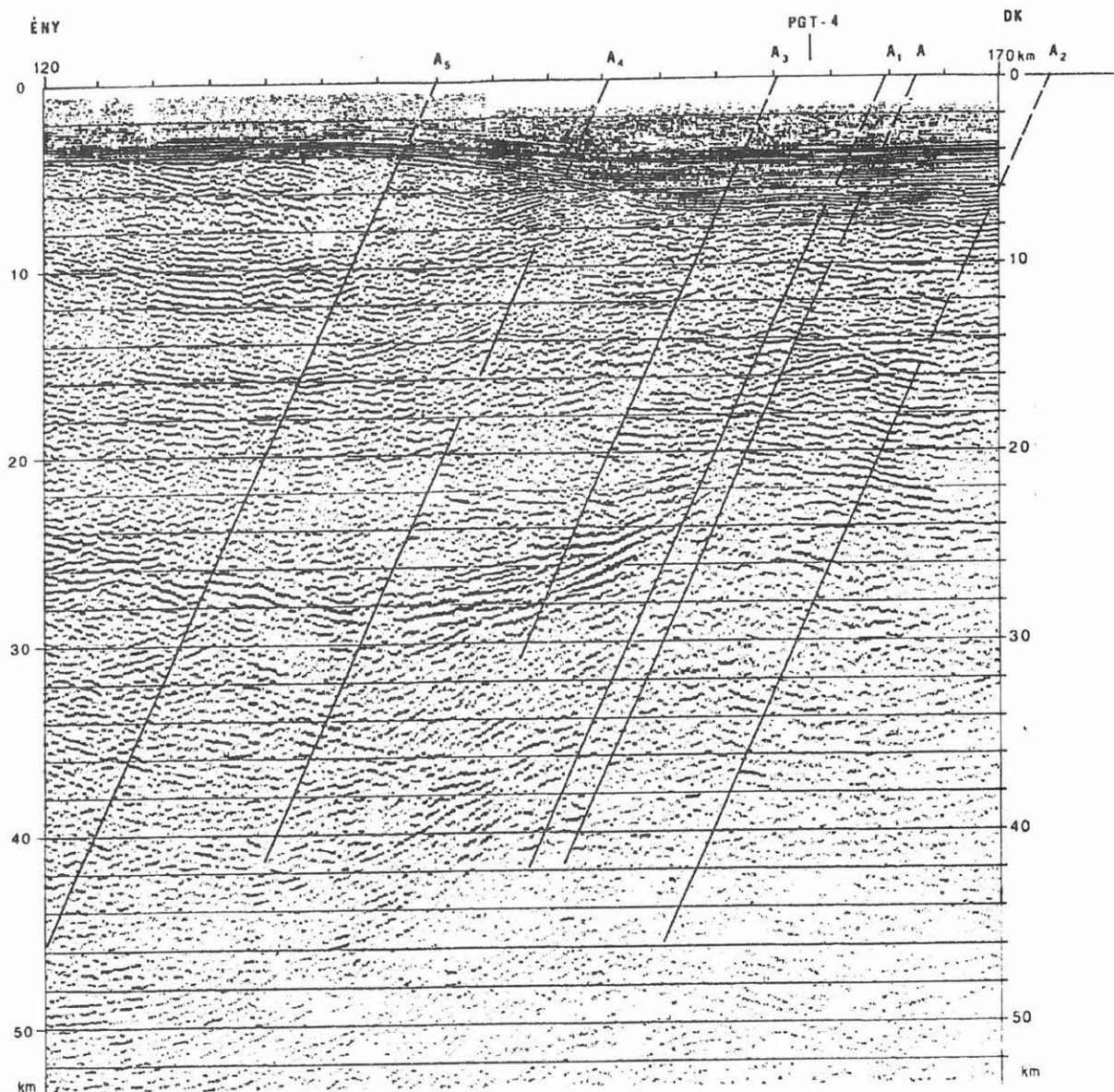
nyírási felület dőlésirányával bezárt szögére $\omega_1 = 34^\circ$ és $\omega_4 = 117^\circ$, továbbá a nyírási zóna csapásának az É-i iránnyal bezárt szögére 31° (dőlésirányára 329°) adódott. A szelvények irányának meghatározásánál a szelvény vizsgált részének irányát vettük figyelembe.

A felületek elhelyezkedési paramétereinek vizsgálata az egyes zónák szelvények közötti azonosítását megkönnyítette, de nagyobb távolság esetén mégis feltételezhető volt, hogy nem összetartozó, vagy közel párhuzamos — egymástól kis távolságra húzódó — zónákat kötöttünk össze. A hibalehetőség csökkentésére a térbeli értelmezéshez — a mélyreflexiók szelvényeken kívül — igyekeztünk publikált szénhidrogén-kutató szelvényeket is felhasználni.

Az *A* jelű nyírási zónára lehetett következtetni az A-16/A/N (1. ábra) szénhidrogén-kutató reflexiók (idő)szelvény [GROW et al. 1989, 1994] felületelemeiből is. A reflektáló felületelemek egybevágó elvégződésére határozottabb nyomokat csak a preneogén korú medencealjzat felső részén találtunk (4. ábra, Sark-ÉNy-1 fúrástól D-re). A nyírási zónáról érkező reflexiók is kimutathatók voltak (Sark-I fúrástól D-re). A bejelöléseket a neogén üledékekben az átlagsebesség figyelembevételével extrapoláltuk a külszínig. Az átlagsebességet a szénhidrogén-kutatásban meghatározott „alföldi $T_0 - H$ diagram” segítségével állapítottuk meg. A külszíni pont a PGT-1 és PGT-4 szelvények alapján meghatározott csapásba esik, és a bejelölések ($\gamma' = 41^\circ$ és $\gamma'' = 18^\circ$) dőlése is megfelel az előzőekben ismertett közelítésekkel meghatározható felületnek.

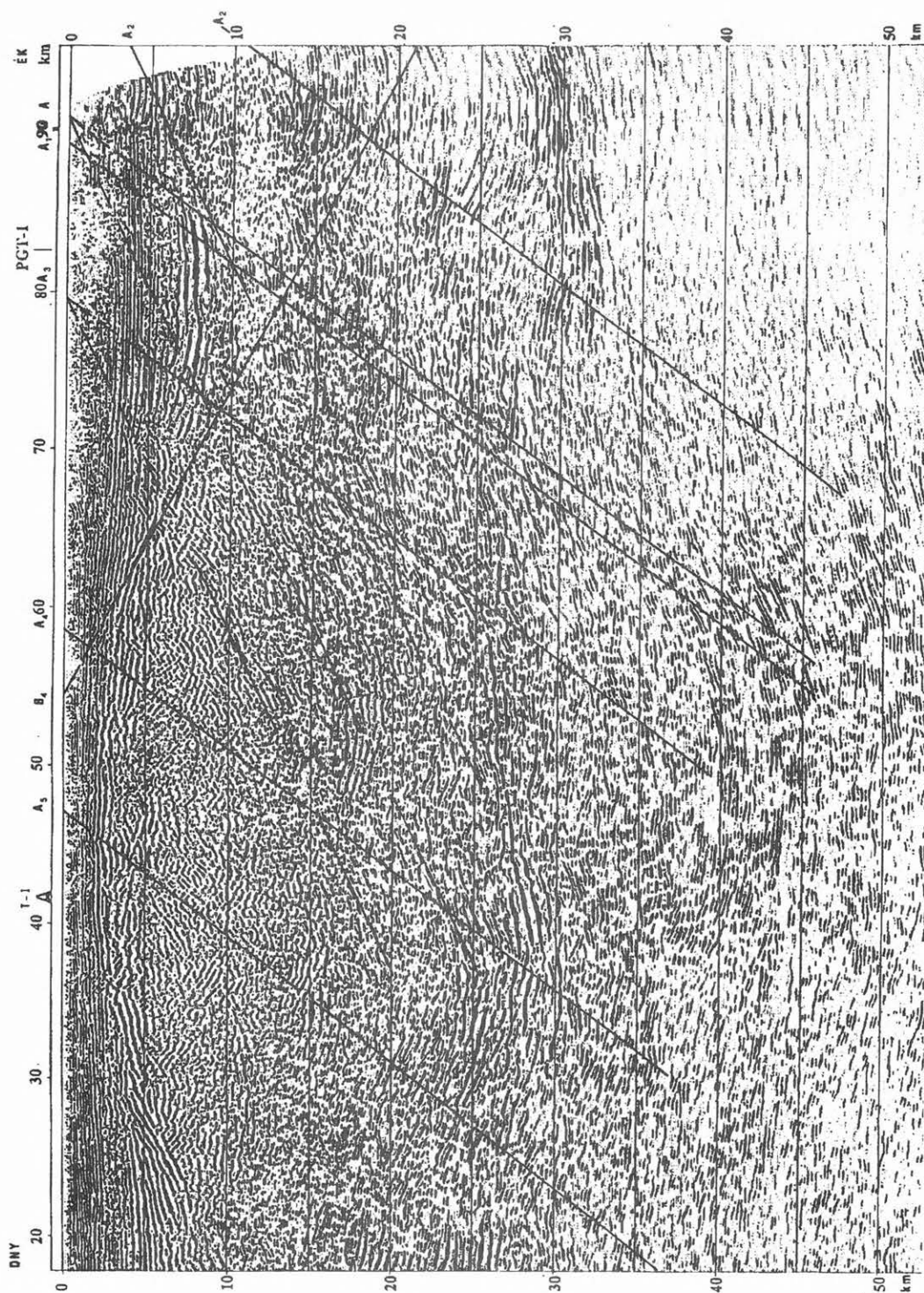
A PGT-1 szelvényen a — bejelölt nyírási zónával közel párhuzamosan bejelölhető — felületelem megszakadás sorokat találunk kb. a 120. szelvénykilométerig. A PGT-4 szelvényben is több — a fent ismertetekkel párhuzamos — felületelem végződés sor és reflexió sor bejelölhető. A maximális nyírófeszültség — izotróp, illetve a litoszférában tipikus anizotróp közegben — *párhuzamos felületrendszer* mentén hat [SEIGEL 1950], ezért feltételezhetjük, hogy a leírt jelenségből több párhuzamos nyírási zónára következtethetünk.

Az *A* zónával párhuzamosan futó nyírási zónákat *A1, A2, A3, A4* és *A5* jelöléssel különböztettük meg egymástól. Az *A1* az *A* közelében húzódik, lehet, hogy helyenként azonos zónához tartoznak. Külön bejelölését főleg a 4. ábrán látható A-16/A/N szelvény alapján tartottuk indokoltnak. Ezen a szelvényen GROW et al. [1989, 1994] a *környezetből kiugró kisfrekvenciás reflexiók beérkezéseket* figyeltek meg. Ezeknek a reflexióknak a déli végződésai a szelvényben az *A1* egyenessel közelíthetők meg, amely a feltételezett mezozoós és paleozoós köze-



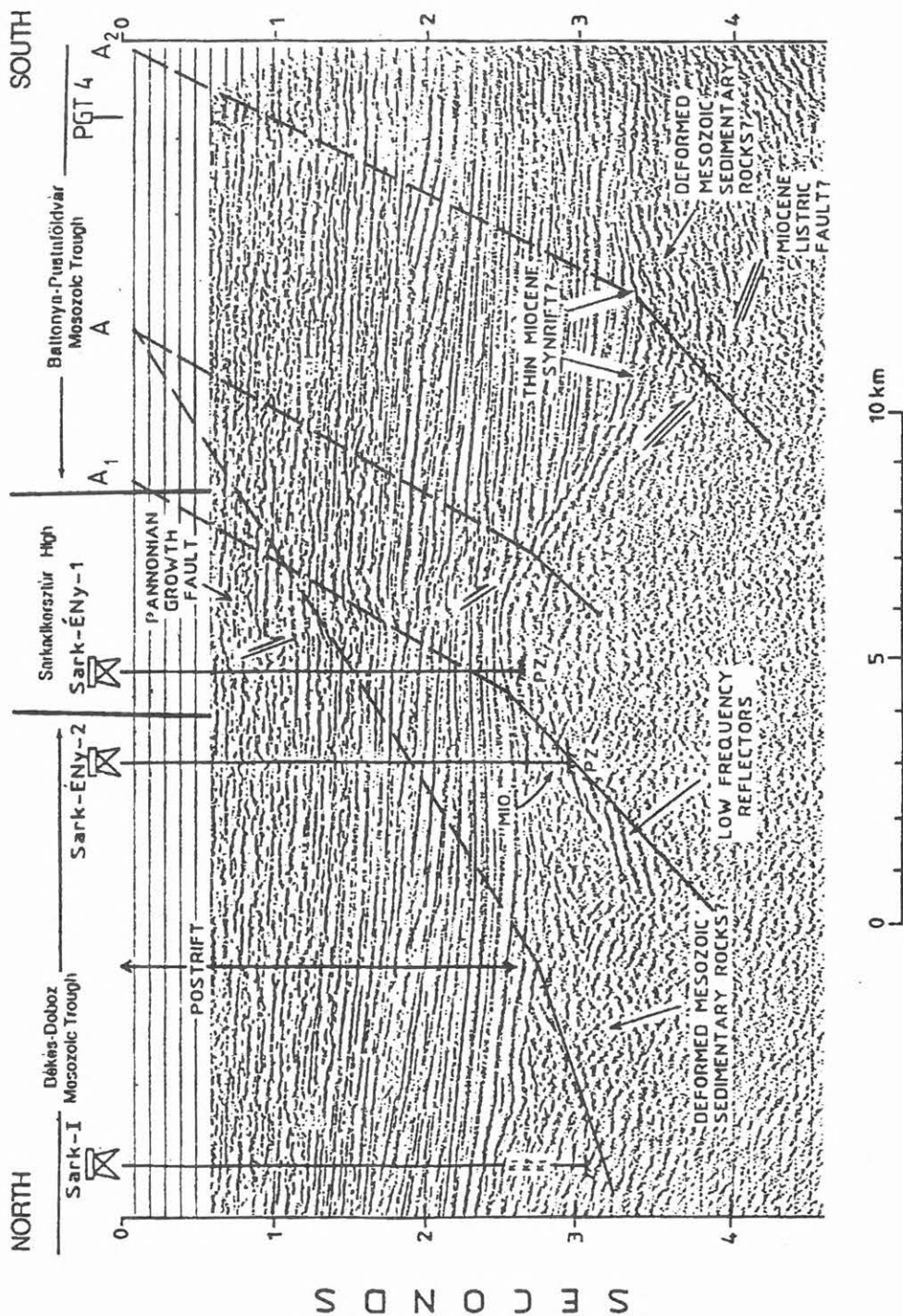
2. ábra. A PGT-1 mélyszeizmikus, migrált mélységsvélvénny [POSGAY et al. 1995] DK-i részén meghatározott A jelű nyírási zóna (PGT-1 szelvénybeni) látszólagos dőlése $\gamma_1' = 66^\circ$. A térbeli, közelítő dőlés $\gamma = 70^\circ$. A párhuzamos bejelölésekből széles, több nyírási zónából (A, A1, A2, A3, A4, A5) álló övezetre lehet következtetni

Fig. 2. Apparent dip $\gamma_1' = 66^\circ$ of the shear zone marked by A (in profile PGT-1) determined in the SE part of the deep seismic migrated time section PGT-1 [POSGAY et al. 1995]. The spatial approximate dip is $\gamma = 70^\circ$. Parallel markings allow to infer a wide belt composed of several shear zones (A, A1, A2, A3, A4, A5)



3. ábra. A PGT-4 mélyszeizmikus, migrált mélyszeizmikus [POSGAY et al. 1996] az A jelű nyírási zóna egyes részéről érkező reflexiók egy $\gamma_4'' = 25^\circ$ -os látszólagos dőlésű bejelöléssel közelíthetők. A szelvény ÉK-i részén észlelt, közel vízszintes reflektáló felületek egy $\gamma_4' = 53^\circ$ -os látszólagos dőlésű vonal mentén végződnek

Fig. 3. Reflections arriving from certain parts of the shear zone marked through A in the deep seismic migrated depth section PGT-4 [POSGAY et al. 1996] can be approached by marking with an apparent dip of $\gamma_4'' = 25^\circ$. Nearly horizontal reflecting surfaces observed in the NE part of the profile come to their end along a line having an apparent dip of $\gamma_4' = 53^\circ$



4. ábra. Az A-16/A/N szénhidrogén-kutató, reflexiós időszelvényen [GROW et al. 1994] az A jelű nyírási zóna pretercier aljzatbeli bejölésait a neogén üledékekben az átlagsebesség figyelembevételével extrapoláltuk a külszínig. A GROW et al. [1989, 1994] által megfigyelt kisfrekvenciás reflexiós beérkezések D-1 végződésai a szelvényben az A1 egyenessel közelíthetők, amely a feltételezett mezozoós és paleozoós kőzetek határán húzódhat

Fig. 4. Markings of the shear zone A within the pre-Tertiary basement in the reflection time section for hydrocarbon exploration A-16/A/N [GROW et al. 1994] were extrapolated in Neogene sediments up to the ground surface with the average velocity being considered. The Southern ends of the low frequency reflection arrivals observed by GROW et al. [1989, 1994] can be approached in the section by the straight line A1, which may run along the boundary of assumed Mesozoic and Paleozoic rocks

tek határán húzódhat. A mélyreflexiós szelvényeken az *A* zónák mentén sok helyen torlódásra lehet következtetni, ezért annak ellenére, hogy ezeket a zónákat szilárdságilag gyenge, esetenként ma is elmozdulásra képes öveknek tartjuk, elképzelhető, hogy az *A* zónák egyes részei a folyadékok, gázok számára áramlási akadályt jelentenek. A zónák modell szinten jó egybeesést mutatnak az ausztriai orogén során kialakult kompressziós tektonikai zónákkal. Ezekhez rendre kapcsolódhat az idősebb mezozoikum megjelenése, egyúttal befolyásolják a felső kréta képződmények elterjedését is. LEE és GÖNCZ [1994], továbbá MILLER és VÉGES [1994] beható vizsgálatokat végeztek a Békés-2 fúrás környékén észlelt kisméretű reflexiók minősítésére. Megállapításaik szerint a kisméretű reflexiók mezozoós kőzetekből származnak. Kis horizontális kiterjedésű, kis szeizmikus impedanciájú rétegekre következtettek, amelyek nagyobb impedanciájú kőzetekbe ágyazódtak. A Békés-2 fúrás nem adott biztató eredményeket a szénhidrogén-kutatás számára. Az *A1* zóna menti szerkezet eltér a Békés-2 fúrás környéki szerkezettől. Inkább hasonlít KOVÁCS és TELEKI [1994] által perspektivikusnak tartott szerkezettípushoz, konkrétan sztratigráfiai csapdához. Ennek figyelembevételével a jelenség további vizsgálata indokolt lehet.

Az *A3*, *A4* és *A5* nyírási zónák nyomai az A-16/C (1. ábra) szénhidrogén-kutató szelvényen [MATTICK et al. 1985, 1988] is megfigyelhetők (5. ábra). Legtisztábban az *A3* zóna menti jelleg és dőlésváltozás látszik a preneogén korú medencealjzatban.

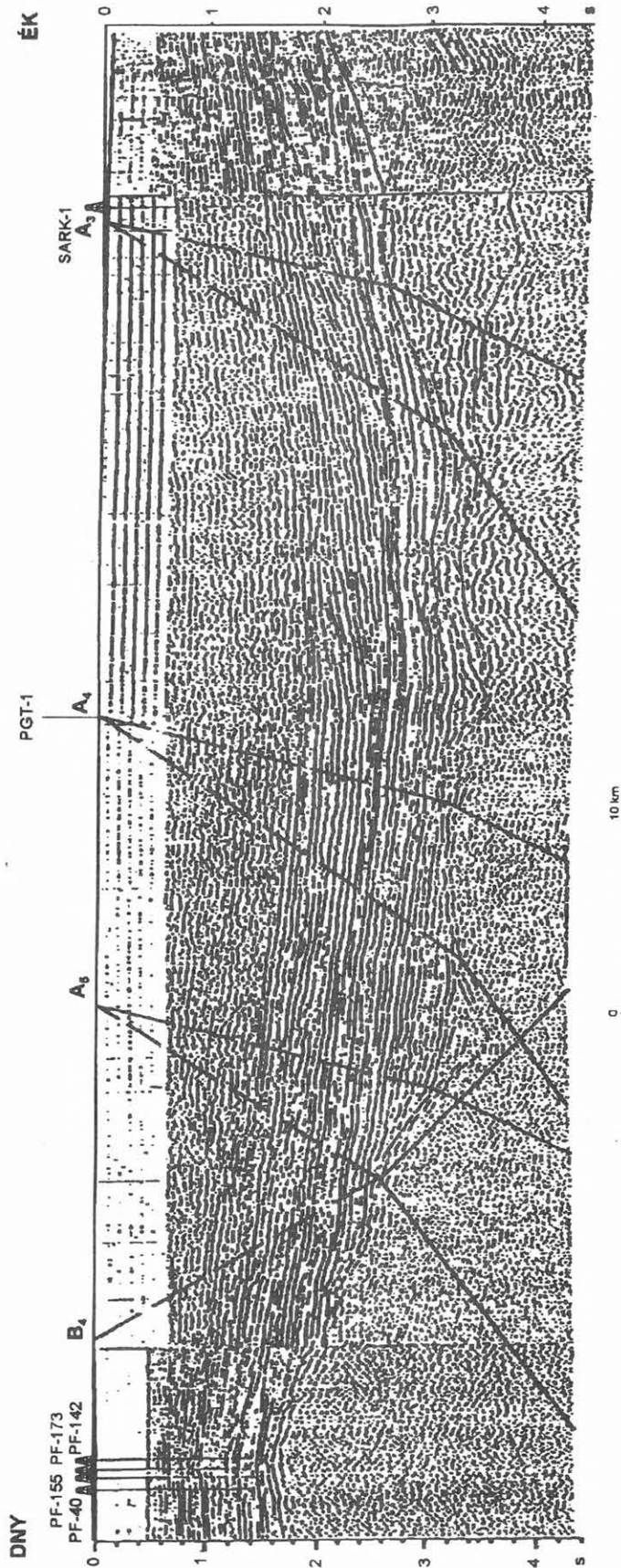
Feltételezzük, hogy az *A2* zónán (2. és 3. ábra) kívül további *A* jellegű zónák találhatók még K felé. A PGT-4 szelvényben 65–70 szelvénykilométer között, 27–30 km mélységben látható, az *A* zónáról jövő reflexiókkal párhuzamos beérkezésekből — feltevésünk szerint — arra következtethetünk, hogy a *Zarándi medence alá is áthúzódnak* ezek a mély, meredek nyírási zónák. Valószínű, hogy a keletebbre eső nyírási zónákat tételezte fel SZEPESHÁZI is [1980], amikor a Pannóniai medence neogén kori mélybe süllyedésével kapcsolatban annak É–D irányú szegélytörési övezetét említette.

A nyírási zónák harántolják a kérget, a felső köpenybe is behatolnak, és a mélyreflexiós szelvények alapján feltételezhető, hogy némelyik az *asztenoszféráig lenyúlik*. Csapásirányuk a süllyedéskor (azaz közelítőleg az elmozdulás) irányával hegyesszöget zár be. Nem értelmezhetők Riedel-töréseként, mivel RIEDEL kísérleteinek [1929] alapfeltevése szerint a törések olyan alap mélytörése felett keletkeznek, amelynek szilárdsága jelentősen meghaladja azét a közegét, amelyben a törések kelet-

keztek. A mélytörés két oldalán lévő alaprészek ellentétes irányú mozgásakor — RIEDEL szerint — a felső közegben felfelé táguló, ék alakú töréses zóna alakul ki. Tekintettel arra, hogy az *A* zónarendszer a litoszférát az annál képlékenyebb asztenoszféraig harántolja és ék alakú szerkezete sem tételezhető fel, véleményünk szerint az *A* nyírási zónarendszer keletkezése egyszerű nyíráshoz közel álló igénybevételre vezethető vissza.

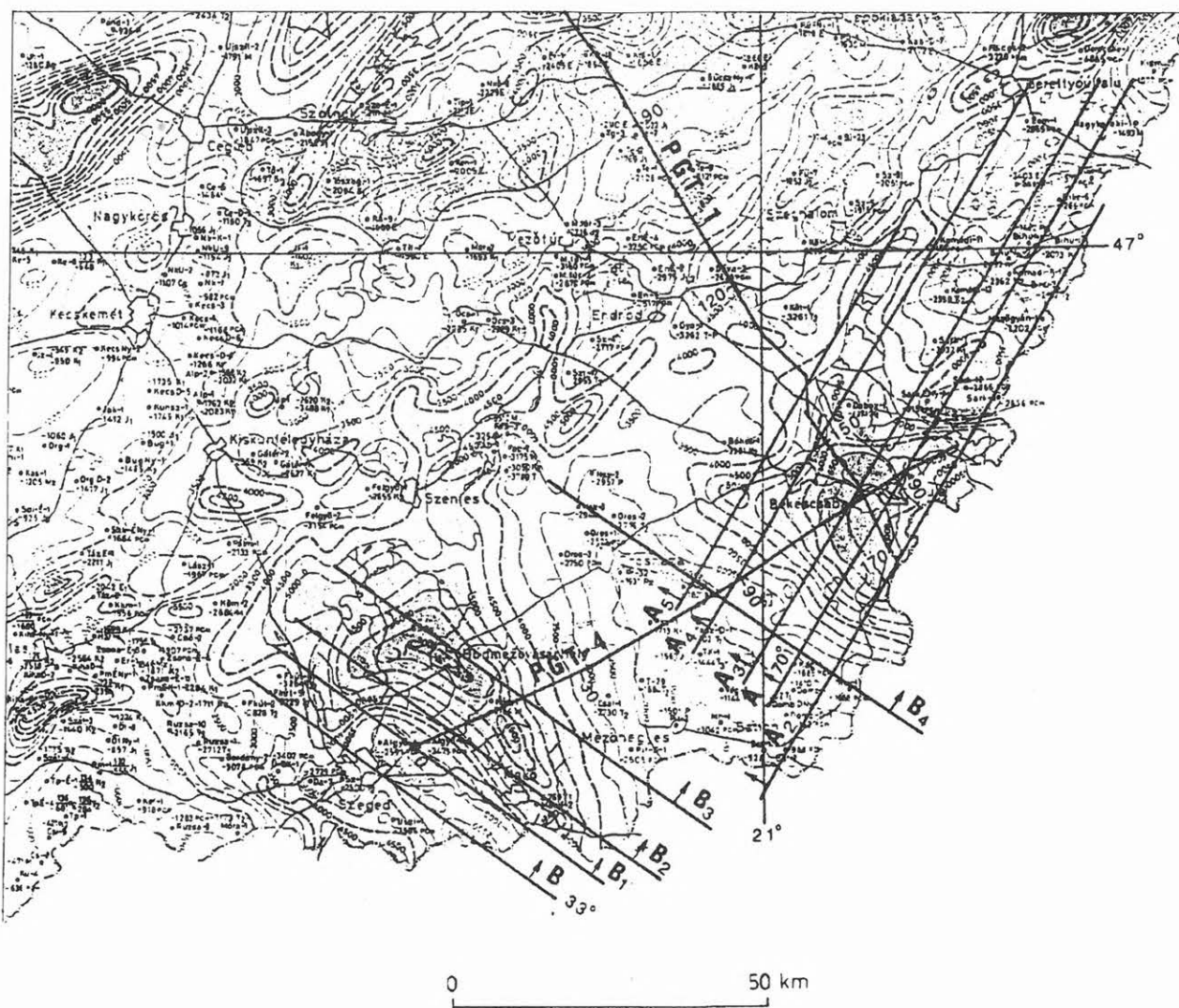
Az *A* típusú nyírási zónák csapását a pretercier korú medencealjzat térképén [KILÉNYI et al. 1991] ábrázolva (6. ábra) látható, hogy Békési medencétől ÉNy-ra lévő területen is több ÉK–DNy irányú árkot és medencealjzat magaslat sort találunk, melyek iránya jól egyezik az *A*-val jelölt nyírási zónarendszer 31°-os csapásirányával. Ilyen pl. a Kismarja–Körösszegapáti–Komádi–K–Sarkad-i magaslat sor, vagy a Békés-vályúként jelölt árok. Az árkot keresztező A-13/A szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényből [GROW et al. 1989, 1994] is lehetett az *A3* és *A4* zónákra következtetni (7. ábra). A Gyu-38 szelvényen [GROW et al. 1989, 1994] szintén bejelöltük ezeket a zónákat (8. ábra). Mindkét szelvényen csak a medencealjzatban, annak felszíne közelében található meg a törésre utaló reflexióvégződés és hirtelen dőlésváltozások, amelyek esetleg a mezozoós képződmények megjelenésével lehetnek kapcsolatban. A Gyu-30 szénhidrogén-kutató szelvényen [GROW et al. 1989, 1994] az *A4* jelzésű zónától D-re újabb kisméretű beérkezéskor is látható az A 16-A/N szelvényhez hasonló szerkezeti helyzetben (9. ábra). Az elmondottak alapján feltételezhető a nyírási zónarendszer több tíz négyzetkilométeres kiterjedése.

Figyelemre méltó, hogy az egyes nyírási zónáknál a (22–28 km mélységben található) kéreg–köpeny határ dőlése megváltozik, helyenként szintkülönbség is jelentkezik. A kéreg–köpeny határ fel-domborodása — a süllyedéskor tengelyére közel merőleges PGT-1 szelvényen — szembeötlő. Az *A* és *A3* nyírási zónák között emelkedése a 26°-ot is eléri. Az *A4* és *A5* zónák között viszont mind a PGT-1, mind a süllyedéskor hossz tengelyével kis szöget bezáró PGT-4 szelvényen világosan látszik a kéreg–köpeny határ DK-i dőlése. A PGT-1 és PGT-4 szelvényekben az *A4* és *A5* nyírási zónák között feltételezett kéreg–köpeny határ felületet síkkal megközelítve közel 20°-os, É-től mért 120° irányú dőlést, azaz 30°-os csapásirányt kapunk. Az *A3* és *A4* jelölésű nyírási zónák között a kéreg–köpeny határ dőlése 13°, dőlésiránya 306°, azaz csapása 36°. Feltűnik, hogy mindkét felületrészt csapása közel egyezik az *A* zónarendszer csapásirányával, amiből arra következtethetünk, hogy a nyírási



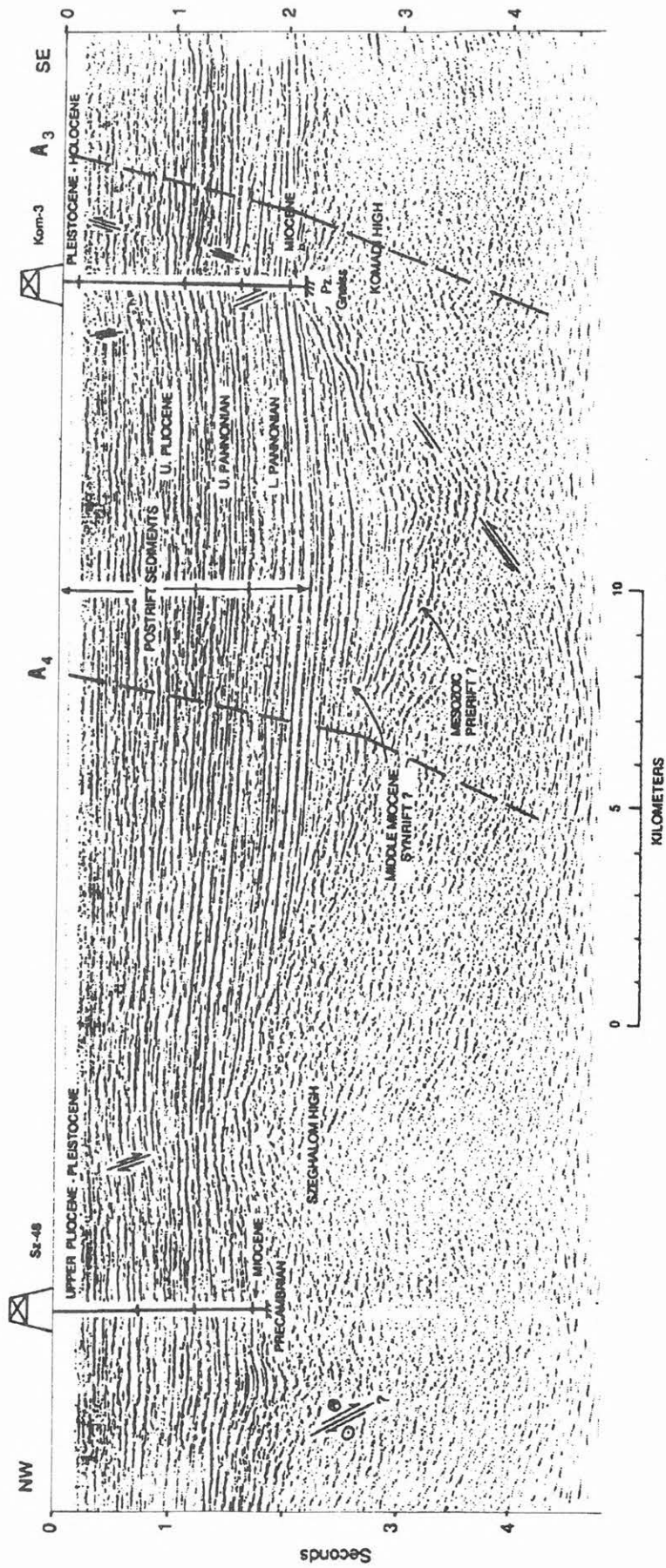
5. ábra. Az A-16/C szénhidrogén-kutató szelvényt [MATTICK et al. 1985, 1988] keresztelő zónák közül az A3 és a B4 nyírási zónák menti jelleg és dőlésváltozás látszik a legjobban a preneogén korú medencealjzatban

Fig. 5. From zones crossing the hydrocarbon exploration profile A-16/C [MATTICK et al. 1985, 1988] it is along the shear zones A3 and B4 where the change in character and dip is the most conspicuous in the basin's bottom of pre-Neogene age



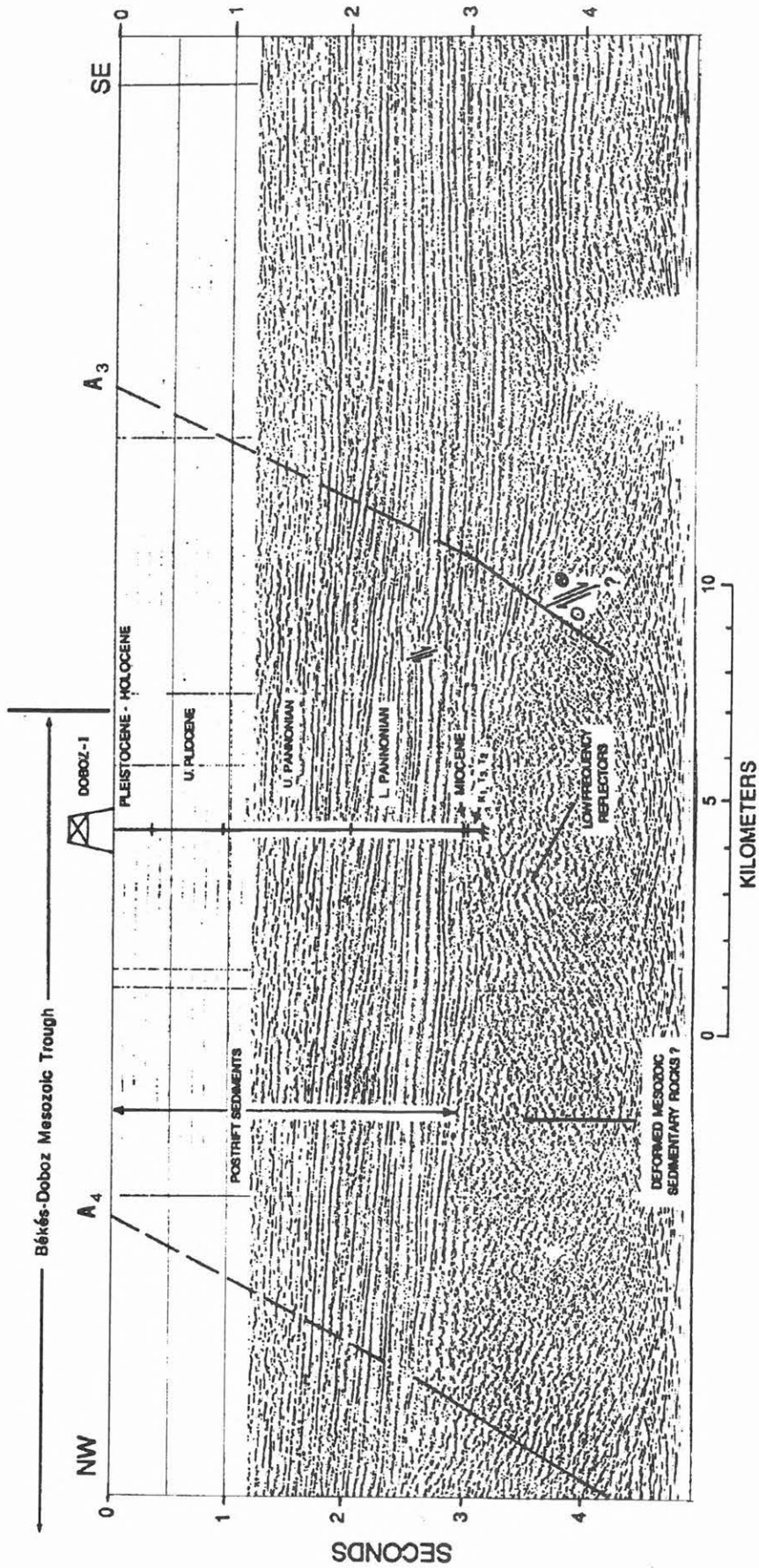
6. ábra. Az A és B jelölésű nyírási zónák közelítő síkja külszíni csapásának és dőlésének feltüntetése a pretercier korú medencealjazat KILÉNYI et al. [1991] által megszerkesztett mélységtérképén

Fig. 6. Presentation of strike and dip on the ground surface of the approximate plane of the shear zones A and B on the depth map of the pre-Tertiary basin's bottom compiled by KILÉNYI et al. [1991]



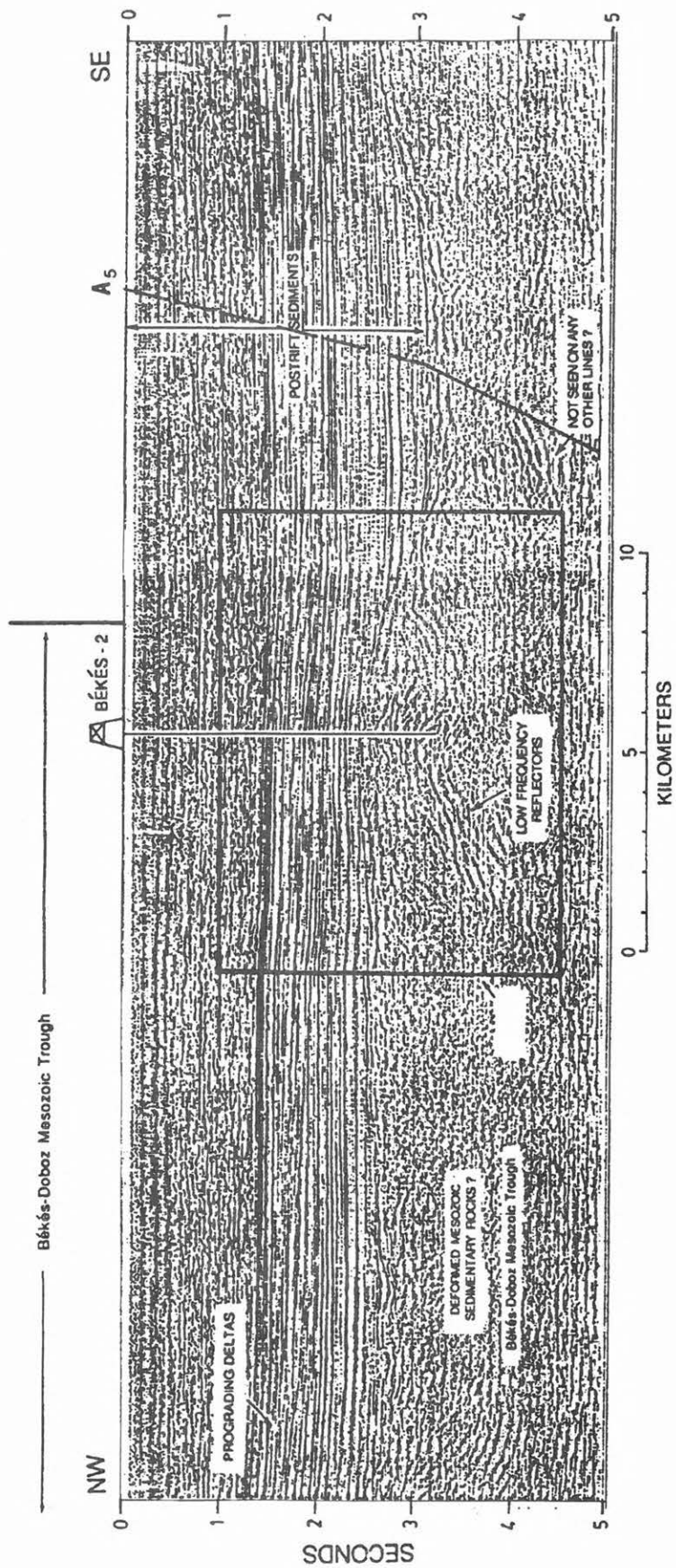
7. ábra. Az A-13/A szénhidrogén-kutató szelvény [GROW et al. 1989, 1994] harántolja a Békés-vályút, melynek kialakításában a hossz tengelyével közel párhuzamos csapású A3 és A4 nyírási zónák szerepet játszottak

Fig. 7. The hydrocarbon exploration profile A-13/A [GROW et al. 1989, 1994] crosses the Békés through, in the formation of which the shear zones A3 and A4 having a strike nearly parallel to its longitudinal axis may have taken part



8. ábra. A Gyu-38 szénhidrogén-kutató reflexiós szelvény [GROW et al. 1994]. A bejelölt nyírási zónákra csak a pretercier korú medencealjzatban, annak felszíné közelében jelentkező zavarokból lehetett következtetni

Fig. 8. The reflection profile Gyu-38 of hydrocarbon exploration [GROW et al. 1994]. The marked shear zones can be inferred only from the disturbances appearing in the pre-Tertiary basin's bottom, in the proximity of its surface



9. ábra. A Gyu-30 szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényen [GROW et al. 1989, 1994] az A4 nyírási zóna közelében is jelentkeztek a viszonylag kis frekvenciás (10–12 Hz) beérkezések

Fig. 9. Relatively low frequency (10–12 Hz) arrivals appeared also in the proximity of the shear zone A4 along the seismic profile Gyu-30 of hydrocarbon exploration [GROW et al. 1989, 1994]

zónák között jelentős közettömbök mozdultak el és mozgásukban a szomszédos közettömbök elmozdulása szerepet játszhatott. Regionális léptékben megengedhetőnek tartjuk annak feltételezését, hogy az ausztriai orogént követő idő során nagyobb terület képződményei változtatták meg (rotációs és csúszo mozgással) eredeti orientáltságukat.

A DK-magyarországi földrengések epicentrumainak elhelyezkedése jól közelíthető az előzőkben leírt (É-i) 31°-os csapásiránnyal. A 10. ábrán — a Közép-Európában az utolsó ezer évben megfigyelt, az MSK-64 skála szerint 5°-nál nagyobb intenzitású földrengés térképére — [PROCHÁZKOVÁ 1995] bejelöltük az *A* nyírási zónarendszer közelítő csapásirányát. Ennek alapján valószínű, hogy a zónarendszer mentén még ma is vannak elmozdulások.

A Hódmezővásárhely–Makói árok kialakulásában döntő szerepet játszó és azt DNy-ről határoló, *B*-vel jelölt nyírási zóna a PGT-4 litoszféra–asztenoszféra kutató szelvényen határozottan jelentkezik (11. ábra). A szelvény DNy-i részén (helyenként 2 km) vastagságú (27–28° látszólagos dőlésű) zavarzóna látszik, melyben sok hasonló dőlésű reflexió figyelhető meg. Ezek a reflexiók nyomozhatók a GROW és társai [1989, 1994] által publikált Ma-16 szénhidrogén-kutató reflexiós szelvényen is. A fő törést (kérdőjellel) be is jelölték (12. ábra). A nyírási zóna mentén megfigyelhető dőlésváltozásból és reflexiós nyomokból az A-16/A [MATTICK et al. 1988] szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényen is bejelölhető a *B* zóna (13. ábra).

Sík felülettel történt közelítéskor az É-i iránnyal 35°-ot bezáró dőlésirány és $\gamma = 33^\circ$ dőlésszög érték adódott. A dőlésirány a szelvényekkel viszonylag hegyes (30°-os, illetve az A-16/A esetében 24°-os) szöveget zár be. Ilyen kis iránykülönbségnél és kis dőlésszögeknél a reflexióvégződésekből és a zónák mentén jelentkező reflexiókból adódó látszólagos dőlés csak kb. 1°-kal tér el, ezért nem kíséreltük meg megkülönböztetésüket. A nyírási zóna csapásiránya lényegében egyezik GYÓRFI [1994] szerkezeti térképén — a Hódmezővásárhely–Makói árok DNy-i oldalán — látható normál vető csapásirányával (1. ábra).

A Hódmezővásárhely–Makói árok környékén és a Békési medence DNy-i részén a *B* zónával közel párhuzamos nyírási zónákra következtettünk, melyeket *B1*, *B2*, *B3* és *B4*-gyel jelöltünk (11. ábra). A *B*-vel jelölt zónákat az A-16/A szelvényen is meg lehetett figyelni (13. ábra). Valószínűsíthető, hogy a csökkent szilárdságúvá vált zónák mentén — a húzófeszültségek hatására — a fedő kőzetek megcsúsztak és az elmozdulás a meggyengült nyírási zónák mentén volt a legjelentősebb [POSGAY et al.

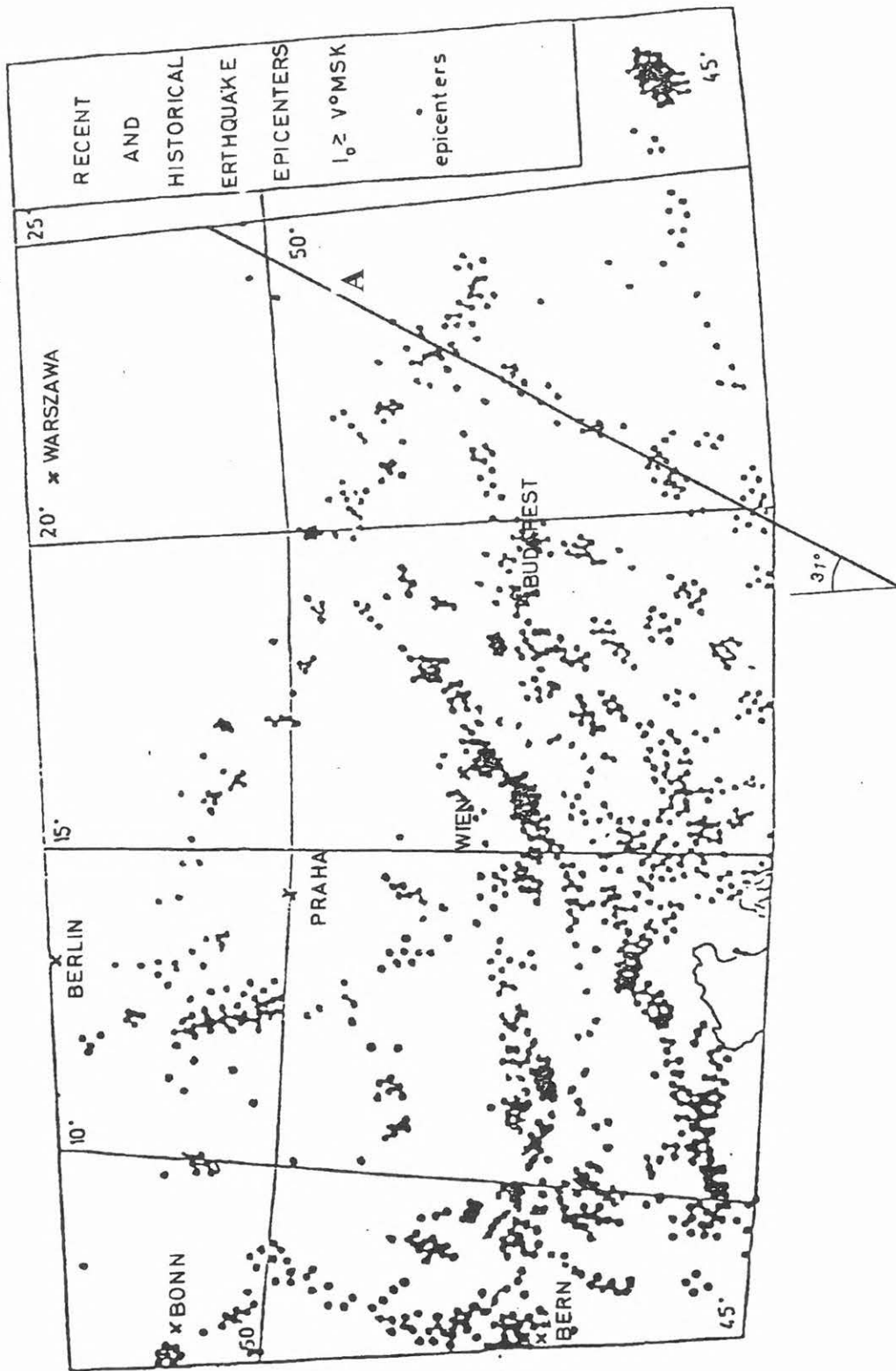
1996]. Ezért a Hódmezővásárhely–Makói áron belül is 2–3 részárók keletkezett, melyekre a fiatal medenceüledékek struktúrájából is következtethetünk.

A Békési medence DNy-i oldalában az 5. és 11. ábrák alapján szintén valószínűsíthető a *B* zónarendszerbe tartozó mélytörés (*B4*), amely az A-16A/L szénhidrogén-kutató szeizmikus reflexiós szelvény [MATTICK et al. 1985, 1988] D-i részén is jól bejelölhető (14. ábra). A preneogén korú medencealjzat térkép szintvonalainak a — Pusztaföldvár–Battonya-i hátság és a Békési medence közötti — lefutása szintén alátámasztja ezt az elképzelést (6. ábra).

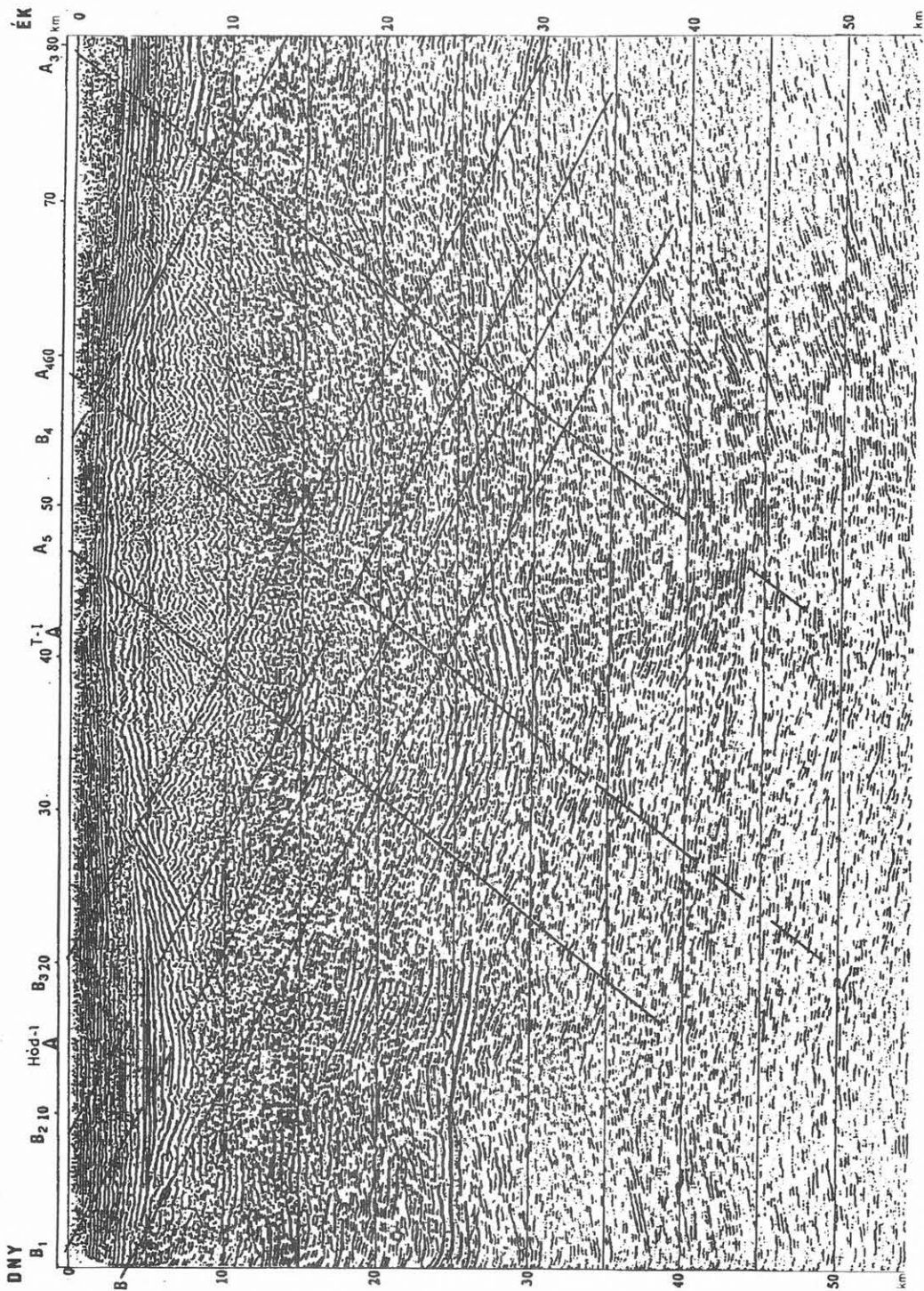
A T-I fúrásban rétegismétlődésből felső kréta korú feltolódásra következtettek, melyet a miocénben extenziós elmozdulás követhetett [GROW et al. 1989, 1994]. A To-31 szelvényen ezt a törést fel is tüntették. A 15. ábra az általuk közölt szelvényt mutatja a saját bejelölésünkkel kiegészítve. A törést *C*-vel jelöltük. A PGT-4 szelvény (16. ábra) a T-I fúrás közelében keresztezi a To-31 szelvényt. A törés ezen a szelvényen jól meghatározhatóan rajzolódik ki. A *C* törést bejelöltük a GROW et al. [1989, 1994] által közölt To-37 szelvényre is (17. ábra). A három szelvényben bejelölt felület síkkal közelítve 22° — É-től mért — dőlésirányt és 32° dőlésszöveget határoztunk meg. A *C* törés a *B* nyírási zónával közel párhuzamos. A felület térbeli elhelyezkedése is valószínűsíti azt a feltételezést, hogy a korábbi feltolódási sík mentén a neogén medence keletkezésekor extenziós mozgás történt. A *B* jellegű nyírási zónarendszer közelítő síkjának É-től mért dőlésiránya 35°, dőlésszöge 33°. Az az erőhatás, amelyik a *B* zónarendszer menti elmozdulásokat létrehozta, az — anizotrópia tényezőként felfogható [SEIGEL 1950] — közel párhuzamos *C* törési felület mentén hasonló elmozdulást okozhatott.

A leírtak alapján kialakuló összkép megengedi azt a feltételezést, hogy az átlagosan kevésbé mélyre hatoló *B* zónarendszer (a *C* törés menti extenziós mozgással együtt) lényegesen fiatalabb az *A* nyírási zónarendszernél. Ebben az esetben az *A* nyírási zónarendszer is egy korábbi, hozzá hasonló elhelyezkedésű — anizotrópia tényezőként felfogható [SEIGEL 1950] — nyírási zónarendszer felújulása lehetne, amely a *B* zónarendszer menti elmozdulásokat elősegítette.

A GROW et al. [1989, 1994] által — a To-31 és To-37 szelvényekre — bejelölt prekambriumi korú paleozoós aljzat felszínét a *D* síkkal közelítettük és

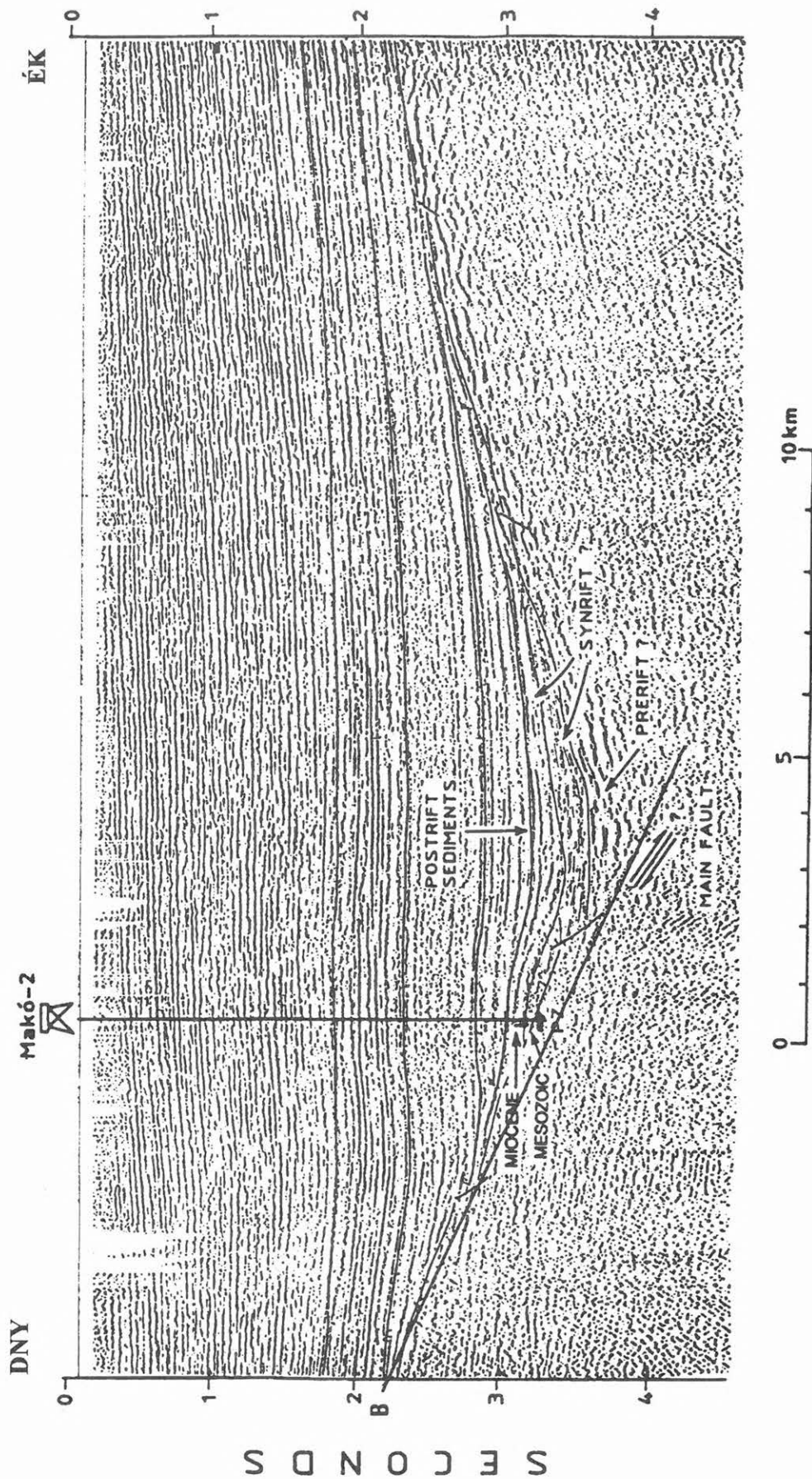


10. ábra. A PGT-1 és PGT-4 mélyszéizmikus szelvények kereszteződésénél meghatározott, a litoszférát harántoló *A* nyírási zónák csapásirányának feltüntetése a Közép-Európában az utolsó ezer évben megfigyelt, az MSK-64 skála szerint 5°-nál nagyobb intenzitású földrengés-térképen [PROCHÁZKOVÁ 1995]
 Fig. 10. Showing the strike direction of shear zones *A* cutting through the lithosphere which were determined at the crossing of the deep seismic profile PGT-1 and PGT-4 on the map of earthquakes having an intensity over 5° on the MSK-64 scale in Central Europe for the last thousand years [PROCHÁZKOVÁ 1995]



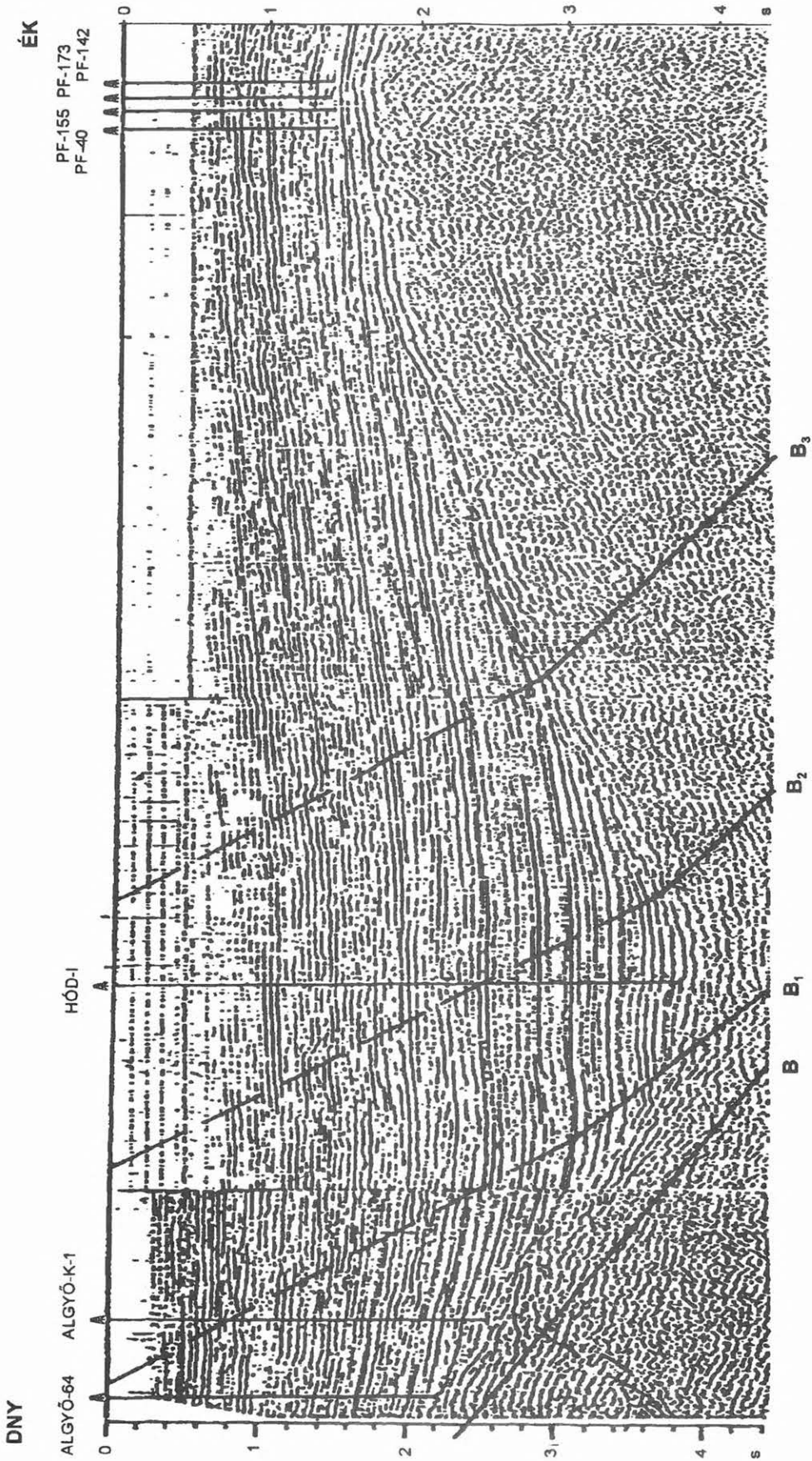
11. ábra. A Hódmezővásárhely–Makói árkot létrehozó és azt DNY-ról határoló, B-vel jelölt és vele párhuzamos nyírási zónák közelítő bejelölése a PGT-4 litoszférasztenoszféra kutató szelvényen [POSGAY et al. 1996]

Fig. 11. Approximate marking of shear zones creating the Hódmezővásárhely–Makó graben, bordering it on its SW side and running parallel to it that are designated through B, along the profile PGT-4 for lithosphere–asthenosphere investigation [POSGAY et al. 1996]



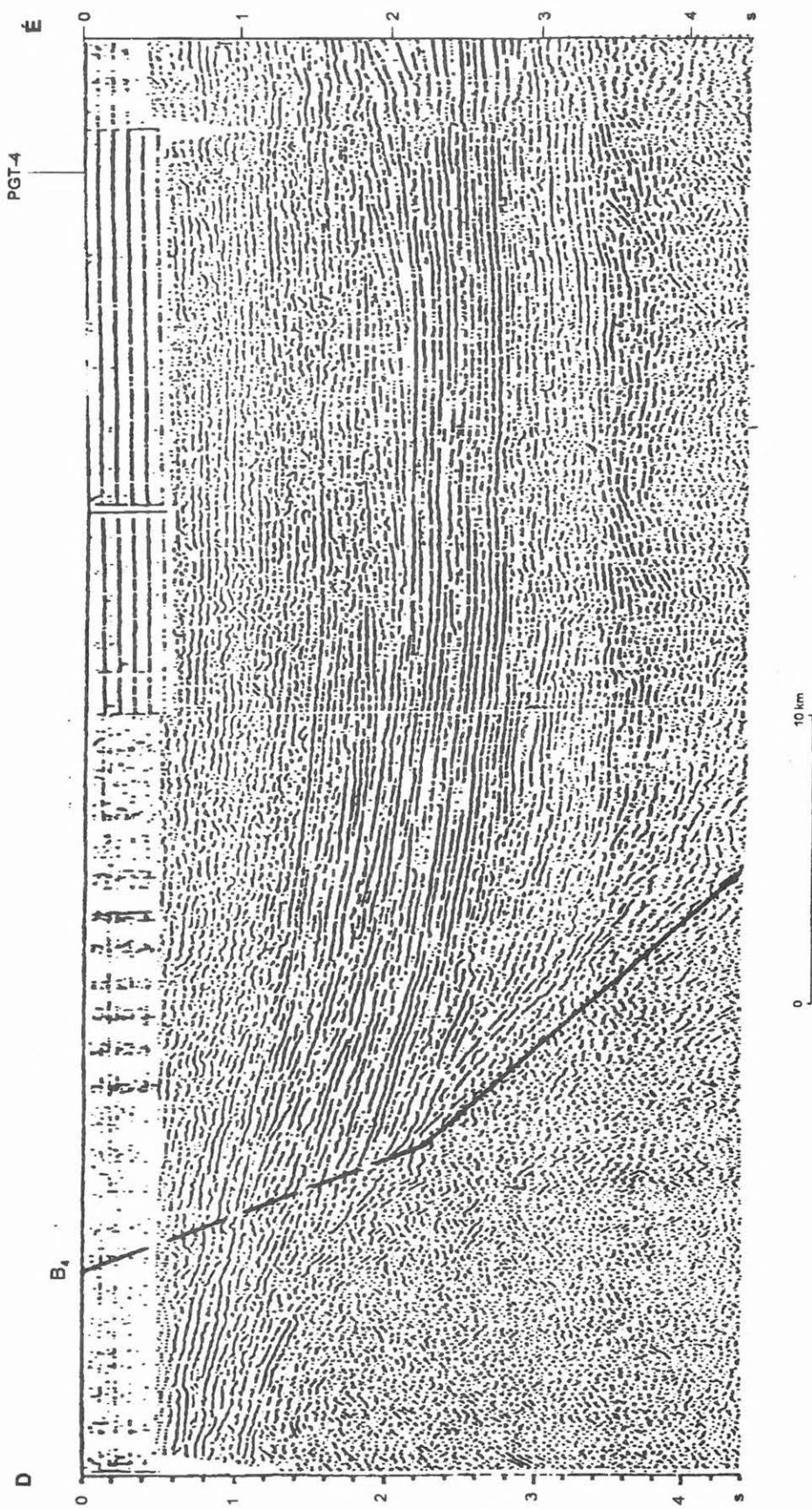
12. ábra. A B-vel jelölt nyírási zóna reflexiói megfigyelhetők Grow és társai [1989, 1994] által publikált Ma-16 szénhidrogén-kutató reflexiók szelvényén. A fő törést (kérdőjellel) be is jelölték

Fig. 12. Reflexions of the shear zone marked through B can be seen on the reflection section Ma-16 for hydrocarbon exploration published by GROW et al. [1989, 1994]. The main fracture was marked off (by a question mark)



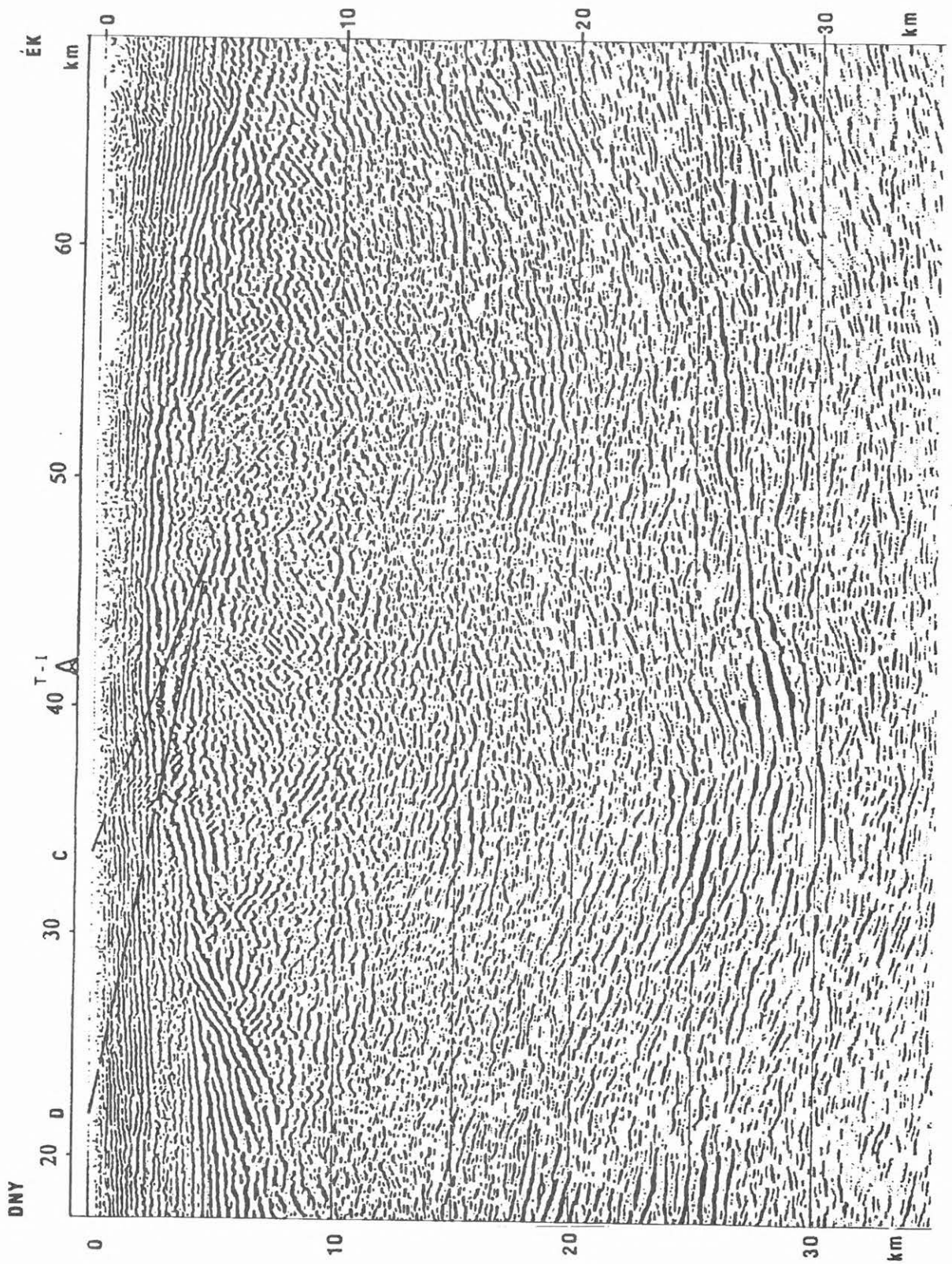
13. ábra. A B jellegű nyírási zónák bejelölése az A-16/A [MATTICK et al. 1985, 1988] szénhidrogén-kutató szeizmikus időszelvényen

Fig. 13. The marking of shear zones with character B on the seismic time section A-16/A for hydrocarbon exploration [MATTICK et al. 1985, 1988]



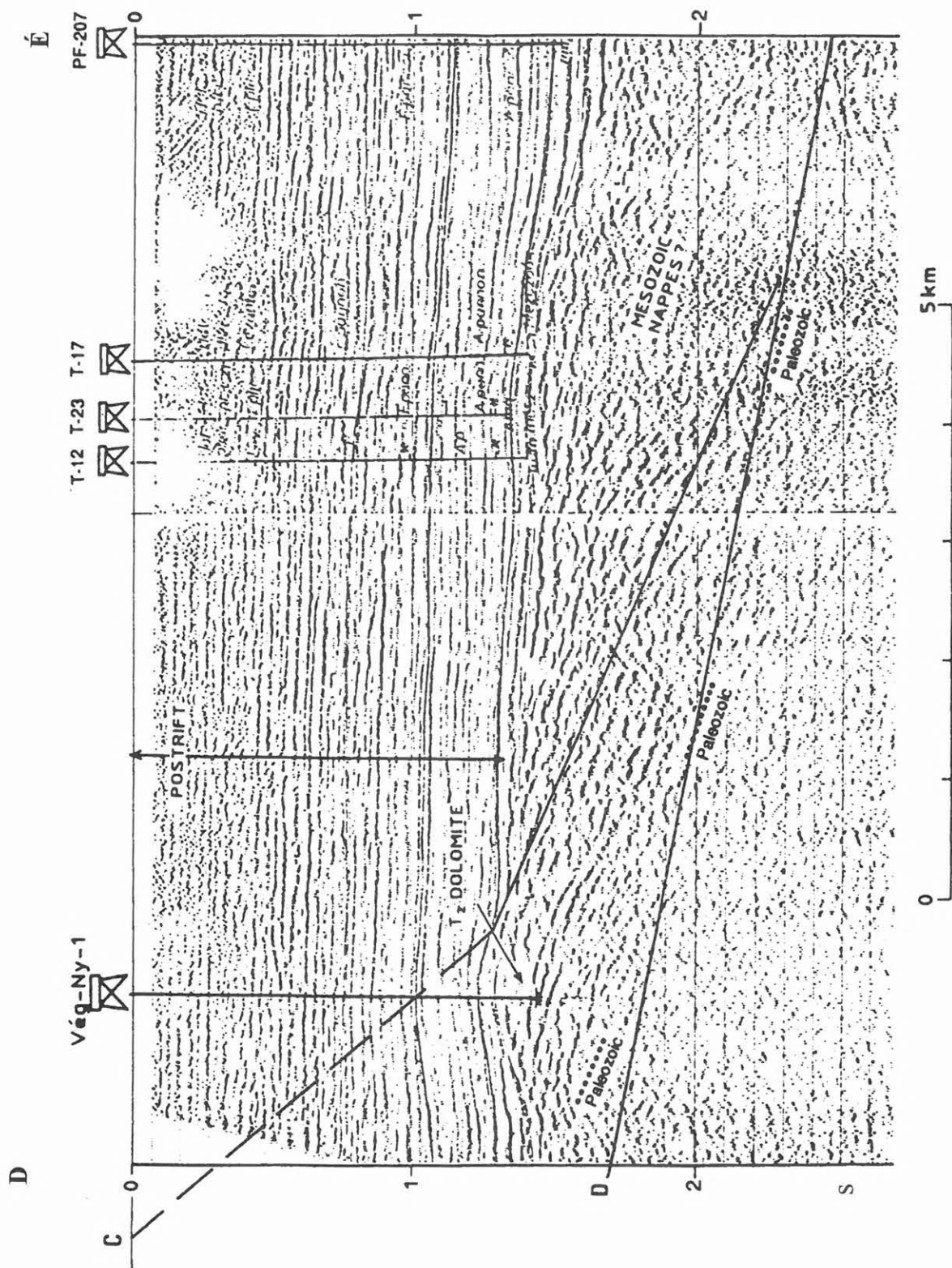
14. ábra. Az A-16 A/L szénhidrogén-kutató szelvény [MATTICK et al. 1985, 1988] D-i része a Békési medence DNy-i oldalán levő nyírási zónával

Fig. 14. The S part of the hydrocarbon exploration profile A-16 A/L [MATTICK et al. 1985, 1988] with marking of the shear zone located on the SW side of the Békés Basin



16. ábra. PGT-4 mélyreflexió mélység-szelvény [POSGAY et al. 1996]. Mind a C-vel, mind a D-vel jelölt felület a szelvényen egyértelműen kirajzolódik

Fig. 16. Deep reflection depth section PGT-4 [POSGAY et al. 1996]. Both surfaces marked by C and D become distinct in the section



17. ábra. A To-37 szénhidrogén-kutató szeizmikus időszelvényre [GROW et al. 1989, 1994] felrajzoltuk a C-vel és D-vel jelölt közelítő felületet

Fig. 17. The approximate surfaces marked by C and D are drawn on the seismic time section of hydrocarbon exploration To-37 [GROW et al. 1989, 1994]

a PGT-4 szelvényen is feltüntettük (15., 16. és 17. ábra). A közelítő sík — É-től mért — dőlésiránya 27° és dőlésszöge 13°.

3. A Békés-i süllyedéksor kialakulása

A területi vizsgálatok rendkívül érdekes, új eredménnyel is gazdagították a korábbi képet [POSGAY et al. 1996], amelynél a közismert medence modellekhez (pl. MCKENZIE [1978], JARVIS, MCKENZIE [1980], WERNICKE [1981], WERNICKE [1985], COWARD [1986], LISTER, DAVIS [1989], PINET, COLLETTA [1990], BUCK [1991], HOPPER, BUCK [1996]) hasonlóan az elmozdulásokat a szelvény mentén vizsgáltuk. A medencét kialakító elmozdulások vizsgálatához készítettük a 18. ábrát. Ezen a mélyreflexiós szelvényeket, az *A* és *B* nyírási zónarendszert, továbbá a Hódmezővásárhely–Makói árok és a Békési medence környéki pretercier korú medence aljzata nagy bemélyüléseit, — az alsó kéreg és a kéreg–köpeny határ feldomborodását jelző [POSGAY et al. 1995, 1996], medencehatással korrigált gravitációs anomáliát [KOVÁCSVÖLGYI 1994, 1995], valamint az asztenoszféra magaslatot vázoltuk fel. Romániai oldalon feltüntettük a Chişineu Criş és Galaţi közötti integrált szelvény Ny-i részén közölt asztenoszféra mélység értékeket is [RĂDULESCU et al. 1985, POPESCU, LAZARESCU 1988], amelyek jelzik, hogy a litoszféra–asztoszféra határ a Pannon-medence felé meredeken emelkedik.

Az alsó bádénitól kezdve a Hódmezővásárhely–Makói árok és a Békési medence ÉK-i folytatásában, az Erdélyi-középhegység ÉNy-i peremén a Zarándi medence, továbbá a Belényesi és a Báródi intramontán árok keletkeztek. Ezek peremeit — Bleahu szerkezeti térképe szerint [IANOVICI et al. 1976] — ÉNy–DK irányú lineamensek határozzák meg, melyek mentén jelentős vulkáni tevékenység is volt a bádéni–szarmata időszakban.

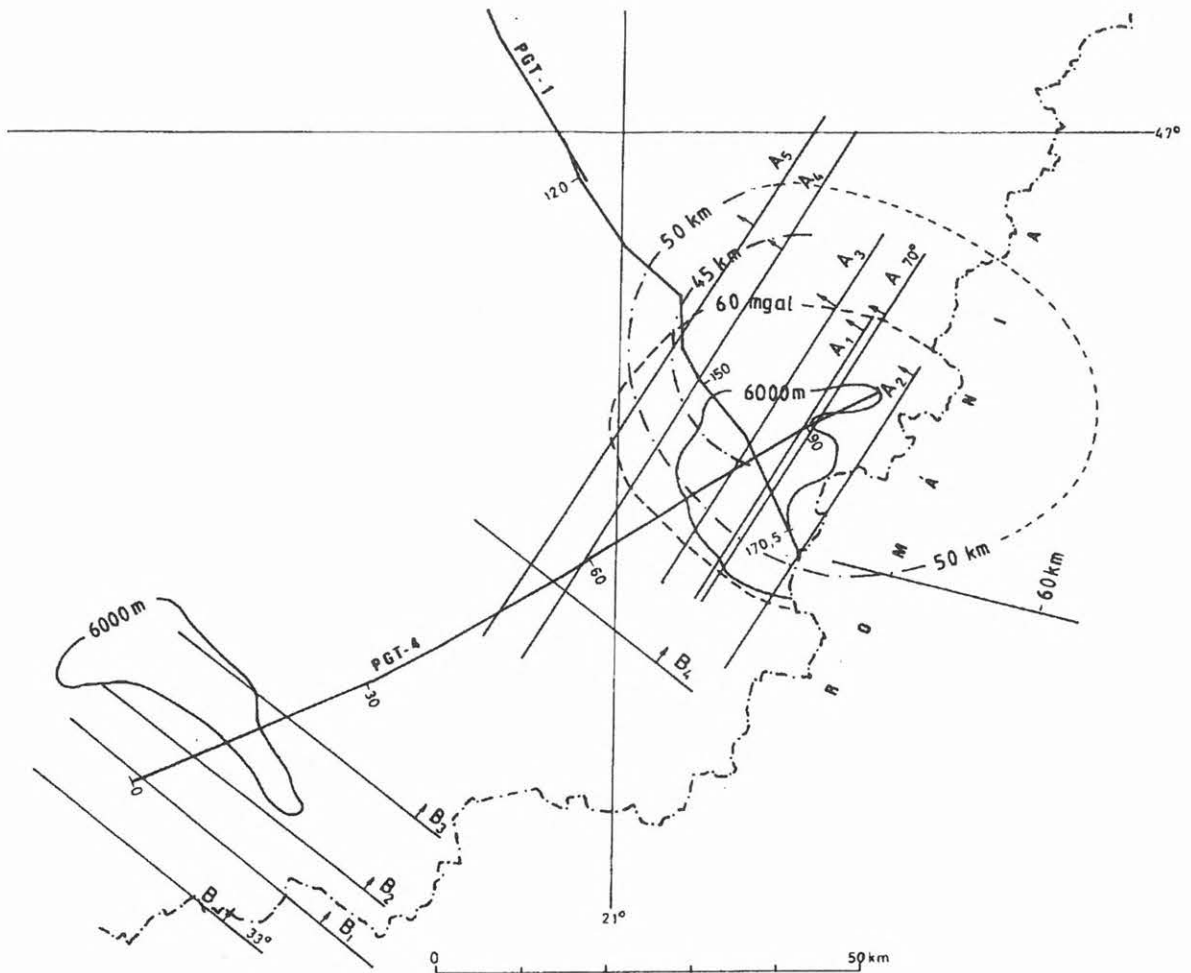
GYÓRFI [1994] — az Erdélyi-középhegység neogén medencéinek peremén végzett mikrotektonikai megfigyelései alapján — azt állapította meg, hogy a neogén folyamán ÉK–DNy irányú extenzió hatására alakult ki a medencesor. A fő neogén lineamensek ÉNy–DK irányú jobbos és É–D irányú balos vetők. Koruk: alsó bádéni vagy annál idősebb. Az Erdélyi-középhegységben alsó bádéni üledékek települnek az ÉNy–DK irányú lineamenszerekre. Szerkezet földtani térképén (1. ábra) az ÉNy–DK irányú fő törések a Báródi ároknak és a Belényesi ároknak is az ÉK-i határát alkotják, míg az általa Békés–Zarándi medencének nevezett süllyedék ÉK-i részén DNy-i, a DNy-i részén ÉK-i

dőlésű törések találhatók. Valószínűnek tartjuk, hogy a Belényesi és a Báródi árkot ÉK-ról szegélyező mély törések a *B* nyírási zónához hasonló, enyhe lejtésű zónarendszer tagjai, melyek DNy felé dőlnek.

Szükséges megjegyezni, hogy amikor a dolgozatunkban a *szinrift* és a *posztrift* fázist tárgyaljuk, akkor a kettőt a mozgásokat előidéző fő tényezők által különböztetjük meg és feltételezzük, hogy a *nyírási zónák mentén a posztrift fázisban is jelentős elmozdulások történtek*. Elképzelésünk szerint a *szinrift* fázisban elsősorban húzófeszültségek hatására történtek az elmozdulások, míg a *posztrift* fázisban az asztenoszféra összehúzódása adta a fő mozgató erőt, mely a sekély mélységű üledékekben helyenként kompressziós jelenségeket eredményez.

A *szinrift* fázisban a — süllyedéksort kialakító húzófeszültségek hatására — az erdélyi zónák mentén NyDNy-nak, a *B zónarendszer* mentén KÉK-nek *csúsztak* le a nyírási zónák fedőközetei. Ez az elmozdulás eredményezte a központi — Békési és Zarándi — medencéktől NyDNy-ra és KÉK-re kialakult *árkokat*. A két — *B* jelű — zónarendszer között található az *A nyírási zónarendszer*, amely a Békési és Zarándi medencéket tagolja és amely a két — *közel ellentétes irányú* — *elmozdulást lehetővé tette*.

A nagy mértékben széthúzódó és nyírási zónákkal átszabdalt litoszféraába hatalmas mennyiségű *magma* tört be. Ez a Békési és Zarándi medencék alatt volt a legerőteljesebb. Ezzel magyarázható, hogy a központi medencék keletkezésekor alattuk antiklinális-szerű szerkezetek alakultak ki. Feltételezzük, hogy az *A zónarendszer* egyes nyírási zónái közötti tömbök helyzetét és felépítését a nagy mennyiségű magmatikus közet behatolása döntően befolyásolta. A *magma* megemelte a központi medencék alatt leginkább elvékonyodott kérget, a köpeny litoszférát, de egyben ezeken belül jelentős boltozatos szerkezeteket is alkotott és az egyes tartományok bázikuságát is megnövelte. A köpeny litoszférát annyira átalakította, hogy az fizikokémiaileg és a geofizikai kutathatóság szempontjából — a Békési és a Zarándi medencék alatt majdnem teljes vastagságában — az asztenoszférahoz hasonlóvá vált. (Tekintettel arra, hogy ebben a jelentésben nem kívánjuk vizsgálni az átalakult tartományt, a továbbiakban a *litoszférának ezt az átalakult részét is asztenoszféranak nevezzük*, feltételezve, hogy a kéreg–köpeny határ időbeli változásához [POSGAY 1993] hasonlóan a litoszféra–asztoszféra határ is kialakulhat a litoszféra vagy az asztenoszféra másik mélységtartományában.)



18. ábra. A PGT-1 és PGT-4 mélyreflexiók szelvényeket és az A és B nyírási zónarendszert ábrázoló helyszínvázlaton feltüntettük a Hódmezővásárhely–Makói árok és a Békési medence pretercier korú medence aljzata 6000 m mélységű szintvonalát [KILÉNYI et al. 1991], — az alsó kéreg és a kéreg–köpeny határ feldomborodására jellemző [POSGAY et al. 1995, 1996], medencehatással korrigált — gravitációs anomália 60 mgal-os szintvonalát [KOVÁCSVÖLGYI 1994, 1995], a Békési és Zarándi medencék alatti asztenoszféra magasságát 45 és 50 km mélységű szintvonalát, valamint a romániai oldalon feltüntettük a Chişineu Criş és Galaţi szelvény Ny-i részén közölt asztenoszféra mélység értékeket is [RĂDULESCU et al. 1985, POPESCU, LAZARESCU 1988], amelyek jelzik, hogy a litoszféra–asztoszféra határ a Pannon-medence felé meredeken emelkedik

Fig. 18. On the sketch showing the place of the deep reflection profiles PGT-1 and PGT-4, as well as the system of shear zones A and B presented is the contour line of 6000 m in the pre-Tertiary bottom of the Hódmezővásárhely–Makó Graben and the Békés Basin [KILÉNYI et al. 1991], the 60 mgal contour line of the gravity anomaly corrected for basin effect [KOVÁCSVÖLGYI 1994, 1995] — characteristic for the domal uplift of the lower crust and the crust–mantle boundary [POSGAY et al. 1995, 1996] — the contour lines of 45 km and 50 km of the asthenosphere elevation beneath the Békés and Zaránd Basins, in addition on the Rumanian side presented are also depth values of the asthenosphere published on the W part of the Chişineu Criş and Galaţi profile [RĂDULESCU et al. 1985, POPESCU, LAZARESCU 1988], which indicate that the lithosphere–asthenosphere boundary is steeply elevating towards the Pannonian Basin

Az elvékonyodás, a felnyomódás és a bázikusság-növekedés együttes hatásának tartjuk a központi medencék alatt közel 10 km mélységbe feldomborodó felső kéreg–alsó kéreg határt, a feltehetőleg 22 km mélységig felemelkedett kéreg–köpeny határt és a közelítőleg 40–45 km mélységben található litoszféra–asztenoszféra határt [POSGAY et al. 1995, 1996]. A magma felnyomó hatására utal például a PGT-1 szelvény (2. ábra) 140. és 155. szelvénykilométere között 28–30 kilométer mélységből 22–24 km-be emelkedő felületelem köteg. Az új kéreg–köpeny határ kialakulását tételezzük fel a Békési medence alatt 22–23 km mélységben a 78. és 88. szelvénykilométer között (PGT-4 szelvény, 3. ábra). Elképzelésünk szerint a régi kéreg–köpeny határ a 78. szelvénykilométer és a szelvény vége között 30 km mélység körül látható (PGT-4 szelvény, 3. ábra). A kéregbe nyomult intruzió példaként említjük a PGT-4 szelvény 82. és 93. szelvénykilométere között a 13 és 18 km mélységintervallumban megfigyelhető képet.

A posztrift fázisban a húzófeszültségek jelentősen gyengülhettek, vagy meg is szűnhettek, és mind a központi medencék, mind az ároksor további süllyedését nagy mértékben a Békési és Zarándi medencék alatti — környezetéhez viszonyítva is — anomálishan kis mélységbe felnyúló asztenoszféra összehúzódása okozhatta. Az ároksor mélyülésében a *B* jellegű zónák menti lecsúszó jellegű elmozdulás vitte a fő szerepet. A 18. ábrán jól látszik, hogy a Hódmezővásárhely–Makói árok mély részéből kiindulva, a *B* zónarendszer dőlésirányát követve az asztenoszféra magaslattól *É-ra* mutató elmozdulást kapnánk. A termális fázisban, amikor a medence kialakulásában az asztenoszféra lehülése és összehúzódása szabta meg az elmozdulások fő tényezőjét, az asztenoszféra magaslat felett elhelyezkedő, jelentősen elvékonyodott litoszféra rész süllyedése adott helyet arra, hogy a *B* zónák menti mozgás a dőlésiránytól *K* felé kissé eltérjen. Ez összhangban van GYÓRFI [1994] azon elképzelésével, mely szerint az általunk *B*-vel jelölt zóna mentén *jobbos* elmozdulás is történt. Ezt mutatja az 1. ábra is, ahol az azonos feltolódások a zóna keleti felén délebbre helyezkednek el, mint a nyugatin.

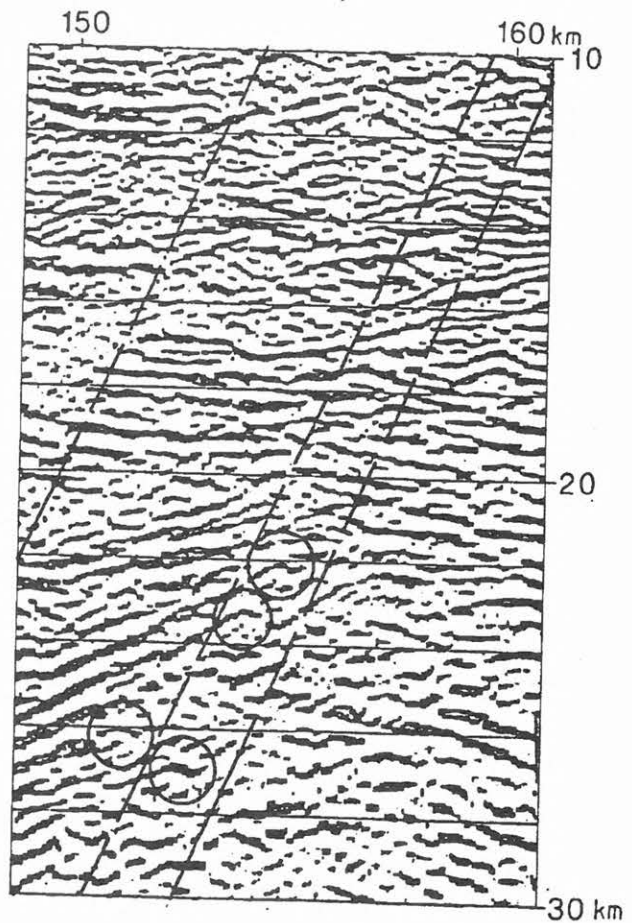
Az *A* nyírási zónák NyÉNy-i dőlése folytán a Hódmezővásárhely–Makói árok felől a *B* zónákon csúszó tömbök valószínűleg *rátolódásokat* okoztak az *A* nyírási zónák Ny-i felén, míg a *K*-i részen a fordítottja történhetett. A feltolódásokra következtethetünk a reflexiós

felületelemeknek a nyírási zónák menti lekanyarodásából (19. ábra). Lokálisan lehetséges a jelenségek területileg fordított megjelenése is.

A posztrift fázisban az *A* és *B* jellegű nyírási zónák mentén is jelentős elmozdulásokat feltételezünk, amelyeknek jelentős szerepe lehetett a mély süllyedések kialakításában. Az elmozdulásokat kiváltó asztenoszféra összehúzódás olyan lassú lehetett, hogy a süllyedésekben lerakódó üledékekben a posztrift fázisban „élő” nyírási zónák hatása csak egyes részterületeken mutatható ki.

4. Összefoglalás

A dolgozatban leírt mélyreflexiós kutatási eredmények segítenek az eddigieknél pontosabban meg-



19. ábra. A PGT-1 mélyreflexiós szelvény részletén bekarikáztuk a felületelemeknek a nyírási zónák mentén megfigyelt lekanyarodását, amelyből az *A* zónák menti feltolódásra következtettünk

Fig. 19. On the portion of deep reflection section PGT-1 we have marked with circles the bending down of the reflections along the shear zones which made us infer upthrusting along *A* zones

fogalmazni azokat a mennyiségi és minőségi követelményeket, amelyeknek a dinamikus medencefejlődési modelleknek eleget kell tenniük. Elősegítik a mélybeli folyamatoknak és a medencék keletkezésének jobb megértését.

Az ismertetett kutatások nemzetközi viszonylatban is új eredményre vezettek. A szakirodalomban található medencefejlődési modellek alapját a litoszférakutatás geofizikai, földtani és laboratóriumi eredményei adták. Ezeket az eredményeket az ELGI — kismélységi reflexiók terepi és feldolgozási metodikával végzett — kutatásai új színnel gazdagították: az asztenoszféráig feltárt litoszféra szerkezetéből vonhattuk le a következtetéseinket. Az ebben a dolgozatban leírt eredmények újdonsága a PGT-4 szelvény irányában végzett értelmezéshez [POSGAY et al. 1996] képest a központi medencék környékén meghatározott, az asztenoszféra mélységig lenyúló, meredek dőlésű — a dolgozatban A-val jelölt — nyírási zónarendszer.

Az ismertetett mélyreflexiók kutatási eredmények a neogén medence fejlődése főbb szerkezeti elemeinek meghatározásával segítik a békési neogén süllyedéskor kifejlődésének jobb megértését is. Lehetővé teszik, hogy a folyadékok, gázok, szerkezeti csapdák elhelyezkedését kialakító hő és mechanikus folyamatokra az eddigieknél pontosabban következtessünk. A nagy mélységbe lenyúló szerkezeti elemek meghatározásával új adatokat kaptunk a *preneogén korú medencealjzat szerkezetének* megismeréséhez is. Az A-val jelölt nyírási zónarendszer, amely eredeti kialakulását tekintve az idősebbnek is feltételezhető, továbbá az a feltevésünk, mely szerint az A-val jelölt nyírási zónarendszer jelentős része nyomásos övet képezhet, új megvilágításba helyezte a területen — a *szénhidrogén-kutató* szeizmikus mérések során — észlelt „kismélységi” reflexiók beérkezéseket. Ezek az A-val jellemzett nyírási zónáknál csapdázódott *szénhidrogén-felhalmozódásokat* is jelenthetnek a korábbiakban említettek mellett. Az ilyen és ezekhez hasonló szerkezetek részletesebb tanulmányozásához további vizsgálatok szükségesek, potenciális gazdasági jelentőségük mérlegelése céljából.

Köszönetnyilvánítás

Az ismertetett eredmények alapját hazai és nemzetközi kutatások képezték. Ezúton is köszönjük az alábbi hatóságok és intézmények vezetőinek és az ott dolgozó kollégáknak, hogy részvételükkel, illetve támogatásukkal munkánkat elősegítették:

- Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Geological Survey of Canada
- LITHOPROBE (kanadai litoszféra-kutató tudományos társulás)
- Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (témavezető kutatóhely)
- Magyar Geológiai Szolgálat és jogelődje, a Központi Földtani Hivatal
- MOL (Magyar Olaj- és Gázipari) Rt.
- Ministry of Energy, Mines and Resources of Canada
- Országos Tudományos Kutatási Alap programok (T 4079, T 7504 és T 19950)

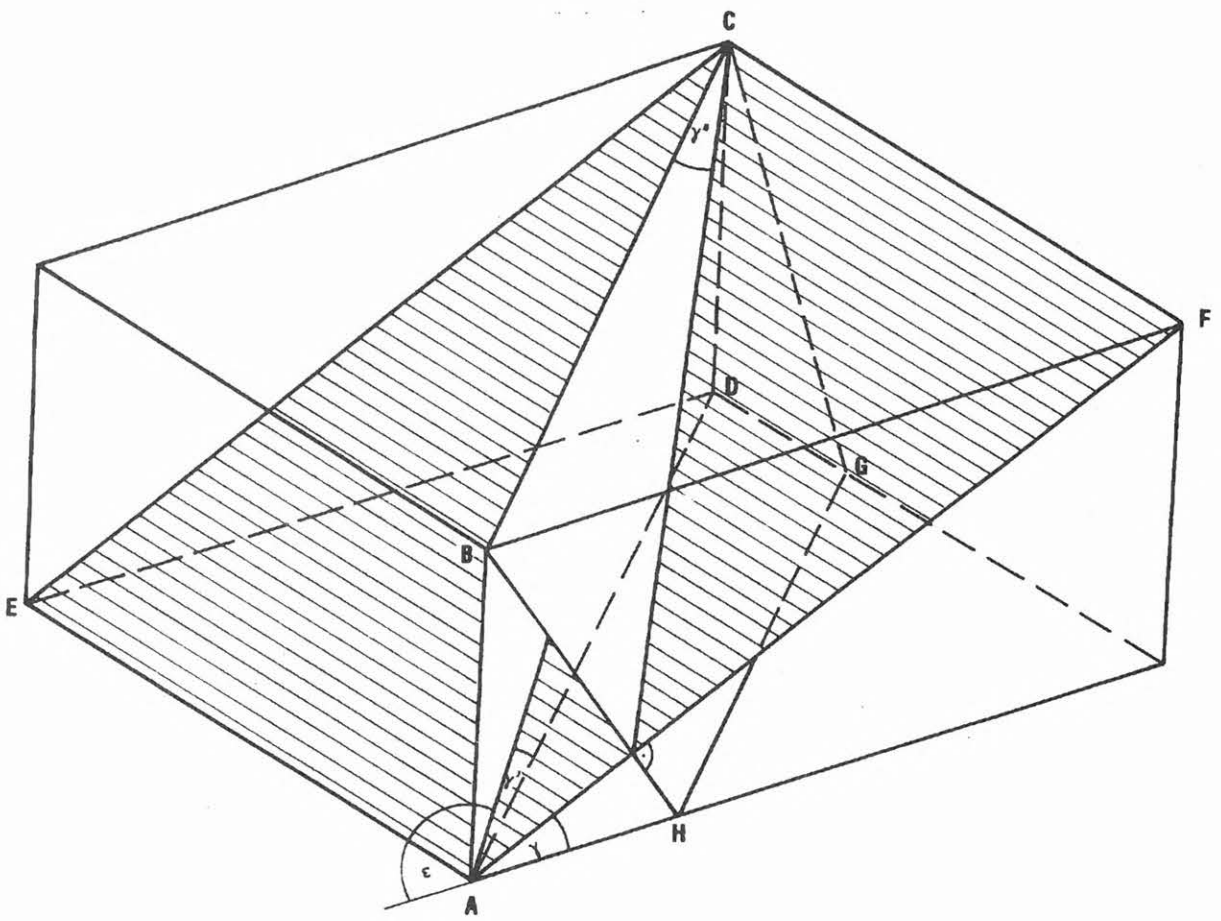
Függelék

Nagymélységű nyírási zónák térbeli elhelyezkedésének meghatározása

A mélyszeizmikus méréseknél az egyes szelvények egymástól több száz kilométerre vannak. Száz kilométernél kisebb szelvénytávolság viszonylag ritka. 3-D vagy sűrűbb hálózatu mélyszeizmikus mérés csak néhány helyen történt (FLACK, WARNER [1990], STILLER [1991], MARTHELOT et al. [1994], LIE, HUSEBYE [1994]). A dolgozatban ismertetett eljárás kidolgozásánál a tektonizált területeken végzett, nyersanyagkutató mérések értelmezésének elősegítésére — a töréssík, a reflektáló rétegek és a szeizmikus vonal iránya, illetve a töréssík, az arról érkező reflexiók és a szelvényirány egymáshoz viszonyított helyzetére — meghatározott összefüggésekből indultunk ki [POSGAY, ÁDÁM 1960].

Az alább ismertetett eljárást a nagyszerkezeti nyírási zónák térbeli paramétereinek közelítő meghatározására dolgoztuk ki. A bejelöléseket a rendelkezésünkre álló — szokásos paraméterekkel feldolgozott — idő- és mélységszelvényeken végeztük.

Az egyes nyírási zónák — az általunk alkalmazott 1:100 000 és 1:200 000 kicsinyítésű — mélyreflexiók szelvényeken esetenként néhány száz kilométeren át *egyenessel közelíthetőnek* látszanak. Nem követhetők folytonosan, viszont a bejelöléssel párhuzamosan sűrűn találunk olyan jelenségeket, mintha az egyes zónák kis távolságra helyezkednének el egymástól. Valószínűnek látszik, hogy egy-egy nyírási zóna jelentősebb (több kilométer), továbbá változó vastagságú is lehet és a nyírási felületek helyenként megszakadnak, mivel a feszültség



20. ábra. Közel vízszintes reflektáló felületek végződése mentén jelölhető be (a leírt közelítésekkel) az ABCD függőleges szelvény síkban a γ dőlésű AECF nyírási felület γ' látszólagos dőlésű metszete. A nyírási felületről észlelt reflexiók γ'' látszólagos dőlését a szelvény BC külszíni nyomvonalán áthaladó, a nyírási felületre merőleges BCGH sík és a nyírási felület metszetének a külszíni nyomvonnal bezárt szöge adja. A szelvény és a nyírási felület dőlési iránya közötti szöveget ω -val jelöltük. A feltüntetett jelölésekkel:

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \cos \omega \quad \text{és} \quad \sin \gamma'' = \sin \gamma \cos \omega$$

Fig. 20. The apparent dip γ' of the shearing surface AECF dipping under γ can be marked off (with the described approximations) in the vertical profile plane ABCD along the endings of the nearly horizontal reflecting surfaces. The apparent dip γ'' of reflections observed from the shearing surface is given by the angle between the section line formed on the plane BCGH perpendicular to the shearing surface which traverses the trace BC of the profile on the ground surface by the cross-section of the shearing surface and the trace-line on the ground surface. The angle between the section and the dip direction of the shearing surface was marked through ω . With the applied designations:

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \cos \omega \quad \text{and} \quad \sin \gamma'' = \sin \gamma \cos \omega$$

a zónán belül egy másik felület mentén oldódott fel. A szelvények tüzetes tanulmányozásakor elképzelhetőnek látszik, hogy a különböző irányú, egymást keresztező nyírési zónák egymást megszakítják és a keresztező zóna másik felén némi eltolódással és irányváltással folytatódnak. Az ilyen részletek elhanyagolása értékes információk elhagyását okozta, viszont az áttekinthetőséget növelte és elképzelésünk szerint ennek is köszönhető, hogy a közelítés hibalehetőségei ellenére sikerült új nagyszerkezeti következtetésekre jutni.

A vizsgálatok egyszerűsítésére és az eredmények áttekinthetőségének elősegítésére közelítéseket vettünk fel:

1. a nyírási felületet síkkal közelítettük és feltételeztük, hogy a nyíródáskor keletkezett roncsolt zóna is sík elemekkel határolható. Feltételeztük, hogy a „nyírási felület” nagy vonalaiban síkkal közelíthető meg akkor is, ha a felület menti deformáció jellege (szilánkos törés, plasztikus deformáció, átkristályosodás stb.) az egyes mélységtartományokban változó.

2. Mélységszelvényeknél a reflektáló elemek elnyírt végződéseit és a nyírási zónából kapott reflexiókat egyenessel közelítettük.

3. A reflexió végzések bejelölésénél az ismert vizsgálatnál csak a közel vízszintes reflexiókat vettük figyelembe.

4. A nyírási felület térbeli helyzetének meghatározásánál a rengéshullámok legrövidebb idejű sugárútját egyenessel közelítettük.

5. Időszelvények tanulmányozásánál a nyírási zónákat a fiatal üledékekben és a konszolidált rétegekben külön egyenesekkel közelítettük.

Ezekkel a közelítésekkel az elnyírt reflektáló felületek végződésén át bejelölhető „nyírási felület” szelvénybeli látszólagos dőlését a szeizmikus szelvény külszíni nyomvonalán keresztül haladó függőleges szelvényt és a nyírási felület metszetének a külszíni nyomvonalal bezárt szöge adja. A 20. ábrán az ABCD sík a függőleges szelvényt, az AECF sík a nyírási felület idealizált síkja. A kettő metszete határozza meg γ' -t, a nyírási felület fenti módon meghatározott látszólagos dőlését. A szelvény és a nyírási felület dőlési iránya közötti szöget ω -val, a nyírási felület dőlésszögét γ -val jelöltük. A feltüntetett jelölésekkel:

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \cos \omega$$

A nyírási felületről észlelt reflexiók szelvénybeni dőlését a szelvény külszíni nyomvonalán áthaladó, a nyírási felületre merőleges sík és a nyírási felület metszetének a külszíni nyomvonalal bezárt szöge adja. A 20. ábrán a nyírási felületre merőleges síkot BCGH-val jelöltük. Az így meghatározott látszólagos dőlést γ'' -vel jelöltük.

$$\sin \gamma'' = \sin \gamma \cos \omega$$

Amennyiben egy szelvényen γ' és γ'' is megbízhatóan bejelölhető, úgy egyetlen szelvényből a nyírási felület közelítő dőlése és dőlésiránya is meghatározható:

$$\cos \gamma = \sin \gamma'' / \operatorname{tg} \gamma'$$

$$\cos \omega = \sin \gamma'' / \sin \gamma$$

HIVATKOZÁSOK

BODOKY T., HEGEDŰS E., POSGAY K., TAKÁCS E., TÍMÁR Z. 1992: Mélyszeizmikus eredmények a Békési medence területéről. A Magyar Geofizi-

kusok Egyesülete Vándorgyűlése, Budapest, Program 53.

BUCK W. R. 1991: Modes of continental lithospheric extension. *J. Geophys. Res.* **96/B12**, 20161-20178

COWARD M. P. 1986: Heterogeneous stretching, simple shear and basin development. *Earth and Plan. Sci. Let.* **80**, 325-336

FLACK C., WARNER M. 1990: Three-dimensional mapping of seismic reflections from the crust and upper-mantle, Northwest of Scotland. *In: J. H. LEVEN, D. M. FINLAYSON, C. WRIGHT, J. C. DOOLEY, B. L. KENNETT (Eds), Seismic Probing of Continents and their Margins. Tectonophysics* **173**, 469-482

GROW J. A., POGÁCSÁS Gy., BÉRCZINÉ MAKK A., VÁRNAI P., HAJDÚ D., VARGA E., PÉRO Cs. 1989: A Békési medence tektonikai és szerkezeti viszonyai. *Magyar Geofizika* **30**, 2-3, 63-97

GROW J. A., MATTICK R. E., BÉRCZI-MAKK A., PÉRO Cs., HAJDÚ D., POGÁCSÁS Gy., VÁRNAI P., VARGA E. 1994: Structure of the Békés basin inferred from seismic reflection, well and gravity data. *In: P. G. TELEKI, R. E. MATTICK, J. KÓKAI (Eds), Basin analysis in petroleum exploration. Kluwer Ac. Pub. Dordrecht/Boston/London*, 1-38

GYÓRFI I. 1994: DK-Magyarország és az Erdélyi Középhegység neogén medencéinek szerkezetfejlődése. Szakdolgozat. ELTE Földtani Tanszék, Könyvtár

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. *In: D. J. WHITE, J. ANSORGE, T. J. BODOKY, Z. HAJNAL (Eds), Seismic Reflection Probing of the Continents and their Margins. Tectonophysics* **264**, 191-204

HOPPER J. R., BUCK W. R. 1996: The effect of lower crustal flow on continental extension and passive margin formation. *J. Geophys. Res.* **101/B9**, 20175-20194

JARVIS G. T., MCKENZIE D. P. 1980: Sedimentary basin formation with finite extension rates. *Earth and Planetary Sci. Let.* **48**, 42-52

IANOVICI V., BORCOŞ M., BLEAHU M., PATRULIUS D., LUPU M., DIMITRESCU R., SAVU H. 1976: *Geologia Munților Apuseni*. Editura Acad. R. S. R. București, 571

- LEE M. W., GÖNCZ G. 1994: Vertical seismic profile experiments at the Békés-2 well, Békés Basin. *In: L. H. ROYDEN, F. HORVÁTH (Eds), The Pannonian Basin, a study in basin evolution. AAPG Memoir 45, 257-275*
- LIE J. E., HUSEBYE E. S. 1994: Simple-shear deformation of the Skagerrak lithosphere during the formation of the Oslo Rift. *In: R. M. CLOWES, A. G. GREEN (Eds), Seismic Reflection Probing of the Continents and their Margins. Tectonophysics 232, 133-141*
- LISTER G. S., DAVIS G. A. 1989: The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U.S.A. *J. of Structural Geology 11, 1-2, 65-94*
- KILÉNYI É., KRÖLL A., OBERNAUER D., ŠEFARA J., STEINHAUSER P., SZABÓ Z., WESSELY G. 1991: Pre-Tertiary basement contour map of the Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. *Geophys. Trans. 36, 15-36*
- KOVÁCS A., TELEKI P. G. 1994: History of oil and natural gas production in the Békés Basin. *In: L. H. ROYDEN, F. HORVÁTH (Eds), The Pannonian Basin, a study in basin evolution. AAPG Memoir 45, 237-256*
- KOVÁCSVÖLGYI S. 1994: A Békési medence gravitációs és földmágneses anomáliáinak értelmezése az újabb ismeretek tükrében. *Magyar Geofizika 35, 2, 90-94*
- KOVÁCSVÖLGYI S. 1995: DK-Magyarország gravitációs és földmágneses anomáliáinak értelmezése. *Magyar Geofizika 36, 3, 198-202*
- MARTHELOT J. M., SILIQI R., BITRI A., PAUL A., HIRN A., DAIGNIÉRES M., DAMOTTE B., SPECHT M., DE BAZELAIRE E., LORTSCHER A., RAPPIN D. 1994: Three-dimensional imaging of the crust using a sparse land acquisition grid: the ECORS 2.5-D experiment. *In: R. M. CLOWES, A. G. GREEN (Eds), Seismic Reflection Probing of the Continents and their Margins. Tectonophysics 232, 365-377*
- MATTICK R. E., RUMPLER J., PHILIPS R. L. 1985: Seismic stratigraphy of the Pannonian Basin in Southeastern Hungary. *Geophys. Trans. 31, 1-3, 13-54*
- MATTICK R. E., PHILIPS R., L., RUMPLER J. 1988: Seismic stratigraphy and depositional framework of sedimentary rocks in the Pannonian Basin in Southeastern Hungary. *In: L. H. ROYDEN, F. HORVÁTH (Eds), The Pannonian Basin, a study in basin evolution. AAPG Memoir 45, 117-145*
- MCKENZIE D. 1978: Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth and Planetary Sci. Lett. 40, 25-32*
- MILLER J. J., VÉGES I. 1994: Modeling seismic reflection data in the vicinity of the Békés-2 well. *In: L. H. ROYDEN, F. HORVÁTH (Eds), The Pannonian Basin, a study in basin evolution.: AAPG Memoir 45, 277-294*
- PINET B., COLLETTA B. 1990: Probing into extensional sedimentary basins: comparison of recent data and derivation of tentative models. *In: J. H. LEVEN, D. M. FINLAYSON, C. WRIGHT, J. C. DOOLEY, B. L. N. KENNETT (Eds), Seismic Probing of Continents and their Margins. Tectonophysics 173, 185-197*
- POPESCU M. N., LAZARESCU V. 1988: Recent vertical crustal movements in Romania: Spatial and temporal variations. *Journal of Geodynamics 9, 187-197*
- POSGAY K. 1991: A mélylitoszféra szerkezeti elemeinek vizsgálata szeizmikus reflexiós módszerrel. Doktori munkásság tézises összefoglalója. MTA könyvtár. ELGI könyvtár
- POSGAY K. 1993: Formation of the crust-mantle boundary in the previous upper mantle. *Geophys. Trans. 37, 243-252*
- POSGAY K., ÁDÁM O. 1960: Vetődések téranalitikája (kínai nyelven). *Diqiuwuli Kantan. 5, 15-17*
- POSGAY K., SZENTGYÖRGYI K. 1991: A litoszférát harántoló eltolódásos törésrendszer a Pannonmedence keleti részén. *Magyar Geofizika 32, 1-15*
- POSGAY K., HEGEDŰS E., TÍMÁR Z. 1992: Reflection seismics along the Pannonian Basin. *Annual Report of ELGI for 1990, 13-20*
- POSGAY K., BODOKY T., HEGEDŰS E., TÍMÁR Z. 1993: Reflection images of basin-evolution, wrench-faulting and upthrusting in the lithosphere-asthenosphere system below the Pannonian Basin. *EGS XVIII. Gen. Ass. Wiesbaden. EGS Newsletter 46, 46*
- 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 Southeast Hungary. *In: S. CLOETINGH, B. D'ARGENIO, R. CATALANO, F. HORVÁTH, W. SASSI, (Eds), Interplay of extension and com-*

- pression in basin formation. *Tectonophysics* **252**, 467-484
- 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.* **40**, 1-2, 1-44
- PROCHÁZKOVÁ D. 1995: Examples of relationship of specific features of geological structure vs. man-made shocks occurrence. *In: R. CONSOLE, A. NIKOLAEV (Eds), Earthquakes Induced by Underground Nuclear Explosions. NATO ASI Series. Partnership Sub-Series 2. Environment V.4. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 429-452*
- RĂDULESCU F., DEMETRESCU C., BITER M., ANDREESCU M., RĂILEANU V., ENE M. 1985: Lithosphere structure along the Galați-Chișineu Criș and Iași-Turnu Măgurele profiles. *Rev. Roum. Phys., Bucharest* **30**, 2, 151-160
- RIEDEL W. 1929: Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Zentralblatt Min. Geol. Pal., Abt. B*, 354-368
- SEIGEL H. O. 1950: A theory of fracture of materials and its application to geology. *Trans. Am. Geophys. Union* **31**, 4, 611-619
- STILLER M. 1991: Vertical incidence seismic reflection survey at the KTB location, Oberpfalz. *In: R. MEISSNER, L. BROWN, H.-J. DÜRBAUM, W. FRANKE, K. FUCHS, F. SEIFERT (Eds), Continental Lithosphere, Deep Seismic Reflections. Am. Geophys. Union Geodyn. Ser.* **22**, 101-113
- SZEPESHÁZY K. 1980: A Tiszántúl és az Erdélyi-középhegység (Muntii Apuseni) nagyszerkezeti kapcsolatai. *MÁFI jelentés az 1978. évről*, 173-186
- WERNICKE B. 1981: Low-angle normal faults in the Basin and Range Province: nappe tectonics in an extending orogen. *Nature* **291**, 645-648
- WERNICKE B. 1985: Uniform-sense normal simple shear of the continental lithosphere. *Can. J. Earth Sci.* **22**, 108-125