

A Salgótarjáni és Ózdi paleogén részmedence térképezése szeizmikus és gravitációs mérési adatok alapján, és az eredmények szénhidrogén-földtani vonatkozásai

KOVÁCS Zsolt, CSERKÉSZ-NAGY Ágnes, GULYÁS Ágnes, GÚTHY Tibor, KISS János,
PÜSPÖKI Zoltán, SZENTPÉTERY Ildikó, SZALAY István

Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, H-1145 Budapest, Columbus utca 17–23.

kovacs.zsolt@mbfsz.gov.hu, cserkesz-nagy.agnes@mbfsz.gov.hu, gulyas.agnes@mbfsz.gov.hu, guthy.tibor@mbfsz.gov.hu,
kiss.janos@mbfsz.gov.hu, puspoki.zoltan@mbfsz.gov.hu, ildikoszentpety@gmail.com

Mapping of the Salgótarján and Ózd Palaeogene subbasins based on seismic and gravity measurement data, and its hydrocarbon geological aspects

Abstract

Experts of the Hungarian Mining and Geological Survey prepared a detailed pre-Cenozoic basement map of the Salgótarján and Ózd Palaeogene subbasins (North Hungarian Palaeogene Basin, north-eastern Hungary), that area is still promising for both conventional and unconventional hydrocarbon exploration. During the preparation of hydrocarbon concession sensitivity–vulnerability studies in the area, came to light that the pre-Cenozoic basement maps made on the basis of data from wells drilled in the uplifted edges of the basin, depicted the depth of the basement morphology differently than had been expected on the interpretation of seismic depth sections. By that reason the estimation of hydrocarbon potential of the basin fill sediments was negatively affected. Therefore, the correct representation of the geometry of the basement and the marker horizons of basin fill with a more detailed resolution than is provided by the previous national scale maps are essential for judging better the hydrocarbon potential of the area.

The base of the work was the reinterpretation of partly reprocessed gravity and seismic data, archive subbasin depth maps and exploration drilling data of the Hungarian Geological, Mining and Geophysical Database. The 100-metre contour map shows the relief of the pre-Cenozoic basement from the basin surface outcrops to the deepest parts of 3400 m below sea level. Five marker horizons of the basin filling sediments were also interpreted.

According to the integrated seismic and gravity data interpretation along vertical cross-sections, significant difference can be detected between the north-eastern (Ózd subbasin) and western (Salgótarján subbasin) part of the studied area. The gravity basin model can be approached with two density models, including a transition zone between them. On the basis of the seismic interpretation, five main horizons can be observed in the Palaeogene – Lower Miocene sediments of the basin. Depth and thickness maps of potential source rocks were also prepared. According to the interpretation and mapping the Salgótarján subbasin is more extended and deeper than those of the previous overview maps. That affects positively the hydrocarbon potential in terms of quantity and maturity and the exploring of further occurrences.

Oil and natural gas occurrences and indications are well known in the area, indicating that in the southern part of the Ózd subbasin, towards the Salgótarján subbasin, source rocks of hydrocarbons are matured, the HC accumulations situated in or near the source rocks, and the migration is limited. According to the vitrinite reflectance data from wells deepened at the edge of the basin, the mapped near surface rocks had reached near the initial phase of the oil generation, so the studied basin area was buried deeper than at present. Based on depth maps and hydrocarbon geological data, we have estimated the amount of hydrocarbon generated by the Tard Clay, which can be exceeded 100 million cubic metres.

Keywords: seismic depth map, gravity depth map, pre-Cenozoic basement map, source rock maturity, hydrocarbon potential, vitrinite reflectance values, Rock-eval measurement data

Összefoglalás

Az Észak-magyarországi Paleogén-medence perspektivikus a szénhidrogének kutatása szempontjából. A kutatási lehetőségek megítéléséhez azonban elengedhetetlen a medencealjzat domborzatának, ill. az üledékkitöltés szintjeinek helyes ábrázolása. A Salgótarjáni- és Ózdi-részmedence területén a medenceperemi kutatófúrások alapján készült, országos léptékű prekainozoos medencealjzat-térképek a szeizmikus mélységszelvények alapján pontosíthatók. A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) szakemberei szeizmikus, gravitációs és mélyfúrési adatok újrafeldolgozása, újraértelmezése alapján elkészítették a terület részletes, nagyobb felbontású prekainozoos medencealjzat-

térképét és az üledékkitöltés vezérszintjeinek térképeit. Az itt bemutatott eredmények alapján a paleogén medence aljzata a medenceperemektől Bárna település alatt (Salgótarjántól 10 km-re K felé) 3400 méter tengerszint alatti mélységig süllyed.

A geofizikai adatok együttes értelmezése szerint a Salgótarjáni- és az Ózdi-részmedence között jelentős eltérés van mind az aljzat mélysége, mind a medencét kitöltő üledékrétegsor tekintetében. A gravitációs medencemodell két sűrűségmodellel közelíthető, amelyek között egy átmeneti zóna is van. A szeizmikus értelmezés alapján a részmedencék paleogén–alsó-miocén üledékkitöltésében öt vezérszint követhető, a nyugati részen (Salgótarjáni-részmedence) nagy vastagságban találhatók idősebb oligocén üledékek, míg az északkeleti területen (Ózdi-részmedence) a fiatalabb oligocén és miocén képződmények dominálnak. A potenciálisan anyaközetként számon tartott összletekről mélység- és vastagságtérképek készültek. Ezek szerint a medence nyugati részének mélyzónája kiterjedtebb, mint azt a korábbi áttekintő térképek ábrázolják. A terület kőolaj- és földgáz-előfordulásai és -indikációi azt jelzik, hogy a Salgótarjáni-részmedencében a szénhidrogének anyaközetei érettek, a felhalmozódások pedig az anyaközetekben vagy azok szűk környezetében lehetnek, mert a szénhidrogén migráció korlátozott. A vitrit reflexió adatok szerint a medenceperemen a jelenleg felszínközeli lévő megmintázott kőzetrészek szerves anyaga korábban a jelenleginél mélyebben volt eltemetve, és a kőolajképződés kezdeti fázisának közelébe jutott.

A Salgótarjáni-részmedencének a korábban vártnál nagyobb kiterjedése és mélysége, a várható szénhidrogén anyaközetek mennyisége és érettsége alapján a terület CH-potenciálja jelentősebb lehet a korábbi megítélésnél. A térképek és a szakirodalomból ismert szénhidrogén-földtani adatok alapján becslés történt az anyaközet összlet által generált szénhidrogén mennyiségre, amely az értékelés szerint a 100 millió m³-t is meghaladhatja.

Tárgyszavak: szeizmikus mélységtérkép, gravitációs mélységtérkép, prekainozoos aljzattérség, anyaközet érettség, szénhidrogén potenciál, vitritreflexió-értékek, Rock-eval mérési adatok

Bevezetés

A Salgótarjáni- és az Ózdi-részmedence területére eső szénhidrogén koncessziós érzékenységi-terhelhetőségi tanulmányok készítésekor — melyet a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) állami feladatként lát el — nyilvánvalóvá vált, hogy a rendelkezésre álló, főként mélyfúrás adatokon alapuló, országos léptékű prekainozoos medencealjzat-térképek az aljzat mélységviszonyait a munkánk során készült mélységbe konvertált 2D szeizmikus szelvények alapján értelmezettől eltérően ábrázolják, ami a medencekitöltő üledékek szénhidrogén-generáló potenciáljának megítélését is negatívan befolyásolja. Célunk az volt, hogy a rendelkezésre álló adatok felhasználásával tisztázzuk a vizsgált medencerészek mélységviszonyait, és adjunk egy nagyvonalú prognosztikus becslést arra, hogy ez hogyan befolyásolja a terület szénhidrogén potenciálját, várhatóan felfedezhető vagyonát.

A vizsgált terület (*1. ábra*) Magyarország északkeleti részén, az Észak-magyarországi paleogén–alsó-miocén Paleogén-medence részterületén helyezkedik el (*1. ábra a*, *2. ábra*), a paleo-mezozoos kőzetekből álló Bükk hegység felszíni kibúvásától nyugatra, a miocén vulkanitokból felépült Mátra hegység északi oldalán. A négyzettel határolt területen belül a részletesen vizsgált rész kiterjedése mintegy 1500 km² (*1. ábra d*). Ennek ÉK-i, K-i medencéje a földtani szakirodalomban Ózd–Egercsehi-medence, Nyugat-Borsodi-medence, Rimava–Ózd-medence neven ismert, Ny-i része a Nógrádi-medence Salgótarjáni-részmedencéjének (NAGYMAROSI 2012) keleti pereme. Ebben a munkában a területeket Ózdi-részmedence és Salgótarjáni-részmedence néven említjük (*1. ábra a*). A két medence elhatárolása hozzávetőlegesen az Ózdtól Fedémes felé húzódó aljzati gerinc mentén vonható meg.

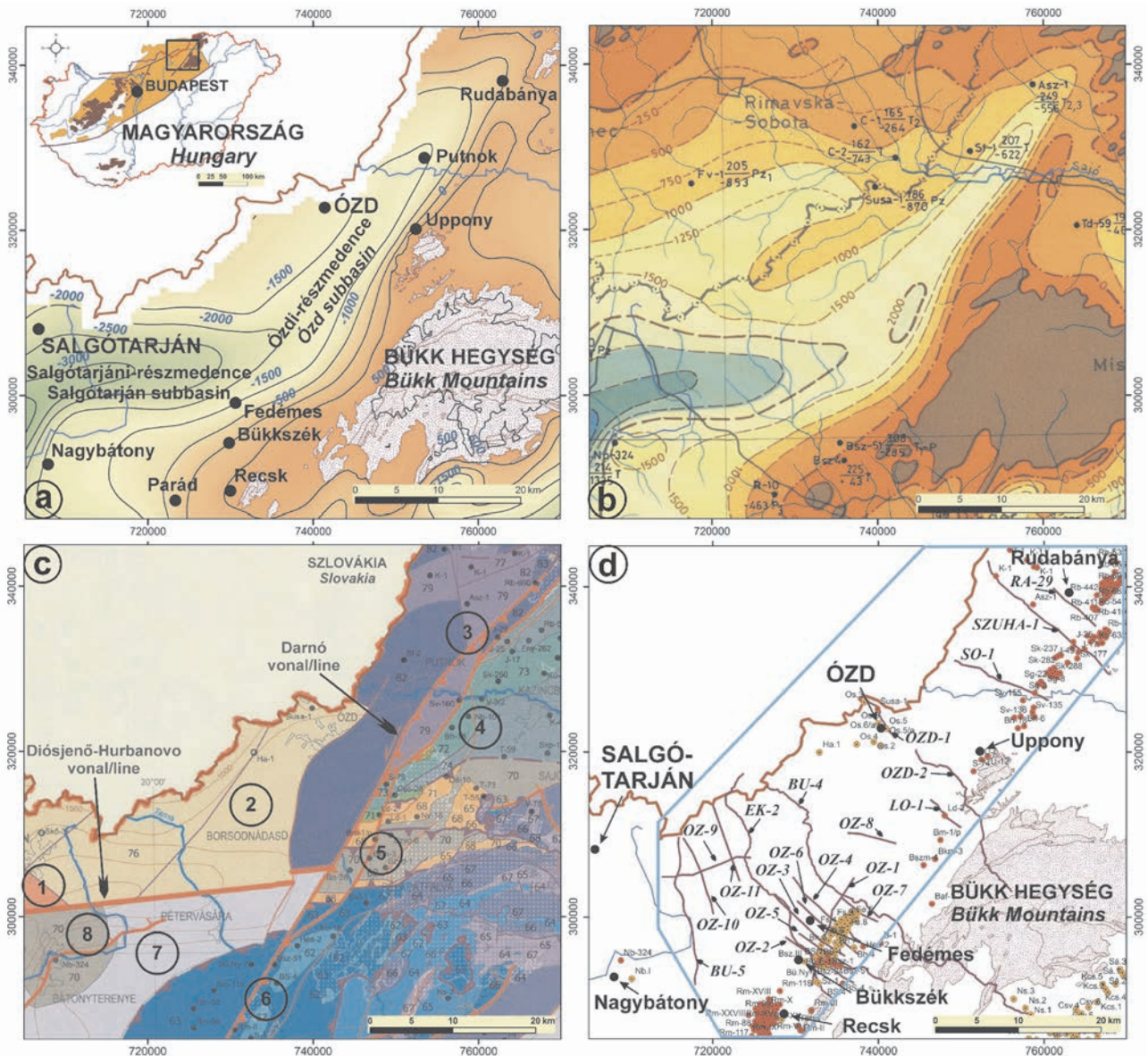
A terület medencealjzatának domborzatáról két, országos léptékű, felbontásában és szintvonalainak rajzolatában

is hasonló kivágat állt rendelkezésre (TANÁCS & RÁLISCH 1990, KILÉNYI et al. 1991; *1. ábra a és b*), illetve HAAS (2010) prekainozoos aljzattérképén is szerepelnek mélység szintvonalak (*1. ábra c*). Ezek elsősorban az aljzattól elért peremi helyzetű mélyfúrások adatait használták fel. A területről elérhető gravitációs és szeizmikus adatok azonban árnyalják a képet. Ez indokolta, hogy az MBFSZ szakemberei a rendelkezésre álló geofizikai, földtani és kőolajföldtani adatok alapján egy új, részletes és egységes szemléletű medencealjzat-térképet készítsenek (KOVÁCS et al. 2015).

Kutatástörténet

A 18. században felfedezett Parád (BEAUDANT 1822, TÓTH 1882) és Recsk (KITAIBEL 1829; MATYASOVSKY 1885; POSEWITZ 1906; ROZLOZSNYIK 1939, 1941) környéki szénhidrogén-indikációk kutatására az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) 1933 és 1937 között végzett gravitációs méréseket, melyek szerkezeti boltozatokat mutattak ki. Bükkszéknél földtani térképezéssel kimutatott antiklinálisra (SCHRÉTER 1936, 1951; *3. ábra*) fúrták a Bükkszék Bsz-1 fúrását, amelyből napi 200 l kőolajat termeltek. Ez volt a mai Magyarország első kőolajtermelő kútja, de gazdasági értéke meg sem közelítette a kissé későbbi termelésbe állított Budafa-2-ét. A területen összesen 56 fúrás mélyítették, és két telítetlen kőolajtelep vált ismertté az alsó-oligocén Kiscelli Agyag Formáció turbidites homokkő rétegeiben és vulkáni tufapadokban. 1940 májusáig összesen 10 000 tonna kőolajat termeltek ki (TELEGDI ROTH 1951). Az 1940-ben mélyült Nagybatony Nb-1 fúrásban és környezetében a felszínen, valamint a környékbeli kőszénbányák táróiban is előfordulnak kőolaj-indikációk.

A terület legjelentősebb szerkezeti mélytörésének, a Darnó-vonalnak — mely egyben a szűkebb vizsgálati területünk (*1. ábra d*) keleti határát is adja — felismerése is a



1. ábra. A terület prekainozoos medencealjzatának domborzata TANÁCS & RÁLISCH (1990) (a) és KILÉNYI et al. (1991) szerint (b) – a narancssárga folt az (a) ábrarész Magyarország térképén a Paleogén–medence kiterjedését mutatja TARI et al. 1993 alapján. A vizsgált részmedencék aljzatának földtani felépítése Magyarország prekainozoos földtani térképén HAAS et al. (2010) alapján (c). A prekainozoos aljzatot elért kutatófúrások (piros kör) és a szénhidrogén-kutató fúrások (sárga kör) helye, az értékelésbe bevont 2D szeizmikus reflexiók szelvények nyomvonala – a kék vonallal határolt magyarországi területrezt vizsgáltuk részletesen (d). Koordináta-rendszer: HD-1972, EOY

Jelmagyarázat a (c) ábrához: 1. Vepori-egység, közepes fokú polimetamorf komplexum; 2. Gömői-egység, paleo-mezozoos kőzetek; 3. Aggtelek-Rudabányai-egység, triász karbonátos kőzetek, homokkővek; 4. Szendő-Úpponyi-egység, kis fokú metamorf devon–karbon karbonátos kőzetek, karbon törmelések kőzetek, senon konglomerátum; 5. Bükki-egység, nagyon kis fokú metamorf felső-paleozoos tengeri üledékek, felső-perm–alsó-triász sekélytengeri mészkő, homokkő, márga; 6. Bükki-egység, triász-jura karbonátos kőzetek, agyagpala, vulkanitok; 7. Bükki-egység, nagyon kis fokú metamorf felső-paleozoos és mezozoos kőzetek; 8. Bükki-egység, nagyon kis fokú metamorf felső-paleozoos tengeri üledékek

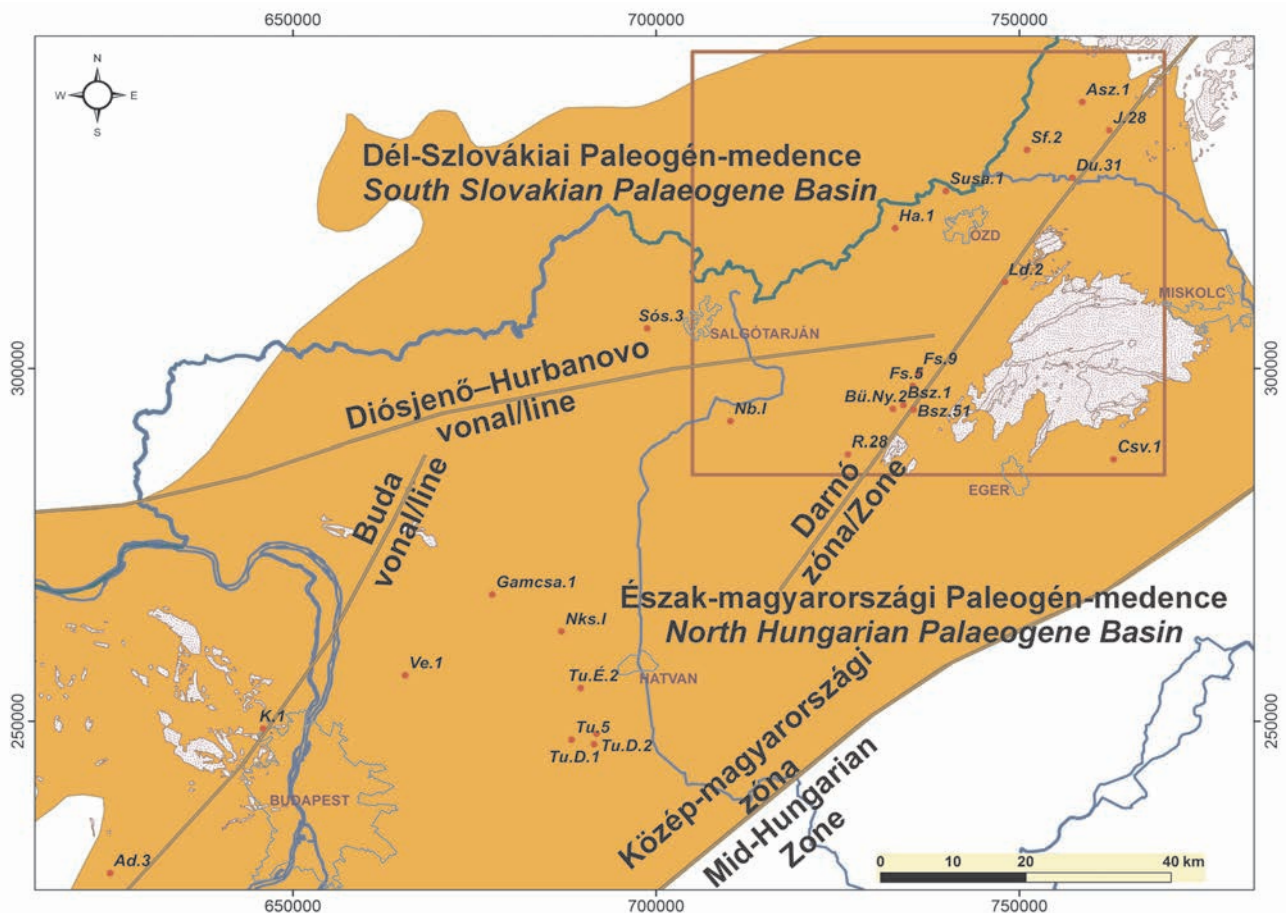
Figure 1. Pre-Cenozoic basement depth map according to TANÁCS & RÁLISCH (1990) (a) and KILÉNYI et al. (1991) – the orange patch on the map of Hungary on Figure (a) represents the extent of the Palaeogene Basin (b); Geological map of the pre-Cenozoic basement based on HAAS et al. (2010) (c); Wells reached the basement (red circles), hydrocarbon exploration wells (orange circles), and the lines of 2D seismic sections interpreted in this work (with Palaeo-Mesozoic basement outcrops in the background) – the Hungarian part of the area bordered by blue line was studied in detail (d). Coordinate system: HD-1972, EOY Hungarian National Grid

Legend for the figure (c): 1. Vepori Unit, medium-grade polimetamorphic complex; 2. Gémői Unit, Paleo- and Mesozoic rocks; 3. Aggtelek-Rudabánya Unit, Triassic carbonates, sandstones; 4. Szendő-Úpponyi Unit, low-grade metamorphic Devonian–Carboniferous carbonates, Carboniferous siliciclastic rock, Senonian conglomerate; 5. Bükki Unit, Very low-grade metamorphic Upper Palaeozoic marine sediments, Upper Permian - Lower Triassic shallow marine limestone, sandstone, marl; 6. Bükki Unit, Triassic-Jurassic carbonates, shales, volcanites; 7. Bükki Unit, very low-grade metamorphic Upper Palaeozoic and Mesozoic rocks; 8. Bükki Unit, very low-grade metamorphic Upper Palaeozoic marine sediments

Recsk melletti Darnó-hegy–Bükkszék környezetében az 1930-as és 40-es években szénhidrogén-földtani céllal végzett kutatások eredménye (TELEGDI ROTH 1937). A korabeli megfigyeléseket (SCHRÉTER 1942, 1951; MAJZON 1940; JASKÓ 1946; SZENTES 1951a, b) az évtizedekkel későbbi bükk-

széki és fedémesi kutatási területeken végzett szeizmikus mérések (SZALAY & ZELENKA 1979; ALBU et al. 1985; BRAUN et al. 1989. PETROVICS & SZALAY 1992, 1998) megerősítették.

A Bükkszék környezetében megismert feltolódást jelen-



2. ábra. Az Észak-magyarországi és Dél-szlovákiai Paleogén-medence kiterjedése TARI et al. 1993 alapján a négyzet alakú vizsgált terület környezetében, a cikkben hivatkozott kutatófúrásokkal

Figure 2. Extent of the North Hungarian – South Slovakian Palaeogene Basin based on TARI et al. 1993 in the surroundings of the square shaped studied area, with the referred exploration wells

leg Darnó-vető néven említik (FODOR et al. 2005), a szerkezet ÉÉK-i irányban egészen a Rudabányai-hegységig folytatódik (PANTÓ 1956), ahol is a Rudabányai-hegység K-i, Ny-i esetleg mindkét peremén futva Dél-Szlovákiáig tart (HERNYÁK 1977, GRILL et al. 1984, RADÓCZ 1987a, LESS et al. 1988, SZENTPÉTERY 1997, VASS 2002).

Ózd környékén az első graviméteres méréseket a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI) végezte 1950–60 között, a járható utak mentén. Szabályos hálózatban végzett mérések csak 1992–93-ban készültek. Az első mágneses méréseket szintén a MÁELGI végezte az 1950-es években. Az 1950-es évek második felében mélyítették a terület északi részén a Hangony, Ha–1, délen pedig a fedémesi fúrásokat. A fedémesi éghetőgáz-előfordulást a Fedémes, Fs–9 fúrással 1958-ban fedezték fel. Tárolóköze alsó-oligocén kiscelli homokkő, agyagmárgás homokkő (Kiscelli Agzag Formáció) (VÖLGYI et al. 1985). A Fedémes, Fs–5 fúrásban 1616 és 1830 m között a Tardi és Kiscelli Agzag kőolajnyomos volt (KÖRÖSSY 2004).

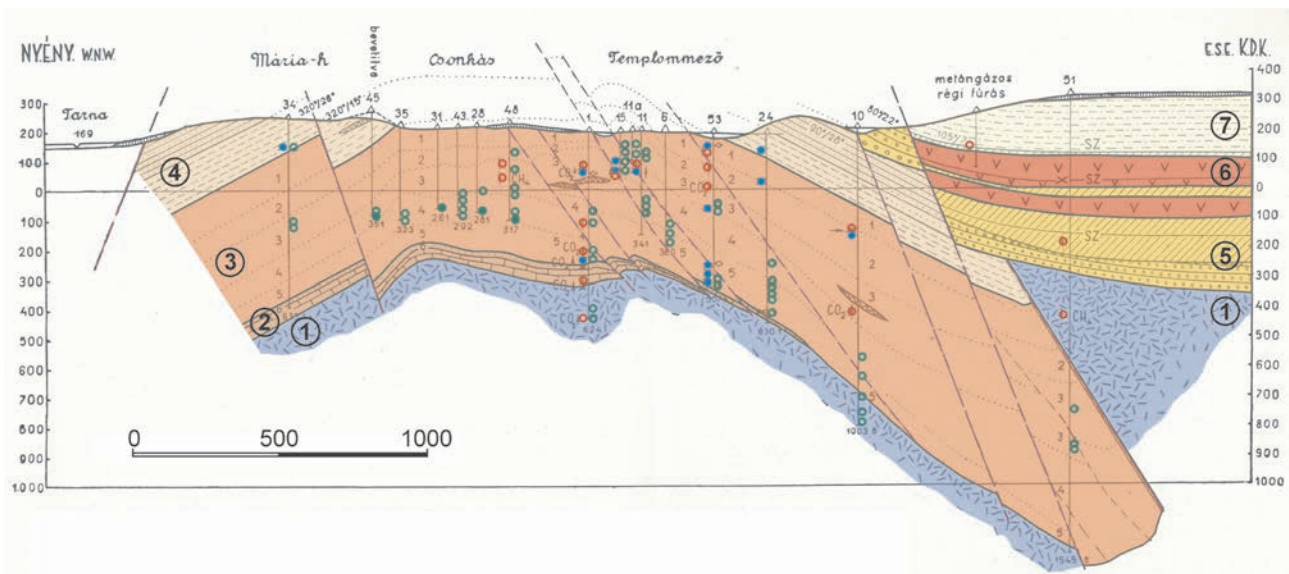
Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) 1986 és 1993 között geofizikai (geoelektromos, magnetotellurikus, szeizmikus refrakciós és reflexiós) méréseket végzett a Darnó-zóna környezetében, a Központi Földtani Hivatal által

indított „A Bükk-hegység és előterei komplex földtani előkutatási programja” keretében (SZALAY 1998).

A MOL Magyar Olaj- és Gázipari Rt. 1992-től kezdett kutatási tevékenységet az Ózdi-medence területén (HAJDÚ et al. 1997), melynek keretében gravitációs, mágneses, geoelektromos és szeizmikus reflexiós méréseket folytattak. Ebben az időszakban került sor az Oz–1–Oz–11 jelű szeizmikus reflexiós vonalak mérésére. Kutatófúrás mélyítéséről a magas geológiai kockázat miatt lemondtak. Az Ózdi-medence Zagyva-árok felé való kapcsolódási területét is érintette a MOL 1999 és 2002 között Salgótarján, illetve 2004 és 2012 között a Bátorfyerény védneű szénhidrogén kutatási területen végzett tevékenysége (KÓSA et al. 2003, BONCZ et al. 2012). Ezekben a kutatási periódusokban mérték be a Sal jelű szeizmikus reflexiós vonalakat.

Földtani környezet

A vizsgált területen (1. ábra) a Darnó szerkezeti vonal két oldalán a földtani ismeretesség nagyon különböző. A Ny-i oldalon, a mélyebb medencerészekben kevés fúrás van, a Darnó-zóna és a K-i oldal felszíni, fúrási, geofizikai ada-



3. ábra. A bükk-széki boltozat földtani szelvénye kőolajkutató fúrások alapján (SCHRÉTER 1951)

Jelmagyarázat: 1. Prekainozoos aljzat, középső-felső-jura mélytengeri mészkő, palás aleurit, agyagpala, radiolarit (Mónosbéli Formációcsoport); 2. Felső-eocén sekélytengeri lithothamniumos mészkő (Szöci Mészkő), felső-eocén–alsó-oligocén nyílt tengeri márga (Budai Márga) és alsó-oligocén agyagmárga (Tardi Agyag); 3. Alsó-oligocén nyílt tengeri agyag, agyagmárga, andezittufa betelepülésekkel (Kiscelli Agyag F.); 4. Felső-oligocén–alsó-miocén tengeri–sekélytengeri agyag, homokos agyag, homokkő (Szécsényi Slir, Pétervársári Homokkő); 5. Alsó-miocén sekély tengeri, folyóvízi, mocsári kavics, homok, agyag, vörös agyag (Zagyvapálfalvai F.); 6. Alsó-miocén riolituffa (Gyulakeszi Riolituffa); 7. Alsó-miocén sekély tengeri chlamysos–corbulás homok, homokkő, agyag (Egyházasgergei F.); (részben GYALOG et al. 2013 alapján). Zöld pont: kőolajtermelés; zöld karika: kőolajnyom; piros karika: gázbeáramlás, nyom; kék pont: sósvíz beáramlás

Figure 3. Geological section of the Bükk-széki anticline based on oil exploration wells (SCHRÉTER 1951)

Legend: 1. Pre-Cenozoic basement, Middle-Upper Jurassic deep-marine limestone, foliated siltstone, shale, radiolarite (Mónosbél Group); 2. Upper Eocene shallow-marine lithothamnium limestone (Szöc Limestone), Upper Eocene - Lower Oligocene open-marine marl (Buda Marl) and Lower Oligocene clay marl (Tard Clay); 3. Lower Oligocene open-marine clay, clay marl, andesite tuff intercalations (Kiscell Clay); 4. Upper Oligocene - Lower Miocene marine-shallow-marine clay, sandy shale, sandstone (Szécsény Slir, Pétervársári Sandstone); 5. Lower Miocene shallow water, fluvial and paludal gravel, sand, clay, red clay (Zagyvapálfalva Fm); 6. Lower Miocene rhyolite tuff (Gyulakeszi Fm); 7. Lower Miocene shallow-marine sand, sandstone, clay; (partly based on GYALOG et al 2013). Green point: crude oil production; green circle: oil show; red circle: gas inflow; blue circle: saltwater inflow

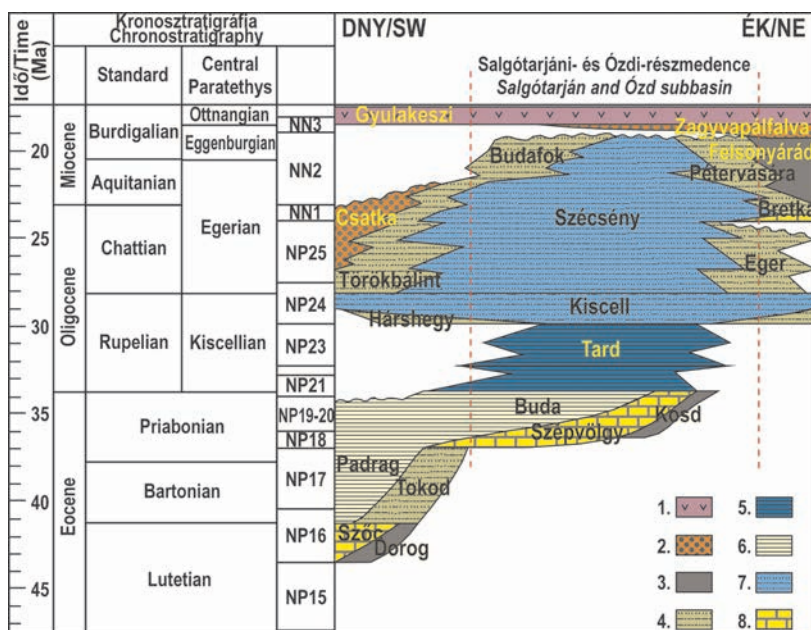
toknak és ismereteknek bővében van. Ezek alapján a terület prekainozoos aljzata (1. ábra c, HAAS et al. 2010) három fő részre különül. A Darnó-vonalig húzódó, közel Ny–K-i csapású Diósjenő–Hurbanovo (Ógyalla)-vonal É-i oldalán Ny-ról K felé haladva az Alcapa-főegység Nyugat-kárpáti egységeihez tartozó Vepori (1), Gömri (2) és Aggtelek–Rudabányai-egység (3) képződményei találhatók, a vonaltól D-re részben feltételeesen, ill. részben bizonyosan a Bükki-egység (6, 7, 8) különböző korú és kifejlődésű képződményei helyezkednek el (HAAS & BUDAI szerk. 2014). A vizsgált terület Darnó-feltolódástól K-re eső részén az Aggtelek–Rudabányai- (3), a Szendrő–Upponyi- (4) és a Bükki-egység (5, 6) zömmel felszínen, valamint a medencealjzatban megjelenő képződményei találhatók.

A vizsgálati terület jelenlegi adottságait két eltérő medencefejlődési időszak, a paleogén–kora-miocén Paleogén-medence, és a késői kora-miocéntől alakuló Pannon-medence szerkezetfejlődési eseményei alakították. A medence szénhidrogénföldtani potenciálja a Paleogén-medence szénhidrogén rendszere elemeire vezethető vissza, a medence szerkezetet azonban jelentősen felülbélyegezték a neogén szerkezeti eseményei (FODOR et al. 2005, SZŐCS et al. 2015, PETRIK et al. 2016, BEKE et al. 2019).

A magyarországi Paleogén-medence észak-magyarországi része egy DNY–ÉK csapású övben helyezkedik el, a Közép-magyarországi szerkezeti zónától északra. Kialakulásának meghatározó, számos rétegtani adattal alátámasz-

tott sajátossága a depocentrum időben elhúzódó, több szakaszban ÉK felé történő vándorlása. A vizsgált részterületen (1., 2. ábra) az üledékképződés feltehetően csak az eocén végén (priabonai NP19–20) indult meg, ugyanakkor a miocén eggenburgi emeletének végéig (NN3) folyamatos volt (BÁLDI 1980, 1983; TARI et al. 1993; 4. ábra).

A Paleogén-medence depocentrumának ÉK-re vándorlását, illetve a medence ösföldrajzi kapcsolatait több fejlődéstörténeti modell is magyarázza (KÁZMÉR 1984, BÁLDI & BÁLDINÉ 1985, ROYDEN & BÁLDI 1988, FODOR & KÁZMÉR 1989, FODOR et al. 1992, KÁZMÉR et al. 2003), melyek szerint a medence fejlődését annak D-i peremén jelentkező, a középső-eocéntól a késő-oligocénig tartó közel folyamatos jobbos eltolódás határozta meg, és a térrövidüléssel jellemezhető Külső-Kárpátok és az ugyancsak térrövidülést mutató Dinaridák közötti átmeneti helyzetű transztenziós szerkezettel értelmezhető. A medence dél felé vetővel csontolt, másik része Szlovéniában van (BÁLDI 1983, NAGY-MAROSY 1990, FODOR et al. 1999). TARI et al. (1993), SZTANÓ & TARI (1993) szerint a Paleogén-medence fejlődése egy a Nyugati-Kárpátok háttérében az Európai-tábla D-i irányú szubdukciójával egy időben kialakuló visszatörődéses-rövidüléssel medence (retroarc flexural basin) modelljével magyarázható. A jelenlegi megítélés szerint az Észak-magyarországi Paleogén-medence szerkezete dominánsan rövidüléssel mozgások következtében alakult ki (FODOR et al. 2005; FODOR 2010; PETRIK et al. 2014, 2016).



4. ábra. A paleogén üledékciklus litosztratiográfiai összefüggései az Észak-magyarországi Paleogén-medencében TARI et al. (1993) alapján

Jelmagyarázat: 1. savanyú piroklastikumok; 2. szárazföldi törmelékek, alluvialis homokos és kavicsos üledékek; 3. part menti, paralikus, mocsári üledékek; 4. sekély tengeri, partközeli sziliciklastos üledékek; 5. nyílt tengeri, batialis, euxin mélymedence agyagos képződményei; 6. selfperem, selflejtő, medence mészmárga, márga képződményei; 7. nyílt medence üledékek turbidites homokkő testekkel; 8. medenceperemi karbonátok

Figure 4. Lithostratigraphy of the Palaeogene sedimentary cycles in the North Hungarian Palaeogene Basin based on TARI et al. (1993)

Legend: 1. silicious piroclastites; 2. continental coarse grained sediments, alluvial sands and gravels; 3. nearshore paralic, paludal sediments; 4. shallow marine, nearshore siliciclastic sediments; 5. open marine batial, euxin clay, silt, marl 6. shelf edge, shelf slope, and basinal clay marl, marl sediments; 7. open marine sediments with turbidite sandstones; 8. basin edge carbonates

Tanulmányterületünk teljes egészében az Észak-magyarországi Paleogén-medence területére esik (2. ábra), amelyen belül a legjelentősebb szerkezeti és paleogeográfiai határ a Darnó-vonal (TELEGDI ROTH 1937, ZELENKA et al. 1983). Tágabb értelemben Darnó-zónaként vagy Darnó deformációs övként (FODOR et al. 2005, FODOR 2010) említik a Darnó-vonalhoz köthető szerkezetfejlődés által érintett teljes területet, mely gyakorlatilag magába foglalja a teljes Ózdi-részmedencét.

A Paleogén-medence üledékképződési modellje (4. ábra) szerint a kutatási területet csak az eocén végén, a priabonai korszakban érte el a transzgresszió, a bázisképződmények tarka és szürke, esetenként bauxitos agyagok, homok és kavics, illetve dolomitörmelék (Kosdi Formáció). A fedőben rendszerint világosszürke ún. „felső-eocén mészkő-összlet” (Szépvölgyi Mészkő Formáció) települ. E fölött rétegtanilag a Budai Márga Formációt képviselő szürke, alsó részén nagy mennyiségű bryozoát tartalmazó, esetenként kovás mészmárga következik. BÁLDI (1983) áthalmozott andezittufa és kvarcitos-homokos tufa közberétegzéseket írt le bükkszéki és fedémesi mélyfúrásokból. A vizsgált terület (1. ábra d) DK-i peremén mélyült fúrásokban néhány 10 m vastagságban jelenik meg.

A Paleogén-medence legfontosabb, szénhidrogénföldtani szempontból is meghatározó képződményei az oligocén korú, a medence mélyebb, nyílt vízi környezetében lera-

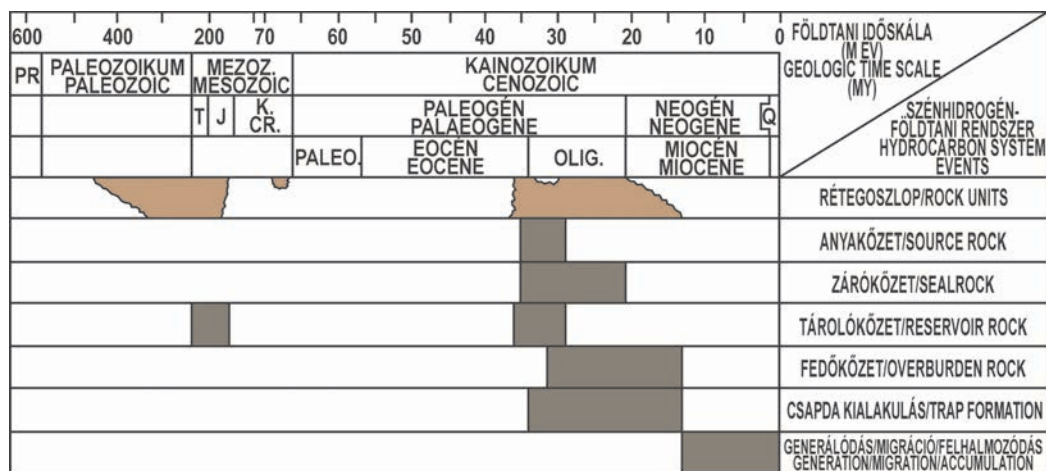
kódott finomszemű üledékek (Tardi Agyag, Kiscelli Agyag), a mindenkorai medenceperemekhez kapcsolódó nagy porózitású homokos-kavicsos kifejlődések (Hárshegyi Homokkő, Torókbálinti Homokkő, Egri Formáció) és a nagy elterjedésű slírösszletek (Szécsényi Slír Formáció) (BÁLDI 1983).

Az Észak-magyarországi Paleogén-medence területén megjelenő képződmények közül a Budai Márga, a Tardi Agyag és a Kiscelli Agyag Formációk tekinthetők érdemi szénhidrogén anyaközeteknek (4., 5. ábra). Kőolaj- és alárendelten földgázgeneráló kerogént tartalmazó anyaközetek jelentkeztek a Budai Márga felső szakaszának meszes-agyagos (Galgamácsa, Gamcsa-1 fúrás), a Tardi Agyag agyagos-meszes (Nagykövényes. Nks-I, Gamcsa-1, Tura, Tu-5, Tu-D-1 fúrások), illetve a Kiscelli Agyag agyagos összeleteiben (Tu-D-1, Tura Tu-É-2). Az oligocénnél fiatalabb képződmények jelenlegi állapotukban éretlen szénhidrogén-potenciállal rendelkező szakaszokat tartalmaznak (Tu-D-1, Tu-D-2, Tu-É-2, Nks-I) (KÓSA et al. 2003, BONCZ et al. 2012, 2. ábra). A legfontosabb anyaközet a Tardi Agyag Formáció, melynek laminites felső része szignifikánsan magasabb szervesanyag-tartalommal rendel-

kezik, mint az alsó, kevésbé lemezes szakasz (MILOTA et al. 1995). A képződmény elterjedése a vizsgált terület jelentős részén bizonytalan, vastagsága 28 db, a formációt harántolt medenceperemi fúrás (Bükkszék, Recsk, Mátraderecske) átlaga alapján 77 m, de a bükkszéki fúrásokban 100 m-t meghaladó vastagságban írták le. A Zagyva-árokban mélyült Nks-I sz. fúrás 90 méter vastagságban harántolta, 2930 és 3020 m mélységközben.

A Tardi Agyag fölött települő Kiscelli Agyag szervesanyag- és bitumentartalma jóval kevesebb. Az alig, vagy egyáltalán nem rétegzett, jellemzően bioturbált agyagmárgás aleurolit vastagsága akár az 1000 m-t is meghaladhatja (BÁLDI 1983). A Salgótarjáni-részmedence K-Ny-i tengelyétől északra (Ózd, Somoskőújfalu) vastagsága lényegesen kisebb (50–230 m). Szórvaosan néhány méter vastag, a Tardi Agyagra emlékeztető, magasabb szervesanyag-tartalmú, lemezes közbetelepülések előfordulnak benne. BÁLDI (1983) tufás betelepüléseket is leírt Bükkszék és Eger környékéről.

A Kiscelli Agyagra a medence belsejében az egri-eggenburgi Szécsényi Slír Formáció szürke, zöldesszürke, finomhomokkő közbetelepüléseivel tagolt finomhomokos, agyagos aleurolit, agyagmárga és agyag rétegsora következik, amely regionális zárókőzetként funkcionálhat. Átlagos vastagsága 340 m, a terület északi részén meghaladja a 600 m-t (BÁLDI 1983). A Darnó-zóna közelében (pl. a Dubi-



5. ábra. Az Észak-magyarországi Paleogén-medence szénhidrogén-földtani rendszerének alapelemei BABINSZKI et al. (2018) alapján

Figure 5. Hydrocarbon system events chart of the North Hungarian Palaeogene Basin based on BABINSZKI et al. (2018)

csány, Du–31 fúrásban) a Kiscelli Agyagra települve a slírel összefogazódó, Egri Formáció homokkövei is megjelennek (4. ábra). Az oligocén rétegekben megfigyelt gyűrődések utólagos deformációt jeleznek, mindezzel együtt a szerkezeti zóna oligocén aktivitását igazolják az oligocén üledéksorban megfigyelt gravitációs tömegmozgások (BÁLDI & SZTANÓ 2000), a szerkezeti vonal két oldalának eltérő oligocén kifejlődései és a kapcsolódó szekvenciasztratigráfiai értékelések (SZTANÓ & TARI 1993).

A slírré települő vagy gyakran azzal laterálisan összefogazódó Pétervásárai Homokkő Formáció ciklikus felépítésű, gyakran keresztrétegzett zöldesszürke glaukonitos homokkő, melynek vastagsága — feltehetően a lerakódását követő denudációs periódus eredményeképpen — erősen változó (SZTANÓ 1994). Az Észak-magyarországi Paleogén-medence déli részén a formáció homokkövei szénhidrogén tárolókőzetek (SZŐCS & HIPS 2018). Az egri–eggenburgi képződménysor üledékhézaggal települő záró üledéke a Zagyvapálfalvai Formáció csekély vastagságban települt (BÁLDI 1983, HÁMOR 1985; 4. ábra).

Az ottnangi emelet bázisán általános elterjedésű a Gyulakeszi Riolittufa Formáció („alsó riolittufa”). Anyaga szürkésfehér, bontottan zöldesszürke, vastagpados, biotitos, horzsaköves riolittufa, riodácit ártufa. Vastagsága a lepusztulás mértékének megfelelően 10–55 m között változik, átlagosan 48 m. Fedőjében, illetve közvetlenül az egri–eggenburgi képződmények fölött települ a Salgótarjáni Barnakőszén Formáció kezdetben limnikus, majd egyre inkább paralikus műrevaló széntelepeket tartalmazó rétegsora. A meddőt 5–10 m-es homokbetelepülések, lemezes vagy homoklencsés, széntörmelékes aleurolit, illetve közbetelepülő lumasellapadok alkotják. A formáció vastagsága 30–60 m között változik, átlagosan 45 m. A széntelepes összletet a Nógrádi-medencében az Egyházasgergei Formáció helyenként alapkonglomerátummal települő transzgressziós homok összlete fedi (HÁMOR 1985, HÁMOR in CSÁSZÁR szerk. 1997). A formáció azonosítására az Onco-phorák megjelenése alapján a Nyugat-Borsodi-medencé-

ben is van lehetőség (RADÓCZ 1987b). Vastagsága jellemzően 20–60 m között változik. A rátelepülő Garábi Slír Formáció uralkodóan szürke, ciklusosan változó homok, finomhomok tartalmú parttávolsági – nyílt vízi aleurit, agyag, agyagmárga összlet, vastagsága átlagosan 200 m.

A badeni emeletben induló transzgresszió nyílt vízi fáciesű üledéksora a Badeni Formáció (szürke, molluszkás agyagmárga, helyenként tufa-, tufahomok betelepülésekkel). Medenceperemi környezetben heteropikus fáciesű lithothamniumos, molluszkás, homokos, meszes Lajtai Mészke Formáció Pécsszabolcsi Tagozata („alsó lajtamészke”).

Az uralkodóan badeni, alárendelten szarmata neutrális magmatizmus vulkanitjait a Mátrai Formációcsoportba sorolt piroklasztikumok és lávakőzetek képviselik. Ide sorolt képződmények a terület D-i részén, a Mátra É-i előterében fordulnak elő.

A szarmata sekélytengeri, partközeli csökkent sós vízi kifejlődéseinek (Kozárdi Formáció) és a folyóvízi–tavi képződményeknek (Sajóvölgyi Formáció) elterjedése foltszerű, vastagságuk néhány 10 m. A szarmata Galgavölgyi Riolittufa Formáció („felső riolittufa”) előfordulása a területen szórványos. A szarmata–pannóniai rétegsorba települő Dubicsányi Andezit Formáció vastagsága 10–80 m között változik. Pannóniai üledékek megjelenése nem jellemző. A negyedkorban elsősorban a völgytalpi allúviuumok, illetve a lejtőüledékek halmozódtak fel. Ezek vastagsága a néhány métertől a néhány 10 m-ig változik (GYALOG et al. 2014).

Alapadatok és vizsgálati módszerek

Szeizmikus adatok

A területre 143 db különböző célú, hosszúságú és minőségű 2D reflexiós szeizmikus szelvény esik, amelyek közül a szeizmikus mélységtérkép elkészítéséhez 17 szelvény digi-

tális mélységváltozata került értelmezésre (Bu-4, -5, -6, Ék-2, Lo-1, Oz-1, -5, -6, -7, -9, -10, -11, Ozd-1, -2, So-1, Szuha-1 és Ra-29; *1. ábra d*).

Az ELGI 1986 és 1993 között végzett komplex geofizikai kutatásakor már figyelemmel voltak a medencealjzat domborzatának és közettani összetételének jelentős változásaira, s törekedtek a felbontóképesség növelésére, illetve a magasabb frekvenciák kiemelésére (ALBU et al. 1985, BRAUN et al. 1989, PETROVICS & SZALAY 1992).

Az archivált migrált időszelvények adatait, és a hozzájuk tartozó migrációs sebességtér értékeit ProMAX rendszer alatt aktiváltuk, majd mélységtartományba transzformáltuk. A különböző években készült szelvények eltérő vonatkozási szintjeit egységesen +300 m-ben határoztuk meg. A szelvények kereszteződései alapján úgynevezett „mistie” analízist és korrekciót végeztünk. A korrekció során a medenceperemi fúrások adatait is figyelembe vettük. A Bu-6 szelvény esetében teljes újrafeldolgozás történt, melynek célja a pre-stack mélységmigráció alkalmazásával meghatározott mélységszelvény összehasonlítása a migrációs sebességterek felhasználásával végzett idő-mélység konvertálás által kapott mélységszelvényekkel. A Bu-6 szelvény jobb értelmezhetőségét is reméltük az újrafeldolgozástól. Az eredmények azt mutatták, hogy a mélységszelvények két különböző eljárás során csupán néhány százalék hibát mutattak. Jelentősebb különbség mutatkozott az X és Z irányú felbontóképességben a pre-stack migráció javára. A kapott eredmények valorizálását természetesen csak néhány célzott mélyfúrás tudná szolgáltatni. A valódi amplitúdók megőrzésére törekedő újrafeldolgozás az értelmezhetőséget némileg javította. A jelentősebb javulás korlátja a terepi paraméterek adott korban meglévő technika lehatároltsága.

Az SMT Kingdom szoftverkörnyezetben végzett értelmezés alapját 10 db, az ELGI által mért szelvény képezte, melyek a medence fő csapásirányára közel merőleges, ÉNy-DK-i lefutásúak. A medence délnyugati felében további 7 db, a MOL által méretett és az ELGI által feldolgozott Oz jelű szelvény bevonásával pontosítottuk az értelmezést. Fontos eredmény, hogy egy-egy csapásirányú szelvény (Oz-1 és -9) segítségével megtörtént a medencét keresztező, közel párhuzamosan futó hosszú ELGI-s szelvények korrelációja. Az akár több ezer méter medencekitöltő üledéksorban öt szeizmikus vezérszintet követünk, melyek nagy amplitúdójú, markáns, az egész medencén vagy csak egyes részterületeken jól azonosítható reflexiók. A vezérhorizontok korának meghatározását és a hozzájuk rendelhető földtani képződmények azonosítását a medence belsejében szórványosan elhelyezkedő — többnyire kisebb mélységű — fúrások, illetve a medenceperemi fúrások rétegsora alapján végeztük el. Az aljzatot ért töréses szerkezeti elemek értelmezésekor azokat a vetőket jelöltük, melyek mentén lényeges szerkezeti változás történt, illetve feltétlenül szükségesek a horizont követése érdekében. A több kisebb vetőből álló szerkezeti elemek esetében a legnagyobb elmozdulást előidéző szerkezeti vonalakat jelöltük.

Gravitációs adatok

A vizsgálati terület határain belül az MBFSZ országos gravitációs adatbázisból 24 736 mérési pont adatai kerültek felhasználásra a Bouguer-anómália térkép készítésekor. A szükséges korrekciók (szabad levegő, Bouguer- és topokorrekciók) elvégzése után, több korrekciós sűrűsége kiszámoltuk a komplett Bouguer-anómália értékét az MGH-50 rendszerben (IGSN30, Potsdami alapszint).

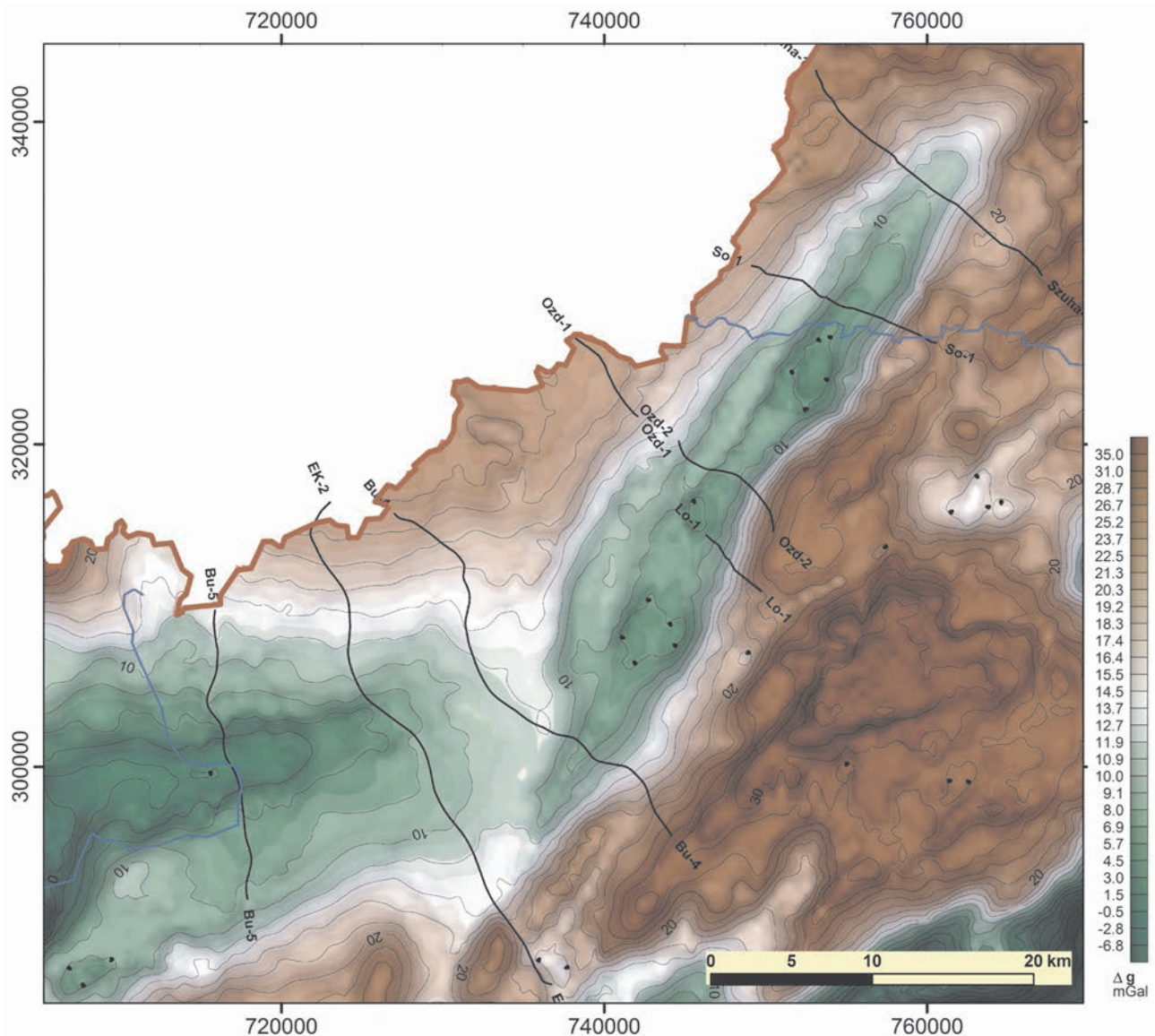
Mivel a vizsgálati területen az oligocén összlet a felszínen van, és medencealjzat-kibúvásokat is találunk, így a 2400 kg/m³ korrekciós sűrűséget fogadtuk el a feldolgozások során (a korrekciós sűrűség értéke elvileg a tengerszint feletti összletek átlagsűrűségének felel meg). Korábbi vizsgálatok (KISS 2009, 2010) igazolták, hogy a középhegységi zónában jelentős izosztatikus hatás (kéregkivastagodás) van, ezért elvégeztük ennek a regionális hatásnak a kiszűrését (izosztatikus korrekció) a Bouguer-anómália értékekből. A további feldolgozások során ezt a korrigált térképet (*6. ábra*) és ennek a térképnek a szűrt változatait használtuk, tehát ez a gravitációs alaptérkép.

A gravitációs alaptérkép adatait felhasználva a „horizontális gradiens maximum eljárás” (BLAKELY & SIMPSON 1986, CORDELL & GRAUCH 1987, KISS 2006) segítségével hatóperem-kijelölést végeztünk, amelynek eredményeit lentebb ismertetjük. A hatóperemek megadják a gradiens maximumok térképi helyét és a gradiens változásának irányából a szerkezetek vagy határfelületek csapása is meghatározható.

A prekainozoos mélységtérkép szerkesztéséhez felhasznált adatok

A fent említett szeizmikus és gravitációs mérési adatok, ill. a területen mélyült fúrások adatai alapján került sor az egységes szemléletű medencealjzat-térkép készítésére, illetve a medenceüledékek jellemző horizontjainak meghatározására. Az aljzat szintvonalait a hazai medenceterületre szerkesztettük meg, ahol a szeizmikus értelmezésből származó adatok is rendelkezésre álltak. Természetes határt jelentenek az Aggtelek–Rudabányai-hegység, az Upponyi-hegység, a Bükk, a Darnó-hegy paleo-mezozoos alaphegységének felszíni kibúvási (*1. ábra*). NyDNY-i és KDK-i irányban a medencealjzat szintvonalainak elvégeztetése a feldolgozott alapadatok függvényében történő döntés eredményeképpen alakult ki. A szerkesztés során elsőrendű adatként szolgáltak az alaphegységet elérő fúrások (*1. ábra d*), ill. az értelmezett szeizmikus reflexiós mélységszelvények aljzatként értékelt horizontjainak mélységadatai.

Azokon a területrészekon, ahol nem állt rendelkezésre mélyfúrási és szeizmikus adat, a gravitációs mérések adatainak (*6. ábra*) lentebb bemutatandó, különböző feldolgozású térképi megjelenítéseit használtuk fel. Kisebb medenceperemi szakaszokon figyelembe vettük archív szkennelt és digitalizált szeizmikus reflexiós, refrakciós és geoelektromos térképek szintvonal adatait is (SZALAY 1971, 1976; SZALAY & ALBU 1986; SZALAY et al. 1987, 1988). Tájékoztató adatként vettük figyelembe az archív magnetotellurikus és gra-



6. ábra. Iszosztatikusan korrigált, 2400 kg/m^3 korrekciós sűrűséggel kiszámolt Bouguer-anomália térkép

Figure 6. Isostatically corrected Bouguer anomaly map counted with 2400 kg/m^3 reduction density

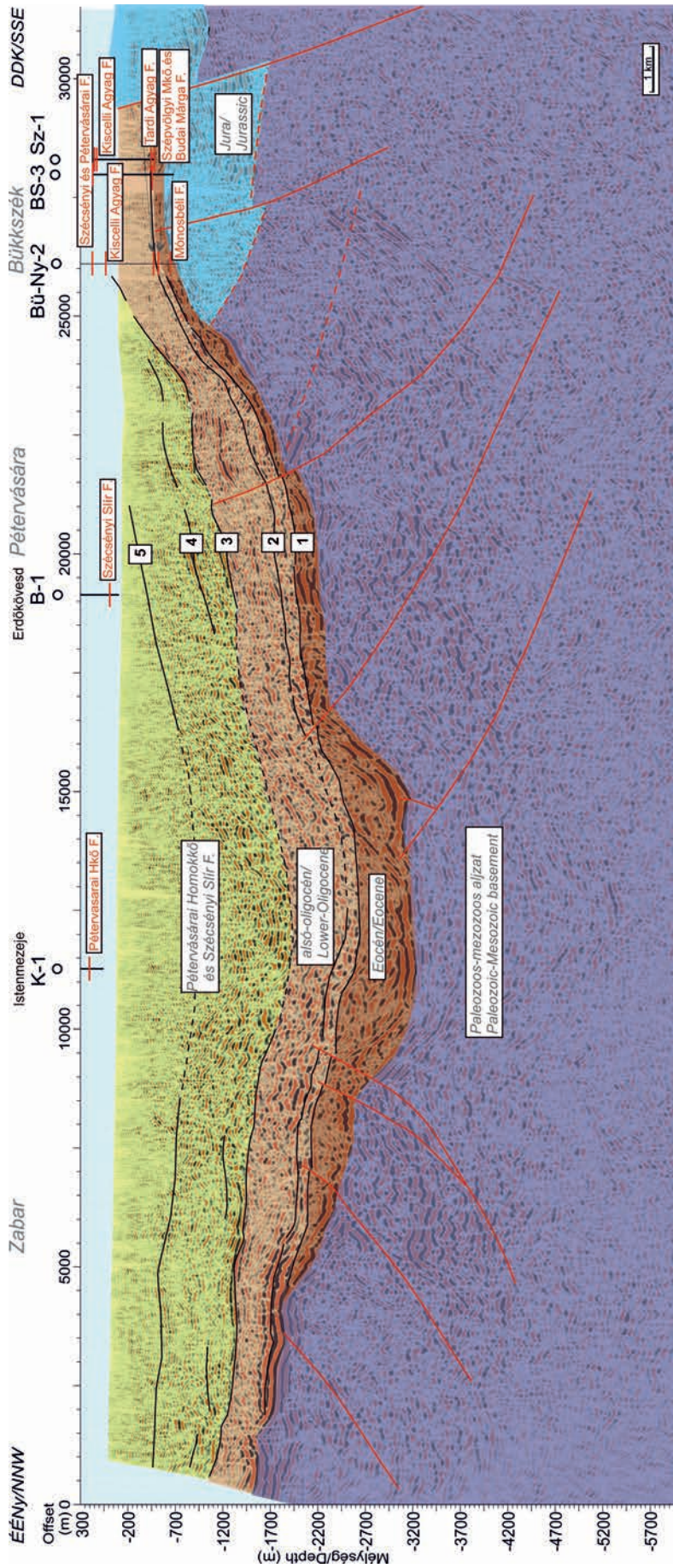
vitációs maradékanomália-térképeket, ill. a kéziratosszélvénnyeket (MADARASI 1990, KOVÁCSVÖLGYI & SCHÖNVISZKY 1991).

Eredmények és értelmezésük

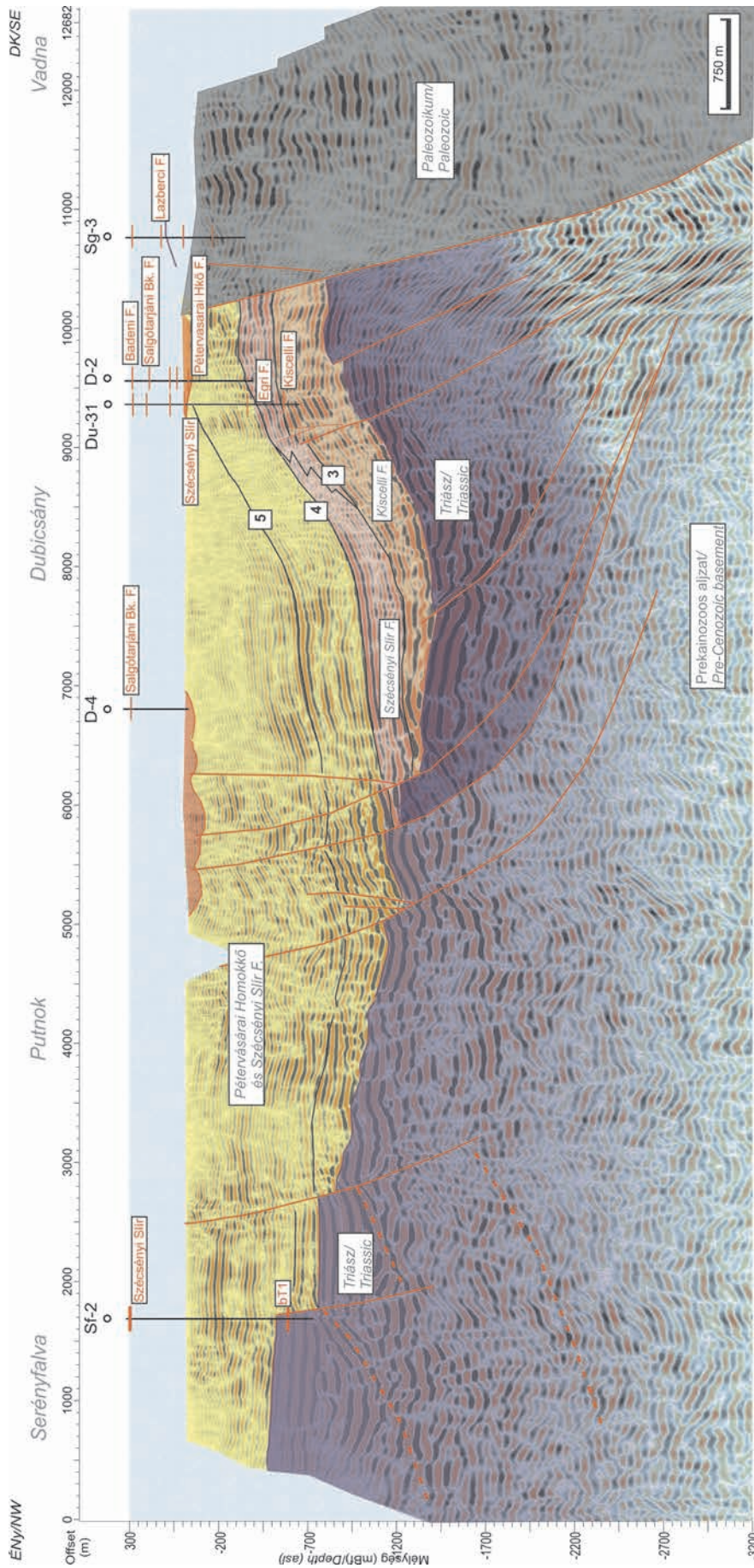
A szeizmikus értelmezés eredményei

A medence belső területén kevés az aljzatot ért mélyfúrás (1. ábra d). A szeizmikus értelmezés segítéséhez ezért viszonylag távolról bevetített — általában 1 km távolságon belüli — fúrás rétegsorokat használtunk, melyek főként a fedő üledékekről szolgáltatottak geológiai információt. Az 1986 és 1993 között mért ELGI szerkezetkutató szelvényeket a nagy mélységben elhelyezkedő medencealjzat megismerésére tervezték. Ennek megfelelően a szelvényeken jel-

lemzően a legnagyobb amplitúdójú jelcsomagok értelmezhetők a medencealjzat lekoptatott felszínéneként. Ezt az elgondolást a néhány aljzatot ért mélyfúrás jó közelítéssel alátámasztja (pl. a Bükk-szék Bu-Ny-2 az Ék-2 szelvényen [2., 7. ábra], a Lénárdaróc Ld-2 a Lo-1 szelvényen, a Susa-1 az Ozd-1 szelvényen, a Serényfalva Sf-2 a So-1 szelvényen (8. ábra), az Alsószuha Asz-1 és a Jánkfalva J-28 a Szuha-1 szelvényen). A medencealjzatot általában nem egy reflexió, hanem több fázispárból álló reflexiócsomag jelöli, ez esetben a köteg tetejét jelző első pozitív jelen értelmeztük a réteghatárt (8. ábra). A maximális amplitúdójú jelek korrelálásán túl a medencealjzat azonosítását segítették az eróziós lenyesési felülethez köthető — az aljzat belső szerkezetét kirajzoló fellapolódó reflexióelvégződések (ún. toplap felszín vagy eróziós lenyesési felület), illetve a medencét feltöltő üledék reflexióinak esetenkénti rálapolódásának (downlap felszín), valamint kiékelődésé-



7. ábra. EK-2 értelmezett szeizmikus szelvény
 Figure 7. Interpretation of the EK-2 seismic section



8. ábra. So-1 értelmezett szeizmikus szelvény
 Figure 8. Interpretation of the So-1 seismic section

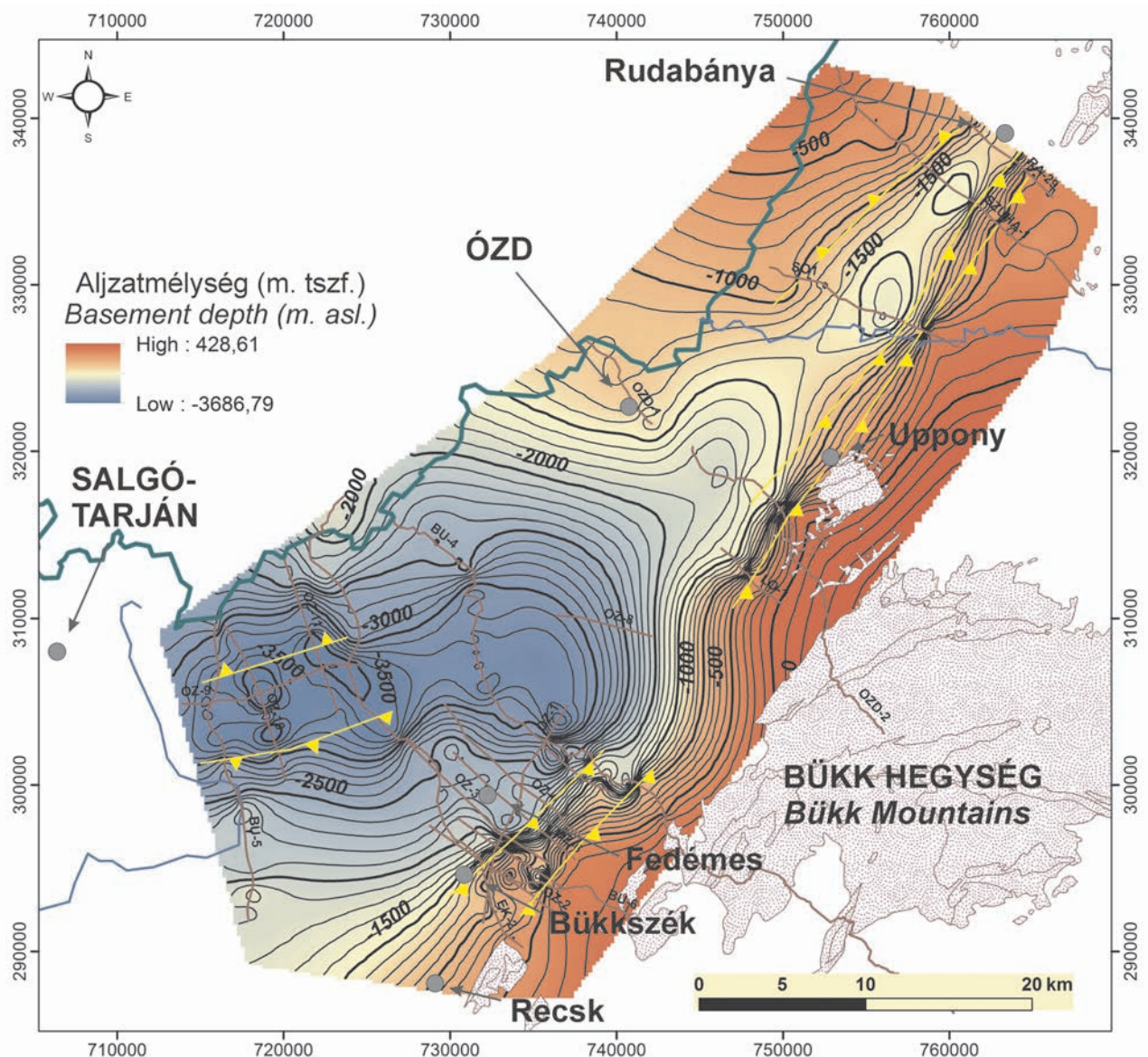
nek követése. A medencealjat értelmezésekor nem tettünk különbséget a feképződmények földtani kora és kőzetminősége között, egységesen prekainozoos aljatként kezeltük. Ennek eredményeként készült el az a szeizmikus mélységtérkép, mely a peremi, Darnó-zónától keletre eső felszíni kibúvásoktól (kb. 200–300 m tszf.) a legmélyebb részeken –3400 mBf-ig terjed (9. ábra)

A paleogén medencekitöltésben értelmezett öt vezérszint korolását a szórványosan elhelyezkedő, többnyire a medence peremén csoportosuló fúrások csak részben oldották meg. A mélymedencerészekben nagyobb bizonytalanságú az 1-es és a 2-es szint korbeosztása.

1. *Eocén horizont*: a prekainozoos aljattal felett települő, erősen változó vastagságú, a mélymedence felé kivastagodó, heterogén szeizmikus fáciesű képződmények tetőszintje. Az összlet alján a változó folytonosságú jelcsomag általában az aljathoz nagyon hasonlóan nagy amplitúdó-

jú, és gyakorta az aljattal teljesen konform módon települ. A mélymedencerészen ezekre gyakran kaotikus fáciesű, helyenként közepes–gyenge folytonosságú, a medence belseje felé dőlő reflexiókkal jellemzett szeizmikus fáciesű rész következik. Az 1-es szint által határolt szeizmikus egység a peremek felé elvékonyodik, helyenként felismerhető a kiemelődésre jellemző rálapoló reflexió elvégződés is. A peremi fúrásokban az összevontan kezelt eocén Szépvölgyi Mészke és Budai Mária Formációval (4. ábra) korrelál. A heterogén szeizmikus fácies az eltérő kőzetminőséggel magyarázható, ahol az erős, nagy amplitúdójú jelek dominálnak, a Szépvölgyi Mészke, illetve a Budai Mária mészkő betelepüléseinek megjelenését valószínűsíthetjük. A kaotikus fácies nagy vastagságú törmelékes összlet jelenlétére utalhat.

2. *Tardi Agyag horizont*: a Salgótarjáni-részmedencében megjelenő, kisebb–nagyobb folytonossággal követhető,



9. ábra. A medence prekainozoos aljzatának mélységtérképe a szeizmikus értelmezés alapján. A mélységértékek tengerszinthez viszonyított értékeket jelölnek
Figure 9. Pre-Cenozoic basin basement depth map based on seismic interpretation (depth values referred to sea level)

változó amplitúdójú határfelület, mely a medence peremén helyenként kiékelődik. A délkeleti medenceperemen a szint a bükk-széki és fedémesi szerkezetek fúrásaiban jó közelítéssel a Tardi Aggyag Formáció tetőszintjével korrelálható, mely a medence mélyebb részeire is továbbvihető. A peremen a képződmény vastagsága a szeizmikus felbontóképesség határán van, így itt csak hipotetikusán — a fúrások alapján értelmeztük. A mélyebb részeken 1–3 reflexió is tarthat hozzá. Az egységben helyenként megjelenő nagy amplitúdójú jelek a Tardi Aggyagba települő mészturbiditokkal (VARGA 1982) hozhatók összefüggésbe.

3. Kiscelli horizont: Az Ózdi- és a Salgótarjáni-részmedencében is jól követhető szint, a fedő üledékes rétegsorban viszonylag jó folytonosságú, nagy amplitúdójú jelekkel mutatkozik. Lefutása az Ék–2 szelvényen (7. ábra) jól kirajzolja a medencerész enyhén aszimmetrikus alakját. A So–1 szelvény mentén (8. ábra), illetve az Ózdi-részmedencében csak a délkeleti részen nyomozható. A peremi területek fúrásaival is jól korrelálható szint a Salgótarjáni-részmedencében többnyire nagy, míg az Ózdi-részmedencében csekélyebb vastagságban megjelenő Kiscelli Aggyag tetőszintje.

4. Felső-oligocén horizont: jó folytonosságú, nagy amplitúdójú reflexió, azonban fúrásokkal való korrelációja bizonytalan. A So–1 szelvény mentén a Dubicsány Du–31 fúrás alapján az Egri Formáció egyik markáns szintjével vagy tetőszintjével eshet egybe. A jól dokumentált (BÁLDI & SZTANÓ 2000) fúrás alapján a peremi részeken eróziós szintként jelentkező felület, mely a medence mélyebb részei felé unkonformitásba megy át, az egri képződményeken belül jelentkező intraegri denudációt, ez esetben az oligocén és miocén képződmények határát is jelezheti. Alternatív értelmezése lehet a helyenként diszkordánsan települő Szécsényi Slír Formáció talpa is.

5. Alsó-miocén horizont: többé-kevésbé jó folytonosságú követhető közepes amplitúdójú, a fekvő üledékekkel konform módon kirajzolódó reflexió a Szécsényi Slír és Pétervásárai Homokkő szintjeiben. Az Ózdi-medencerészben jól nyomozható, szépen kirajzolja a medencerész aszimmetrikus alakját.

A szeizmikus értelmezés alátámasztotta azt a korábbi elgondolást, hogy az Ózdi- és a Salgótarjáni-részmedence mind az aljzat mélysége, mind a medencét kitöltő üledékretegsor tekintetében eltérést mutat. Ezért a továbbiakban érdemes a két részt külön tárgyalni. Ennek megfelelően a két medencerészben a fedő rétegsor csak részben mutat átfedést.

Az Ózdi-részmedence sekélyebb (8., 9. ábra), és a fúrások tanúsága szerint kitöltése fiatalabb, mint a Salgótarjáni-részmedencéé (7. ábra). A Kiscelli Aggyag Formáció kisebb vastagságban jelenik meg, az ennél idősebb oligocén képződmények jelenlétére nincs bizonyíték (LESS et al. 2006). A kiscelli emelet képződményeire többnyire Szécsényi Slír települ, vagy a peremi területeken az Egri Formáció is megjelenik lokálisan (Du–31 fúrás, BÁLDI & SZTANÓ 2000). A Szécsényi Slír felett vagy azzal összefogazódva a Pétervásárai Homokkő Formáció képződményei (4. ábra) is nagy vastagságban jelennek meg, bár szeizmikus fázisuk alapján nem lehet őket a szelvények mentén elkülöníteni. A részme-

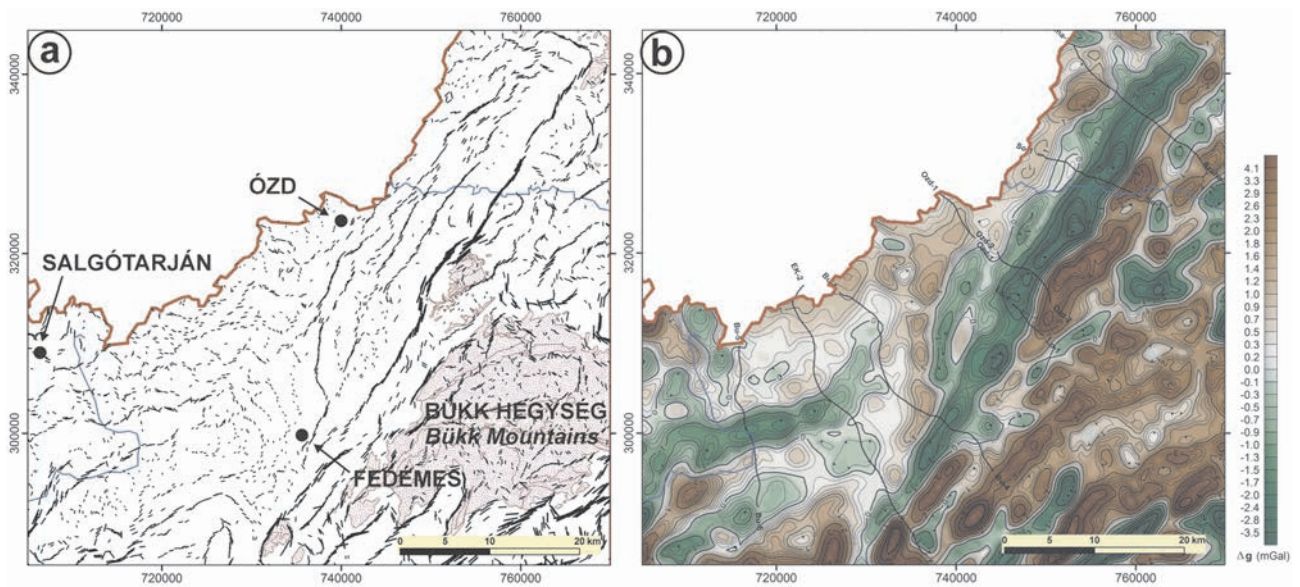
dence csapása a Darnó-zónával megegyező, ÉK–DNy-i. A szelvények és a fúrások tanúsága szerint délnyugat felé mélyül, a mélymedencék aljzata –900 mBf-től –1600 mBf. mélységig süllyed (9. ábra). A részmedence szerkezete aszimmetrikus, északnyugati szárnya laposabban dől, mint a délkeleti, ami jó összhangban van a SZTANÓ & TARI (1993) által interpretált eredményekkel. A részmedence keleti határát a Darnó-vonal jelenti. A szelvényeken jól látható a medencealjzat Darnó-vonal mentén több lépcsőben bekövetkező emelkedése, és a kapcsolódó ÉNy-i vergenciájú feltolódások sora (FODOR et al. 2005, FODOR 2010). A So–1 szelvény (8. ábra) ugyan nem képezi le, de jól ismert a Darnó-vonal miocén korú normálvetős felújulása a területen (SCHRÉTER 1951, 3. ábra). A medencerész északnyugati szárnyának aljzatában délkeleti vergenciájú áttolódási síkok ismerhetők fel, amelyek beilleszthetők TARI et al. (1993) flexurális medencefejlődési modelljébe. Ezeket azonban helyenként a feltételezhetően színrift miocén extenzióhoz tartozó normálvetők (FODOR 2010, PETRIK et al. 2016) felülírják, melyek kora azonban a szelvények alapján egyértelműen nem állapítható meg.

A Salgótarjáni-részmedence jelentősen mélyebb, jóval –3000 mBf alá mélyül. A részmedence kiszélesedik, és csapása KÉK–NyDNy-ivá válik (9. ábra). A medence két peremén ellentétes vergenciájú feltolódások értelmezhetők, hasonlóan az Ózdi-medencerészhez, azonban itt a délies vergenciájú szerkezeti elemek markánsabban jelennek meg. A Darnó-zóna előterében megjelenő északias vergenciájú feltolódások déli irányban egyre meredekebbé válnak. A medence középső része sajnos kevésbé jól értelmezhető a jel/zaj arány lecsökkenése miatt.

A mélyebb medencerészek alsó-oligocén üledékekkel vannak kitöltve, melyek alatt az aljzatra települve felső-eocén üledékek is korrelálhatók. Az eocén üledékek vastagsága átlagosan 200–220 m körüli, nyugat felé kivastagszik, míg a kiemelt bükk-széki és fedémesi szerkezeteken elvékonyodik néhány 10 m-re, és többnyire ki is ékelődik (7. ábra). Az alsó-oligocén képződmények vastagsága is változó. A délkeleti peremen a fúrások tanúsága szerint 500–650 m, ami a medence mély részein akár az 1000 m-t is elérheti. Az északnyugati peremen vastagsága ismét lecsökken 300–500 m-re, amely összhangban van a szlovák oldalon közölt adatokkal (VASS et al. 1989). A Tardi Aggyag Formáció csak a Salgótarjáni-részmedencében jelenik meg, a peremi fúrásokban 50–210 m közt változó vastagságban írták le (Bü-Ny–2, Bs–3). A medencekitöltés közel felét feltételezhetően itt is a felszínen megjelenő Szécsényi Slír és Pétervásárai Homokkő Formáció képződményei teszik ki, bár ebben a medencerészben nem találhatók olyan fúrások, amelyek néhány száz méternél nagyobb vastagságban harántolták e képződményeket (a kis mélységű fúrások többnyire nem fúrták át).

A gravitációs feldolgozás eredményei

Mivel a nehézségi erőter összegzett hatást mutat, a gravitációs hatóperemek (10. ábra a) is a legerősebb, domináns hatásokat jelzik elsősorban. Az eljárás a felszínközeli, nagy



10. ábra. Gravitációs hatóperemek térképe (a) és az 1600 m mélységű hatások Bouguer-anomália térképe a korrelációhoz felhasznált szeizmikus szelvények nyomvonalával (b)

Figure 10. Edge detection map based on the horizontal gradient of gravity – sharpen the geological changes, as different lithology, faults (a) and Bouguer-anomaly map filtered to the effects from 1600 m bsl (b)

gradienssel jelentkező változásokra a legérzékenyebb, így azok hatása látszik legjobban. A mélyebb hatások is jelen vannak, de azok kevésbé karakterisztikusan jelentkeznek. A hatóperemek jelzik az egyes kifejlődési területek határát, illetve a kisebb részmedencék elterjedési területét, azaz a szerkezeti határok legvalószínűbb helyét.

A hatóperemek és a különböző földtani térképek összevetése mutatja a szerkezeti kapcsolat erősségét, és mivel a terület ilyen jellegű vizsgálatát most először végeztük el, jelezheti a hiányzó (eddig ismeretlen) szerkezeti vonalak helyzetét is.

A hatóperemek fő iránya a Salgótarjáni-részmedencében, a Mátrától É-ra, NyDNy–KÉK-i. A hatóperemek Fedémestől északra, Ózd felé jeleznek egy közel É–D-i szerkezetet, ami egy Ny-i és egy ÉK-i részre választja ketté a vizsgált területet. A gravitációs hatóperemek ettől a szerkezettől ÉK-re már a Darnó-zóna szerkezeti irányaival párhuzamosak (10. ábra a). Ez az elem szerepel LESS et al. (2004) térképén, sőt már korábbi (JASKÓ 1946, BALOGH 1964) térképeken is megjelenik. A gravitációs adatok tehát alátámasztják a korábbi terepi észleléseket, és kiemelik a szerkezet fontosságát.

A főbb gravitációs hatók mélységének meghatározása céljából spektrális mélységszeletelést végeztünk (CORDELL 1985, KISS 2014). Ezen a területen három különböző szintet (325 méter, 1600 méter, 7000 méter) és azok gravitációs hatását különítettük el. A medencealjzat-mélységtérkép szerkesztéséhez az 1600 m-es szint (10. ábra b) a területen lévő medencék mélységével összevethető mélység, ezért fontos szerepe volt a feldolgozások során. Ezen a térképen rajzolódnak ki a medenceterületek részmedencéi, sajátos gerincvonalakkal elválasztva, aminek eredete további elemzés tárgyát képezi. A hatóperemek alapján kirajzolódó É–D-i elválasztó vonal Fedémestől önálló, aszimmetrikus gerincvo-

natként jelenik meg a szűrt térképen, elválasztva a Ny-i (Salgótarjáni-részmedence) és az ÉK-i (Ózdi-részmedence) kifejlődési területet.

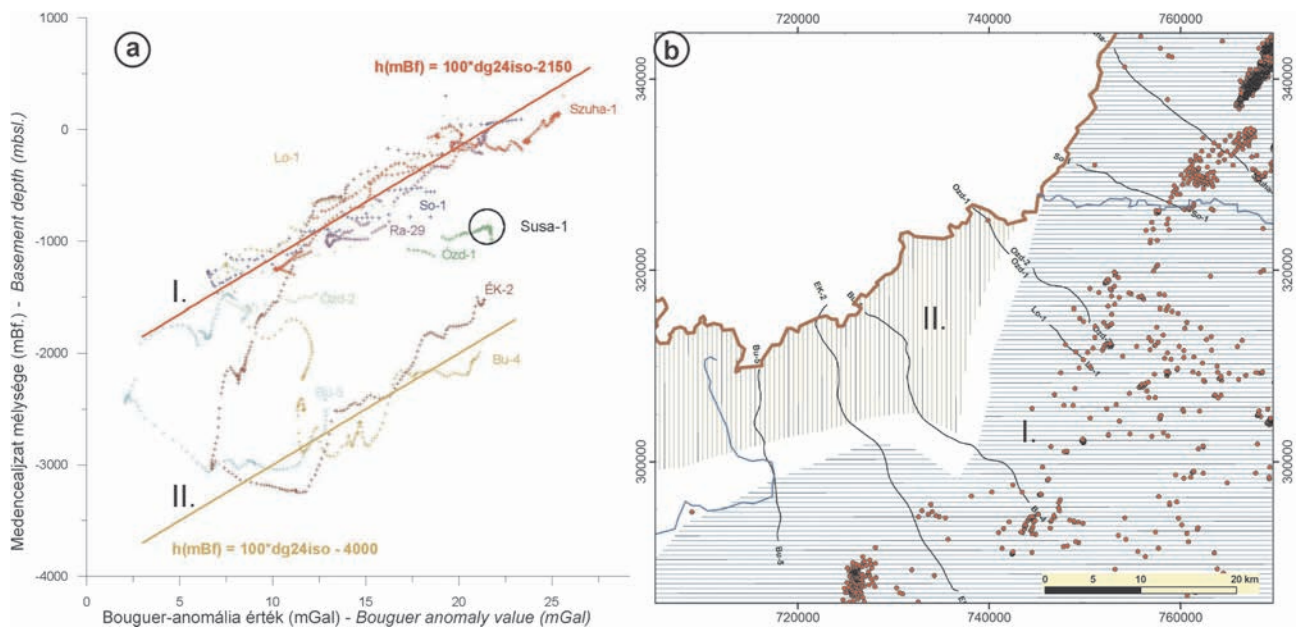
A paleogén medence kevés mélyfúrás adata miatt a szeizmikus szelvényeken (Bu-4, -5, Ék-2, Ozd-1, -2, Lo-1, So-1, Szuha-1, Ra-29) értelmezett prekainozoos aljzat szintjét használtuk a gravitációs mélységtérkép elkészítéséhez. Elsőként a medencealjzat szintjének (mBf) és a 2400 kg/m³ korrekciós sűrűséggel kiszámolt és a Moho-szinttel korrigált Bouguer-anomália adatok kapcsolatát vizsgáltuk (11. ábra a).

A szeizmikus értelmezésből adódó medencealjzat-szintek és a gravitációs mérésekből származó Bouguer-anomália adatai között a vizsgálati terület egészére nézve nincs egyértelmű kapcsolat. Egy adott gravitációs értékhez jó esetben egy, de többnyire két mélységadat is kapcsolódik, ami nyilvánvalóan arra utal, hogy földtani felépítés szempontjából legalább kétféle földtani modellel kell számolni. A vizsgálat eredménye szerint, a 11. ábra a részén piros, illetve világosbarna egyenessel jelölt két különböző trend két különböző (szeizmikus–gravitációs) modellt jelez.

Az ÉK-i szelvények (Lo-1, So-1, Szuha-1, Ra-29) esetében a „ $h=(100 \times \Delta g) - 2150$ ” lineáris függvénykapcsolat határozható meg (I., ÉK-i blokk, 11. ábra b). A Ny-i szelvények (Bu-4, -5, Ék-2) esetében azonban a korábbi összefüggés csak a szelvények D-i részére igaz, a szelvények É-i részén egy teljesen más kapcsolat rajzolódik ki. Itt a „ $h=(100 \times \Delta g) - 4000$ ” lineáris függvénykapcsolatot lehet meghatározni (II., Ny-i blokk, 11. ábra b).

Ezek szerint a medencealjzat mélységmeghatározását a két részterületen elkülönítve kell elvégezni, majd vizsgálni a két terület közötti kapcsolódást.

A lineáris függvénykapcsolat hasonlóságából az olvas-



11. ábra. Szeizmikus medencealjzat-mélység és izosztatikusan korrigált Bouguer-anomália (2400 kg/m^3 korrekciós sűrűség, a képletben $dg24iso$) értékek kapcsolata (minden szelvény adata eltérő színnel megjelenítve) (a); és a terület blokkosítása a felhasznált szeizmikus szelvények mentén kapott aljzatmélységek és a gravitációs mérési adatok alapján (b) (vízszintes sraffozás: I., ÉK-i modell/blokk), függőleges sraffozás: II., Ny-i modell/blokk), köztes fehér terület: váltás és árokvonala)

Figure 11. Connection between the interpreted seismic basement depth and the isostatically corrected Bouguer anomaly data ($dg24iso$ in the equation – correction density: 2400 kg/m^3 , every 2D seismic line with different colour) (a); and the different blocks of the area based on integrated interpretation of the seismic basement depth and the gravity data – with the lines of seismic sections used to integrated interpretation (b) (horizontal hatching: I., north-eastern model/blokk, vertical hatching: II., western model/blokk, intermedier white area: transitional zone)

ható ki, hogy ugyanazt a Bouguer-értéket egy kb. 1850 m-rel mélyebben található, jóval nagyobb sűrűségű medencealjzat-képződés is létrehozhatta a területen. Ez arra utal, hogy jelentős eltérés van a mélybeli felépítésben a két terület között. Ráadásul a két sűrűségmodell között még egy átmeneti zónának is kell lennie, mivel a szeizmikus szelvényeken is folyamatos a medencealjzat lefutása (nincsenek jelentős ugrások).

Figyelembe kell venni, hogy a medencealjzat szeizmikus értelmezésénél nem tettünk különbséget a feképződés földtani kora és kőzetminősége között (azaz sűrűsége között sem), egységesen prekainozoos aljzatként kezeltük őket. A gravitációval való összevetés azonban jelzi, hogy különböző feképződésekről van szó. A kérdéses területre azonban nincs olyan fúrás, ami alapján az eltérő feképződéseket pontosan azonosítani lehetne. Mivel a gravitáció összegzett hatást mutat, így akár a fedőben bekövetkező változás is hatással lehet a Bouguer-anomália értékére.

Az Ozd-1 és Ozd-2 szelvények az átmeneti zónába tartoznak — a Susa-1 mélyfúrással együtt, bár az Ozd-2 jelentős része még az ÉK-i blokk menetét mutatja. A 11. ábra b alapján az is látszik, hogy a Ny-i blokkban gyakorlatilag nincsen mélyfúrásból származó közvetlen mélységadatunk, ami bizonytalanná teszi az értelmezést.

A terület mélységtérképének összeállításakor a következő típusú területekkel kellett számolni:

Kibúvás területek, itt a medencealjzat mélysége a felszíni domborzat magassága lesz;

I. (ÉK-i) típusú terület [a „ $h=(100 \times \Delta g) - 2150$ ” lineáris közelítéssel];

II. (Ny-i) típusú terület [a „ $h=(100 \times \Delta g) - 4000$ ” lineáris közelítéssel];

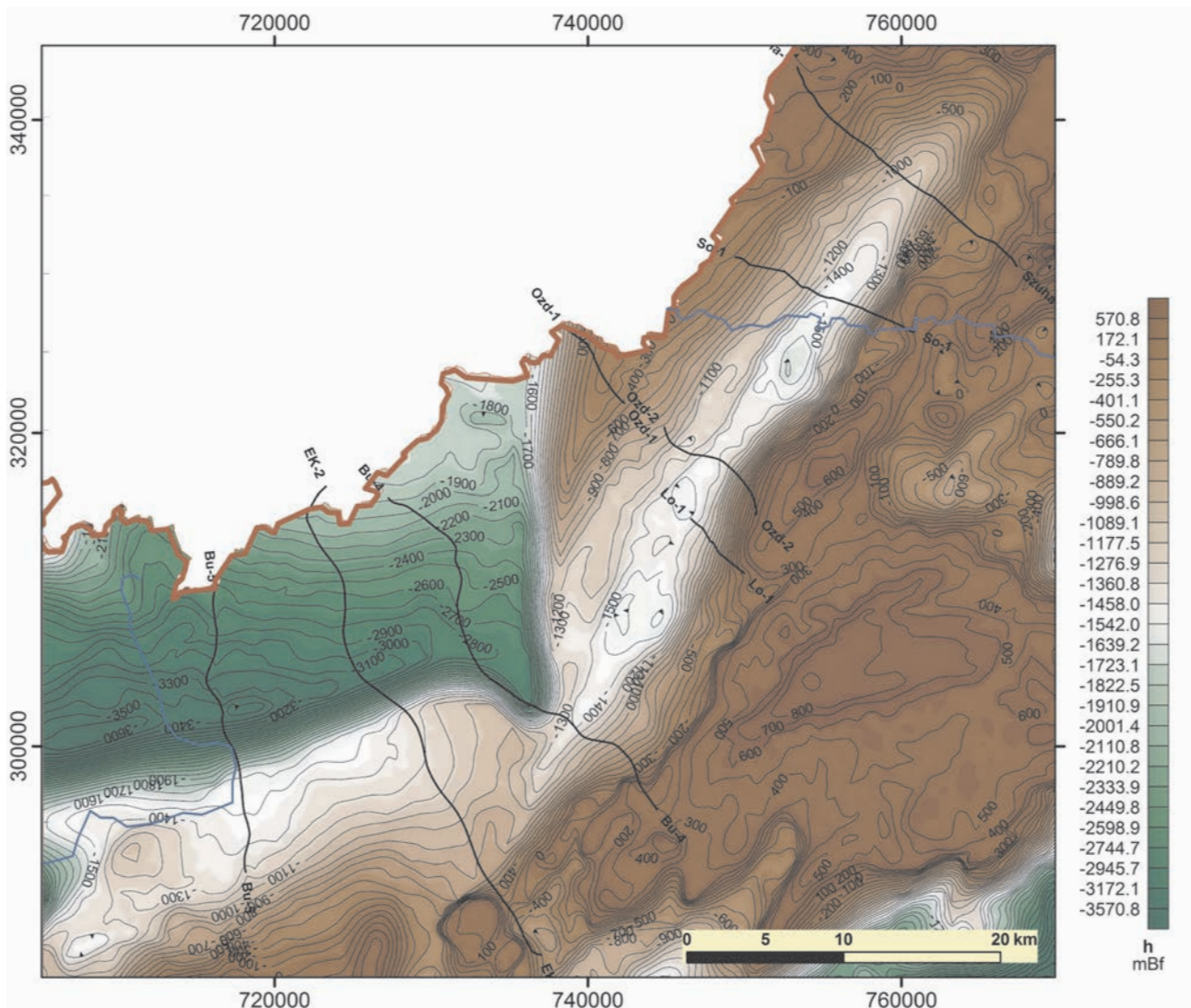
Átmeneti zóna a két típusú terület között bizonytalan szélességgel.

A mélységtérkép szerkesztése során tehát a kibúvásos területeken a domborzat magasságértékeivel számoltunk, az átmeneti területeket pedig üresen hagytuk. Így az ÉK-i blokk, a Ny-i blokk és a kibúvásos szintjeiből képeztünk egy adatrendszer, amiből „minimum curvature” eljárással 500 m-es gridet interpoláltunk az egész területre (12. ábra).

A kutatási területen tehát két medence-rész található, a Salgótarjáni-részmedence Ny-on és az Ózdi-részmedence ÉK-en, amelyre a gravitációs Bouguer-anomália térkép (6. ábra) és a hatóperemek (10. ábra a) hívják fel a figyelmet. A feldolgozások alapján a medencék közötti közel É-D irányú határvonal a típusú területi modellek határvonala is egyben.

A prekainozoos aljzatmélységtérkép

A szeizmikus mélységtérkép adatait a gravitációs mélységtérkép adataival kiegészítve, ill. archív medenceperemi geoelektromos és szeizmikus térképek figyelembe vételével készült el a korrigált prekainozoos aljzatmélységtérkép (13. ábra). Az aljzatfelület reális ábrázolása érdekében szükség volt az aljzat markáns szerkezeti elemeinek ábrázolására, melyhez elsősorban a gravitációs hatóperem térkép (10. ábra a) és szeizmikus értelmezés (9. ábra) nyújtott segít-



12. ábra. Az aljzat gravitációs mélységtérképe (mBf.) a szeizmikus adatokkal való vonalmenti korreláció alapján

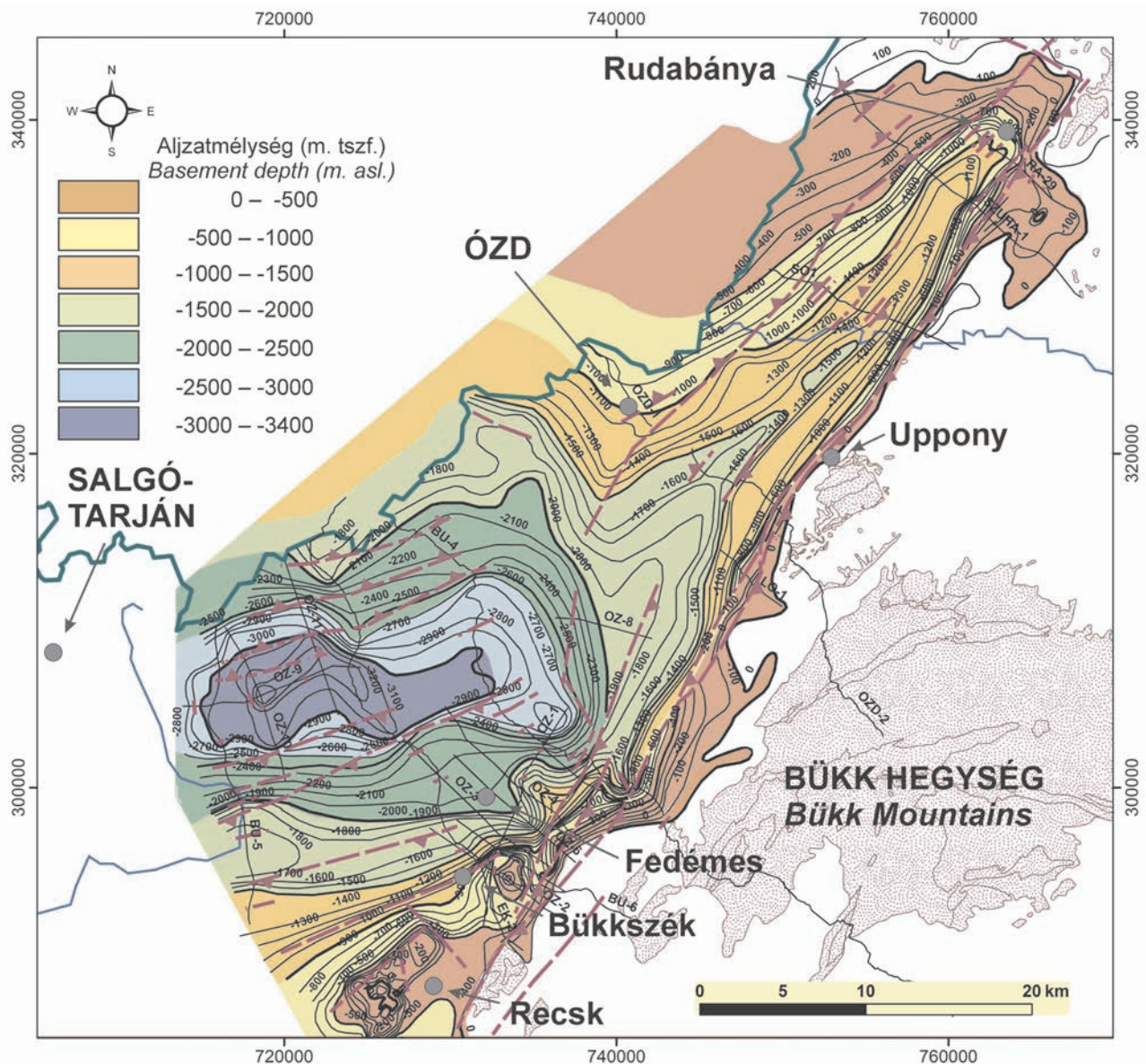
Figure 12. Gravity basement depth map based on the correlation with seismic data along the interpreted lines

séget. A gravitációs mélységtérkép adatait a mélymedence-részekre vettük figyelembe egyéb adat hiányában. A szintvonalak a térinformatikai program szerkesztési lehetőségeit kihasználva manuálisan, a magassági pontok és a háttér szintvonalas megjelenítései között észszerűen korrigálva kerültek megrajzolásra, a szintvonalköz 100 méter.

A térkép (13. ábra) két, egymástól élesen el nem határolható medencerészt mutat. Az 1100–2000 m tszf. aljzattérségű, ÉK–DNy-i tengelyű Ózdi-részmedence az azt KDK-ról határoló, medenceperemi Darnó-vető mentén húzódik. Az aljzat a vető menti közel 0 méter tszf. magasságtól ÉNy felé 3–5 km-re már eléri a helyi legnagyobb mélységét, majd enyhébben emelkedik tovább. A medencerész aljzatának DK-i oldalában a szeizmikus szelvények alapján ÉNy-i vergenciájú feltolódások észlelhetők, a medence ÉNy-i oldalában szintén feltolódásos, de ellenkező vergenciájú feltolódások sorozata észlelhető. A szeizmikus szelvények közötti területen ezek a szerkezeti elemek nehezen korrelálhatók. A térképen jelzett szerkezeti elemek megjelenítése során ezért

a gravitációs hatóperemek térképére is támaszkodtunk. Az Ózdi-részmedence északi és középső részén az Észak-magyarországi Paleogén-medence érdemi anyaközei közül a szeizmikus értelmezés alapján a Kiscelli Aggag Formáció van meg, de a medence mélysége, és az alább részletezett szénhidrogén-földtani adatok alapján feltehetően sem ez, sem fedőképződményei nem jutottak el a kőolajképződés zónájába.

A Salgótarjáni-részmedence az Ózdtól dél felé húzódó aljzati gerinc nyugati–dél nyugati részén, a Darnó-vető Bükk-szék környéki vonalától ÉNy-ra mélyül, és a DK-i medenceperemtől ÉNy felé mintegy 16–20 km-re éri el –3400 méterben (tszf.) legnagyobb mélységét. Az itt mért szeizmikus vonalak értelmezése szerint a medencerész tengelye ÉK–DNy-i irányítottaságú, közepén DK-i irányba megtörik. A medencealjzatban megjelenő vetők a medence ÉNy-i oldalában DK-i vergenciájú feltolódások, a medence mélyzónájától délkeletre pedig ÉNy-i vergenciájú feltolódások. A medencében értelmezett várható anyaközet összletek, és a



13. ábra. A vizsgált terület prekainozoos aljzattérképe az értelmezett és a feltételezett szerkezeti vonalakkal (szaggatott lila)

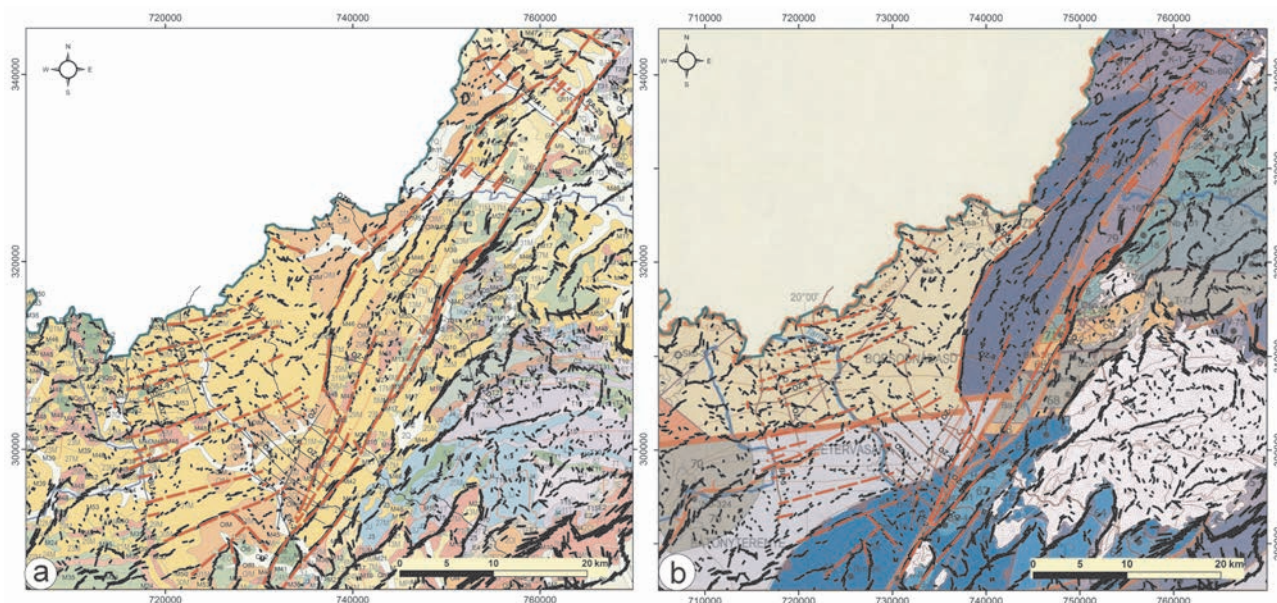
Figure 13. The pre-Cenozoic basin basement map with interpreted and supposed structural lines (dashed purple)

medence kiterjedése alapján ez a medencerész produktív szénhidrogén képződés és felhalmozódás szempontjából.

Az elkészült aljzattérkép szintvonal és szerkezeti vonal ábrázolását összehasonlítottuk korábban készült medencealjzat mélységtérképekkel, illetve különböző korábban készült földtani térképek szerkezeti vonal megjelenítéseivel. A 100 méter szintvonalközű részmedencetérképünk az országos léptékű ábrázolásoknál (TANÁCS & RÁLISCH 1990, KILÉNYI et al. 1991, HAAS et al. 2010; 1. ábra a, b, c) az aljzattérképnek nyilván részletesebb, jobb felbontású megjelenítést nyújtja. Lényegi különbség a két részmedencét elválasztó, Ózdtól délre megjelenő gerinc, a fedémesi, bükkszéki, recski magaslatok elkülönült megjelenése, illetve a Salgótarjáni-részmedence mélyzónájának részletgazdag rajzolata, amely a szénhidrogén-kutatás szempontjából is informatív.

Két térképészlet (14. ábra) mutatja be a munkánk során készült gravitációs hatóerem térkép (11. ábra a) vonalainak, illetve a medencealjzat-térképen (13. ábra) szereplő szerkezeti vonalnak a lefutását a vizsgált terület felszíni földtani térképére (GYALOG et al. 2014) és prekainozoos aljzattérképére (HAAS et al. 2010) vetítve. Mind a gravitációs hatóeremek sorozatai, mind az új aljzattérképen szereplő szerkezeti vonalak jó összhangban vannak a földtani térképeken ábrázolt vonalakkal, illetve az Ózdi-részmedencét tekintve korábban készült földtani térképeken, ábrákon bemutatott szerkezeti vonalassággal (pl. BALOGH 1964, RADÓCZ 1966, ZELENKA et al. 1983, JASKÓ 1989, LESS et al. 2004, FODOR et al. 2005).

A Salgótarjáni-részmedence esetében mind a hatóeremek, mind a szerkezeti vonalak lefutása rávilágít eddig nem



14. ábra. A gravitációs hatóperemek (fekete) és az értelmezett vetők nyomvonalai (piros) a vizsgált terület felszíni földtani térképére (GYALOG et al. 2014) (a) és a prekainozoos aljzattérképre (HAAS et al. 2010) (b) vetítve

Figure 14. Lines of edge detection based on the horizontal gradient of gravity (black) and lines of interpreted faults (red) plotted on the surface geological map (GYALOG et al. 2014) (a) and on the pre-Cenozoic basement map (HAAS et al. 2010) (b) of the studied area

ismert, vagy nem részletezett szerkezeti elemekre, földtani jellegváltásokra.

Diszkusszió — szénhidrogén-földtani vonatkozások

Szénhidrogén-földtani alapadatok

A szeizmikus értelmezés alapján a Salgótarjáni-részmedence mélyzónájában előfordulnak az Észak-magyarországi Paleogén-medence bizonyítottan vagy feltételezetten szénhidrogén-generáló anyakőzet összeletei, a Budai Márga, a Tardi Agyag és a Kiscelli Agyag Formáció. A meghatározó szintfelületek mélységviszonyai, a környezetben található kőolaj- és földgáz-előfordulások és -indikációk, valamint a tágabb terület (2. ábra) szénhidrogén-földtani adottságai alapján a medencerész szénhidrogének keletkezése és felhalmozódása szempontjából perspektivikus. A továbbkutatás lehetőségének megítéléséhez lényeges a keletkezett szénhidrogének mennyiségének becslése, amelyhez az elkészült térképek mellett az ismert anyakőzetek érettségének és szénhidrogén-generáló potenciáljának adatai szükségesek.

Az Észak-magyarországi Paleogén-medence egészét tekintve a legtöbb oligocén üledékben szárazföldi eredetű szerves anyag azonosítható, szénhidrogén-potenciáljuk alacsony. A Tardi Agyagban viszont II és III-as típusú kerogén vegyesen fordul elő, és a formáció felső, laminites része főképpen kőolaj-generáló, II-es típusú kerogént tartalmaz (MILOTA et al. 1995). A Tardi Agyag agyagos aleuritra átszámított szervesanyag-tartalma magas, kloroform-

oldható bitumentartalma 0,3–1%, átlagosan 0,8%. A szerves anyag autochton, szpropél eredetű, sok aromás és nافتén szerkezettel, az üledékképződési környezet anoxikus jellegű (BÁLDI 1983). A kinyerhető bitumen a rezin+ aszfalten komponensek és a teljes CH-tartalom aránya alapján (0,2–0,6) autochton jellegű, a szénhidrogén / szerves szén aránya 5 és 45 mg/g közötti. A bitumen prisztán–fitán és prisztán/nC₁₇ aránya a szerves anyag kevert, szárazföldi és tengeri eredetét mutatja (BRUKNER-WEIN et al. 1983, 1990).

A teljes szerves szén (TOC) tartalom a sötétszürke mikroretegelt Tardi Agyagban BONCZ et al. (2004) szerint 0,20–4,2 súly%, átlagosan 1,3%, a Kiscelli Agyagban 0,24–0,40%, ritkán 0,5%. BADICS & VETŐ (2012) szerint a Paleogén-medencéből származó 92 minta alapján a Tardi Agyag TOC-tartalma átlagosan 2,21 súly% (szélső értékek: 0,41–4,98). A Rock-eval pirolízisből származó, a teljes érési szakaszt bejáró kőzetből még leadható szénhidrogén-mennyiség (S₂) átlaga 6,47 mg CH/g kőzet (0,34–19,61), a kerogén hidrogén gazdagságát mutató hidrogénindex (HI: 100×S₂/TOC) átlagértéke 252 mg CH/g TOC (26–465). Az anyakőzet érettségét jelző vitrinit reflexió (R₀) értékei 0,43–0,52% közöttiek, a T_{max} értékek (ezen a hőmérsékleten a legintenzívebb a kerogénből történő szénhidrogén-felszabadulás) 404 és 436 °C között változnak, ami azt jelzi, hogy a vizsgált minták többségének szervesanyag-tartalma éretlen. Az adatokat szűkebb vizsgálati területünkre is reprezentatívnak tekintettük.

Olajipari kutatási jelentések szerint (KÓSA et al. 2003; BONCZ et al. 2012, 2013) az Észak-magyarországi Paleogén-medence déli részén (2. ábra) a potenciális anyakőzetek 2300–2600 méterrel a felszín alatt a kőolajképződés kezdeti, illetve fő fázisában találhatóak, a nedvesgáz képződés kezdete 3400–3800 méterre tehető.

Szűkebb vizsgálati területünkön (*1. ábra*) az anyaközetek szerves anyaga érettségének megítélésére az MBFSZ adattárában az egykori Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) laboratóriumában mért szörványos vitrinit reflexió mérési adatai álltak rendelkezésre. Az adatok az Ózdi-medence DK-i peremi részein mélyült fúrásokból származnak. A Bükkszék Bü-Ny-2 fúrásban a 649,0–677,0 fúrásméter közötti Tardi Agyagból a vitrinit elegyrészek reflexiójának átlaga (R_0) 0,46%, a Fedémes Fs-5 fúrásban 338,0–343,0 m-ből 0,35%, a mérésekhez a minták a Széchenyi Slírből és Pétervásárai Homokkőből származnak. A Recsk R-28 fúrásban 48 m-től 120 m-ig 3 különböző mélységből származó minták R_0 értéke 0,45%, a kőzet egri aleurit (JANKOVICH et al. 1984). JÁMBOR et al. (1984) szerint a Bükk hegységtől nyugatra, a vizsgálati területen, illetve annak szűkebb környezetében mélyült fúrásokból, 240–691 m mélységből származó késő-oligocén–alsó-miocén korú minták jellemző vitrinit reflexió értékei 0,31–0,51% közöttiek. Az értékek azt jelzik, hogy a vizsgált medenceperemi fúrásokban jelenleg 700 méter felszín alatti mélységben elérhető kőzetek szerves anyagának érettsége megközelíti vagy akár el is éri a kőolajképződés kezdetéhez kapcsolható értéket.

A Salgótarjáni- és az Ózdi-medence-rész területén mélyült fúrásokból Rock-eval pirolízis vizsgálatok nem állnak rendelkezésre. A vizsgált terület anyaközetek szénhidrogén-generáló potenciáljára — az anyaközetek kifejlődésének, illetve szervesanyag-tartalmának egy bizonyos tartományon belüli hasonlóságát feltételezve — távolabbi fúrásokból rendelkezésre álló adatok alapján következtettünk. Publikált adatok a Budapesttől 30 km-re Ny-ra mélyített Alcsútdoboz Ad-3 fúrásból, a Zagyva-árok középső szakaszában mélyült Nagykökényes Nks-I, a Bükkalján, a Vatta–Maklári-árok északi peremén mélyült Cserépváralja Csv-1, a Budapest közelében mélyült Veresegyház Ve-1 és Kiscell K-1 fúrásokból álltak rendelkezésre (BRUCKNER-WEIN et al. 1983, 1990, VETŐ 1997, BADICS & VETŐ 2012, BECHTEL et al. 2012).

BADICS & VETŐ (2012) szerint a Csv-1, V-1, Ad-3, Nks-1 fúrások TOC és a Rock-eval pirolízis mérésből adódó szénhidrogén-potenciál (S_2) adatai alapján a Tardi Agyag felső, laminites részére az eredeti, éretlen kőzet hidrogén-indexe (HI_0) jó közelítéssel átlagosan 433 mg CH / g TOC, amely a generált szénhidrogén-mennyiség becsléséhez jelent fontos adatot.

A perm, a triász és a jura üledékretegekben feltételezhető szénhidrogén-generáló anyaközetek jelenléte, erre azonban közvetlen bizonyíték nincsen. A szénhidrogének megjelenése szempontjából a metamorf kristályos aljzat képződésményei nem perspektivikusak, mivel egykori szénhidrogén-tartalmuk biztosan átalakult, amelynek nyomai a grafitos palákban találhatóak. Azonban mint repedezett, tört tárolókőzetek, van jelentőségük. (KÖRÖSSY 2004).

A vizsgált területen a paleogén ciklus üledékeire egykor rátelepülő, majd részben leereodálódott kőszéntelepés összetétel (Salgótarjáni Barnakőszén Formáció) és miocén fedőüledékei szénhidrogén-földtani szempontból az alattuk települő kőzetek megfelelő érettségét biztosíthatták (PÜSPÖKI et al. 2017). Az anyaközetek érettségének szempontjából loká-

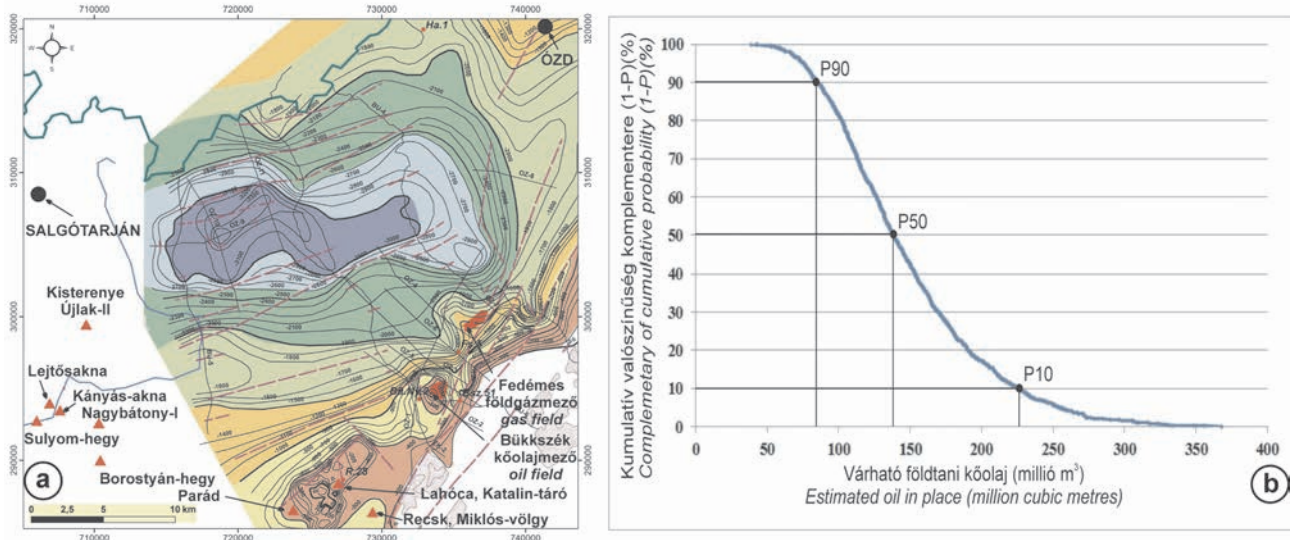
lis jelentősége van az üledékes rétegsorokat áttörő oligocén Recski Andezit és a miocén badeni–szarmata Mátrai Vulkanit Formációcsoport teléreinek, amelyek helyi felfűtéssel az anyaközetek szerves anyagának érettségét is növelhették (ARATÓ 2018).

Süllyedéstörténeti adatok

A vizsgált terület szénhidrogén anyaközetek érettségének megítéléséhez fontos süllyedéstörténeti modellezést végzett HORVÁTH et al. (1990) az Észak-magyarországi Paleogén medence 22 db mesterkútjában fúrású rétegsorok, a vitrinit reflexió, a becsült paleohőmérséklet és a vízmélység adatai alapján. A vizsgált területre a modellezett kutakból a Salgótarjáni-részmedence peremére a Bükkszék Bü-Ny-2, Fedémes, Fs-4, a Susa-1 és a Recsk, R-89, -103. jelű fúrások esnek, a Nagybátöny-I és a Sósartyán-3 fúrás pedig a vizsgált terület nyugati peremén található (*2. ábra*). Az adatok alapján meghatározták a paleogén és neogén medencekitöltés érettségének a mélység függvényében való előrehaladását, a kőolaj- és a gázgeneráló zóna hozzávetőleges vertikális kiterjedését. A modellezés eredményét minden fúrásra egy-egy süllyedéstörténeti diagram összegzi. Sajnos a diagramok az oligocén és alsó-miocén emeletek földtörténeti korának változásai miatt nem rekonstruálhatóak kielégítő mértékben, mégis fontos támpontot nyújtanak a kőolajgeneráló zóna mélységének megítéléséhez.

Az említett fúrások süllyedéstörténeti diagramjai alapján a medence a késő-eocéntől a szarmatáig változó mértékű, de általánosan süllyedő trendet mutat, a medenceperemi fúrásokban elért képződésmények ekkor érték el legmélyebb felszín alatti helyzetüket, ellentétben a Paleogén-medence déli részén mélyült fúrások modelledményeivel, ahol a süllyedés esetleges kisebb megszakításokkal, de a felső-pannoniai képződésmények lerakódásáig folyamatos volt. Az említett fúrásokban a szerves anyag érettsége nem éri el a kőolaj generálódáshoz szükséges mértéket (0,6% vitrinit reflexióérték), de a reflexióértékek mélység függvényében való változásának mértékéből következtetve megbecsülhető a kőolajgeneráló zóna („olajablak”) elvi mai tetőmélysége. A JANKOVICS et al. (1984), JÁMBOR et al. (1984) fent említett vitrinit reflexió adatai, HORVÁTH et al. (1990) süllyedéstörténeti grafikonjai alapján a Salgótarjáni-részmedencében a kezdeti olajképződés határát –1600 és –2000 méter felszín alatti mélységre becsüljük, szemben az Észak-magyarországi Paleogén-medence déli részére jellemző, fent említett 2300–2600 méter mélységgel. A Salgótarjáni-részmedence területén döntően az alsó-miocén Pétervásárai és Zagyvapálfalvai Formációk vannak felszínen, tehát a medence-inverzióból következő erózió a mélyebb medence-részen is jelentős volt. A medence-rész érett anyaközetek lehetnek forrásai a területet dél és kelet felől ívesen határoló nagybátónyi, recski, bükkszéki, fedémesi szénhidrogén-előfordulásoknak és- indikációknak (*15. ábra a*).

Az elképzelést két közelmúltban megjelent publikáció eredményei is megerősítik. BEKE et al. (2019) a Bükk hegység nyugati és déli előterének terepi feltárásaiban vizsgálta felső-



15. ábra. Ismert kőolaj előfordulások, olajnyomok (piros háromszög) a vizsgált terület dényugati részén, háttérben a prekainozoos aljzat mélységviszonyai (a); és a Tardi Agag anyakőzet által generált reménybeli földtani kőolajvagon valószínűségeloszlása (b)

Figure 15. Known oil occurrences and shows (red triangle) in the southwestern part of the area with the pre-Cenozoic basement depth in the background (a); and the probability distribution of generated oil in-place originated from the Tardi Clay source rock (b)

oligocén–alsó-miocén kőzetkibúvások deformációs szalagjait. Az egyes deformációs szalagtípusok sorba rendezhetők, hozzájuk különböző betemetődési mélységintervallumok rendelhetők, ez alapján minden deformációval érintett sztratigráfiai szintre süllyedéstörténeti görbe készült. A Nógrád–Salgótarjáni medenceterületre vonatkozó görbe szerint az oligocén képződmények tetejének betemetődése a középső-miocén végére már meghaladta az 1600 métert, majd később, a terület a mintegy 6 millió éve kezdődött inverziója során kb. 400 métert emelkedett. A Darnó-zóna (Ózdi-részmedence) területén a süllyedés mérsékelt volt, az emelkedés sokkal hangsúlyozottabb, mintegy 600 méter.

ARATÓ et al. (2019) a vizsgálati területünk (1. ábra) déli peremén húzódó Mátra hegységi miocén vulkanizmus hőhatását vizsgálta a fekvő felső-oligocén–alsó-miocén üledékösszletre vonatkozóan a recski oligocén szubvulkáni intrúzió környezetében apatit és cirkon U–Th/He termokronometriai módszerrel. Hő- és süllyedéstörténeti modelljük szerint a recski magmás komplexum teteje (a fedő üledékösszlet alja) a mátrai miocén vulkanizmus során 1000–1500 méter mélységbe süllyedt, majd a vulkanizmust intenzív erózió és a recski komplexumnak a késő-miocénre (kb. 7 Ma) a felszínig tartó emelkedése követte.

A vizsgált terület potenciális szénhidrogén-vagyona

A bemutatott geofizikai értelmezés, az elkészült térképek és a rendelkezésre álló szervesanyag-érettség és szénhidrogén-potenciál adatai alapján a keletkezett szénhidrogén-mennyiségre egy nagyvonalú prognosztikus vagyonbecslés végezhető. A becslés a Salgótarjáni-részmedencére készült el. Az Ék–2 szeizmikus szelvényen (7. ábra) jelölt 1. és 2. horizont közötti összletben települ a kialakított szénhidrogén-földtani kép alapján egy közel 50–100 méter vastag jó szénhidrogén

(főként kőolaj-) generáló Tardi Agag összlet, ezen felül a Budai Márga és a Kiscelli Agag magas szervesanyag-tartalmú része is növelhetik a produktív anyakőzet vastagságát.

A becslés SCHMOKER (1994) alábbi, széles körben használt összefüggését felhasználva, azt kis mértékben módosítva készült:

$$CH_{gen} = T \times V \times TOC \times S_k \times R \times O_{gen} \times 1/S_{oil}, \text{ ahol}$$

- CH_{gen} : a vizsgált térrészben generálódott kőolaj mennyisége (millió m^3),
- T : az anyakőzet összlet területe (millió m^2),
- V : az anyakőzet összlet vastagsága (m),
- TOC : az anyakőzet összlet átlagos szerves széntartalma (súly%/100),
- S_k : az anyakőzet összlet átlagos sűrűsége (tonna/ m^3),
- R : nettó egységnyi generálódott szénhidrogén, $HI_o - HI_p$, az éretlen és az érett anyakőzet mért, illetve becsült hidrogénindexe alapján (kg CH/tonna TOC),
- O_{gen} : a generálódott szénhidrogénekből a kőolaj aránya (%/100),
- S_{oil} : a kőolaj átlagos sűrűsége (tonna/ m^3)

A becsléshez felhasznált paraméterek:

- az anyakőzetek elterjedési területe: 125–200 km^2 ,
- jó szénhidrogén-generáló anyakőzetek (Tardi Agag) vastagsága: 50–100 m.,
- a kőzet sűrűsége: 2,3–2,5 tonna/ m^3 ,
- az eredeti teljes szerves széntartalom (TOC): 1,5–3 súly%,
- az eredeti (éretlen kőzet) hidrogénindexe 300–500 kg CH/tonna TOC,
- a jelenlegi (részben érett kőzet) hidrogénindexe 150–200 kg CH/tonna TOC,
- a generált szénhidrogén ($HI_{orig} - HI_{jelenlegi}$): 150–300 kg CH/tonna TOC,
- a nettó generált kőolajarány: 80–90%, a kőolaj sűrűség: 0,85 kg/m^3 .

Az egyes paraméterek értéktartományát valószínűségi változóként kezelve, az Excel program „véletlen.között” függvényének használatával ún. Monte Carlo-szimulációt végeztünk. A fenti „CH_{gen}” függvény értékét 1000 alkalommal kiszámoltatva, majd az eredményeket grafikonon ábrázolva az alábbi görbét kapjuk (15. ábra b).

A görbe P90 (óvatos becslés, legalább 90% a valószínűsége, hogy a generált mennyiség ennyi vagy több) értékéhez tartozó mennyiség 85 millió m³, a P50 (legjobb becslés) 138 millió m³, a P10 (optimista becslés) 225 millió m³. Ez az érték tartalmazza a helyben maradt és a környezetébe emigrált mennyiséget is.

Lehetséges tárolókőzetek és migrációs jelenségek

A vizsgált területen a paleogén képződmények közül a környező medenceterületen megismertek alapján az aljzatra települő eocén konglomerátum, homokkő (Kosdi Formáció), a felső-eocén mészkő (Szépvölgyi Mészkő), márga, felső-eocén–alsó-oligocén repedezett agyagmárga (Budai Márga), az oligocén homokkő, tufa- és mészkő betelepülések (Tardi, Kiscelli), továbbá lokálisan a felső-oligocén és alsó-miocén homokövek (Egri Formáció, Pétervásárai Homokkő Formáció) jönnek számításba tárolókőzetként (KÖRÖSSY 2004, BABINSZKI et al. 2018, 4. ábra). A csapdák zárását a tárolók fölé települt agyagok, agyagmárgák, lokálisan a miocén vulkáni tufák és tufitok impermeábilis rétegei adják. Az aljzati maximumokhoz köthető csapdák mellett az oligocén képződményeken belül kialakult litológiai–szerkezeti csapdákban is felhalmozódhatott jelentősebb mennyiségű szénhidrogén. Az anyakőzet-szintek közé ékelődő, megfelelő porozitással és permeabilitással rendelkező szállítórétegek meglehetősen kedvezően hathat az elsődleges migrációra.

Az Észak-magyarországi Paleogén-medence szénhidrogén-földtani modellje szerint a medencében elsősorban rövid távolságú horizontális és vertikális migrációval kell számolni, tehát a szénhidrogének a csapda környezetében lévő mélyzónákból származhatnak. Azok a tároló objektumok perspektivikusak, melyek az anyakőzetekkel közvetlen kapcsolatban állnak, vagy hozzájuk igen közel helyezkednek el (BONCZ et al. 2012, 2013).

A Salgótarjáni-részmedence földtani felépítése alapján az itt keletkezett kőolaj és földgáz jelentős része az anyakőzet-összletekben maradhatott (nem hagyományos szénhidrogén-előfordulás), vagy nem túl jelentős távolságra, a Kiscelli Agyagba települt törmelékes–tufás rétegekbe, illetve szomszédos kőzetösszletekbe migrálhatott, esetenként a felszínig is eljutva (Bükkszék, Recsk, Parád, Lahóca, Fedémes). Felhalmozódási helyként a repedezett aljzati tárolók, és az azt fedő törmelékes összlet is számításba vehető, fúrható egyedi szerkezetek (prospektek) kimutatásához azonban további szeizmikus mérések és értelmezések szükségesek.

Következtetések

A munka keretében a szeizmikus és gravitációs, illetve fúrási adatok együttes értelmezése alapján a Salgótarjáni- és Ózdi-részmedencékre előállított részletes prekainozoos medencealjazat-térképen a medencerészek geometriája a korábbinál pontosabban követhető. Az elkészült aljzattérkép a korábbi, országos léptékű, medencealjazatot ábrázoló térképeknel részletesebb felbontású, a szeizmikus és gravitációs új értelmezéseket magába foglaló térképváltozat. Különösen érzékelhető a medencealjazat lefutásának változása a recski, bükkszéki és a fedémesi boltozat térségében, a mélymedence felé való átmenet domborzatában, és a Salgótarjáni-részmedence rajzolatában.

A gravitációs medencemodell a medencealjazat eltérő közzetani felépítését mutatja a terület ÉK-i és Ny-i részén, amely összhangban van a prekainozoos aljzat korábbi (HAAS et al. 2010) földtani térképével. A gravitációs hatóeremek térképe alapján a szerkezeti vonalak és a földtani képződményhatárok elhelyezkedése pontosítható.

A szeizmikus vonalak mentén lehetőség volt öt markáns reflexiók szint követésére, amelyek kapcsolatba hozhatók az eocén Szépvölgyi Mészkő / Budai Márga, az oligocén Tardi Agyag, Kiscelli Agyag, a felső-oligocén–alsó-miocén Szécsényi Slír / Pétervásárai Homokkő és a fedő kőszéntelepes miocén összlet elterjedési és formációhatáraival.

A mélységbe konvertált szeizmikus szelvények értelmezése szerint mélységét és kitöltését tekintve a vizsgált terület két részterületre osztható. A Ny-i része (Salgótarjáni-részmedence) –3000 méter tszf.-nél is mélyebbre süllyed, és KÉK–NyDny-i tengelyű mélyzónát mutat, melynek kitöltésében a késő-eocén–kora-oligocén üledékes összletek is megjelennek. A medence ÉK-i része (Ózdi-részmedence) –2000 méter tszf.-nél sekélyebb, üledékkitöltésében a Kiscelli Agyagnál idősebb oligocén képződmények hiányoznak, a medenceszerkezet ÉK–Dny-i tengelyű zónát mutat.

Szénhidrogén-kutatás szempontjából a potenciális anyakőzetek elterjedése a korábbinál alaposabban értékelhető. A korábban véltnél mélyebb és kiterjedtebb mélymedence jelenléte kedvező a szénhidrogén anyakőzetek elterjedése, érettsége szempontjából. A Salgótarjáni-részmedencében térképezhetőek azok a horizontok, amelyeken belül az anyakőzet formációk elhelyezkednek.

A kőolaj és földgáz ismert előfordulásai jelzik, hogy a Salgótarjáni-részmedencében a szénhidrogének anyakőzetei (elsősorban a Tardi Agyag laminites márgarétegei és a Kiscelli Agyag alsó része) érettek, a kőolaj- és földgáz-előfordulások (a Tardi Agyag és a Kiscelli Agyag homokkő és tufás rétegei, lencsési) pedig az anyakőzetekben vagy azok szűk környezetében vannak, és a szénhidrogének migrációja korlátozott. A vizsgált területről rendelkezésre álló információk alapján a kőolaj-indikációk, -előfordulások jelentős részben az anyakőzetekben, azok homok- vagy tufalencséiben tározódnak, a kőzetrepedések sok helyen olajfilmmel bevontak.

A medence peremi mélyfúrásokból származó vitrint reflexió adatai azt mutatják, hogy a ma felszínközeli lévő

mintázott kőzetrészek a kőolaj-generálódás kezdeti fázisának közelébe jutottak, tehát a vizsgált térrész korábban a jelenleginél mélyebben volt eltemetve.

A generált kőolaj mennyisége prognosztikus becslésünk szerint meghaladhatja a 100 millió m³-t.

A szénhidrogénekre való részletes továbbkutatást indokolja, hogy a területen a hazai lehetőségekhez képest kedvezőbb mélységi, hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett érett és szerves anyagban gazdag anyakőzet ismert. Úgy gondoljuk, hogy a bükkészéki és fedémesi szénhidrogén-előfordulások hazai viszonylatban korai sikeres felfedezése és gyors letermelése nem járt együtt a ma már elérhető szín-

vonálú megkutatással, ezért a terület továbbkutatása perspektivikus.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat vezetőinek és kutatóinak, hogy támogatták és segítették a tanulmány elkészítését. Szintén köszönjük részletes észrevételeiket és javításait lektorainknak, LEMBERKOVICS Viktor-nak és PETRIK Attilának, illetve FODOR László szakszerkesztőnek és SZTANÓ Orsolya főszerkesztőnek.

References — Irodalom

- ALBU I., BRAUN L. & SZALAY I. 1985: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása. — *A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1984. évi jelentése*, Budapest, 29–33.
- ARATÓ, R., DUNKL, I., TAKÁCS, Á., SZEBÉNYI, G., GERDE, A. & EYNATTEN, H. 2018: Thermal evolution in the exhumed basement of a stratovolcano: case study of the Miocene Matra Volcano, Pannonian Basin. — *Journal of the Geological Society, London* **175**, 820–835. <https://doi.org/10.1144/jgs2017-117>
- BABINSZKI E., KERCSMÁR ZS. & KOVÁCS ZS. 2018: Magyarország szénhidrogén-kutatási területei — a Paleogén-medence. — In: KOVÁCS Zs. (szerk.): *Szénhidrogének Magyarországon*. — A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal kiadványa, Budapest, 179–195. http://www.mekh.hu/download/3/20/60000/szenhidrogenek_magyarorszagon.pdf
- BADICS, B. & VETŐ, I. 2012: Source rocks and petroleum systems in the Hungarian part of the Pannonian Basin: The potential for shale gas and shale oil plays. — *Marine and Petroleum Geology* **31**, 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.08.015>
- BÁLDI T. 1980: A korai Paratethys története. — *Földtani Közlemény* **110**, 456–472.
- BÁLDI T. 1983: *Magyarországi oligocén és alsó miocén formációk*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 293 p.
- BÁLDI, T. & BÁLDI-BEKE, M. 1985: The evolution of the Hungarian Paleogene basins. — *Acta Geologica Hungarica* **28**, 5–28.
- BÁLDI T. & SZTANÓ O. 2000: Gravitációs tömegmozgások a Darnó zóna tengeri oligo-miocén üledékeiben: a Dubicsány–31 fúrás értékelése. — *Földtani Közlemény* **130**, 673–694.
- BALOGH K. 1964: A Bükkhegység földtani képződményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **48**, 719 p.
- BECHTEL, A., HÁMOR-VIDÓ, M., GRATZER, R., SACHSENHOFER, R. F. & PÜTTMANN, W. 2012: Facies evolution and stratigraphic correlation in the early Oligocene Tard Clay of Hungary as revealed by maceral, biomarker and stable isotope composition. — *Marine and Petroleum Geology* **35**, 55–74. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.02.017>
- BEKE, B., FODOR, L., MILLAR, L. & PETRIK, A. 2019: Deformation band formation as a function of progressive burial: Depth calibration and mechanism change in the Pannonian Basin (Hungary). — *Marine and Petroleum Geology* **105**, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.04.006>
- BEUDANT, F. S. 1822: *Voyage minéralogique et géologique en Hongrie, pendant l'année 1818*. — Tome III., Paris, 261 p.
- BLAKELY, R. J. & SIMPSON, R. W. 1986: Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. — *Geophysics* **51**, 1494–1498. <https://doi.org/10.1190/1.1442197>
- BRAUN L., PETROVICS I. & SZALAY, I. 1989: A Szuha-völgye és a darnó-öv reflexiók szerkezetkutatása. — *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése az 1987. évről*, Budapest, 39–44.
- BRUKNER-NÉ WEIN A., VETŐ I. & DUDICH E. 1983: Az anoxikus Tardi Agyag (oligocén) üledékképződésének geokémiai vizsgálata. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése az 1983. évről*, Budapest, 271–301.
- BRUKNER-WEIN, A., HETÉNYI, M. & VETŐ, I. 1990: Organic geochemistry of an anoxic cycle: a case history from the Oligocene section, Hungary. — *Organic Geochemistry* **15**, 123–130. [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(90\)90077-d](https://doi.org/10.1016/0146-6380(90)90077-d)
- BONCZ L., BALÁZS E., BARTHA A., KÓSA L., MILÁNKOVICH A., NAGY GY.-NÉ, SÉLLEI CS., VADÁSZ GY.-NÉ, SZENTGYÖRGYI K.-NÉ, TÓTH J. & TÓTH L.-NÉ 2004: Zárójelentés a 103. Gödöllő kutatási területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. — *Kézirat*, MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.21172.
- BONCZ L., SÓREG V., BALÁZS E.-NÉ, ESZES I.-NÉ, KRUSOCZKI T. GY., LUX M., PUSZTAI J., SZABÓNÉ LÁSZLÓ A., SZÁSZFAI J. & TOMCSÁNYI T. 2012: Zárójelentés a 136. Bátorterenyi területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. — *Kézirat*, MOL Rt. Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.22518., p. 54.
- BONCZ L., SÓREG V., BALÁZS E.-NÉ, LUX M., KLEMENIK R., KRUSOCZKI T., PUSZTAI J., SZÁSZFAI J., TOMCSÁNYI T., GYERGYÓI L., MÉSZÁROS V. CS., ZSUPPÁN GY., MILÁNKOVICH A., KORMOS L., SZALAINÉ BÁNLAKI E., SZABÓNÉ VERES É., VIDA E., BOZSÓ M.-NÉ & TÖRÖK J.-NÉ 2013: Zárójelentés a 138. Monor területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. — *Kézirat*, MOL Nyrt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.22781.

- CORDELL, L. 1985: A stripping filter for potential field data. — *55th Annual International Meeting, SEG, Expanded abstract*, 217–218.
- CORDELL, L. & GRAUCH, V. J. S. 1987: Limitations of determining density or magnetic boundaries from horizontal gradient of gravity or pseudogravity. — *Geophysics* **52/1**, 118–121. <https://doi.org/10.1190/1.1442236>
- CSÁSZÁR G. (szerk.) 1997: *Magyarország litosztratiográfiai alapegységei*. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest, 105 p.
- FODOR L. 2010: Mezozoos–kainozoos feszültségmezők és törérendszerek a Pannon-medence ÉNy-i részén — módszertan és szerkezeti elemzés. — *Kézirat*, Akadémiai doktori értekezés, 167 p.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of palaeostress data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F. & SÉRANNE, M. (eds): *The Mediterranean basins: Tertiary extension within the Alpine orogen*. — *Geological Society, London, Special Publications* **156**, 295–334. <https://doi.org/10.1144/gsl.sp.1999.156.01.15>
- FODOR, L. & KÁZMÉR, M. 1989: Clastic and carbonate sedimentation in an Eocene strike-slip basin at Budapest. — In: CSÁSZÁR, G. (ed.): *Tenth IAS Regional Meeting, Excursion Guidebook, Budapest*, 227–259.
- FODOR, L., MAGYARI, Á., KÁZMÉR, M. & FOGARASI, A. 1992: Gravity-flow dominated sedimentation on the Buda paleoslope (Hungary): record of late Eocene continental escape of the Bakony unit. — *Geologische Rundschau* **81**, 695–716. <https://doi.org/10.1007/bf01791386>
- FODOR, L., RADÓCZ, GY., SZTANÓ, O., KOROKNAI, B., CSONTOS, L. & HARANGI, SZ. 2005: Post-Conference Excursion: Tectonics, Sedimentation and Magmatism along the Darnó Zone. — *GeoLines* **19**, 142–162.
- GRILL J., KOVÁCS S., LESS GY., RÉTI ZS., RÓTH L. & SZENTPÉTERY I. 1984: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani felépítése és fejlődéstörténete. — *Földtani Kutatás* **27/4**, 49–56.
- GYALOG L. (szerk.), PELIKÁN P., SELMECZI I., GULÁCSI I. & RADÓCZ GY. 2014: *Magyarország földtani térképe 1:500 000 (Geological map of Hungary 1:500 000)*. — Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest.
- HAAS J., BUDAI T., CSONTOS L., FODOR L. & KONRÁD GY. 2010: *Magyarország pre-kainozoos földtani térképe 1: 500 000 (Pre-Cenozoic geological map of Hungary, 1:500,000)*. — Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest.
- HAAS J. & BUDAI T. (szerk.) 2014: *Magyarország prekainozoos medencealjátának földtana. Magyarózó „Magyarország pre-kainozoos földtani térképéhez” (1:500 000)*. (Geology of the pre-Cenozoic basement of Hungary, Explanatory book of the pre-Cenozoic geological map of Hungary 1:500 000.) — Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, 71 p.
- HAJDÚ J., BALÁZS E., BUJDOSÓ I., CZELLER I., ESZES I-NÉ, NAGY GY-NÉ, PÁPA A., SOÓS S., SZENTGYÖRGYI K-NÉ & VADÁSZ GY-NÉ 1997: Zárójelentés a 26. Ózdi medence területén végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. — *Kézirat*, MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.20133., 25 p.
- HÁMOR G. 1985: A Nógrád–Cserhádi kutatási terület földtani viszonyai. — *Geologica Hungarica series Geologica* **22**, 316 p.
- HERNYÁK G. 1977: A Rudabányai-hegység szerkezeti elemzése az elmúlt 20 év kutatásai alapján. — *Földtani Közlemények* **107**, 368–374.
- HORVÁTH F., LENKEY L., DÖVÉNYI P. & NAGYMAROSI A. 1990: Az Északmagyarországi paleogén medence süllyedés- és hő-történeti modellezése. — *Kézirat*, Kutatási jelentés, Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszék, Budapest, 51 p., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T.22768
- JÁMBOR Á., HALMAI J., JANKOVICH I., KÁRPÁTNÉ RADÓ D., RAVASZ CS., TANÁCS J., THAMÓNÉ BOZSÓ E., BRUCKNERNÉ WEIN A., LACZÓ I., SZÜCS I. & VETŐ I. 1984: Észak-Magyarország szénhidrogén prognózisa I–II. — *Kézirat*, Előzetes jelentés, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 86 p., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 22617
- JANKOVICH I., VETŐ I., IHAROSNÉ LACZÓ I., BRUCKNERNÉ WEIN A., LŐRINCZ H., ELEK I. & JÁMBOR Á. 1984: Jelentés az 1983. év folyamán végzett észak-magyarországi szénhidrogén prognózis anyagvizsgálati munkálatairól I–III. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 735 p., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, T. 22602
- JASKÓ S. 1946: A Darnó-vonal. — *Beszámoló a MÁFI Vitauilleseiről* **7**, Budapest, 63–77.
- JASKÓ S. 1989: A Darnó-vonal környékének felső-miocén tektonikája. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1987. évről*, 395–409.
- KÁZMÉR M. 1984: A Bakony horizontális elmozdulása a paleogénben. — *Általános Földtani Szemle* **20**, 55–102.
- KÁZMÉR, M., DUNKL, I., FRISCH, W., KUHLEMANN, J. & OZSVÁRT, P. 2003: The Paleogene forearc basin of the Eastern Alps and Western Carpathians, subduction, erosion and basin evolution. — *Journal of the Geological Society*, London **160**, 413–428. <https://doi.org/10.1144/0016-764902-041>
- KILÉNYI, É., KRÖLL, A., OBERNAUER, D., ŠEFARA, J., STEINHAUSER, P., SZABÓ, Z. & WASSERLY, G. 1991: Pre-Tertiary basement contour map of the Carpathian basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. — *Geophysical Transactions* **36/1–2**, 15–36.
- KISS J. 2006: Magyarország gravitációs lineamentstérképe — első eredmények. — *Magyar Geofizika* **47/2**, 1001–1010.
- KISS J. 2009: Regionális gravitációs anomáliák, izosztikus hatások Magyarországon. — *Magyar Geofizika* **50/4**, 153–171.
- KISS J. 2010: Mély medencék izosztikus hatása. — *Magyar Geofizika* **51/3**, 1–13.
- KISS J. 2014: Magyarország Bouguer-anomália térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. — *Magyar Geofizika* **55/4**, 163–178.
- KITAIBEL P. 1829: *Hydrographia Hungariae*. — Edit J. Schuster I–II. Pest, 162–204.
- KÓSA L., BALÁZS E.-NÉ, BARTHA A., BONCZ L., KOVÁCS A., NAGY GY.-NÉ, SÉLLEI CS., TÓTH L.-NÉ, TÓTHNÉ MEDVEI ZS. & TÖRÖK V.-NÉ 2003: Zárójelentés a 111. Salgótarján kutatási területen végzett szénhidrogén-kutatási tevékenységről. — *Kézirat*, MOL Rt., Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.21124, 26 p.
- KOVÁCS ZS., ANGYAL J., CSERKÉSZ-NAGY Á., GULYÁS Á., GUTHY T., KISS J., LUKÁCSY J., KOVÁCS A. CS., PRAKALVI P., PÜSPÖKI Z., SZALAY I., SZENTPÉTERY I., VÉRTESY L., VAD A., VLASICS P. & ZILAHÍ-SEBESS L. 2015: A Salgótarján-Fedémes-Ózd paleogén-medencealját-térképének elkészítése szeizmikus mélységszelvények és gravitációs mérési adatok felhasználásával. — *Kézirat*, Zárójelentés, M2–8/2014 MBFH–MFGI együttműködés, MÁFBGA adattára, Budapest, 99 p.

- KOVÁCSVÖLGYI S. & SCHÖNVISZKY L. 1991: Jelentés a Bükk-hegység és előterei komplex földtani előkutatási program keretében végzett gravitációs mérésekről. — *Kézirat*, MÁELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, AD. 1133.
- KÖRÖSSY L. 2004: Az észak-magyarországi paleogén medence kőolaj- és földgázkutatásának földtani eredményei. — *Általános Földtani Szemle* **28**, Budapest, 9–121.
- LESS GY., GRILL J., RÓTH L., SZENTPÉTERY I. & GYURICZA GY. 1988: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtani térképe 1:25 000. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- LESS, GY., MELLO, J. (eds), ELEČKO, M., KOVÁCS, S., PELIKÁN, P., PENTELÉNYI, L., PEREGI, ZS., PRISTAŠ, J., RADÓCZ, GY., SZENTPÉTERY, I., VASS, D., VOZÁR, J. & VOZÁROVÁ, A. 2004: *Geological Map of the Gemer–Bükk area 1:100 000*. — Geological Institute of Hungary, Budapest and SGÚDS, Bratislava.
- LESS GY., KOVÁCS S., SZENTPÉTERY I. (eds), GRILL J., RÓTH L., GYURICZA GY., SÁSDI L., PIROS O., RÉTI ZS., ELSHOLTZ L., ÁRKAI P., NAGY E., BORKA ZS., HARNOS J. & ZELENKA T. 2006: Az Aggtelek–Rudabányai-hegység földtana. — Magyarázó az Aggtelek–Rudabányai-hegység 1988-ban megjelent 1:25 000 méretarányú fedetlen földtani térképéhez. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 92 p.
- MAJZON L. 1940: A bükkszéki mélyfúrások. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **34/2**, 275–386.
- MATYASOVSKY J. 1885: A mátrahegységbeli (recski) petroleumelőfordulás. — *Földtani Közlöny* **15**, Budapest, 173 p.
- MADARASI A. 1990: Észak-Magyarország regionális földtani kutatása: Tellurikus és magnetotellurikus mérések az Ózdi-medencében. — *A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1988–89. évi jelentése*, 47–50.
- MILOTA, K., KOVÁCS, A. & GALICZ, ZS. 1995: Petroleum potential of the North Hungarian Oligocene sediments. — *Petroleum Geoscience* **1**, 81–87. <https://doi.org/10.1144/petgeo.1.1.81>
- NAGYMAROSI, A. 1990: Paleogeographical and paleotectonical outlines of some intracarpethian Paleogene basins. — *Geologický Zborník–Geologica Carpathica* **41/3**, 259–274.
- NAGYMAROSI, A. 2012: Hungarian Palaeogene Basin. — In: HAAS, J. (ed.), HÁMOR, G., JÁMBOR, Á., KOVÁCS, S., NAGYMAROSY, A. & SZEDERKÉNYI, T.: *Geology of Hungary*, Springer, 83–102. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21910-8>
- PANTÓ G. 1956: A rudabányai vasércvonulat földtani felépítése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **44/2**, Budapest, 335–490.
- PETRIK, A., BEKE, B., FODOR, L. & LUKÁCS, R. 2016: Cenozoic structural evolution of the southwestern Bükk Mts. and the southern part of the Darnó Deformation Belt (NE Hungary). — *Geologica Carpathica* **67/1**, 83–104. <https://doi.org/10.1515/geoca-2016-0005>
- PETRIK, A., BEKE, B. & FODOR, L. 2014: Combined analysis of faults and deformation bands reveals the Cenozoic structural evolution of the southern Bükk foreland (Hungary). — *Tectonophysics* **633**, 43–62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2014.06.029>
- PETROVICS I. & SZALAY I. 1992: Reflexiós mérések az Ózd–Putnoki medencében. — *A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1990. évi jelentése*, Budapest, 20–27.
- POSEWITZ T. 1906: Petroleum és aszfalt Magyarországon. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **15/4** (záró) füzet, Budapest, Franklin Társulat könyvnyomdája, 236 p.
- PÜSPÖKI, Z., HÁMOR-VIDÓ, M., PUMMER, T., SÁRI, K., LENDVAY, P., SELMECZI, I., DETZKY, G., GUTHY, T., KISS, J., KOVÁCS, ZS., PRAKALVI, P., MCINTOSH, R.W., BUDAY-BÓDI, E. & MARKOS, G. 2017: A sequence stratigraphic investigation of a Miocene formation supported by coal seam quality parameters — Central Paratethys, N Hungary. — *International Journal of Coal Geology* **179**, 196–210. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2017.05.016>
- RADÓCZ GY. 1966: A Bükk hegység környéki Helvétii képződmények mélyföldtani térképe M=1:100 000. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- RADÓCZ GY. 1987a: Földtani szelvények a Dél-Szlovákiai és Észak-Magyarországi medencékből. — *Kézirat*, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest.
- RADÓCZ GY. 1987b: Újabb Rzehakiás (Oncophorás) rétegek a Ny-borsodi medence kőszénösszetételéből. — *Kézirat*, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest.
- ROYDEN, L. H. & BÁLDI, T. 1988: Early Cenozoic tectonics of the Pannonian Basin system. — In: ROYDEN, L. H. & HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian Basin. AAPG Memoir* **45**, 27–48.
- ROZLOZSNYIK P. 1939: Geológiai tanulmányok a Mátra É-i oldalán, Parádszék és Mátraballa községek között. — *Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése* **1933–35. II**, Budapest, 545–620.
- ROZLOZSNYIK P. 1941: Jelentés a recski kincstári bányában észlelt olajfelfakadásról. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése* **1936–38. I**, Budapest, 209–221.
- SCHMOKER, J. W. 1994: Volumetric calculation of hydrocarbons generated. — In: MAGOON, L. B. & DOW, W. G.: *The petroleum system — from source to trap. AAPG Memoir* **60**, 323–326. <https://doi.org/10.1306/0c9b0689-1710-11d7-8645000102c1865d>
- SCHRÉTER Z. 1936: Jelentés az 1936-ban végzett gyakorlati irányú földtani felvételekről (Bükkszék). — *Kézirat*, Budapest, MÁFGB Adattár T-65.
- SCHRÉTER Z. 1942: Bükkszék környékének földtani és hegyszerkezeti viszonyai. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése* **1936–38**, Budapest, 831–886.
- SCHRÉTER Z. 1951: Jelentés a további ásványolajfeltárások irányítása érdekében Bükkszék környékén végzett földtani vizsgálatokról. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* **1945–47. II**, Budapest, 121–134.
- SZALAY I. 1971: Összefoglaló jelentés Ózd és az Upponyi-hegység között végzett geofizikai kutatás eredményeiről. — *Kézirat*, MÁELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, SzÁF-55.
- SZALAY I. 1976: Jelentés az 1975. évi Darnó-vonal környéki geofizikai mérésekről (Uppony–Rudabánya–Mátra–Szögliget–Abod). — *Kézirat*, MÁELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, Kx-36.
- SZALAY I. 1998: Zárójelentés a Bükk hegység és előterei geofizikai kutatásáról 1986–1997. — *Kézirat*, ELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, AD. 1679, p. 27.
- SZALAI I. & ZELENKA T. 1979: A Darnó-vonal jelentősége Észak-Magyarország szerkezetfejlődésében. — *Általános Földtani Szemle* **13**, 7–31.

- SZALAY I. & ALBU I. 1986: Az Aggteleki-karszt és Rudabányai hegység geofizikai előkutatása. — *Kézirat*, MÁELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, AD.642.
- SZALAY I., TABA S. & SCHÖNVINSZKY L. 1987: Jelentés a Darnó-öv 1976. évi geofizikai kutatásáról. — *Kézirat*, MÁELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.10693, 33 p.
- SZALAY I., SCHÖNVINSZKY L., KIRÁLY E. & BRAUN L. 1988: Jelentés a Bükk hegység és környezete 1987. évi geofizikai előkutatásáról. — *Kézirat*, MÁELGI, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T.17950., 30 p.
- SZENTES F. 1951a: A Bükk-széki kísérleti bánya földtani tanulságai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **40/II**, 23–32.
- SZENTES F. 1951b: Fedémes környékének hegyszerkezeti viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1945–47/II*, 157–161.
- SZENTPÉTERY, I. 1997: Sinistral lateral displacement in the Aggtelek–Rudabánya Mts. (North Hungary) based on the facies distribution of Oligocene and Lower Miocene formations. — *Acta Geologica Hungarica* **40**, 265–272.
- SZŐCS E., HIPS K., JÓZSA S. & BENDŐ ZS. 2015: A kora-miocén Pétervásárai Homokkő diagenézis-története. — *Földtani Közlöny* **145/4**, 351–366. <https://ojs3.mtak.hu/index.php/foldtanikozlony/article/view/125>
- SZŐCS, E. & HIPS, K. 2018: Multiphase carbonate cementation in the Miocene Pétervására Sandstone (North Hungary): implications for basinal fluid flow and burial history. — *Geologica Carpathica* **69/6**, 515–527. <https://doi.org/10.1515/geoca-2018-0030>
- SZTANÓ, O. 1994: The tide-influenced Pétervására Sandstone, Early Miocene, Northern Hungary: Sedimentology, palaeography and basin development. — *Geologica Ultraiectina* **120**, 155 p.
- SZTANÓ, O. & TARI, G. 1993: Early Miocene basin evolution in Northern Hungary: Tectonics and Eustacy. — *Tectonophysics* **226**, 485–502. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90134-6](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90134-6)
- TANÁCS J. & RÁLISCH L.-NÉ 1990: Prekainozoos medencealjzat térkép. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- TARI, G., BÁLDI, T. & BÁLDI-BEKE, M. 1993: Paleogene retroarc flexural basin beneath the Neogene Pannonian Basin: a geodynamic model. — *Tectonophysics* **226**, 433–455. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90131-3](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90131-3)
- TELEGDI ROTH, K. 1937: Die neuesten Resultate der Petroleum-schürfungen in Ungarn. — *Festschr. Berg-Hüttenm. Jahrbuch Mot. Hochschule Leoben*, Wien, 330–336.
- TELEGDI ROTH K. 1951: A Bükk-széki ásványkutatás és termelés földtani tanulságai. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **40/2**, Budapest, 3–22.
- TÓTH M. 1882: *Magyarország ásványai*. — Budapest, 565 p.
- VARGA P. 1982: A tardi agyag alsó tengeri szintjének kora, allodapikus mészkőbetelepülések alapján. — *Földtani Közlöny* **112**, 177–184.
- VASS, D., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., LEXA, J., HANZEL, V., MODLITBA, I., JÁNOVÁ, V., BODNÁR, J., HUSÁK, L., FILO, M. & MÁJOVSKÝ, J. 1989: *Geologia Rimavskej Kotliny. Geology of Rimavská Kotlina depression*. — Geologický Ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 162 p.
- VASS, D. 2002: Unique Cenozoic lithofacies in the northern part of the Darnó Fault Belt and its surroundings: an overview. — *Acta Geologica Hungarica* **45**, 79–99.
- VETŐ I. 1997: *Szénhidrogén keletkezés és elsődleges migráció*. — In: JUHÁSZ E., KUMMER I. (szerk.), BUCSI SZABÓ L., BUDAI T., DETZKY G., DETZKYNÉ LÓRINCZ K., DUDKÓ A., FARKASNÉ BULLA J., FODOR B., HÁMORNÉ VIDÓ M., JÁMBOR Á., JOCHÁNÉ EDELÉNYI E., KIRÁLY E., KÖRPÁS L., KOVÁCSVÖLGYI S., LENDVAY P., MADARASI A., MARKOS T., MÜLLER T., NÁDOR A., PARTÉNYI Z., POLCZ I., RÁLISCH L.-NÉ, REDLERNÉ TÁTRAI M., SEBESTYÉN I., SZEIDOVITZ GY.-NÉ, SZALAY I., SZÓTS A., TÓTHNÉ MAKK Á., TRESZNÉ SZABÓ M., VARGA S. & VETŐ I. 1997: Magyarország szénhidrogén potenciálja az 1995. december 31-i állapotra. — *Kézirat*, Készült a Magyar Állami Földtani Intézet és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet „Szénhidrogén potenciál felmérés és medenceanalízis” c. közös projektje keretében, a Magyar Geológiai Szolgálat közreműködésével. Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T. 19781
- VÖLGYI L., SZERECZ F., HAJDÚ D., KURUCZ B., MÉSZÁROS L., NÉMETH G., FÖLDEÁK P.-NÉ, SZENTGYÖRGYI K.-NÉ, HORVÁTH R., KOVÁCS ZS., TORMÁSSY NÉ VARGA É., DALLOS E.-NÉ, NAGY M.-NÉ & SZŰCS L. 1985: Magyarország kőolaj- és földgázlelőfordulásai 1935–1985. — *Kézirat*, GEOS, Budapest, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, ELGI AD.553, 1038 p.
- ZELENKA, T., BAKSA, CS., BALLA, Z., FÖLDESSY, J. & FÖLDESSY-JÁRÁNYI, K. 1983: The role of the Darnó Line in the basement structure of Northeast Hungary. — *Geologický Zborník–Geologica Carpathica* **34**, 53–69.

Kézirat beérkezett: 2019. 09. 25.

