

Földtani Közlöny



138/4

A Magyarhoni Földtani Társulat folyóirata
Bulletin of the Hungarian Geological Society



Budapest, 2008

Tartalom — Contents

MINDSZENTY Andrea, MENSÁROS Péter: In memoriam dr. VÉGH Sándorné.	317
HARGITAI Henrik, CSÁSZÁR Géza, BÉRCZI Szaniszló, KERESZTURI Ákos: Földön kívüli égitestek geológiai és rétegtani tagolása és nevezéktana. — Geological and stratigraphical units and the nomenclature of extraterrestrial planetary bodies.	323
VENCZEL Márton, HÍR János: Középső-miocén gerincesfaunák Partiumból. — Middle Miocene vertebrate faunas from Partium.	339
MÜLLER Pál, MAGYAR Imre: A budai pannóniai képződmények. — The Pannonian deposits of the Buda Mountains.	345
FEHSE, Dirk, VICIÁN, Zoltán: On the identity of <i>Projenneria neumayri</i> (HILBER, 1879) with the description of the genus <i>Projenneria</i> DOLIN, 1997 from the Badenian of the Central Paratethys. — A <i>Projenneria neumayri</i> (HILBER, 1879) validitása és egy új <i>Projenneria</i> DOLIN, 1997 faj a Középső-Paratethys badeni korú rétegeiből.	355
POROS Zsófia, MOLNÁR Ferenc, KOROKNAI Balázs, LESPINASSE, Marc, MAROS Gyula, BENKÓ Zsolt: Fluidzárványsíkok és repedésrendszerek vizsgálatának alkalmazása granitoid kőzetek repedezettségének fejlődéstörténeti rekonstrukciójában III.: A Bábaapáti (Üveghuta) radioaktív hulladéktároló telephely kutatófúrásaiban végzett vizsgálatok eredményei. — Application of studies on fluid inclusion planes and fracture systems in the reconstruction of the fracturing history of granitoid rocks III.: Results of studies in drill-cores from then radioactive waste depository site at Bábaapáti (Üveghuta).	361
SASVARI Ágoston: Rövidüléshez köthető deformációs jelenségek a Gerecse területén. — Shortening-related deformation in the Gerecse Mts, Transdanubian Range, Hungary.	383
SEBŐK Szilvia: Numerikus módszerek az összeolvadási felszín szöveti tulajdonságainak CT-vizsgálatában. — Numerical methods in the analyses of small scale texture features of amalgamation-surfaces using computerized X-ray tomography.	401
VITÁLIS György: In memoriam MOLNÁR József.	411
DOBOS Irma: In memoriam dr. ÚRBANCSEK János.	417
Hírek, ismertetések (összeállította PALOTÁS Klára)	423



Felelős kiadó

HAAS János,
a Magyarhoni Földtani Társulat elnöke

Főszerkesztő

CSÁSZÁR Géza

Műszaki szerkesztők

PIROS Olga
SIMONYI Dezső

Nyelvi lektor

Philip RAWLINSON

Szerkesztőbizottság

Elnök: HAAS János
FODOR László, GRESCHIK Gyula,
PALOTÁS Klára, PAPP Gábor,
SZTANÓ Orsolya, VÖRÖS Attila

Főtámogató

MOL Nyrt.

A kéziratokat az alábbi címre kérjük küldeni

PIROS Olga, 1442 Budapest, Pf. 106.
e-mail: piros@mafi.hu

* * *

Editor-in-charge

János HAAS,
President of the Hungarian Geological
Society

Editor-in-chief

Géza CSÁSZÁR

Technical editors

Olga PIROS
Dezső SIMONYI

Language editor

Philip RAWLINSON

Editorial board

Chairman: János HAAS
László FODOR, Gyula GRESCHIK,
Klára PALOTÁS, Gábor PAPP,
Orsolya SZTANÓ, Attila VÖRÖS

Sponsor

MOL Nyrt.

Manuscripts to be sent to

Olga PIROS, 1442 Budapest, P. O.
box 106.
e-mail: piros@mafi.hu

Földtani Közlöny is abstracted and indexed in

GeoRef (Washington),
Pascal Folio (Orleans),
Zentralblatt für
Paläontologie (Stuttgart),
Referativny Zhurnal
(Moscow) and
Geológiai és Geofizikai
Szakirodalmi Tájékoztató
(Budapest)

**Tartalom — Contents**

MINDSZENTY Andrea, MENSÁROS Péter: In memoriam dr. VÉGH Sándorné.	317
HARGITAI Henrik, CSÁSZÁR Géza, BÉRCZI Szaniszló, KERESZTURI Ákos: Földön kívüli égitestek geológiai és rétegtani tagolása és nevezéktana. — Geological and stratigraphical units and the nomenclature of extraterrestrial planetary bodies.	323
VENCZEL Márton, HÍR János: Középső-miocén gerincesfaunák Partiumból. — Middle Miocene vertebrate faunas from Partium.	339
MÜLLER Pál, MAGYAR Imre: A budai pannóniai képződmények. — The Pannonian deposits of the Buda Mountains.	345
FEHSE, Dirk, VICIÁN, Zoltán: On the identity of <i>Projemneria neumayri</i> (HILBER, 1879) with the description of the genus <i>Projemneria</i> DOLIN, 1997 from the Badenian of the Central Paratethys. — A <i>Projemneria neumayri</i> (HILBER, 1879) validitása és egy új <i>Projemneria</i> DOLIN, 1997 faj a Középső-Paratethys badeni korú rétegeiből.	355
POROS Zsófia, MOLNÁR Ferenc, KOROKNAI Balázs, LESPINASSE, Marc, MAROS Gyula, BENKŐ Zsolt: Fluidzárványsíkok és repedésrendszerek vizsgálatának alkalmazása granitoid kőzetek repedezettségének fejlődéstörténeti rekonstrukciójában III.: A Bábaapáti (Üveghuta) radioaktív hulladék tároló telephely kutatófúrásaiban végzett vizsgálatok eredményei. — Application of studies on fluid inclusion planes and fracture systems in the reconstruction of the fracturing history of granitoid rocks III.: Results of studies in drillcores from then radioactive waste depository site at Bábaapáti (Üveghuta).	361
SASVÁRI Ágoston: Rövidüléshez köthető deformációs jelenségek a Gerecse területén. — Shortening-related deformation in the Gerecse Mts, Transdanubian Range, Hungary.	383
SEBŐK Szilvia: Numerikus módszerek az összeolvadási felszín szöveti tulajdonságainak CT-vizsgálatában. — Numerical methods in the analyses of small scale texture features of amalgamation-surfaces using computerized X-ray tomography.	401
VITÁLIS György: In memoriam MOLNÁR József.	411
DOBOS Irma: In memoriam dr. URBANCSEK János.	417
Hírek, ismertetések (összeállította Palotás Klára)	423

Első borító: Szürke toarci agyagréteg a Tűzkövesárki és a Kisgerecsei Formáció között, Tölgyhát-kőfejtő (készítette: Sasvári Ágoston). Hátsó borító: A Berseki Márga rétegei az Ördögáti-kőfejtőben (készítette: Sasvári Ágoston).

Budapest, 2008

ISSN 0015-542X

Útmutató a Földtani Közlöny szerzői számára

A Földtani Közlöny — a Magyarhoni Földtani Társulat hivatalos szakfolyóirata — csak eredeti, új tudományos eredményeket tartalmazó (magyar, ill. idegen nyelven még meg nem jelent) közleményeket fogad el.

Elsődleges cél a hazai földdel foglalkozó, vagy ahhoz kapcsolódó tárgyú cikkek megjelentetése. A kézirat lehet: értekezés, rövid közlemény, vitairat, fórum, szemle, rövid hír, könyvismertetés, ill. a folyóirat egyéb rovataiba tartozó mű. Vitairat a vitatott cikk megjelenésétől számított hat hónapon belül küldhető be. Ez esetben a vitatott cikk szerzője lehetőséget kap arra, hogy válasza a vitázó cikkel együtt jelenjék meg. Az értekezések maximális összesített terjedelme 20 nyomdai oldal (szöveg, ábra, táblázat, fénykép, tábla). Ezt meghaladó értekezés csak abban az esetben közölhető, ha a szerző a többletoldal költségének 130%-os térítésére kötelezettséget vállal. A tömör fogalmazás és az állításokat alátámasztó adatszolgáltatás alapkövetelmény. A folyóirat nyelve magyar és angol. A közlésre szánt értekezés és rövid közlemény bármelyik nyelven benyújtható, az értekezés esetében magyar és angol nyelvű összefoglalással. Az angol változat vagy összefoglalás elkészítése a szerző feladata. Magyar nyelvű értekezés esetén részletes angol nyelvű összefoglaló kívánatos. Más idegen nyelven történő megjelentetéshez a Szerkesztőbizottság hozzájárulása szükséges.

A kéziratot (szöveg, ábra, táblázat, fénykép, tábla) digitális formában — lemezen vagy hálózaton keresztül — kell benyújtani, emellett a technikai szerkesztőhöz 3 nyomtatott példányt is meg kell küldeni. Ha a szerző nem tudja biztosítani a digitális formát a kézirat elfogadásáról a Szerkesztőbizottság javaslata alapján a Társulat Elnöksége dönt, tekintettel annak költségvonzatára. Jelenleg IBM-kompatibilis személyi számítógépen bármely szövegszerkesztőből ASCII kódban (DOS Text Only) kimentett változat nyújtható be, de elsősorban a Word változatok használata javasolt (rtf formátumban).

A Szerkesztőbizottság három lektort jelöl ki. A felkért lektoroknak 3 hét áll rendelkezésre a lektorálásra. A harmadik lektor egy pozitív és egy negatív vélemény, ill. valamelyik lektor visszautasító válasza esetén kapja meg a kéziratot. A szerzőtől a Szerkesztőbizottság a lektorálás után 1 hónapon belül várja vissza a javított változatot. Amennyiben a lektor kéri, átdolgozás után újra megtekintheti a cikket, s ha kívánja, pár sorban közzéteheti szakmai észrevételeit a cikkel kapcsolatban. Abban az esetben, ha a szerzői javítás után megkapott cikkel kapcsolatban a lektor 3 héten belül nem nyilvánít véleményt, úgy tekintjük, hogy a cikket abban a formájában elfogadta. Mindazonáltal a Szerkesztőbizottság fenntartja magának a jogot, hogy kisebb változtatás esetén 2 hónapon, nagy átdolgozás esetén 6 hónapon túl beérkező cikkek megjelentetését visszautasítsa.

A kézirat részei (kötelező, javasolt):

- | | |
|---|--|
| a) Cím | h) Diskusszió |
| b) Szerző(k), postacím (E-mail cím) | i) Következtetések |
| c) Összefoglalás (magyarul, angolul) | j) Köszönetnyilvánítás |
| d) Bevezetés, előzmények | k) Hivatkozott irodalom |
| e) Módszerek | l) Ábrák, táblázatok és fényképtáblák |
| f) Adatbázis, adatkezelés | m) Ábra-, táblázat- és fényképmagyarázatok (magyarul és angolul) |
| g) A téma kifejtése — megfelelő alcím alatt | |

A Közlöny nem alkalmaz az alcímek esetében sem decimális, sem abc-s megjelölést. Kérjük, hogy az alcímeknél és bekezdéseknél ne alkalmazzanak automatikus sorszámozást vagy bekezdésjelölést. Harmadrendű alcímnél nem lehet több. Lábjegyzetek használata kerülendő, amennyiben mégis elkerülhetetlen, a szöveg végén sorszámozva ún. végjegyzetként jelenik meg.

A cikk szövegében hivatkozások az alábbiak szerint történjenek:

- RADÓCZ (1974), ill. (RADÓCZ 1974)
GALÁCZ & VÖRÖS (1972), ill. (GALÁCZ & VÖRÖS 1972)
KUBOVICS et al. (1987), ill. (KUBOVICS et al. 1987)
(GALÁCZ & VÖRÖS 1972; RADÓCZ 1974, 1982; KUBOVICS et al. 1987)
(RADÓCZ 1974, p. 15.)

Az irodalomjegyzék tételei az alábbi minta szerint készüljenek:

WIGNALL, P. B. & NEWTON, R. 2001: Black shales on the basin margin: a model based on examples from the Upper Jurassic of the Boulonnais, northern France. — *Sedimentary Geology* **144/3**, 335–356.

A hivatkozásokban, irodalmi tételekben a szerző nevét kis kapitálissal kell írni, a cikkben kerülendő a csupa nagybetű használata.

Az illusztrációs anyagot (ábra, táblázat, fénykép) a tükörméretbe (170×240 mm) álló, vagy fekvő helyzetben beilleszthető méretben kell elkészíteni. A fotótábla magassága 230 mm lehet. Az illusztrációs anyagon a vonalvastagság ne legyen 0,3 pontnál, a betűméret ne legyen 6 pontnál kisebb. A digitális ábrákat, táblákat cdr, kiterjesztéssel, illetve a tördelő programba történő beilleszthetőség miatt az Excel táblázatokat word táblázatokká konvertált formában, az Excel ábrákat CorelDraw formátumban tudjuk elfogadni. Amennyiben az ábra nem konvertálható cdr formátumba, a fekete és színes vonalas ábrákat 1200 dpi felbontással, tif kiterjesztéssel, a szürkeárnyalatos fényképeket 600, a színes fényképeket 300 dpi felbontással, tif, ill. jpg kiterjesztéssel tudjuk használni.

A Földtani Közlöny feltünteti a cikk beérkezési idejét. A késedelmes szerzői javítás esetén a második (utolsó) beérkezés is feltüntetésre kerül.

Az előírásoknak meg nem felelő kéziratokat a technikai szerkesztő a szerzőnek, több szerző esetén az első szerzőnek visszaküldi.

A kéziratokat a következő címre kérjük beküldeni: Piros Olga 1443 Budapest, Pf. 106., e-mail: piros@mafi.hu

In memoriam

Dr. Végh Sándorné Dr. Neubrandt Erzsébet



1926–2008

Az ELTE TTK, A Magyarhoni Földtani Társulat, az Alkalmazott Földtani Tanszék, a volt tanítványok, kollégák, pályatársak — az egész magyar geológus-társadalom nevében búcsúszom — nehéz szívvel.

Nehéz szívvel, mert bár mindannyian tudtuk, hogy az idő nagy úr, szembe menni vele nem lehet, az Élet rendje, hogy szüleink, kedves tanáraink előbb lépik át az örökkévalóság küszöbét, mint mi magunk, mégis valahogy azt gondoltuk, Rád ez nem vonatkozik. Talán azért volt ez így, mert annyira emblemikus alakja voltál a magyar földtannak, hogy természetes része voltál a világképiünknek. Meg egyszer már, évekkkel ezelőtt, sikerült is visszautasítanod a túloldalra invitáló szót, Te győztél, mert érezted, hogy még feladataid vannak, visszajöttél közénk, s azóta annyira hozzátartoztál mindennapjainkhoz, hogy úgy éreztük, Rajtad nem foghat a törvény..., s lám most mégis beteljesedett.

A búcsúzásnak része, hogy felelgetjük az életmű fontosabb állomásait, már csak azért is, mert az életmű, alkotójának távoztával műemlékké nemesül, s e műemlék fő vonásait felvázolni most már a mi dolgunk. Esetedben azért is fontos a számbavétel, mert szerény, minden hivatkozástól mentes egyéniségednek köszönhetően sokan nem is tudják, valójában mit köszönhet Neked a magyar földtan. A pályatársak pedig, akiknek szeme előtt zajlott tudományos és oktatói tevékenységed, többnyire már maguk is a túloldalon vannak, az ő emlékezetük nekünk már nem segít felidézni a múltat.

Alapvetően paleontológus-szedimentológus voltál. Kitűnő megfigyelő, precíz dokumentáló, invenciózus értelmező. Tudásodhoz műveltség, a hazai és nemzetközi szakirodalom alapos ismerete és kérlelhetetlen etikai érzék társult. Minden újra fogékony természeted folytán számos jelenségre mindenkinél hamarabb felhívtad a hazai tudományos közvélemény figyelmét. Talán éppen ez, az új gondolatok befogadására még éretlen közeg, lehetett az oka annak, hogy legjobb ötleteid egy része méltatlanul feledésbe merült, vagy csak évtizedek múltán került ismét felszínre, azóta azonban időt állóan igazol vissza Téged. A gerecsei triászról írott monográfiád kitűnő szedimentológiai leírásai a mikrofácies-értelmezések ma is megállják helyüket, pedig hol volt még a hatvanas években Magyarországon szedimentológia?! A geológus hallgatók gerecsei térképezési gyakorlatán ez a monográfia ma egyre inkább alapmunkának számít. 1975-ben, a X. Osztály Közleményeiben megjelent cikked, amelyben, már akkor az amerikai Fischerre hivatkozva, a hazai felső-triász képződmények ciklicitásáról, s annak lehetséges asztronómiai meghatározottságáról, a 23-ezer éves periódusról írsz csaknem húsz évvel megelőzte a később aztán itthon is divatosá váló cikluselméletet. Megaloduszos nagy monográfiád híre a tengerentúlra is elért. Emlékszem, mikor a kilencvenes évek elején Amerikába érkeztem, s az ottaniak megtudták, honnan jövök, azonnal azt kérdezték: — Ez az a Tanszék, ahol a megaloduszos Elisabeth Végh is tanít? — és azonnal arra kértek, járjak közben Nálad, hogy ők is kaphassanak egy igazi magyarországi megaloduszt!

Paleontológus létedre, Vitális professzor úr mellett kötelességtudóan kitanultad, majd őt követve már, mint a Természettudományi Kar első női tanszékvezetője, a Tanszék élén sikerre vitted az elméleti tudomány alkalmazását. Részt vettél a Bakony, a Vértes és a Gerecse térképezésében, a vezetésed alatt álló munkacsoport elkészítette a Budai-hegység mérnökgeológiai térképének jelentős részét, a Dunántúli-középhegység Vízföldtani atlaszának térképsorozatát, külföldi és hazai nyersanyagprojekteken vettél részt — köztük az Eocén program bauxit-köszén kutatásában, amelyben a gerecsei triász képződményekre vonatkozó ismereteid nélkülözhetetlenek bizonyultak. Számos testületnek bizottságnak voltál aktív tagja — soha nem azért, hogy sormintát gyűjts életrajzodra, hanem azért, mert hittél a szó és a munka erejében, s választott szakterületed iránti végtelen alázattal és hihetetlen munkabírással dolgoztál, s csatározótlán — ha kellett — a bürokrácia síkján is a jó ügyért. Diplomáciai érzéked, szelíd határozottságod segített abban, hogy egy-egy ilyen testületben sokszor jobban el tudtad fogadtatni a szakma számára kedvező elképzeléseidet, mint azok, akik ugyanezzel a „kard ki kard” jelszóval próbálkoztak. Szerénységed mindenkor környezetet általában nem inspirálta arra, hogy kitüntetésekkel halmozzon el. Amit azonban megkaptál, az rangos volt. A nagyegyházi kutatásért Állami díjjal jutalmaztak, a Társulattól ay emlékgyűrűt, majd évtizedekkel később — már tiszteleti tagként — a Geologia Applicata kitüntetést, az Egyetem felterjesztése nyomán pedig a Magyar Felsőoktatásért érmet kaptad meg.

Legnagyobb kitüntetésed azonban, hitem szerint, tanítványaid feltétlen tisztelete, szeretete és megbecsülése, amely nem egyéb, mint a belőled sugárzó derű és szeretet visszatükröződése. Igényességed, tiszta szigorúságod mindig példa volt, nem csak a hallgatók, de munkatársaid számára is. Nevelni, hangos szó nélkül, példával és a meggyőzés erejével tudtál.

Ennek szép bizonyítékaként álljon itt egy volt tanítványod és munkatársad, MENSÁROS Péter bensőséges visszaemlékezése:

„13-14 éven keresztül nap, mint nap találkoztunk és legalább 8 órát együtt voltunk az Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszéken. Sári néni, Gitta, Irénke néni, Éva néni, Klári, Kati, Edit, Viktor, Ádám, Pista, és mi, akiket a Tanárnő hívott be a Tanszékre, kis Zizi, Imre, János, Jóska és én.

Az édesanyámmal nem voltam együtt annyi ideig, mint a Tanárnővel. Mindig mondom: az életemben két meghatározó ember volt, — természetesen a szüleimen kívül — a gimnáziumi osztályfőnököm és a Tanárnő.

A Tanárnő mellett tanultam, tanultunk meg dolgozni, egy életre meghatározóan. Kriván Pali mondogatta: még most is az „Öregnek” (=Vadásznak) írok. Én meg a Tanárnőnek. Most ne beszéljünk a szakmai tartalomról, az természetes igényesség volt. Hanem a kerek, pontos, magyar mondatok, a méltó kiállalok, a lelkiismeretes végrehajtás igényéről! Ha valamikor idézhetjük a költő szavait arról, hogy hogyan is érdemes dolgozni, akkor a Tanárnő esetében joggal tehetjük.

De önmagában a szakmai munka sem ment volna, ha az a többlet nem lett volna. Nem tudok idézni mondatokat a Tanárnőtől, mint ahogy a szüleimtől sem. Még azt sem nagyon, hogy miről is beszélgettünk annyiszor. De nagyon sokat beszélgettünk, és nemcsak a munkáról. Így épített észrevétlenül a Tanárnő engem, minket. A professzori szoba párnázott ajtaja mindig nyitva állt. A reggeli szertartásos kávézások szinte észrevétlenül kikérdezett minket, mi van velünk, mi van otthon. És tudom, ez nem pletykázó kíváncsiság volt!! Hanem mint az édesanyánk érdeklődése, akinek fontosak vagyunk, aki törődik velünk. AKI SZERET. Nem a mai, sokat hangoztatott, elcsépelet fogalom szerint, hanem a GONDOSKODÓ SZERETETTEL! És mindezt halkán, nyugodtan, mindig derűvel és bölcsen. Mintha otthon lennénk, hiszen otthon is voltunk a Tanárnő mellett.

A Bölcsék könyvében olvassuk: Az igaznak azonban, ha időnap előtt is hal meg, nyugalomban lesz része. Mert a tisztes aggkort nem a hosszú élet adja, nem függ az évek számától.

A Megváltó azt mondta: „Amit a legkisebb testvéreim közül eggyel is tettetek, velem tettétek.” Igen. Tetszett enni adni, inni adni, be tetszett fogadni, fel tetszett ruházni és így tovább. A szó szoros és átvitt értelmében is.

Tanárnő kérem, hálát adunk, és köszönöm, köszönjük, hogy a Tanárnő mellett lehetünk.”

Az egyetem volt az életed, a hallgatók, a nevelés az oktatás a mindened. Az újra való fogékonyságod, a szakma iránti elhivatottságod a folyamatos, formális reformokba is életet volt képes lehelni. Az oktatás szervezésében mindig az élen jártál, mindig azt kerested, hogyan lehet az alkalmazott földtant úgy oktatni, hogy a hallgatók az elmélet mellett kellő gyakorlati ismeretekre is szert tehessenek. Magyarországon először vezetted be és tetted kötelező tárggyá a környezetföldtant, Te indítottad útjára, az egyetemi oktatás részeként, a geomatematikát, megláttad a megfelelő személyt, akire a hidrogeológiai oktatást rábízva biztos lehettél benne, hogy az a Tanszékhez méltó színvonalon fog folytatódni. Mindig megtaláltad az egyensúlyt a tudomány és az alkalmazás között, ezzel érve el, hogy az alkalmazás soha nem vált mechanikussá, megtartotta a természettudományi karra jellemző kreatív megközelítést. Azt, hogy a geológia nem áll meg az országhatároknál nemcsak mondtad, de élted is: elsőik között kezdted szervezni és vezetni, már az 1960-as évek végén, a hallgatók számára külföldi tanulmányutakat, vállalva az ezzel járó nehézségeket, mert hittél benne, hogy a részleteket csak úgy érthetjük meg, ha bele tudjuk illeszteni őket a nagy képbe.

Geológusok generációit nevelted fel ebben a szellemben, s a példával való nevelést, az egyetem, a tanszék érdekében való, önzetlen munkálkodást az utolsó percig nem adtad fel. Két momentum bukkan fel emlékeim közt, amelyeket szeretnék az „emlékműhöz” feltétlenül hozzáadni, mert jó rávilágít egyéniséged legfontosabb vonásaira. Amikor nyugdíjba mentél,

letettünk eléd egy számítógépet, s arra kértünk, tanul meg, hogy kell vele bánni, s készítsd el a Tanszéki könyvtár számítógépes katalógusát, vállald el — a továbbiakban — már mint tudományos tanácsadó a javarészt általad is gyűjtött könyvtári állomány gondozását. 67 éves voltál akkor, és megtanultad. Lelkesen vetted bele magad az új játékszer megismerésébe, tökélyre vitted a veled való bánást és a könyvek iránti igaz szeretettel viseltd gondját a könyvtárnak s mindazoknak, akik Tőled tanácsot kértek. Jelen voltál a Tanszék életében, s képes voltál arra, amire csak a legnagyobbak képesek: nem szóltál bele a dolgainkba, annak ellenére, hogy részint a megváltozott körülmények miatt, részint egyszerűen azért, mert nyomodba se értünk, nyilvánvalóan más stílusban éltük az életünket, mint azt a Te normáid megkövetelték volna. Te ezt szelíden, szeretettel tudomásul vetted, nem akartál bennünket kézi vezérléssel irányítani. Egyszerűen ott voltál, ha bármivel hozzád fordultunk, elmondtad a véleményedet, de mindig hozzátetted, úgy tegyetek, ahogy Ti a legjobbnak látjátok...

Nagyon fogsz hiányozni, már most hiányzol! Köszönjük, hogy velünk voltál, megpróbálunk méltók maradni Hozzád, s arra kérünk, imádkozz a jó istenhez, hogy majd nekünk is a mennyországnak abban a geológusok számára fenntartott részében csináljon egy kis helyet, ahová te is készülsz! Ha Te kéred, talán megteszi, Rád most már jobban hallgat, mint bárki másra idelent. Isten veled! Reméljük, nemsokára újra találkozunk.

MINDSZENTY Andrea és MENSÁROS Péter

Életrajz

Dr. VÉGH Sándorné (NEUBRANDT Erzsébet), geológus, született Budapesten, 1926. április 12.-én meghalt 2008. július 24. Szülei: NEUBRANDT Márton és KOCIS Erzsébet. Férje: 1947: JAKUCS László, 1955: VÉGH Sándor. Gyermeke: JAKUCS Erzsébet, sz. 1950.

Tanulmányait a Budai Szent Margit gimnáziumban (1936–1944) és a Pázmány Péter Tudomány Egyetemen végezte 1944–1949 között, vegyész majd geológus szakon.

Munkahelyei: 1949–1957 Vadász E. professzor mellett az ELTE TTK Földtani Intézetének munkatársa
1957–1963 Vitális S. professzor mellett az Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszék adjunktusa, 1963–1970 docense, 1970–1993 egyetemi tanára. 1970–1990 a Tanszék vezetője. 1993-ban egészségi okokból visszavonult. Ezt követően, haláláig, tudományos tanácsadóként és a tanszéki könyvtár gondozójaként segítette az (1991-től Alkalmazott és Környezetföldtani, ma Általános és Alkalmazott Földtani) Tanszék munkáját.

Oktatási területe: általános földtan, vízföldtan, nem érces ásványi nyersanyagok földtana, bauxit- és kőszénföldtan, földtani kutatás és készletszámítás, alkalmazott földtani gyakorlatok vezetése, gyakorlati feladatok kialakítása, évközi és nyári terepgyakorlatok vezetése.

Oktatásszervezési tevékenysége: A Tanszék anyagvizsgáló laboratóriumának megszervezése és berendezése. Az első (nem szovjet cserealapú) hallgatói tanulmányutak megszervezése külföldre (Lengyelország, NDK, Csehszlovákia, Bulgária, Románia, Jugoszlávia, Ausztria). Szakosítás bevezetése a geológusoktatásban (szilárd ásványi nyersanyagok, kőolaj- és vízföldtan, geomatematika, környezetföldtani szakirányokkal). Első posztgraduális kurzusok indítása (szervezőgeológusi, geomatematikai). Számítógépes hallgatói laboratórium megszervezése.

Kutatómunkája: Karrierjének aktív éve alatt, tudományos érdeklődésének és tevékenységének fókuszában alapvetően a paleontológia a sztratigráfia és a szedimentológia állt. A triász Megalodontacea kagylókat feldolgozó monográfiájával nemzetközi hírnévre tett szert. Emellett azonban maradandót alkotott a nyersanyagkutatásban, a vízföldtanban és a mérnökgeológiában is. Így jelentős részt vállalt az „Eocén-program” kőszén és bauxitkutatásában, a Dunántúli-középhegység karsztvizeinek vizsgálatában, foglalkozott a főváros vízellátásának tudományos kérdéseivel, részt vett (és részben irányította) Budapest, Szekszárd, Pécs és Szentendre részletes mérnökgeológiai térképezését, valamint számos építésföldtani, talajmechanikai és vízföldtani szakvéleményt készített az ország csaknem minden területén.

Összes érdemei közül a legkiemelkedőbb azonban, hogy Vitális Sándor professzor úr nyomdokain haladva, megszervezte, és az újdonságokra, a geológia iránt támasztott társadalmi követelményekre érzékenyen (és időben) reagálva fenntartotta és fejlesztette az ELTE-n az alkalmazott földtani képzést. Tette ezt úgy, hogy az „alkalmazással” együtt járó alapvetően gyakorlatcentrikus megközelítés soha nem szorította háttérbe a természettudományos látásmódot. Megtalálta az érzékeny egyensúlyt a kettő között, s ezzel adta meg az ELTE-s geológusdiplomának az alkalmazott földtani területeken megvalósult egyediségét. Az ELTE-seket a gyakorlati életben ma is azok keresik munkatársnak, akik a gyakorlati ismereteken túl elvárják a mérnökgeológustól, a nyersanyagkutatatótól, a hidrogeológustól, hogy a szokatlan problémák megoldásában, természettudományos megközelítéssel, kreatív módon, szokatlan, újszerű, a rutintól eltérő módszereket alkalmazzon. Az erre való készséget és a megalapozott, verzatil gyakorlati tudást geológusgenerációk sajátították el az általa kialakított és szervezett oktatás révén. Ismerte a terepi megfigyelések mindenképp feletti fontosságát, ezért mindig nagy hangsúlyt fektetett a terepgyakorlatokra. Tudta, hogy a földtani

képződmények nem állnak meg a határokon, ezért, amint lehetett, elindította és éveken át fáradhatatlanul szervezte az ELTE-n a hallgatók külföldi terepgyakorlatait. Az 1980-as években ő vezette be az országban először a geológusképzésbe a kötelező környezetföldtani oktatást, elsők között ismerte fel a matematikai módszerek földtani alkalmazásának fontosságát és vette fel ezt is a kötelező tárgyak listájára. A geológusok feladatkörének társadalmi okokból bekövetkező változásait figyelemmel kísérve megteremtette a geológusképzésben a szakosodás lehetőségét. Tankönyve

(Nemércek földtana), jegyzetei (Ásványi nyersanyagok kutatása és készletszámítása, Alkalmazott földtani anyagvizsgálatok) ma is alapmunkának számítanak

Minden újra fogékonyan, haláláig rendszeresen bejárt a Tanszékre, rendezte, felügyelte és karbantartotta a Tanszék alkalmazott földtani témájú könyv-, folyóirat-, adat- és kéziratállományát, tanácsai számos, az alkalmazott földtant érintő kérdésben nélkülözhetetlenek voltak, nemcsak közvetlen munkatársai, hanem a könyvtári anyagokat forgató vendégek számára is.

Dr. Végh Sándorné nyomtatásban megjelent tudományos publikációi

- JAKUCSNÉ NEUBRANDT Erzsébet. 1949: Óriásnövényű Pyrgulifera-faj Ajkáról. — *Földtani Közlöny* **79/1–4**, 119–125.
- JAKUCS Lászlóné 1951: Kőzet szerkezeti jelenségek karbonátos kőzetekben. — *Földtani Közlöny* **81/7–9**, 329–332.
- JAKUCS Lászlóné 1952: Adatok a Magyar Középhegység triász dolomitfajtáinak keletkezéséhez. — *Földtani Közlöny* **82/7–9**, 374–385.
- JAKUCSNÉ NEUBRANDT Erzsébet 1953: A gerecsehegységi Tardos környékének földtani újratérképezése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, 49–61.
- JAKUCS Lászlóné 1954: Adatok a gerecsehegységi Megalodus-fauna ismeretéhez. — *Földtani Közlöny* **84/3**, 229–234.
- VÉGH Sándorné 1957: Üledékföldtani jellegzetességek triász karbonátos kőzetekben. — *Földtani Közlöny* **87/1**, 19–12.
- N. VÉGH, Elisabeth 1957: Some Characteristics of the Sedimentary Petrography of Carbonatic Triassic Rocks. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* I. 103–108.
- VÉGH Sándorné, VIGH Gusztáv, HETÉNYI Rudolf, FÜLÖP József, SZABÓ Imre, NOSZKY Jenő 1959: A Gerecse–Vértes- és Bakonyhegység mezozoikumja. — *Kirándulásvezető a Magyarországi Meozoos Konferencia résztvevői számára. A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa*, 13–46.
- VÉGH-NEUBRANDT, E., ORAVECZ, J. 1960: Obertriasische Sedimentierung im Raum der Gerecse und Vértesgebirge. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **III**, 184–193.
- VÉGH Sándorné 1960: Alkalmazott földtani anyagvizsgáló gyakorlat. — *Egyetemi jegyzet* 220 p.
- VÉGHNE NEUBRANDT Erzsébet 1960: A Gerecsehegység felsőtriász képződményeinek üledékföldtani vizsgálata. — *Geologica Hungarica series Geologica* **12**, pp. 1–74.
- VÉGH-NEUBRANDT, Elisabeth 1960: Petrologische Untersuchung der Obertriasbildungen des Gerecsegebirges in Ungarn. — *Geologica Hungarica series Geologica* **12**, 1–132.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1960: Ob opredelenii obemnovo vesza otdelnüh rasnovidnosztei vengerszkovo bokszita. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **III**, 195–196.
- ORAVECZ János, VÉGHNE NEUBRANDT Erzsébet 1961: A Vértes- és Bakonyhegységi triász rétegtani és szerkezeti kapcsolata. — *Földtani Közlöny* **91/2**, 162–172.
- VÉGHNE NEUBRANDT Erzsébet, ORAVECZ János: A Gerecse- és Vérteshegységi felsőtriász dolomit- és mészkőösszet. Formations triassiques supérieures des montagnes Gerecse et Vértes (Transdanubie). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **49/2**, 291–294, 381–385.
- ORAVECZ, J., VÉGH NEUBRANDT, E. 1962: Connexions Stratigraphiques et structurales entre le Trias de la Montagne Vértes et celui de la Montagne Bakony. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **V**, 117–126.
- BALOGH, K., VÉGH, S., Mme VÉGH 1963: Trias de Hongrie. — *Memoires Bureau des Recherches Géologiques et Minières, (Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes)*, 455–468.
- VÉGHNE NEUBRANDT E. 1963: Nóri dachsteln mészkő az északi Bakonyban. Norischer dachsteinkalk im Nördlichen Bakonygebirge. — *Földtani Közlöny* **93/3**, 332–340.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1963: Die durch Gipsauflösung entstandene Porosität in den ungarischen Triass-Dolomiten. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **VI**, 203–211.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1963: Megalodus complanatus italicus n.ssp. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **VI**, 197–201.
- VÉGHNE dr. NEUBRANDT E. 1964: A triász Megalodontidák rétegtani jelentősége. Stratigraphische Bedeutung der triassischen Megalodonten. — *Földtani Közlöny* **94/2**, 195–205.
- VÉGH Sándorné 1964: Nemércek földtana és felhasználása. — *Egyetemi jegyzet*, 344 p.
- VÉGH Sándorné 1967: *Nemércek földtana*. — Tankönyvkiadó, Budapest, 284 p. (II. kiadás 1968)
- VÉGH Sándorné 1968: Ásványi nyersanyagkutatás. — *Egyetemi jegyzet*, Budapest, 94 p.
- SZEBÉNYI Lajos, Végh Sándorné: Ásványi nyersanyagok készletszámítása. — *Egyetemi jegyzet*, Budapest, 105 p.
- VÉGHNE NEUBRANDT E. 1968: A Megalodontidák fejlődésének főbb vonásai. Hauptzüge der Entwicklung der Megalodontiden. — *Földtani Közlöny* **98/2**, 227–240.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1969: Bemerkungen zum Genus Paramegalodon. — *Anzeiger d. Österr. Akad. Wiss. mathem.-nat.w. Wien*, 106. 1211–125.
- PUSZTAI Gyula, BERCEK Árpád, VÉGH Sándorné 1970: A Fővárosi Vízművek talajvízdúsításának kutatási eredményei és problémái, II. Vízminőségi és víztechnológiai Kongresszus kiadványa, Budapest, 1–23.

- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1971: Fauna- und Faziesverbreitung der Obertrias Transdanubischen Mittelgebirges. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **XV**, 111–120.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1972: Zur Mikrofazies der Campiler-Schichten im Balatonhochland (Ungarn). — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **21**, 115–122.
- VÉGH Sándorné 1972: Megjegyzések a geofizikai „marker”-ek kérdéséhez és a földtörténeti és életrétegtani tagolás kapcsolatához. — *Őslénytani Viták* **19**, 72–73.
- KOZUR, H., MOSTLER, H., VÉGH, E. 1972: Beschreibung einiger neuer Conodonten-Arten und Unterarten aus dem germanischen Becken und der austro-alpinen Conodontenprovinz. — In: Neue Conodonten aus der Trias der Slowakei und ihre stratigraphische Bedeutung. — *Geol. Palaont. Mitt. Innsbruck* **2/4**, 8–15, 3 táblával.
- VÉGHNE NEUBRANDT Erzsébet 1974: Új Megalodontacea fajok a magyarországi felsőtriásból. Neue Megalodontacea-Arten aus der Obertrias von Ungarn. — *Földtani Közlöny* **104/2**, 10–39, 2 ábrával, 10 táblával
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1974: Korrelations-Probleme der ungarischen Trias. Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias. — *Österr. Akad. d. Schriftenreihe d. Erdwissenschaftlicher Kommissionen* **2**, 223–227, 2 ábrával.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1974: Stratigraphische Lage der Triaskomplexe des Budaer Gebirges. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae. Sectio Geologica* **XVII**, 287–301, 10 ábrával.
- VÉGHNE NEUBRANDT Erzsébet 1975: Ciklusok és ritmusok a magyarországi triászbán. — *Geonómia és Bányászat az MTA X. Osztályának Közleményei* **8/3–4**, 367–371, 2 ábrával.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1976: A Dunántúli Középhegység karsztjának anizotrópiája és annak bányavízvédelmi következményei. Anisotropy of the carbonate rock complex as a factor influencing water inrush into subsurface mines of the Transdanubian Central Mountains region, NW Hungary. — *Preprint a 7. Nemzetközi Bányavízvédelmi Konferenciához* **II/11**, 1–31, 4 ábrával.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1976: A Dunántúli Középhegység karsztjának anizotrópiája és annak bányavízvédelmi következményei. — *Geonómia és Bányászat az MTA X. Osztályának Közleményei* **8/3–4**, 163–171.
- CIGALE, M., RAMOV, A., VÉGH-NEUBRANDT, E. 1976: Triadomegalodon idrianus n. sp. aus dem Oberkarn bei Idrija. (Triadomegalodon idrianus n. sp: iz zgornejekarnijskih plasti pri Idriji). — *Geologija Razprave in Porocila* (Ljubljana), **19**, 29–33, 1 táblával.
- VÉGH-NEUBRANDT, E., DUMONT, J. F., GUTNIC, M., MARCOUS, J., MONOD, O., POISSON, A. 1976: Megalodontidae du trias supérieur dans la chaîne Taurique (Turquie Méridionale). — *Géobios* **9/2**, 199–222, 2 ábrával, 4 táblával.
- VÉGH Sándorné 1977: Vitális Sándor emlékezete. — *Földtani Közlöny* **107/3–4**, 266–274.
- ORSOVAI Imre, Végh Sándorné 1977: Alkalmazott földtani anyagvizsgáló gyakorlat. — *Egyetemi jegyzet*, 190 p.
- VÉGH Sándorné 1977: A Nagygyháza-Csordakút-Mányi medencék kőszénfekvő képződményei. (Podjugolnje otlozsenija basszejnov Nagygyháza-Csordakút-Mányi). — *Földtani Kutatás* **20/4**, 5–8.
- VÉGH Sándorné 1978: Vadász Elemér, a tudós. — *Földtani Közlöny* **108/4**, 428–430.
- VÉGHNE NEUBRANDT E., FÁYNE Tátray M., MENSÁROS P., BALÁSHÁZY L. 1978: A Nagygyháza-mányi terület kőszénfekvő képződményeinek és hegységének földtani kérdései. (Geological problems concerning the basin deposits and bedrocks underlying the Nagygyháza-Mányi Coal Measures in Hungary). — *Földtani Közlöny* **108/1**, 7–17.
- VÉGH NEUBRANDT, E. 1980: Bedeutung der Triasforschungen bei hydrogeologischen Problemen in Ungarn. — *Annalen Naturhistorisches Museum Wien* **83**, 343–349.
- KONDA J., MÓNUS F., SZABÓ A., VÉGH S.-né 1981: Kirándulásvezető a Gerecsehegységi mezozoos karbonátos összletek újabb eredményei és hasznosításának kérdései tanulmányúthoz. — *A Magyarhoni Földtani Társulat kiadványa*, 1–17.
- VÉGH-NEUBRANDT, E. 1981: *Triassische Megalodontaceae. Entwicklung, Stratigraphie und Paläontologie*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 526 p.
- VÉGHNE NEUBRANDT E., MENSÁROS P. 1982: Karsztvízáramlási anomáliák földtani okai a Dunántúli Középhegységben. — *A Nemzetközi Bányavíz Szövetség I. kongresszusa, egyben a VIII. Bányavízvédelmi Konferencia kiadványa A-szekció*, 159–169.
- VÉGHNE NEUBRANDT E., MENSÁROS P. 1982: Karstwater-flow-controlling Geological Conditions in the Transdanubian Central Mountains of Hungary. — *First International Mine Water Congress (of the IMWA), Section A*.
- BALOGH K., DOBOSI, K., GÓCZÁN, F., HAAS, J., ORAVECZ, J., ORAVECZ-SCHIEFFER, A., SZABÓ, I., VÉGH-NEUBRANDT, E. 1983: Report on the Activities of the Triassic Working Group in Hungary. (Veröffentlichungen d. Österr. Nationalkomitees für das International Geological Correlation Programme Project. Nr. 73/1/4. Triassic of the Tethys Realm). — *Schriftenreihe der Erwissenschaftlichen Kommissionen* **5**, 17–36.
- VÉGH Sándorné 1983: Szilárd ásványi nyersanyagok kutatása és vagyonszámítása. — *Egyetemi jegyzet*, J3-1292, 104 p.
- VÉGH S.-né, KOVÁCS J., MENSÁROS P. 1985: A csordakúti külfejtés barnakőszéntelepének földtani modellje. (Geological model of the brown coal seam worked in the opencast mine pit of Csordakút. Geologisches Modell des Braunkohlenflözes des Tagebaues bei Csordakút). — *Földtani Kutatás* **28/3**, 17–20.
- VÉGHNE NEUBRANDT E., MENSÁROS P. 1986: A magyar kőszénkutatás és termelés helyzete. (Exploration and mining of coal deposits in Hungary). — *Földrajzi Közlemények* **1986/1–2**, 117–133.
- VÉGH S.-né, KOVÁCS J., MENSÁROS P. 1987: Rátolódás a Csordakút-II. bauxitlencse területén. (Overthrust in the Csordakút-II. bauxite lens area). — *Földtani Közlöny* **117/2**, 93–99.
- KOVÁCS J., VÉGH S.-né, 2006: Az 1949–2004 között az ELTE-n végzett geológusok elhelyezkedési lehetőségei. — *Földtani Közlöny* **136/1**, 157–160.

A fentiekén kívül VÉGH Sándorné nevéhez 122 db kéziratot kutatási jelentés fűződik, ebből: 43 db Budapest–Szentendre mérnökgeológiája/hidrogeológiája, 30 db Pécs, Szekszárd és környéke építésföldtana és hidrogeológiája, 11 db a Dunántúli-középhegység hidrogeológiája, 13 db A Gerecse és a Bicskei-öböl bauxit-kőszén vagyona és földtani felépítése, 25 db egyéb témakörben készült. A jelentések többsége az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani tanszékének alkalmazott földtani adattárában fellelhető.

Földön kívüli égitestek geológiai és rétegtani tagolása és nevezéktana

HARGITAI Henrik¹, CSÁSZÁR Géza², BÉRCZI Szaniszló³, KERESZTURI Ákos^{4,5}

¹ELTE TTK Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. st. 1/A

²ELTE TTK Regionális Földtani Tanszék 1143 Budapest Stefánia út 14., csaszarg@mail.datanet.hu

³ELTE TTK Anyagfizikai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány P. st. 1/A

⁴Collegium Budapest, 1011 Budapest, Szentháromság u. 2.

⁵Magyar Csillagászati Egyesület, 1114 Budapest, Bartók Béla 11–13.

Geological and stratigraphical units and the nomenclature of extraterrestrial planetary bodies

Abstract

In recent decades our knowledge of the surfaces of the planetary bodies in the Solar System has increased dramatically. Geological, time-stratigraphic and geochronologic units have been defined and redefined. The terminology of planetary science is in many respect resembles terrestrial terminology but there may be differences in the use of technical terms. In this article a short description is presented of the geology and geochronology of Mercury, Venus, the Moon, Mars and Callisto and an attempt is made to create a basis for a Hungarian terminology of the described fields.

Keywords: planetology, stratigraphy, geochronology, Solar System, planetary surfaces

Összefoglalás

Az utóbbi évtizedekben a Naprendszer égitestfelszíneiről szerzett tudásunk jelentősen megnövekedett. Az egyes égitestekre geológiai, kronosztratógráfiai és geokronológiai egységeket határoztak meg majd definiáltak újra. A bolygótudományi szakszókincs sok tekintetben hasonlít a földi geológiai terminológiához, ám használatukban különbségek is vannak. Ezen dolgozatban a Merkúr, a Vénusz, a Hold, a Mars és a Callisto geológiájának és geokronológiai egységeinek összefoglaló leírását adjuk, megkísérelve egy egységes, a geológiai és planetológiai szakszókincssel és helyesírással összhangban levő, magyar nyelvű terminológia megteremtését.

Kulcsszavak: bolygótudomány, sztratógráfia, geokronológia, Naprendszer, bolygófelszínek

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben a Naprendszer égitesteit meglátogató űrszondák révén több tízezer felvétel, helyszíni és távérzékeléses mérés született, amelyek alapján elkezdjük megismerni anyagukat és fejlődéstörténetüket. Vizsgálatukhoz geológiai munkamódszereket használnak a szakemberek, de mivel nem a Földet tanulmányozzák, gyakran planetáris geológiának vagy asztrogeológiának, illetve újabban főleg planetológiának, magyarul bolygótudománynak nevezik ezt a szakterületet. A kutatások során összeálló kép révén sikerült eltérő rétegtani egységeket lehatárolni rajtuk. Szükséges lett ezek elnevezése és értelemszerűen az elnevezések magyarártása is. A más égitestek „földtanával” foglalkozó tudomány, a planetológia nyelvzete is gyors átalakulóban van. A földi fogalmak alkalmazása széles körben elterjedt más égitestek képződményeire és folyamataira, noha ezek a kifejezések nem feltétlen, és nem is teljesen jelentik ugyanazt, mint a földi

kontextusban. Ha ezeket körültekintéssel alkalmazzuk, és szem előtt tartjuk, hogy azok nem a földi fogalmak pontos megfelelői, hasznos segédeszközöket kapunk. Ezek magyar megfelelőinek megalkotásához kíván néhány szabályt és alapfogalmat lefektetni jelen írásunk, áttekintve az egyes égitestek történetét is.

A földkéreg rétegtani tagolása

A Föld legfelső, szilárd burkának földtani felépítésével hozzátvetőlegesen immár két évszázada a geológia és mintegy egy évszázada a geofizika foglalkozik. Miután a kontinentális kéreg egészének és az óceáni kérgű területek egy részének vizsgálata is alapvetően nemzeti együttműködésben zajlik, a szakemberek szinte a kezdetektől tudták, hogy a Föld és a földkéreg egészének megismerése csak egységes terminológia és nomenklatura megalkotása esetén

lehetséges. Különösen vonatkozik ez a fejlődéstörténeti elemzés alapját képező rétegtani rendszer megalkotásának szükségességére. Hosszú előkészítő munka után mégis csak az 1952-es algíri geológia kongresszuson született megállapodás arról, hogy ezt a munkát elvégezzék. Az addig egységes, de hiányos szemléletű rendszer teljes átalakításával járó munka létrehozása negyedévszázadot vett igénybe. Erre a feladatra a Földtudományok Nemzetközi Uniója (IUGS) a Nemzetközi Rétegtani Osztályozási Bizottságot (ISSC) hozta létre. Az eredmény, az International Stratigraphic Guide 1976-ban látott napvilágot (HEDBERG 1976). Ebben a rétegtan három alapvető ágát különítik el. A magyar kiadvány (FÜLÖP et al. 1975) ezzel tartalmilag megegyezik. A litosztratigráfia (kőzetrétegtan) a földkérget kőzettani felépítése alapján tagolja az alábbi egységekre (I. táblázat).

I. táblázat. Példák kőzetrétegtani egységekre

Table I. Lithostratigraphic units (examples)

Magyar	Magyar példa	Planetáris példa	Angol
rétegtag	Nánai Rétegtag		Bed
tagozat	Zsidóhegyi Márga	ridged member (= gerinces tagozat) Mars	Member
formáció	Pénzeskúti Márga	Heveliusi Formáció, Hold	Formation
formációcsoport (főformációcsoport)	Geresei Formációcsoport		Group (Supergroup)
komplexum	Ipolyi Komplexum		Complex

A litosztratigráfiai tagolás a kőzetek mindhárom alapvető csoportjának (üledékes, magmás és metamorf) tagolására alkalmas módszer. Ezzel szemben a biosztratigráfia csak az üledékes eredetű rétegsorok tagolására alkalmas, amely azonban kiterjedhet kiscsoportú metamorfózison átesett metamorf képződményekre is, amennyiben ezek eredetűen üledékes kőzetek voltak. A biosztratigráfiai egységek létrehozásának alapvető feltétele ősmaradványok vagy ősmaradvány-együttesek jelenléte. Alapegysége a biozóna, amelynek számos változata létezik. Miután a közeljövőben komoly esélyünk nincs arra, hogy a bolygókon ősmaradványokat találjunk, biozónákat határozzunk meg, ezért ennek részleteivel itt nem foglalkozunk.

A harmadik rétegtani osztályozási módszer a kronosztratigráfia, amely egységekre tagozódást jelent. Ennek megfelelően egy egység a definícióban rögzített időintervallumon belül keletkezett képződmények összességét foglalja magába, függetlenül azok kőzettani összetételétől. Ez az alábbi hierarchikus rendszerű egységterminusokat használja a nagyobbtól a kisebb felé haladva (CSÁSZÁR 2002) (II. táblázat).

A nemzetközi irányelvek alapján a fenti rétegtani

terminológia foglalkozik még a rétegtani nomenklatúrával és a sztratotípusokkal is. A nomenklatúra a fenti terminusok felhasználásával létrehozott konkrét rétegtani egységeket jelenti (pl. Dachsteini Mész-kő Formáció vagy triász rendszer). További fontos eredménye a negyedévszázados munkának, hogy a kőzettek osztályozásával foglalkozó sztratigráfiától megkülönböztette a geokronológiát, amely a vonatkozó képződmények relatív és egyre inkább a millió években is kifejezett korával, vagyis a képződési folyamatok idejének meghatározásával, időskálán történő elhelyezésével foglalkozik. A tagolási rendszer megfelel a kronosztratigráfiának, de időre utaló kifejezésekből áll (II. táblázat).

Mind a nemzetközi (SALVADOR 1994), mind a hazai (FÜLÖP et al. 1975) rétegtani nevezéktan megszabja az egységek létrehozatalának módját valamennyi rétegtani osztályozási módszer számára. Ebből ezúttal is csak a litosztratigráfiai és a kronosztratigráfiai egységek névkalkulációja kívánunk kitérni. A litosztratigráfiai nevezéktan szerint a litosztratigráfiai egységek nevei trinominálisak (háromtagúak), esetleg binominálisak (kéttagúak) lehetnek. Az első név mindig egy földrajzi név, ami a vonatkozó képződménynek lehetőleg típuselőfordulási helyéről, sőt, ha lehet a sztratotípus helyéről származik. Ez lehet település, hegy, völgy, vízfolyás vagy bármiféle földrajzi név. Kívánatos, hogy a földrajzi név legyen harmóniában az egység rangjával; egy formációcsoport lehetőleg nagyobb tájegységről kapja a nevét, míg egy rétegtag nevéként, egy kisebb földrajzi objektum (pl. egy tanya vagy egy kis vízfolyás) szerepeljen. A litosztratigráfiai tagolás alapegysége a formáció, amire a földkérget felszínközeli részének minél nagyobb hányadát fel kell osztani. Ezen belül szükség esetén megkülönböztetünk kisebb rangú egységeket: tagozatot, rétegtagot. A komplexum megnevezés kevésbé ismert, vagy bonyolult kőzetösszetételű és bonyolult tektonikai egységek (gyakran metamorfotok) megjelölésére szolgál. Miután ezek egyedi kőzettek a többi rétegtani egységtől eltérően az ide tartozó egységek neveit nagy kezdőbetűvel írjuk (Budai Márga Formáció). A binominális megjelölés két esetben kaphat szerepet. Az egyik eset az, amikor a háromtagú név második vagy harmadik elemét elhagyjuk az adott szövegen belüli második használat után (Budai Márga, vagy Budai Formáció), a másik eset pedig, amikor nincs domináns

II. táblázat. Példák időrétegtani és geokronológiai egységekre

Table II. Chronostratigraphic and geochronologic units (examples)

Kronosztratigráfia (Time-stratigraphy)				Geokronológia (Geochronology)			
magyar	földi példa magyarul	planetáris példa magyarul	angol	magyar	földi példa magyarul	planetáris példa magyarul	angol
eonotéma	fanerozoikum		Eonothem	eon	fanerozoikum		Eon
időtéma	mezozoikum		Erathem	idő	mezozoikum		Era
rendszer	jura	imbriumi noachi	System	időszak	jura	imbriumi noachi	Period
sorozat	felső-jura [középső-, alsó-]	alsó-imbriumi	Series	kor	késő-jura (középső-, kora-)	kora-imbriumi	Epoch
emelet (alemelet)	toarci		Stage (substage)	korszak	toarci		Age
kronozóna	Bifrons zóna		Chronozone	krón	bifrons krón		Chron

kőzetnév, hanem az egységnek az a definitív jellemzője, hogy bizonyos kőzettípusok sajátos együtteséből áll. Ilyenkor, természetesen, csak a földrajzi név és az egység rangját kifejező terminus szerepel, pl. Csatkai Formáció.

A planetológia és így a planetáris geológia szempontjából is nyilvánvalóan az előzőnél sokkal nagyobb jelentőségű a kronosztratigráfiai (és geokronológiai) tagolás lehetősége. A Föld kérgének rétegtani tagolására alkalmazott terminusok rendszerét a *II. táblázat* foglalja magába. Első pillantásra is látszik, hogy a terminusok nagyságrendet kívánnak kifejezni. A nomenklatúrára csak példákat soroltunk fel a *II. táblázat*-ban. A földtörténet fiatalabbik szakaszának két legmagasabb rendű neve egyértelműen az élet fejlettségét fejezi ki (fanerozoikum, mezozoikum stb.) A rendszer-, az emelet-, az al-emelet- és kisebb mértékben a sorozatnevek is — a hőskorból származó néhány név kivételével — földrajzi eredetűek. Ezek magyar nyelvű változatát attól függően eltérő módon képezzük, hogy az adott földrajzi névnek létezik-e magyar neve, vagy magyaros írásmódú változata, akkor magyaros változathoz -i képzőt illesztünk, pl. kárpáti, vagy veszfáliei. Amennyiben nincs magyar neve vagy magyaros írásmódja, akkor latin betűt használó nyelvből származó szóhoz ragasztjuk az -i képzőt, pl. toarci, anisusi. Az új nevek esetében már csak földrajzi név szolgálhat alapjául a fenti rétegtani terminusoknak, de hagyománytiszteletből, és az erőteljes beágyazódottság miatt is, megőrződtek azok a terminusok is, amelyek nem földrajzi eredetűek. Ilyenek például népnév (ladin, szilur, szkíta), a mitológiai név (tithon), vagy sajátos kőzetnév (kréta, karbon) eredetű nevek. Ezekben az esetekben a szótövet használjuk -i képző nélkül. Ez esetben is érvényes a magyaros írásmód, amennyiben az adott szónak létezik magyaros megfelelője. A nem latin betűt használó nyelvekből származó név esetén a magyar helyesírási szabály szerint a magyaros kiejtés szerint kellene írni a terminust, ha nincs magyar megfelelője (pl. kaszimovi, moszkvai). Ezek egy része azonban olyan földrajzi név, amely a magyar irodalomban más okból aligha kerül említésre, ezért csatlakozva a világtendenciához az angolos írásmódból indulunk ki, és ahhoz illesztjük az -i képzőt (pl. changxingi).

Más égitestek földrajzi nevei jórészt létező vagy mitológiai személynévekből, földi földrajzi nevekből származnak. Ahol ezeknek van magyaros bevett írásmódja, ott ehhez ragasztjuk a -i képzőt, ahol nincs, ott az eredeti alakhoz.

A bolygók és holdak rétegtanának történeti áttekintése

Az egyes égitestek geológiai egységeinek meghatározása korábban alapvetően a morfológia (domborzat) és albedó, illetve kráterszámlálással vagy a kráterek erodáltsági foka alapján meghatározott relatív kor alapján történt (BÉRCZI 1978). A korai geológiai egységek elnevezése is főképp a morfológiát tükrözte, mely azonban alapvetően nem az egység keletkezésével, hanem az adott térszín másodlagos módosulásaival (erózió, tektonika) kapcsolatos (TANAKA & SKINNER 2003).

Egyes leíró geológiai elnevezések (pl. sima, egyenetlen) az épp használt méretaránytól is függenek. Az utóbbi időkben ilyen elnevezéseket nem használnak; hanem a litosztratigráfiai egységeket — földi mintára — a típusterület földrajzi helynevére nevezik el (magyarul a földrajzi név latin alakjához illesztett -i képzővel, pl. *Vastitas Borealis Formáció*, de: 4 tagozatának nevei angolul „mottled member, groved ~, ridged ~, knobby ~”), meghatározzák továbbá a kőzetek relatív korát (pl. noachi), sztratigráfiai helyzetét (alsó, felső) és elhelyezkedését (belső, külső, peremi, közeli, távoli). Részletesen jelzik az egységek határának milyenségét (biztos, átmeneti, kérdéses stb.).

A jelentősebb légkör nélküli bolygótesteken (pl. Hold, Merkúr, Callisto) alapvetően három típusú dátumsík használható a rétegtani tagoláshoz (BÉRCZI 1978). Ezek:

— A becsapódásos medencék körüli, a medencétől távolodva vékonyodó *törmeléktagaró*

— A medencéket és mélyedéseket feltöltő lávasíkságok (*mare* területek)

— A fiatal kráterek *sugársávjai*

A Naprendszer szilárd felszínnel rendelkező bolygótestjei (bolygói, holdjai) többségének sajátossága, hogy mai felszínük akár évmilliárdokkal ezelőtt keletkezett, és nagy kiterjedésű, hosszú ideje többé-kevésbé változatlan területek találhatók rajta. Így a földi párhuzam szerint felszínük jelentős részének kora hárdezi és archaikumi.

A Merkúr, Vénusz, Hold és Mars esetében is létrehozták a távérzékeléses, fotogeológiai megfigyelések alapján az első (relatív) kronosztratigráfiai (időrétegtani) tagolást (első részletes magyar nyelvű leírását lásd: BÉRCZI 1977, 1978; ennek egy korai összefoglalása: TAYLOR 1982), melyhez a Hold esetében radiometrikus korokat is kötni lehetett. A Külső-Naprendszer nagyobb holdjaira kráterszámlálásos statisztikák és fotogeológiai megfigyelések alapján már eddig is meghatároztak rétegtani egységeket, de napjainkban folyik a nevezéktannal is ellátott geokronológiai tagolás elkészítése (pl. a Callistóra WAGNER 2007).

Az időrétegtani tagolás megfelelő évszámait földi években fejezik ki; a latin terminusok rövidítését — Ga (milliárd év) és ma (millió év) — használják.

A legtöbb sztratigráfiai terminus az adott égitesten előforduló sztratotípus földrajzi alakzatának nevéhez kötődik, mely eredetileg vagy személynévből, vagy latin szóból ered. A Mars geokémiai alapokról induló korbeosztásának terminusai kémiai elemek görög nevei alapján készültek.

A bolygók és holdak rétegtani terminológiája és nomenklatúrája

A szilárd kőzetfelszínnel rendelkező bolygók és holdak rétegtani tagolásánál célszerűnek látszik azon tapasztalatok felhasználása, amelyek a Föld kérgének két évszázados vizsgálata során halmozódtak fel. A Föld, illetve a többi bolygó és hold tanulmányozhatósága és tanulmányozott-

sága között ugyan tekintélyes a különbség, mégis a fent ismertetett földi rétegtani osztályozás, annak rendszere és eljárási módszerei alkalmasnak tűnnek arra, hogy ezeket a lehetséges mértékig itt is alkalmazzuk. A legfontosabb különbség, hogy a bolygókon, holdakon részletes geológiai szelvényezésre belátható időn belül aligha kerül sor, sőt, egyelőre az is kivételesnek számít, ha azokról származó kőzetek in situ vagy földi laboratóriumi (vegyi és mikroszkópos) vizsgálatára lehetőség nyílik. További fontos különbség, hogy az élővilág fejlődésére alapozott sztratiográfiai módszerek alkalmazására ugyancsak nem kínálkozik lehetőség, sőt az estek többségében vizes közegben lerakódott üledéksorok is hiányzanak. A fentiekből adódóan gyakorlatilag csak a távérzékelés (ill. fotogeológiai módszerek) alkalmazható.

A korbecslés alapjai

A rétegtani tagolás esélyét tovább csökkenti az a körülmény is, hogy a Földdel szemben ezek az égitestek általában gyenge recens geológiai aktivitást mutatnak. Különösen a fiatal felszínnek korának meghatározása nehéz, főként azért, mert kis méretű kráterek esetén nem egyértelmű, hogy egy kráternyom primer, vagy szekunder (másodlagos, azaz egy másik kráter keletkezéséhez köthető) becsapódás eredménye. Az Io vulkáni síkságokkal borított felszínén nem találtak a jelenleg elérhető térbeli felbontású képek vizsgálatával becsapódásos krátert; így ennek kora igen bizonytalanul, a vulkáni aktivitás intenzitása alapján becsülhető.

A marsi amazoni időszak csekély geológiai aktivitása miatt az annak kortagolását kijelölő és egyben az adott kort jellemző geológiai egységek csak rövid aktivitás nyomai. Így az amazoni időszak kezdetét egyes szerzők 3,5, mások 2 milliárd évvel ezelőttre teszik (TANAKA 2001).

Relatív kormeghatározás (1. ábra, a, b, c) történhet pl.

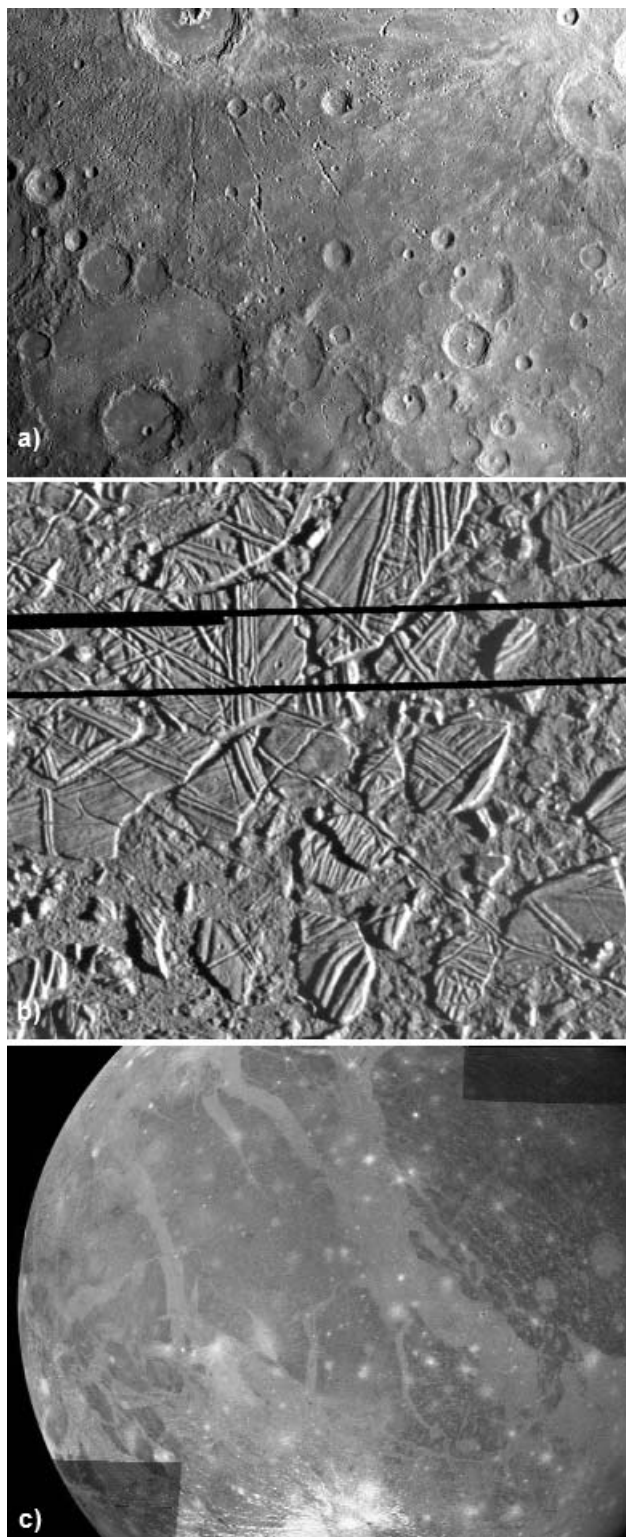
— a kráterszámlálós statisztikák (krátergyakorisági görbék: adott átmérőjű [átmérő-intervallumú] kráterek gyakorisága egységnyi területen: $N_{(D \geq 1 \text{ km})}/\text{km}^2$) vizsgálatával

— a kráterek erodáltsági fokának vizsgálatával (Pohn–Offield kráterdegradációs osztályozás) (OFFIELD & POHN 1970).

— a települési törvények alapján.

A kráterszámlálós módszerrel (2. ábra, a, b) egy terület átlagos kora határozható meg, a kisebb kibukkanások korainak változatossága nem jelenik meg (vagy csak átlagolva). Különösen a Mars esetében okoz problémát, hogy egyes felszíntípusokon gyakoriak az eltemetett majd újra felszínre került (exhumált) kráterek. Itt a kráterszámláláson alapuló kor csak a felszíni kitettség korát adja, nem az adott felszín valós korát.

A kráterszámláláskor elkülönítendő a felszín kráterképződési kora (*crater production age*) és krátermegtartási kora (*crater retention age*), mely utóbbi figyelembe veszi, hogy a kráterek le is pusztulhatnak (erózióval, relaxációval stb.).



1. ábra. a) A geológiai események sorozatának meghatározása a Merkúr példáján

A bal alsó sarokban látható 230 km átmérőjű nagy kráter, és benne egy kisebbet keletkezésük után láva töltött ki; a kisebb kráter törmelékterítőt el is fedti a nagyobbikba kiömlő láva. A lávasíkság keletkezése után jött létre egy DNy–ÉK irányú kompressziós eredetű lebenyes szélű törésvonal, mely a kisebb krátert keresztezi. A balra fent látható teraszos, központi komplexummal rendelkező nagy kráter radiálisan kidobott törmelékfalkájának egyes lapos szögben kivetett nagyobb blokkjai másodlagos kráterek szabálytalan láncolatát hozták létre, melyből a kráter belseji lávasíkságba is jutott. E kráter egészen fiatal lehet, mert törmelékterítője proximális (kráterközeli) részén és belső területén alig néhány friss, egyszerű kráter található. A kráterek között találhatók olyan területek, ahol nincsen becsapódási nyom: ezek az idős kráterközi síkságok. A legfiatalabb

alakzatok a kis méretű, szabályos tál alakú, frissen megőrzött kráterek. A kép jobb alsó részén a legkülönbözőbb erodáltsági fokú (korú) kráterek láthatóak (Messenger-felvétel, PIA10384)

b) A geológiai események sorozatának meghatározása egy vízjég borította égitest, az Europa példáján

Az Európát árapályhó fűti. A globális vízjégkéreg alatt vízóceán található. A kéreg az árapályerők hatására állandó feszültségnek van kitéve, ami repedésekben oldódik ki. A repedéseken feltör az óceán vize, mely megfagy, majd a kásás jég a bezáródó repedésen a felszínre nyomódik, létrehozva a kettős gerinceket. A repedések keresztbe-kasul szelik a felszínt. Az alulról felszálló meleg áramlatok egyes területeken felolvasztják a vízjégkérget és káoszterületet hoznak létre. A jég nem olvad el teljesen, de a kásás jégen úszó jég-táblákra tagolódnak, melyek rövid idő alatt ismét belefagynak az újrafagyó felszínbe, ahol hamarosan ismét repedések jelennek meg. Egy ilyen szeli át a képet a bal felső saroktól a jobb alsó sarok felé. Mind a repedések, mind a káoszterületek hozzájárulnak a folyamatos és globális felszín-újrapézdéshez. Néhány kisebb becsapódási kráter is látható, mind az idősebb táblákon, mind a „mátrix” anyagban (utóbbi bal felé, a kép alsó részén). A felszín korát 50 millió évesre becsülik. Az itt látható kráterek valószínűleg másodlagosak, azaz egy nagy becsapódás során kilökött törmelék visszahullásának nyomai. (A Conamara-káosz részlete; Galileo-felvétel, 1997; P48526).

c) A geológiai események sorozatának meghatározása egy szilikát-jég keverékű anyagból álló „jeges hold”, a Ganymedes példáján

A sötét terület sűrűn kráterezett, idős kéreg, melyet az árapályhó-fűtés eredményeként keletkezett tág repedések választanak szét, a repedésekben fiatalabb és világosabb anyaggal. A képen a legfiatalabb alakzat az alul látható Osiris kráter (és több másik, fényes kráter), melyek friss jeget löktek ki a felszínre. A Ganymedes-korong felső részén az Urukbarázdás szeli ketté a Galileo- (fent) és Marius-régiót (középtájt). (A Voyager-2 felvétele a Jupitertől elnéző féltékről, PIA00081.)

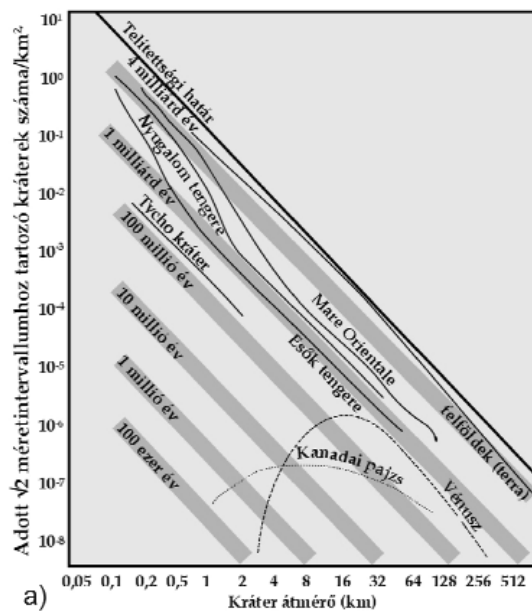
Figure 1. a) Series of subsequent geological events carved their traces in this area of Mercury, **b)** Geologic history of Conamara Chaos, Europa, **c)** Geologic history of the anti-Jovian hemisphere of Ganymedes

Az eddig elvégzett tagolás tartalmilag kronosztratiográfiai és ennek megfelelően geokronológiai tagolásnak minősíthető. Ugyanakkor a kronosztratiográfiai/geokronológiai terminus rangjának meghatározása is nehéz. Az eddig elkülönített egységeket az angol szakirodalom a rendszer/időszak és sorozat/kor kategóriáknak megfelelő szintűként sorolja be, ám ezt a rendszer/időszak megjelölést ez esetben a legmagasabb szintű egység funkciójában alkalmazza. Hierarchia, azaz több szintű tagolás csak az alapegység kora-, középső-, késő-, kor rangú, ill. felső-, középső-, alsó-sorozat rangú egységek elkülönítésével történik, egyéb, finomabb beosztás nem készült márcsak azért sem, mert még ezen hosszú időtartamokat felölelő egységek határvonalának meghúzásában is nagy az egyes szerzők között a véleménykülönbség.

Ha a bolygókon alkalmazott tagolási rendszert a földi rétegtani/geokronológiai egységekkel vetjük egybe, akkor ezek legalább egyvel (időtéma/idő, ill., rendszer/időszak), esetenként inkább kettővel (eonotéma/eon, ill., időtéma/idő) nagyobb rangú kategóriáknak látszanak megfelelni (I. később a IV. táblázat jobb oldali oszlopa).

A kronosztratiográfia mellett elvileg a távérzékelés előzetes minősítésű litosztratiográfiai egységek létrehozására is teremthet lehetőséget. Ezen belül a legnagyobb esélye a legnagyobb rangú egységek, mint a formációcsoport és komplexum kijelölésének van. A Holdon WILHELMS (1987) definiálta a főbb litosztratiográfiai egységeket (legnagyobb egységként „formáció” néven). Teljesen nem lehet azonban kizárni a valódi formáció rangú egységek kijelölhetőségét sem. Erre legújabbban a marsi in situ roveres vizsgálatok alapján került sor helyileg.

A planetáris kronológia egyik megválaszolatlan kérdése, hogy a fotogeológiai módszerekkel, elsősorban szer-



a) 0,05 0,1 0,2 0,5 1 2 4 8 16 32 64 128 256 512
Kráter átmérő (km)



2. ábra. a) Összefüggés a Hold különböző méretű kráterek előfordulási gyakorisága és a terület kora között, feltüntetve a Vénusz és a kanadai pajzs krátermegtartási korát is

A vastag vonal a telítettségi határ, aminél nagyobb krátérsűrűség már nem lehetséges. A Hold felföldjei elérik ezt a határt, azaz itt korukra csak minimumérték adható (HARTMANN 2005 és HARGITAI et al. 2005 alapján)

b) A Derültég tengere keleti pereme

Két élesen eltérő felszíntípus a Holdon: balra a fiatal, alig kráterezett, sötétebb árnyalatú mare terület, jobbra a világosabb, idős, lepusztult kráterekkel sűrűn tagolt felföldi (terra) terület. A Derültég tengerének medencéje, azaz a Serenitatis-medence egy 3,98 Ga korú becsapódás nyoma; vulkanizmusa 3,8 Ga-ban kezdődhetett, és 2,4 Ga-ig tartott. A két („idős” felföld és „fiatal” mare) terület kora között tehát kb. ekkora a különbség. A mare peremén az Aldrovani-gerincek redőgerincrendszerre fut egészen a mare lávával előntött Le Monnier kráterig. A redőgerincek a mare láva hűlésével keletkezett tektonikus eredetű, törésvonal mentén keletkezett ráncok. A kép közepe táján a Clerke fiatal krátertől délre fut keresztül a mind a mare, mind a terra területen átvágódó, bezökkenett Littrow-rianások árkaiknak fő vonulata. A Clerke-től keletre a terra területen látható nagy, lepusztult kráter a Littrow. (A nyíl az Apollo-17 leszállási helyét jelöli a tektonikus eredetű Taurus-Littrow-völgyben.) (AS17-0939[M] sz. NASA-kép)

Figure 2. a) Crater counts and isochrons for the Moon, Venus and the North American Shield, **b)** Eastern margin of Mare Serenitatis, borderline of mare and terra terrains

kezetük, morfológiájuk alapján azonosított, definiált geológiai egységek korrelálhatók-e globálisan az adott égitesten, azaz ezeket globálisan szinkrón (egyszeri és egyidejű) vagy diakrón (egymás után, hosszabb időn át többször visszatérő) események hozták-e létre. Ha az egyes egységek keletkezése egy meghatározott időhöz kötődő, egyedi, akkor a kronosztratigráfia a valós képet mutatja. Ha azonban a bolygótest története során hasonló morfológiájú egységek többször is kialakulhattak, akkor csak pl. egy ciklikus endogén aktivitás által létrehozott egységeket határoznak meg. A kráterszámlálás és az egyes regionális méretű egységek határainak települése adhat választ erre a kérdésre.

A jelenleg használatban lévő nevek magyaros írásmódjának egységesítése már több éves törekvése a hazai szakembereknek (HARGITAI & KERESZTURI 2002). Itt törekvésünk, hogy ahol annak a névnek, melyről a rétegtani egység névadó földrajzi helyét elnevezték, van magyarul használt bevett írásmódja, ott azt használjuk a rétegtani egység nevéként (pl. a Copernicus kráter esetében Kopernikusz neve, s innen: kopernikuszi rendszer/időszak). E nevek használatát a *III. táblázatban* foglaltak szerint ajánljuk.

A geokronológiai tagolás kiindulópontja

A földi hádész (hádészi) eon kezdőpontja a Föld kialakulása. A „Hadean” terminust csak 2008-ban fogadták el hivatalosnak, mint a legkorábbi eont (GRADSTEIN et al. 2008), ennek informális létező albeosztását azonban a Nemzetközi Rétegtani Bizottság (ICS) — legalábbis napjainkig — nem ismeri el hivatalosnak. Ilyen nem hivatalos terminus pl. a legkorábbi időt jelző (angol nevén) „Cryptic”, mely a Föld kialakulásától 4,15 Ga-ig tartott (ezt fedi le a „korai Föld” néven emlegetett 3,5–4,55 Ga időszak is) (GRADSTEIN et al. 2004).

Megjegyzendő, hogy a meteoritok vizsgálata révén ma már egyre részletesebb mérésekkel és modellekkel rendelkezünk a Naprendszer kialakulásának első évmillióiról; a bolygók összeállásáról, melynek eseménysorozata a bolygókeletkezés előtti idő tagolására is használható volna. Igaz, hogy ezek nem jelennek meg semmilyen rétegsorban (hiszen még nem léteztek bolygók sem), azaz kronosztratigráfiai egységként nem értelmezhetők, de a meteoritok révén mérésekkel is vizsgálhatók és időbeliségük megállapítható, ezért geokronológiai egységként is elismerhetőnek tűnnek.

A ma elfogadott nézet szerint 4,567 Ga-vel ezelőtt (T_0) keletkeztek a kondritos meteoritokban megőrzött mikrométer-milliméter méretű kalcium-alumínium zárványok (CAI-k). Ezek és a következő évmilliókban (4,565–4,562 Ga) (SCOTT 2008) a Naprendszer kissé távolabbi öveiben kicsapódott anyagból külső hőhatásra megolvadt kondrumok a protoplanetáris ködből kondenzálódó első szilárd részecskék; és az első, melyek beépültek a későbbi Föld anyagába.

A planetáris ásványvilág legkorábbi összetevőinek történetében a kezdőpont tehát a meteoritokban talált legősibb zárványok, a CAI-k és a kondrumok keletkezése. Ez a 4,567 Ga tehát a hádész — ill. a prekambium — kezdőpontja is, melyet GRADSTEIN et al. (2008) „a Föld kialakulásának” T_0 időpontjaként határozz meg.

Ezek létrejöttét követi a planetezimálok, majd a kisbolygótestek összeállása. E kis égitesteket az ekkor még bőven rendelkezésre álló ^{26}Al radioaktív bomlása kezdte — belülről — erőteljesen fölmelegíteni. Később a ^{26}Al többsége elbomlott. A kondritos anyagból fölépülő kisbolygók közül a kisebbek máig nem melegedtek föl oly mértékben, hogy elveszítsék a kondrumok ősi szemcséit.

A Naprendszer kristályos anyaga, amely a szoláris köddel egyensúlyban lévő szemcsékből állt, fokozatosan halmozódott föl. Első lépésként, mintegy 10–100 ezer éves időskálán, kisebb halmazokká, majd fokozatosan, ütközésekkel 10–100 km átmérőjű planetezimálokká (porózus bolygócsírákká) álltak össze (SCOTT 2008). A kb. 300 km-nél nagyobbak már oly mértékben fölmelegedhettek a radioaktív fűtés hatására, hogy belső szerkezetük differenciálódhatott.

Az első 10–100 millió évben alakultak ki a bolygók. Ezen időszakban került sor a földtörténet következő mérföldkövére: a Theia nevű égitest proto-Földbe csapódására, mely eseményből megszületett a Hold és a ma ismert Föld is. Ezt az eseményt MÜNKER et al. (2003) 4,533 Ga-ra teszi. A holdi magmaóceán felszínének megszilárdulását 4,527 Ga-ra datálják (KLEINE et al. 2005), ami jó támpontot adhat az első földi kőzetek megszilárdulásának időpontjára is.

A következő földtörténeti mérföldkő az első olyan emlék, ami már a mai Földünkön is nyomozható. Ez adja az archaikum kezdőpontját: a legidősebb ma ismert kőzetminta kora (kb. 4,03 Ga).

A Belső-Naprendszer égitestjeinek geológiai és geokronológiai egységei

Az egyes, krátergyakoriság alapján kijelölt egységek a földi rendszerben használt radiometrikus korokhoz kötése csak a Hold esetében lehetséges; más égitesteken ezért eltérő korrelálási módszerek és elvek eltérő évszámadatokat eredményeznek (pl. egy ilyen korrelálási alapfeltevés, hogy a Marsnál a Holddal azonos volt a becsapódásgyakoriság). A kráterek méretgyakorisági görbéi alapján kísérlet tehető a becsapódó testek eredetének feltárására: mivel ez — a Belső-Naprendszerben — a fő kisbolygóövezet méreteloszlását közelíti, valószínűsíthető, hogy ez a becsapódó testek eredete; és az üstökösök aránya legfeljebb 10% körüli (WAGNER et al. 2002). Az alábbiakban az egyes korok eseményeit és a nekik megfelelő sztratigráfiai egységeket jellemzőit mutatjuk be (*IV. táblázat*), jelezve az egyes egységek problematikuságát is (TANAKA & SKINNER 2003) alapján. A földrajzi (bolygórajzi) neveket magyaros írásmóddal, HARGITAI et al. (2008) alapján közöljük.

III. táblázat. A Naprendszer néhány égitestjének időrétegtani (ill. geokronológiai) egységei és magyar elnevezésük

Table III. Time-stratigraphic and geochronologic units for planetary bodies of the Solar System with their Hungarian language translations

	Kronosztratigráfiai egység (angolul)	Forrásnév	Forrásnév típusa (alakzat)	Forrásnév típusa (megkülönböztető tag)	Javaslat a magyar névhasználatra (minden esetben kisbetűs alakok)
MERCÚR	Kuiperian	Kuiper	kráter	G. Kuiper: (holland-amerikai csillagász) (személynév)	kuiperi
	Mansurian	Mansur	kráter	Ustad Mansur: (indiai személynév)	mansuri
	Calorian	Caloris Planitia	medence	calor, caloris (m)-hőség, forráság (latin)	calorisi (a földrajzi névben előforduló latin szótó eredeti alakjának megtartásával)
	Tolstojan	Tolstoj	kráter	Lev Tolstoj: (személynév, orosz író)	tolsztoji (a hagyományos magyaros írásmódot követve)
	Pre-Tolstojan	"	"	"	pretolsztoji
VÉNUSZ	Aurelian	Aurelia	kráter	Aurelia, Julius Caesar édesanyja (római)	aureliai (mivel földrajzi névből képzett, -i képzővel)
	Atlian	Atla Regio	terület	Atla az északi mitológiában Heimdall anyja a 9 közül	attai (az eredetihől képezve)
	Guineverian	Guinevere Planitia	síkság	Guinevere, azaz magyarul Guinevra, Arthur király felesége (brit)	guinevrai (Guinevra bevett, magyarul használt nevéből)
	Rusalkian	Rusalka Planitia	síkság	ruszalka: orosz vízi tündér	ruszalkai (az eredeti alak él a magyar nyelvben, ezért fonetikusan)
	Lavinian	Lavinia Planitia	síkság	Lavinia: Aeceas felesége	laviniai
	Sigrunian	Sigrun Fossae	árok	Sigrún: a skandináv mitológiában a győzelmi rúnák ismerője, valkür-féle nőalak	sigrúni (az eredeti skandináv helyesírás szerinti ékezettel, melynek elvileg minden bolygófelszíni névben is szerepelnie kellene az IAU előírásai szerint)
	Fortunian	Fortuna Tessera	tessera (tessera, tesserae (f) mozaik, négyszögletű lap, fa, kavics (latin, itt: orosz közvetítéssel)	Fortuna római istennőről elnevezett mozaik szerkezetű terület	fortunai (a használt angol alaktól eltérően közvetlenül az eredeti földrajzi névből képezve, mely az istennő nevével is megegyezik) Lásd még: Europa->Europán. Nem keverendő a földi kambriumi „Fortunian” (magyarul: fortunai) korszakkal
	Pre-Fortunian	"	"	"	prefortunai
HOLD	Copernican	Copernicus	kráter	személy (latinisított, lengyel)	kopernikuszi (elterjedt magyaros névírással)
	Eratosthenian	Eratosthenes	kráter	személy (görög)	eratosthenészi (elterjedt magyaros névírással)
	Imbrian	Mare Imbrium –Felső tenger	mare mare, maris (n)-tenger	imber, imbris (m)-zivatar (latin)	imbriumi (a földrajzi név megkülönböztető tagjához csatolt képzővel)
	Nectarian	Mare Nectaris= Méz tenger	mare	nectar, nectaris (n)-nektár (latin, eredetileg görög)	nektári (a szótó más kontextusban magyarul is ismert, ezért magyaros írással)
	Pre-Nectarian	"	"	"	prenektári (az előző mintájára)
	(Procellarian) (elavult)	Oceanus Procellarum	mare	Viharok óceánja	procellarumi (elavult, már nem használt)
MARS (geológiai tagolás)	Amazonian	Amazonis Planitia	síkság Planitia, planitiae (f)- síkság (latin)	amazon, amazonis (f)-amazon. (latin)	amazoni (a szó töve: amazon)
	Hesperian	Hesperia Planum	planum,-i (n): síkság (latin)	Hesperia, a nyugati föld neve az antikvitásban	hesperiai (magyarosan; lévén, a hesperia bevett magyar helyesírású)
	Noachian	Noachis Terra	terra, terrae (f) föld (latin)	Noach=Noé bibliai személy (héber)	noachi (a szó töve: noach, amit az angol alak is tükröz. Magyarul noé lenne, de ez annyira eltér, hogy nem javasolt „lefordítása” és összekeverhető a noéi idő biblikus nevével. Ékezet nélkül.)
	Pre-Noachian	"	"	"	prenoachi (az előző mintájára)
MARS (geokémiai tagolás)	Siderikian		sziderosz=vas (görög)	Kémiai	sideriki (mint fenn). Szabad fordításban: a vas-oxid kora. Nem keverendő a földi paleoproterozoikumai „Siderian” (szideri) időszakkal, mely a marsi névadásához hasonló filozófiával utal arra, hogy az ekkor megjelenő oxigén oxidálta a vasat és tömegesen képződtek az óceánban a szilagos vasércék.
	Theikian		theiön=kén (görög)	Kémiai, szulfátok, kén görög nevéből	theiiki (mint fenn). Szabad fordításban: a szulfátok kora.
	Phyllocian		phyllisifate fillo-szilikátok	Kémiai, phyllon=levél (görög)	phylloci (kiejtve: filloszi) (az eredeti helyesírás megtartásával, minthogy a szó a köznyelvben nem ismert; bár nem földrajzi névből képzett, -i képzővel). Szabad fordítása: az agyagásványok kora.

IV. táblázat. A Naprendszer néhány égitestjének korrelált geológiai története
 Table IV. Correlated geologic history for some of the planetary bodies of the Solar System

Ga	MERKÚR	VÉNUSZ	HOLD	MARS	CALLISTO	FÖLD	Ga
0	időszak/rendszer határesemény	időszak/rendszer IDŐ	időszak/rendszer határesemény	RÉTEGTANI GEOKÉMIAI	időszak határesemény	eon/ontéma idő/időtéma	0
	kuiperi Sugársávós (fiatal) kráterek, lörmelék.Lakarójuk és másodlagos kráterek	aurellai Parabolosódás kráterek Koronák, rittek ruszalkai Redőgerinces síkságok lavinali Törédezett lávasíkság övek siggrúni Törédezett lávasíkságok fortunai lesszerák	kopernikuszi Fiatal, sugársávós kráterek, törmeléktakarójuk és másodlagos kráterek Copernicus kráter	amazoni Periglaciális környezet, lokális lövöclötrétek (pl. Elysium) sideriki Hideg, száraz klíma, lassú oxidációs folyamatok	burri Fiatal sugársávós kráterek	fanerozoikum kainozoikum meozoikum paleozoikum ncoproterozoikum	
1	Kulper kráter	PREFORTUNAI	eratoszthenészi			proterozoikum	1
2	mansuri Sugársáv nélküli kráterek. A becsapódások gyakorisága kb. állandó szintű		Idősebb, sugársáv nélküli kráterek; nagy medencék feltöltése mare bazaltokkal			mezoproterozoikum paleoproterozoikum	2
3		Tesszerák előtti fázis, nem maradt nyoma				ncoarchaikum mcoarchaikum	3
4	Mansur kráter calorisi Nagy bombázás vége tolsztoji Caloris-medence Sima síkságok Tolstoj kráter		imbriumi Nagy medencék feltöltése mare bazaltokkal késő-imbriumi kor-imbrium Orientale-medence Imbrium-medence Nectaris-medence prenektári	heszperiai Redőgerinces síkságok, f i üledéktakaró noachi Völgyhálózatok, kráterek, medencék prenoachi Eltemetett medencék	valhallai Burr kráter Nagy bombázás vége Penepalimpszesztek, kráterek Valhalla-medence- asgardi	archaikum paleoarchaikum eoarchaikum	4
4,6	lőbgyűrűs medencék, kráterek Kráterközi síkságok, törésvonalak		Idős, medencék törmelék takarója, SPA-medence	phylocci Meleg, nedves, agyagvárosítás	preasgardi Kráterek, medencék, palimpszesztek	hádész	4,6

A Merkúr

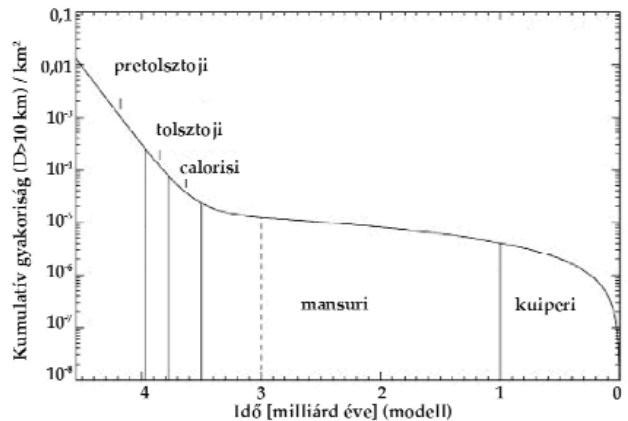
A Merkúr felszíne, így sztratigráfiai tagolása is igen hasonló a Holdéhoz. A Merkúr felszínén három fő geológiai egység dominál, legalábbis területének azon a 40–45%-án, amelyet a Mariner-10 szonda lefényképezett. Ezek: a kráterekkel sűrűn tagolt felföldek, az ezen található sima kráterközi síkságok, és a kevésbé kráterezett sima síkságok, melyeken redőgerincek is találhatóak, és melyek a holdi mare területekhez hasonlóak, leszámítva, hogy itt a környezetüknél világosabbak. A krátereket lepusztultsági fokuk alapján 5 osztályba sorolták (sugársávós [legfiatalabb]: c5, romkráter [legidősebb]: c1). A Merkúr nagyobb törésvonalainak keletkezését (pl. Discovery-szakadék) a bolygó hűlésével magyarázzák. A Merkúr geokronológiai tagolása a Messenger űrszonda 2008-as elrepülése, ill. 2011-es bolygó körüli pályára állása után valószínűleg módosulni fog.

Geokronológiai tagolás

WAGNER et al. (2002), SPUDIS (2001) és SPUDIS & STROBELL (1984) alapján (3. ábra).

Pretolsztoji időszak/rendszer: a kéreg megszilárdulásától a Tolstoj többgyűrűs medence keletkezéséig. Ezen időszakra tehető az idős többgyűrűs medencék és a kráterek többségének kialakulása, ill. a kráterközi síkságok felszínének megszilárdulása. Jellemzők az árapályerők és zsongorodás miatti törésvonalak.

Tolsztoji időszak/rendszer: A Tolstoj-medence keletkezésétől (3,97 Ga), mely egybeesik a — becsapódási vagy vulkáni hatásra létrejött — sima síkságok fő kialakulási idejével.



3. ábra. A Merkúr becsapódásos kráterek alapján felállított kronológiája és kronosztratigráfiai rendszere, WAGNER (2002) alapján

Figure 3. Cumulative crater counts of Mercury and its chronostratigraphic system

Calorisi időszak/rendszer: A becsapódásos eredetű Caloris-medence (3,77 Ga — a Naprendszer egyik legnagyobb becsapódásos szerkezete) kialakulásától. Kora a holdi Orientale-medencéjéhez lehet közeli; ezen időszakban ér véget a késői nagy bombázás.

A Calorisszal egyidejűleg a földrengéshullámok koncentrálódása hozta létre a vele antipodális összetöredezett területet. Utána és/vagy vele egyidejűleg, közelében sima síkságok alakultak ki.

A Caloris-becsapódáshoz négy formáció köthető (MCCAULEY et al. 1981). A Caloris Montesi Formáció a medence peremén található, a kidobott törmelékanyag (kráttersánc) és a korábbi terület feltörözött anyaga alkotja. A

Nervói Formáció anyagát a medence belsejébe visszahulló törmelék kissé kiemelkedő szintje alkotja. Az *Odini Formáció* anyagát a becsapódáskor távolra kidobódó, nagy kőzetblokkok alkotják. A *Van Eycki Formáció* anyagát a sugárirányban kilökődő majd visszahullt törmelék sávjai alkotják.

A nagy kiterjedésű kőzettesteket alkotó három rendszer fölött a foltszerű rétegtani egységeket tartalmazó két fiatalabb rendszer következik.

Mansuri időszak/rendszer: Sugársáv nélküli kráterek. A késői nagy bombázástól a becsapódások gyakorisága nagyjából állandó fluxusú. Jellemzője az újabb, a régiókat elfedő kráterek keletkezése. Az időszak névadója a Mansur kráter (kb. 3,5 Ga).

Kuiperi időszak/rendszer: A legfiatalabb nagy kráter (a Mariner-10 felvételein) a 60 km átmérőjű Kuiper fényes sugársávú kráter (kb. 1 Ga). A holdi helyzethez hasonlóan a sugársávú kráterek jelölik ki a legfiatalabb időszakot: a már sugársávjukat „elvesztő”, de még fiatal kráterek a mansuriba tartoznak. Mindkét fiatalabb rendszer (mansuri, kuiperi) rétegei többnyire csak kráternyi foltokban vannak jelen a Merkúr felszínén.

A Vénusz

A Vénuszon kb. 970, véletlenszerűen elhelyezkedő becsapódási krátert azonosítottak; kb. 1–3 km-nél kisebb kráterek nem keletkeznek, mert a becsapódó test még felszínre érés előtt feldarabolódik és elég. A kráteresűrűség átlagosan 2 db/1 millió km². A kráterek korának pontosabb meghatározásaként klasszikus települési törvények segítségével vizsgálható, hogy az őket befoglaló geológiai egység keletkezése előtt vagy után alakultak-e ki (pl. ha egy kráter egy redőgerinceket mutató síkságon található, vizsgálható, hogy a kráternek milyen a viszonya a redőgerincekhez). A parabolacsóvát és radarsötét halót a holdi

sugársávokhoz hasonlóan a fiatal kráterek lassan környezetükbe olvadó képződményének tartják. A felszín kora a kráterszámításos módszert alapul véve globálisan átlagosan 300–1000 millió év. A tényleges kor megállapításához a Vénuszról visszahozott kőzetminta vizsgálata adhatna biztos választ, amire a belátható jövőben nem lehet számítani.

A vulkáni síkságok 600–1000 millió, a vulkáni kúpok 260±160 millió évesek.

A véletlenszerűen elhelyezkedő kráterek alapján kétféle alapmodell állítható fel: vagy egyszerre történt a felszín befedése, és közel az egész felszín egyidős (CRM: Catastrophic Resurfacing Model); vagy a kráterek keletkezése és elfedése párhuzamosan, folyamatosan történik (ERM: Equilibrium Resurfacing Model — PHILIPS et al. 1992). (A valós helyzet a két szélsőség között valószínűbb.) Az előbbi (CRM) modell az elfogadottabb. Eszerint kb. 700 millió éve globális katasztrofikus felszín-újraképződés történt, mely a bolygó belsejében zajló konvekciós áramlásoknak felszínközeli jellegében történő (egyedi vagy ciklikus) átmenettel magyarázható (pulzáló geológiai aktivitás). A kiömlő lávák elfedték a korábbi területeket, így a tesszerák nagy részét (KERESZTURI 1995). Az ún. SPITTER (Spatially Isolated Time-Transgressive Equilibrium Resurfacing) és egyensúlyi felszín-újraképződési modell (ERM) szerint azonban a kráterkeletkezés és az őket elfedő lávafolyások kiömlése egymással párhuzamosan, állandó rátával folyik a vékony kérgű Vénuszon (HANSEN & YOUNG 2007). (Hasonló, folyamatos felszín-újraképződést feltételeznek a globálisan egységesen pártízmillió éves korú Europa jégfeszínére is.)

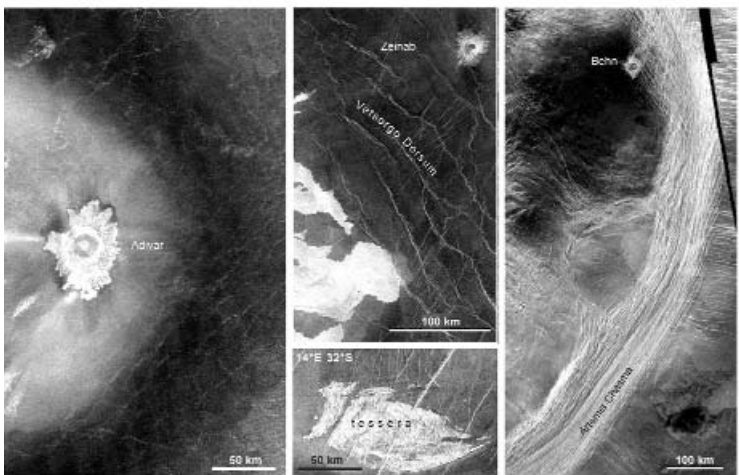
A Vénusz térképezésére részletes iránymutatásokat dolgoztak ki TANAKA et al. (1994), melyek az amerikai USGS (United States Geological Survey) planetáris geológiai térképezési módszerein alapulnak. A Magellan űrszonda radarfelvételei (4. ábra) alapján BASILEVSKY & HEAD (1995, 2002) készítette el a Vénusz egyes területeinek sztratigráfiai tagolását, a különböző területekre különféle rétegtani egységeket alkotva.

Geokronológiai tagolás

A Vénusz rétegtani tagolását (BASILEVSKY & HEAD, 1995, 1998, 2002 és HEAD & BASILEVSKY 1999 alapján ismertetjük.

Prefortunai idő: nyomai nem ismertek (más kifejezéssel ez a pretesszera fázis, azaz a tesszerák képződése előtti idő — kb. 1–4,5 Ga). A Vénusz történetének 80–90%-át kitevő időszak, melyből feltehetően nem maradt a felszínen morfológiai (azaz a jelenlegi távérzékelési módszerekkel azonosítható) nyom; bár kőzeteiből a tesszerák tartalmazhatnak kőzettesteket.

Korai idő: Ezen idő későbbi szakaszának elnevezése egy alternatív tagolás szerint *Guinevrai (időszak)* (kb. 40–400 ma), s részei: Sigrun-csoport, Lavinia-csoport, Rusalka-csoport.



4. ábra. A Vénusz jellegzetes felszíntípusainak radarfelvételei (a Magellan űrszonda felvételei)

Balra: fluidizált törmelékterítőjű kráter, körülötte radarsötét parabolacsóvával (a képen a csóvának csak egy része látszik; a csóva balra folytatódik); lent középen: tesszera terület; fent középen: redőgerinces lávasíkság, a kép bal alsó sarkában egy közeli kráterből kiinduló friss lávafolyás; jobbra: az Artemis Corona körüli törésöv egy részlete

Figure 4. Radar images of typical terrain types of Venus

A kráterek vizsgálata arra utal, hogy a felszínt ma kb. 70%-ban borító anyagok igen rövid idő alatt formálták újjá a Vénusz felszínét.

Fortunai időszak/rendszer: tesszera orogenezis fázis: tesszera — tektonikusan négyzetesen feltördelt — területek keletkezése (koruk szerzőtől függően 900 ± 200 vagy 1140 ± 460 millió év), melyek ma szigetként különülnek el a körülöttük lévő fiatalabb egységektől; a Vénusz területének 8%-a. A tesszerák keletkezése után települt vulkáni rétegek vastagsága 1–3 km-re becsült.

Sigrúni időszak/rendszer: közel párhuzamos törésvonalakkal sűrűn szabdalva vulkáni anyagú síkságok jellemzik; A mai felszín 3–5%-a.

Laviniai időszak/rendszer: feltöredezett és széles háttakkal tagolt síkságok jellemzik, melyek elnyúlt övekként jelennek meg a síkságokon belül; A mai felszín 3–5%-a.

Ruszalkai időszak/rendszer: ekkor jöttek létre a redőgerinc (bazalt-)síkságok: a mai felszín 50–60%-a; és a vulkáni pajzsok, illetve az egymásba olvadó kisebb pajzsvulkáni építmények alkotta területek (ezek a mai felszín kb. 10–15%-át fedik). A redőgerincsedés globális elterjedésű. A becsapódási kráterek többsége a ruszalkainál fiatalabb. A vulkáni lávasíkságok keletkezése és deformációja 10–100 millió év során történhetett. A lávasíkságokat morfológia és radarfényességük alapján lehet felosztani.

Késői idő: **Atlai időszak/rendszer:** lebenyes (bazalt-)síkságok; sima síkságok (10–15%) és ríftesedett területek jellemzik.

A ruszalkai utáni, máig tartó vulkánosság — pár tized $\text{km}^3/\text{év}$ fluxussal — és a hozzá kötődő ríftesedés intenzitása nagyjából állandó mértékű. Jellemző felszínformái a részben koronákhoz és ríftekhez kötődő helyi vulkáni építmények és folyások.

Aureliai időszak/rendszer: (kb. 40 millió évvel ezelőtől máig) rétegtani helyét a radarsötét parabolacsóvás kráterek jelölik ki. Ezek a legfiatalabb kráterek, az összes kráternek kb. 10–15%-a, melyekhez a parabola alakú radarsötét területek és a becsapódáskor kilökött, szél által mozgatott, majd kiüledő finom frakciójú törmelékek kapcsolódnak (ezek a felszín 8%-át borítják). Jellemzői továbbá a belső erők működését jelző ríftesedett területek. A Lakshmi-fennsík körüli vélhetően fiatal hegységöv (pl. Maxwell-hegység) felgyűrődése külön szerkezeti fázist jelölhetne ki, bár ilyen „Maxwell-orogén” nincs definiálva.

A Hold

A Hold volt az első égitest, melyre a sztratigráfia Földön kifejlesztett, de más égitestre kiterjesztett axiómáit alkalmazták (SHOEMAKER & HACKMAN 1962, WILHELMS 1970, 1987). A kőzettestek tulajdonságait, az átfedési viszonyokat először fotometriai úton, távcsöves fényképfelvételekről, majd úrfelvételekről állapították meg. E rétegtani térképező munka a holdi időrétegtan egységeit a következőképpen foglalta össze: a sugársávós kráterek a legfiatalabbak (kopernikuszi rendszer), ezeket követik lejjebb a még mindig fiatalosan tagolt morfológiájú, de már sugársáv nélküli

kráterek (eratoszthenészi rendszer). Mindkét fiatalabb emelet képződményei többnyire csak kráternyi foltokban vannak jelen a Hold felszínén, bár előfordulnak eratoszthenészi eredetű mare területek is (és a Tycho vagy a Copernikus kráter sávjai is messzire nyúlnak, különösen telihold idején láthatjuk ezt). A foltszerű rétegtani egységek alatt nagy kiterjedésű kőzettesteket alkotó két rendszer következik. Az egyik az imbriumi, mely az Imbrium-medencéhez kapcsolódott a definiáláskor kijelölt területen (imbriumi rendszer). A másik, a még idősebb egység a Nectaris-medencéhez kapcsolódik (nektári rendszer). Legalsó helyzetű a kráterekkel sűrűn borított terravidékek (felföldek) (prenektári) rendszere.

A települési törvény szerint megalkotott holdi kronosztratigráfiai egységek időviszonyait később, az ugyancsak távérzékeléses, de kráterszámolásos módszer alapján továbbfejlesztették (WILHELMS et al. 1971). Az első kronosztratigráfiai oszlopban a nagy kiterjedésű mare rétegek külön időrétegtani egységet alkottak: ez volt a procellarumi rendszer. Ezt később közel egykorúnak találták az imbriumival, ezért törölték mint önálló egységet, de belefoglalták az imbriumi rendszerbe. Ekkor vezették be a nektári (és prenektári) rendszert az addig használt preimbriumi rendszer továbbbontásával.

Később, az Apollo expedíciók által elhozott kőzetminták ilyen célú vizsgálata alapján, a relatív tagolást radiometrikus korokhoz is kötni lehetett (WILHELMS 1987, BÉRCZI 1991).

A holdi rétegtani tagolást egyes szerzők a földi hágászati tagolására is használják; melyet az indokol, hogy ezen idő különösen korai részében a Földet is a holdihoz hasonló kozmikus hatások (becsapódások) érhették (HARLAND et al. 1990); és hogy a Holdon — a Földdel ellentétben — találhatóak ebből az időből származó kőzetminták. A Hold rétegtani tagolását WILHELMS 1987 alapján ismertetjük (5. ábra).


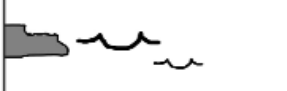

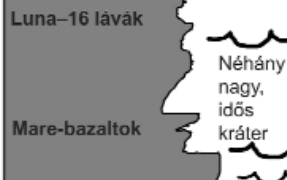
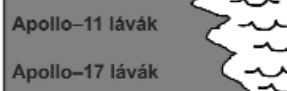

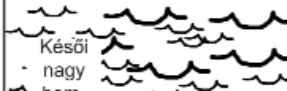
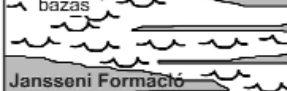
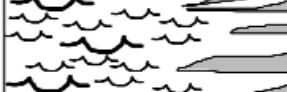

Geokronológiai, ill. rétegtani tagolás

Prenektári rendszer/időszak (4,54–3,9 Ga): idős medencék kidobott anyaga: kb. 30 ismert medence, köztük a Procellarum- (4,15 Ga) és Déli-sark–Aitken-medence (SPA) (4,1 Ga); az eredeti kéreg keletkezése.

Nektári rendszer/időszak (3,9–3,8 Ga): a Nectaris- és Imbrium-medence becsapódása közti időszak. Alsó határa a *Jansseni Formáció* alja (a Nectaris-medence kidobott anyaga). A késői nagy bombázás időszaka.

Alsó (kora)-imbriumi sorozat/kor (3,85–3,84 Ga): alsó határa a *Fra Maurói Formáció* alja (az Imbrium-medence kidobott anyaga). A *Cayleyi Formáció* világosabb fényességű, egyenletes síkságokat, a *Descartesi Formáció* egyenetlen síkságokat képez a felföldeken. E két formációt korábban vulkáni eredetűnek gondolták, de az Apollo–16 nem talált vulkáni kőzeteket, csak breccsákat; így ma ezt is az Imbrium-medence törmeléktakarójával hozzák összefüggésbe (TAYLOR 1982). Jellemzői az idős kráterek.

Felső (késő)-imbriumi sorozat/kor (3,84–3,26 Ga): alsó határa a *Heveliusi Formáció* alja (az Orientale-medence kidobott anyaga); jellemző eseményei: mare bazaltok keletkezése (nagy medencék feltöltése, a jelenlegi mare anyagok 2/3-ának kiömlése), és idős kráterek (pl. Kirieger) képződése.

Kronosztratigráfiai egység rendszer sorozat		Milliárd években mért idő	Geológiai egységek	Események
Kopernikuszi		jelen 0,1	Fiatal, sugársávós kráterek és törmelékterítőjük 	Tycho
		0,9 1,1		Copernicus
Eratoszthenészi		3,2	Idősebb, nem sugársávós kráterek Apollo-12 lávák Apollo-15 lávák 	Eratoszthenes Imbriumi lávák
	Imbriumi		3,26	Luna-16 lávák Mare-bazaltok Néhány nagy, idős kráter 
Felső-imbriumi		3,6	Apollo-11 lávák Apollo-17 lávák 	
Alsó-imbriumi		3,84	Heveliusi F Cayleyl és Descart. F 	Orientele-medence Imbrium-medence
Nektári		3,85	Fra Maurói F 	
		3,9	Késői nagy bom-bázás Jansseni Formáció 	Crisium Muscoviense Humorum Nectaris Serenitatis Smythii Tranquillitatis Nubium
Prenektári		4,1		Déli-sark – Aitken-medence Procellarium-m.
		4,6		A Hold kialakulása

5. ábra. A Hold rétegtani tagolása (WILHELMS 1987 alapján, módosítva)

Figure 5. Stratigraphic units of the Moon (after WILHELMS 1987)

Eratoszthenészi rendszer/időszak (3,26–1,1 Ga): Ekkor keletkeztek egyes idősebb (nem sugársávós) kráterek (pl. Delisle, Timocharis, Eratosthenes), valamint egyes mare bazaltok (lavasíkságok). Ezen időszak jellemzője egyes nagy medencék feltöltése.

Kopernikuszi időszak/rendszer (1,1 Ga – máig): a mai fiatal (sugársávós) kráterek és az általuk kidobott takarók keletkezése (pl. Tycho [kora 107 millió év], Aristarchus, Kepler, Copernicus [900 ma] és kis kráterek).

A Mars

A Mars esetében különböző szerzők eltérően korrelálják a Hold közetain mért radiometrikus adatokat a marsi kráterszámlálásos adatokkal. A marsi „rétegtani-morfológiai” egységeket SCOTT & CARR (1976) Mariner-9 fényképei alapján elkészített geológiai térképe alapján CONDIT (1978) definiálta. Ezt SCOTT & TANAKA (1986) finomította a Viking Orbiter képei alapján, s azóta is számos változata készült el; a relatív beosztás maga azonban egyértelmű. A kezdeti rendszert az Arcadiai Formáció (alsó-amazoni alsó határán, HARTMANN & NEUKUM 2001), majd az északi területek vizsgálata (FREY et al. 2003: „prenoachi” bevezetésének javaslata) tovább finomította.

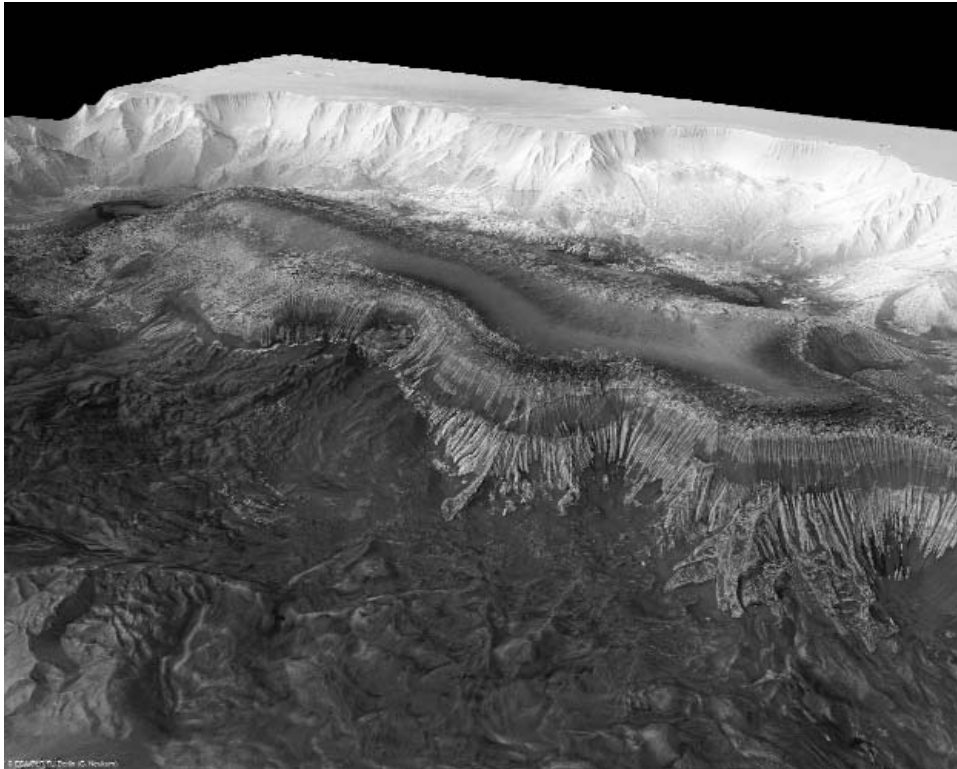
A marsi rétegtannak új, geokémiai szempontokon alapuló beosztását alkották meg (BIBRING et al. 2006) a Mars Express űrszonda megfigyelései (6. ábra) alapján.

A felszín: A Mars felszínének legnagyobb egységei az északi, mélyebben fekvő, kevésbé kráterezett, üledékekkel fedett, eltemetett medencéket (*Quasi Circular Depressions*) rejtő síkvidék és a déli, sűrűbben kráterezett, idősebb felszín. Két fő vulkáni területe a négy óriási pajzsvulkánt tartalmazó, a bolygó történetének jelentős részén keresztül aktív Tharsis-hátság és az egy nagyobb és két kisebb kúpot hordozó Elysium-hátság. Több körkörös ősi medence található a felszínén: az északi síkságból öbölserűen kinyúló Isidis és Chryse és a déli felföldekbe mélyedő Argyre és Hellas. Két fő völgytípusa a valamelyest a földi vízgyűjtőkre hasonlító völgyrendszerek és az egyedi, áradásos csatornák, melyek sokszor beomlott, ún. káosz-területekből erednek (KERESZTURI 2000). A tektonikus eredetű, később esetleg vízzel kapcsolatos folyamatok és lejtős tömegmozgások, hátráló erózió szélesítette Mariner-völgyrendszer ríften is valaha nagyobb mennyiségű víz zúdulhatott le, mely a Noctis-labirintusból eredhetett, s több völgyágban folyhatott ki a Chryse-medence felé (KERESZTURI 2006).

Geokronológiai, ill. kronosztratigráfiai tagolás

A kráterszámlálás alapján végzett tagolást TANAKA (2001) és HARTMANN (2005) alapján, módosítva; a mars-történet leírását KERESZTURI (2000, 2006) és SIK et al. (2005) alapján ismertettjük.

Noachi időszak/rendszer (kb. 4,0–3,5 Ga) Típusterülete a Noachis-felföld. Jellemzői az északi területek süllyedése; vulkanizmus, tektonikus árokrendszerek kialakulása;



6. ábra. A Mars Express szonda HRSC kamerájával rögzített sztereofelvételekből készült hamisszínes domborzatmodell, amely a 8 km mély Hebes-szurdok árokszerű mélyedését mutatja

A képen jobb középről balra felfelé egy lapos tetejű üledékes öszlet nyúlik el, amely főleg szulfátokból, köztük gipszből épül fel. Közel vízszintes rétegei majdnem az árok peremének magasságába érnek, víztartalmú ásványai nedves, feltehetőleg hűvös, vizes környezetben rakódhattak le (ESA/DLR/FU Berlin - G. Neukum)

Figure 6. False colour 3D image of Hebes Chasma, Mars, created from Mars Express HRSC camera's stereo images

felszíni vagy felszín alatti vízfolyásos eredetű völgyhálózatok kialakulása (a napluminozitás korai, magasabb értéke és a sűrűbb légkör miatt melegebb klíma vagy lokális impakt hó hatására). A felszín meghatározó elemei az óriási becsapódásos medencék (Ares, Hellas, Argyre, Isidis, Utopia, Chryse), melyek 4 milliárd éve alakultak ki. Az egy vagy több becsapódást követő lökéshullám(ok) „elfújhatták” a korai, sűrűbb légkör jelentős részét és ezzel visszafordíthatatlanul megváltoztatták a Mars globális éghajlatát. A korban még rendelkezésre álló elegendő belső hó még működtetett aktív, lokális „lemeztektonikát”, melynek ma is látható nyoma az eltérő mágnesezettségű, párhuzamos sávokat alkotó kőzettestek az egyenlítővel párhuzamosan a déli féltekén kialakuló hátságban, transzform vetőkkel.

Alsó-noachi sorozat / Kora-noachi kor (informálisan: prenoachi) (4,6–4,0 Ga; ennek alsó határa — mivel sehol sincs felszíni kibukkanása — nem definiált): ősi (É-on ma eltemetett) medencék (*QCD = Quasi Circular Depression*) létrejötte, gyakori becsapódások kora; e korban a Mars magnetoszférája még aktív lehetett.

Középső-noachi sorozat/kor: a ma is kráterekben gazdag területek létrejötte.

Felső-noachi sorozat / Késő-noachi kor: e korra tehető a kráterközi síkságok létrejötte és a völgyhálózatok keletkezésének záró szakasza.

Hesperiai időszak (kb. 3,5–3,0 Ga) Típusterülete a Hesperia-fennsík. Előbb vulkanizmus, később a lávasíkságokon redőgerincek képződése zajlott. Ezen időszakra tehető a Mariner-völgyrendszer rift kialakulása és az északi mélyföldek korai szerkezeteinek (üledékes) betemetődése. E szerkezeteket egy feltételezett, esetleg időszakosan, többször vízzel telítődő, és alkalmanként befagyó óceán — informális nevén az Oceanus Borealis — üledékei temethették be: ez tehát a mai északi felszín kialakulásának záró eseménye lenne (a későbbi becsapódásokat és glaciális formákat nem számítva).

A lokálisan megolvadó talajjég nyomán beomló területekről (ezek a mai káoszterületek) nagy mennyiségű víz folyik le, ami áradásos csatornákat hoz létre (pl. a Chryse- vagy a Hellas-medence irányában), nagy mennyiségű hordalékot mozgat, s végül befagyó állóvizeket alkot. Ezek kialakulási folyamatát Megaoutflo[w] néven foglalják össze (a Mars Episodic Glacial Atmospheric Oceanic Upwelling by Thermotectonic Flood Outburst kezdőbetűiből képzett betűszóval).

Alsó-hesperiai sorozat / kora-hesperiai kor: A feltevések szerint ekkor alakultak ki a Hesperia-fennsík redőgerinces síkságjai (megjegyzendő, hogy a redőgerinc keletkezése utólagos jelenség, így másodlagos tulajdonságnak számít, befogadó anyagánál később keletkezett).

Felső-hesperiai sorozat / késő-hesperiai kor: *Vastitas Borealis Formáció* (az északi feltöltött síkság keletkezése). Megjegyzendő, hogy maga a feltöltés eseménye esetleg jóval rövidebb időtartam alatt történt, mint az általa reprezentált kor — TANAKA & SKINNER (2003) szerint ennek az üledéksornak a keletkezése jelezhetné egy „borealis” időegység alsó határát.

A *Vastitas Borealis Formáció* és a Hesperia-fennsík redőgerinces síkságjainak keletkezése közt eltelt hosszabb idő során jöttek létre a déli poláris *Dorsa Argentea Formáció* és a Tharsis vulkáni rétegsorának egyes rétegei (Tanaka 2001).

Amazoni időszak/rendszer (kb. [2–] 3 Ga–napjainkig): Típusterülete az Amazonis-síkság. A Mars tengelyferdesége a földinél nagyobb kilengésekkel változik, ezzel változik az illók helyzete, így az illók vándorlásának marsi éves ciklusán kívül nagyobb időskálán is erősen változhat a jégsapkák mérete (KERESZTURI 2007). Meleg periódus idején az elolvadó víz feltölthette a déli medencéket is. A jégkorszaki helyzet bekövetkeztekor előbb a víz, majd a szén-dioxid fagyott ki.

Az amazoni időszakot csekély geológiai aktivitás jellemzi. Előfordulnak kisebb lávafolyások Tharsis- és Elysium-hátságok területén. Ekkor keletkezhetett a *Medusae Fossai Formáció*, és az időszakra jellemző lehet a periglaciális környezet. A nyárutói porviharok és téli dérlerakódások poláris rétegzett üledéket, a szél a jégsapkákat övező dűnemezőket hoz létre. Jellemző, recens aktivitásra utaló felszíni jelenségek a lejtősávok, a sárfolyások és a törmelék-lejtők. A legfiatalabb vulkáni nyomok az északi pólussapka környékén lévő apró kúpok, amelyeken az eddigi felvételeken egyetlen becsapódásos krátert sem találtak.

Alsó-amazoni sorozat / Kora-amazoni kor Alsó határát az Acidalia-síkság sima síkságjának anyaga jelöli ki, mely azonban a Borealis-síkvidékkel részben egykorú lehet.

Középső-amazoni sorozat/kor Üledékek és a becsapódási kráterek lebeszélés (sárfolyásos) törmelékterítői jellemzik.

Felső-amazoni sorozat / Késő-amazoni kor. Ekkor alakult ki az Elysium-síkság lávatakarója, mely lávaömlés azonban valószínűleg gyorsan lefolyó esemény lehetett.

Geokémiai alapú kronológia

A geokémián alapuló kronológiát BIBRING et al. (2006) dolgozta ki. Ezeknek az egységeknek nincs kronosztratiográfiai egység jellegű hierarchia-szintjük; a Mars történetének geokémián alapuló kronológiai korszakait jelölik ki. *Phylloci* idő kb. 4,5–4,2 Ga: A meleg, nedves klímán az idős, magmás kőzetek agyagásványokká (réteges szerkezetű filloszilikátokká) mállanak az állóvizek fenekén vagy a marstalajban hidrotermás aktivitás vagy jeges égitestek becsapódása révén. *Theiiki* idő kb. 4,2–3,5 Ga: Vulkanári aktivitás nyomán szulfátok (SO₂) kerülnek a légkörbe,

melyek a vízzel reagálva savas esőket hoznak létre, melyek mállasztják a kőzeteket. *Sideriki* idő kb. 3,5 Ga–napjainkig: Hideg, száraz klíma. A víz és vulkánosság csekély szerepet kap, a kőzetek a légkörrel való kölcsönhatás nyomán oxidálódnak igen lassan vas(III)-oxidá, hematitá (Fe₂O₃), a Mars felszíne így nyeri el mai, vörös színét.

A Callisto

A Külső-Naprendszerben számos kisebb és nagyobb hold található, melyek közül időrétegtani tagolása egyelőre csak a Callistónak készült el (WAGNER 2007). A Callisto a legcsekélyebb geológiai aktivitást mutató, a jégholdak csoportjába tartozó Galilei-hold. Példaként tehát ezt ismertetjük. Megjegyezzük, hogy az ismertett korszakhatár-értékek igen bizonytalanok.

A Callisto rétegtani tagolása — a Holdéhoz hasonlóan — a jelentősebb becsapódási szerkezetekre épül, mert ezek keletkezésekor a korábbi felszín részint megsemmisült, részint tektonikailag deformálódott, a kráter (medence) körüli jelentős térszint pedig a kráter kilökött törmeléke fedte be üledékével. A legfiatalabb egység határát a sugársávok kráterek definiálják.

A Callisto többi bolygótesttől eltérő és a Külső-Naprendszer holdjaira jellemző tulajdonsága egyrészt hogy jelentős arányú jeget tartalmaz (sűrűsége 1,86 g/cm³), másrészt, hogy — mint minden hold — bolygójához kötött keringésű.

Geokronológiai tagolás

A preasgard (4,5–4,2 Ga) és asgard (4,2–4 Ga) időszak/rendszer (4,2–4 Ga) jellemzői a gyakori becsapódások. Az ekkor keletkezett többgyűrűs, mára a jeges kőzetanyagban domborzatukat elvesztett, „relaxálódott” medencék (palimpszesztek) napjainkra elfedődtek más becsapódásokkal. Kriovulkanári aktivitás lehetséges, hogy volt, de ennek nyomai mára eltűntek. A nagyobb domborzati kiemelkedések a kőzetanyag vízjég összetevőjének szublimációja miatt hamar erodálódhattak.

Valhallai időszak/rendszer (4–3,5 Ga): Kezdetét a Valhalla-medencét létrehozó becsapódás jelöli ki. Ekkora tehető a domborzatukat némileg máig is megőrző nagy medencék, a penepalimpszesztek keletkezése. Ekkorra tehető a legfiatalabb medencék (a sugársávok Lofn és a törmelékével fedett közeli Heimdall) keletkezése. A Lofn törmelékterítője a sztratigráfiai horizont alsó- és felső-valhallai korai (sorozatai) közötti határt jelöli ki. Ennyiben a holdi Orientaléhoz és ganymedesi Gilgamesh-hez hasonló a szerepe (KERESZTURI 1997). A késő-valhallai kor így a nagy bombázás és medencekialakulás korának végét jelzi, amennyiben a Lofn datálása helyes.

Burri időszak/rendszer (3,5 Ga – napjainkig): A mindmáig sugársávokat mutató, a Callisto történetét alapul véve fiatalnak számító Burr kráter keletkezése jelzi alsó határát.

Irodalom — References

- BASILEVSKY, A. T. & HEAD, J. W. 1995: Regional and global stratigraphy of Venus: a preliminary assessment and implications for the geological history of Venus. — *Planetary and Space Science* **43/12**, 1523–1553
- BASILEVSKY, A. T. & HEAD, J. W. 1998: The geologic history of Venus: A stratigraphic view. — *Journal of Geophysical Research-Planets* **103/E4**, 8531.
- BASILEVSKY, A. T. & HEAD, J. W. 2002: Venus: Timing and rates of geologic activity. — *Geology* **30/11**, 1015–1018
- BÉRCZI SZ. 1977: *A Merkúr bolygó. Csillagászati Évkönyv*. — Gondolat, Budapest, 285–298.
- BÉRCZI SZ. 1978: *Planetológia. Egyetemi jegyzet*. — Tankönyvkiadó, Budapest,
- BÉRCZI SZ. 1991: *Kristályoktól bolygóttestekig*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 210 p.
- BIBRING, J.-P., LANGEVIN, Y., MUSTARD, J. F., POULET, F., ARVIDSON, R., GENDRIN, A., GONDET, B., MANGOLD, N., PINET, P., FORGET, F., BERTHÉ, M., BIBRING, J. P., GENDRIN, A., GOMEZ, C., JOUGLET, D., POULET, F., SOUFFLOT, A., VINCENDON, M., COMBE, S. M., DROSSART, P., ENCRENAZ, T., FOUCHET, T., MERCHIORRI, R., BELLUCI, G., ALTIERI, F., FORMISANO, V., CAPACCIONI, F., CERRONI, P., CORADINI, A., FONTI, S., KORABLEV, O., KOTTSOV, V., IGNATIEV, N., MOROZ, V., TITOV, D., ZASOVA, L., LOISEAU, D., MANGOLD, N., PINET, P., DOUTÉ, S., SCHMITT, B., SOTIN, C., HAUBER, E., HOFFMANN, H., JAUMANN, R., KELLER, U., ARVIDSON, R., MUSTARD, J. F., DUXBURY, T., FORGET, F. & NEUKUM, G. 2006: Global Mineralogical and Aqueous Mars History Derived from OMEGA/Mars Express Data. — *Science* **312/5772**, 400–404 DOI: 10.1126/science.1122659
- CONDIT, C. D. 1978: Distribution and relations of 4- to 10-km-diameter craters to global geologic units of Mars. — *Icarus* **34**, 465–478.
- CSÁSZÁR G. 2002: A Magyar Rétegtani Bizottság által jóváhagyott geokronológiai és kronosztratógráfiai terminusok. — *Földtani Közlemény* **132/3-4**, 481–483.
- FREY, H. V., FREY, E. L., HARTMANN, W. K. & TANAKA, K. L. T. 2003: Evidence for buried “Pre-Noachian” crust pre-dating the oldest observed surface units on Mars. — *34th Lunar and Planetary Science Conference*, 1848.
- FÜLÖP J., CSÁSZÁR G. HAAS J. & JOCHÁNÉ EDELÉNYI E. 1975: A rétegtani osztályozás, nevezéktan és gyakorlati alkalmazásuk irányelvei. — MÁFI, Budapest, 32 p.
- GRADSTEIN, F. M., OGG, J. G., SMITH, A. G., BLEEKER, W. & LOURENS, L. J. 2004: A new Geologic Time Scale, with special reference to Precambrian and Neogene. — *Episodes* **27/2**, 83–100.
- GRADSTEIN, F. M., OGG, J. G. & VAN KRANENDONK, M. 2008: On the Geologic Time Scale 2008. — <http://www.stratigraphy.org/GTS2008.pdf>
- HANSEN, V. L. & YOUNG, D. A. 2007: Venus’s evolution: A synthesis. Convergent Margin Terranes and Associated Regions: A Tribute to W. G. Ernst. — *Special Paper* **419**, 255–273.
- HARGITAI H. 2008: A planetológiai névanyag tervezete. — *Kézirat*. <http://planetologia.elte.hu/nevanyag.doc>. Letöltve: 2008. október 1.
- HARGITAI H & KERESZTURI Á 2002: Javaslat magyar bolygótudományi szaknyelvi norma létrehozására. — *Geodézia és Kartográfia* **54/9**, 26–32.
- HARGITAI H., BÉRCZI SZ., GUCSIK A., HORVAI F., ILLÉS E., KERESZTURI Á. & NAGY SZ. J. 2005: *A Naprendszer kisenciklopédiája — A Naprendszer formakincse (1): Becsapódások folyamata, nyomai és hatásai*. ELTE TTK — MTA Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest, p. 7.
- HARLAND, W. B. (ed.) 1990: *A Geologic Time Scale 1989*. — Cambridge University Press.
- HARTMANN, W. K. & NEUKUM, G. 2001: Cratering Chronology and the Evolution of Mars. — *Space Science Reviews* **96**, 165–194.
- HARTMAN, W. K. 2005: *Moons and Planets*. 5th Edition. — Thomson Brooks/Cole.
- HEAD, J. W. & BASILEVSKY, A. T. 1999: A model for the geological history of Venus from stratigraphic relationship: comparison geophysical mechanisms. — *30th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas, USA*, #1390.
- HEDBERG, H. D. (ed.) 1976: *International Stratigraphic Guide — A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure*. — John Wiley and Sons, New York, 200 p.
- KERESZTURI Á. 1995: A Magellan utolsó útja. — *Meteor* **25/6**, 13–18.
- KERESZTURI Á. 1997: Ganymedes, az óriáshold. — *Meteor* **27/1**, 5–11.
- KERESZTURI Á. 2000: Ősi folyók a Marson. — *Vízügyi Közlemények* **82/2**, 324–333
- KERESZTURI Á. 2006: Fejezetek a Mars fejlődéstörténetéből. — *Magyar Tudomány* **8**, 946–954.
- KERESZTURI Á. 2007: Éghajlat változás a Marson I. rész. — *Légekör* **52/2**, 12–17.
- KLEINE, T., PALME, H., MEZGER, K. & HALLIDAY, A. N. 2005: Hf-W chronometry of lunar metals and the age and early differentiation of the Moon. — *Science* **310/5754**, 1671–1674.
- MCCAULEY, J. F., GUEST, J. E., SCHABER, G. G., TRASK, N. J. & GREELEY, R. 1981: Stratigraphy of the Caloris Basin, Mercury. — *Icarus* **47/2**, 184–202.
- MUTCH, T. A., ARVIDSON, R., HEAD, J., JONES, K. & SAUNDERS, S. 1977: *The Geology of Mars*. — Princeton University Press, 400 p.
- MÜNKER, C., PFÄNDER, J. A., WEYER, S., BÜCHL, A., KLEINE, T. & MEZGER, K. 2003: Evolution of planetary cores and the earth-moon system from Nb/Ta systematics. — *Science* **301/5629**, 84–87.
- OFFIELD, T. W. & POHN, H. A. 1970: Lunar crater morphology and relative-age determination of lunar geologic units. — *U.S. Geol. Survey Prof. Paper No. 700-C. Washington*, C153–C169.
- PHILLIPS, R. J., RAUBERTAS, R. F., ARVIDSON, R. E., SARKAR, I. C., HERRICK, R. R., IZENBERG, N. & GRIMM, R. E. 1992: Impact craters and Venus resurfacing history. — *Journal of Geophysical Research* **97**, 15,923–15,948
- SALVADOR, A. (ed.) 1994: *International Stratigraphic Guide — A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure*. — 2nd edition, *The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, Inc., Boulder, Co.* 214 p.

- SCOTT, D. H. & CARR, M. H. 1976: The New Geologic Map of Mars. Reports of Accomplishments of Planetology Programs, 1975–1976. — NASA Technical Memorandum, NASA TM X-3364. Office of Space Science. Washington, DC, USA, National Aeronautics and Space Administration, p. 229.
- SCOTT, D. H. & TANAKA, K. L. 1986: *Geological Map of the Western Equatorial Region of Mars (1:15,000,000)*. — USGS, Washington.
- SHOEMAKER, E. M. & HACKMAN, R. J. 1962: Stratigraphic basis for a lunar time scale. — In: KOPAL, Z. & MIKHAILOV, Z. K. (eds.): *The Moon. Intern. Astronom. Union Symposium 14, Leningrad 1960, Proc.: New York, Academic Press*, 289–300
- SIK A., KERESZTURI Á. & HARGITAI H. 2005: A víz és a jég szerepe a Mars felszínfejlődésében. — *Földrajzi Közlemények* **129** (54)/3–4, 159–176
- SPUDIS, P.D. & GUEST, J. E. 1988: Stratigraphy and geologic history of Mercury. — In: VILAS, F., CHAPMAN, C. R. & MATTHEWS, M. S. (eds): *Mercury*. Univ. of Arizona Press, Tucson, 118–164.
- SPUDIS, P. D. & STROBELL, M. E. 1984: New Identification of Ancient Multi-Ring Basins on Mercury and Implications for Geologic Evolution. — *15th Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas, USA*, 814–815.
- SPUDIS, P. 2001: The geological history of mercury. — *Mercury: Space Environment, Surface, and Interior, LPJ Conference*, #8029
- TANAKA, K. L. (ed.) 1994: *The Venus Geologic Mappers' Handbook*. Second Edition. Open-File Report 94–438. — NASA. http://astrogeology.usgs.gov/Projects/PlanetaryMapping/VenusMappers/VGM_Handbook_94.pdf
- TANAKA, K. L. 2001: The Stratigraphy of Mars. — *22nd Lunar and Planetary Science Conference, Houston, Texas, USA*, #1695.
- TANAKA, K. L. & SKINNER, J. A. 2003: Mars: Updating geologic mapping approaches and the formal stratigraphic scheme. — *Sixth International Conference on Mars* #3129.
- TAYLOR, S. R. 1982: *Planetary Science: A Lunar Perspective*. — Lunar and Planetary Institute, Houston. http://www.lpi.usra.edu/publications/books/planetary_science/
- WAGNER, R. J. 2007: Untersuchungen zur Chronostratigraphie, Impaktchronologie und geologischen Entwicklung des Jupitersatelliten Callisto auf der Basis der Galileo-SSI-Kameradaten. — *Disszertáció, Freie Universität Berlin*. <http://www.diss.fu-berlin.de/2007/806/index.html>
- WAGNER, R. J., WOLF, U. & NEUKUM, G. 2002: Time-stratigraphy and impact cratering chronology of Mercury. — *Lunar and Planetary Science* **33**, 1575.
- WILHELMS, D. E. 1970: *Summary of Lunar Stratigraphy — Telescopic Observations*. — *US Geological Survey Professional Paper* 599-F, Washington.
- WILHELMS, D. 1987: Geologic History of the Moon. — *US Geological Survey Professional Paper* 1348, <http://ser.sese.asu.edu/GHM/>
- WILHELMS, D. E. & MCCAULEY, J. F. 1971: *Geologic Map of the Near Side of the Moon*. — USGS Maps No. I–703, Washington.
- Kézirat beérkezett: 2008. 02. 29.

Középső-miocén gerincesfaunák Partiumból

VENCZEL Márton¹, HÍR János²

¹Muzeul Țării Crișurilor, B-dul Dacia 1-3, RO-410464 Oradea, Romania, e-mail: mvenczel@rdslink.ro

²Pásztói Múzeum, H-3060 Pásztó, Pf. 15, email: hir99@freemail.hu

Middle Miocene vertebrate faunas from Partium

Abstract

This paper provides a brief report on known Middle Miocene vertebrate faunas from Partium (W Romania). In the localities of Comănești and Tauș (Arad County, Romania), some examples of such faunas were unearthed in the 1970s. In recent years two new locality complexes were discovered in Țășad and Subpiatră (Bihar County, Romania). These fossil vertebrate faunas roughly cover three biochronological units within the European Mammal biozones (MN6–MN7/8–MN9) and may be correlated with the Late Badenian – Sarmatian – Pannonian stages of the Central Paratethys. The revision of the Comănești and Tauș vertebrate remains revealed a distinctly higher faunal diversity than had originally been believed. This suggests that there could be palaeobiogeographical connections to other Middle Miocene faunas from the Central Paratethys area. The fossil record from the studied localities is completed with data taken from taphonomic and palaeoenvironmental contexts.

Keywords: Miocene, vertebrates, Partium, Romania, fossil localities, amphibians, reptiles, rodents, palaeoenvironment

Faune de vertebrate miocene medii din Partium

Rezumat

Lucrarea prezintă un raport sumar asupra faunelor de vertebrate miocene medii din Partium (Vestul României). Pe lângă localitățile Comănești și Tauș (Județul Arad, România), puse în evidență prin anii șaptezeci ai secolului trecut, în ultimii ani două noi situri complexe de vârstă miocenă medie au fost descoperite la Țășad și Subpiatră (județul Bihar, România). Aceste faune de vertebrate fosile documentează în bună parte trei unități biocronologice din cadrul biozonelor mamaliene europene (MN6–MN7/8–MN9) corelate cu Badenianul târziu - Sarmatianul - Pannonianul din Paratethysul Central. Revizuirea resturilor de vertebrate fosile de la Comănești și Tauș a furnizat o diversitate faunistică mult mai ridicată față de cele considerate de până acum, sugerând totodată importante legături biogeografice cu celelalte faune miocene medii cunoscute din Bazinul Carpatic. Listele faunistice din localitățile studiate sunt completate cu date asupra contextului tafonomic și de paleomediu.

Cuvinte cheie: miocen, vertebrate, Partium, România, locuri fosilifere, amfibieni, reptile, rozătoare, paleomediu

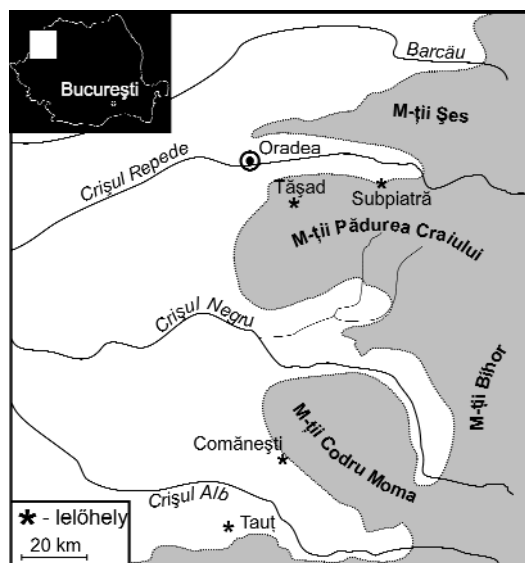
Összefoglalás

A közlemény rövid összefoglalót nyújt a Partium középső-miocén gerinces faunáról (Ny-Románia). A múlt század hetvenes éveiben kiásott kománfalvi és feltóti (Arad megye, Románia) lelőhelyek mellett az utóbbi években két új lelőhelykomplexumot fedeztek fel Țășadon és Kőalján (Bihar megye, Románia). Az európai emlőszonációban ezek a gerinces faunák nagyjából három biosztratigráfiai egységet dokumentál (MN6–MN7/8–MN9) és nagy vonalakban a Középső-Paratethys késő-badeni, szarmata, kora-pannoniai korszakaival korrelálhatók. A kománfalvi és a feltóti fosszilis maradványok újvizsgálata során kiderült, hogy a lelőhelyek faunadiverzitása jóval nagyobb az eddig publikáltnál és jelentős ösföldrajzi kapcsolatot mutat a többi Kárpát-medencei középső-miocén gerincesfaunával. Az egyes lelőhelyek faunalistáit tafonómiai és öskörnyezetre vonatkozó információk egészítik ki.

Tárgyszavak: miocén, gerincesek, Partium, Románia, fosszilis lelőhelyek, kétélűek, hiüllök, rágcsálók, öskörnyezet

Bevezetés

A legutóbbi évekig Románia nyugati részéből mindössze két jelentősebb középső-miocén aprógerinces-faunát szolgáltató lelőhely volt ismeretes: az Arad megyei kománfalvi (Comănești) és a feltóti (Taut). A gerincesmaradványokra először a területen geológiai feltárásokat végző ISTOCESCU (1971), majd ISTOCESCU & ISTOCESCU (1974) hívta fel a figyelmet. Ennek nyomán FERU et al. (1980) Kománfalva közeléből két tengeri környezetben felhalmozódott gerincesleleteket szolgáltató lelőhelyet (Comănești 1 és 2), míg Feltótól egy tavi környezetben lerakódott szárazföldi leletegyüttest tárt fel (1. ábra). Az innen származó emlősfáunát két fontosabb publikációban ismertették (FERU et al. 1980, RĂDULESCU & SAMSON 1988).



1. ábra. Partium gerinces lelőhelyeinek vázlatos térképe

Figure 1. Sketch map of middle Miocene vertebrate localities from Partium

Figure 1. Harta schematică a situurilor cu vertebrate miocene medii din Partium

Bihar megye területéről a múlt század hetvenes éveiben neogén összletek vizsgálata során több, gerincesmaradványokat is tartalmazó középső-miocén lelőhelyet jeleztek (ISTOCESCU & ISTOCESCU 1974). Ez utóbbi szakirodalmi adatok nyomán az első középső-miocén aprógerinces-faunát tartalmazó — brakkvízi környezetben lerakódott — agyagrétegeket 1999 őszén a Tasádi-barlang közeléből (Nagyváradtól mintegy 20 km-re délkeletre), a völgy baloldalán azonosítottuk (Tasád 1. gerinceslelőhely) (Hír et al. 2002). A Tasád 1. lelőhelytől nem messze a völgy jobb oldalán, a szárazföldi mollusca-fajokat is tartalmazó rétegek alól egy kistermetű delfin (Kentriodontidae indet.) maradványai kerültek elő.

2004-ben a Nagyváradtól 40 km-re keletre fekvő Kőalja (Subpiatră) közelében, édesvízi környezetben keletkezett üledéksorban, egy rendkívül gazdag aprógerinceseket szolgáltató lelőhelykomplexumra bukkantunk. Az eddigi feltárások alapján innen legalább három, tafonómiai és ökoszisztémái szempontból is különböző, leletegyüttest sikerült elkülöníteni.

A dolgozat célja, hogy röviden bemutassuk a Partiumból eddig feltárt legfontosabb gerinceslelőhelyeket, értékeljük az onnan megismert faunák biosztratigráfiai, ősszállatföldrajzi és ökoszisztémái jelentőségét, valamint körvonalazzuk az ezekhez kapcsolódó legfontosabb kutatási feladatokat.

A partiumi gerinceslelőhelyek és a faunák rövid leírása

Comănești 1. gerinces lelőhely

A Comănești 1. lelőhely az azonos nevű helység keleti szélén, a Hagymás-patak jobb oldalán fekszik (GPS: É 46° 30.568' és K 22° 02.807'), ahol mintegy 11 méter vastagságban tárulnak fel az alsó-szarmata alemeletbe sorolható üledékes rétegek. A feltárásról készült szelvényrajzok alapján (lásd ISTOCESCU 1971: 29. ábra, 10. réteg; FERU et al. 1980: 1. ábra, 21. réteg; GRIGORESCU & KAZÁR 2006: 2. ábra) beazonosítható a tufás márgába lencseszerűen beágyazódott mintegy 10-12 cm vastagságú tufás homokréteg, ahonnan 1979 folyamán jelentősebb gerincesleleteket gyűjtöttek (FERU et al. 1980). A mintegy másfél tonnányi mintából a fenti szerzők az alábbi faunalistát közlik: *Galerix socialis* (VON MEYER, 1865), cf. *Desmanella* sp., *Hispanomys* cf. *lavocati* FREUDENTHAL, 1966, *H.* cf. *bijugatus* MEIN ET FREUDENTHAL, 1971, *Megacricetodon* gr. *similis* FAHLBUSCH, 1964, *Democricetodon* gr. *gaillardii* (SCHAUB, 1925), *Peridyromys* gr. *hamadryas* FORSYTH MAJOR, 1899, *Myoglis meini* (DE BRUIJN, 1966), *Prolagus oeningensis* (KÖNIG, 1825), kérődzők (Cervidae indet. I, Cervidae indet. II), teknősök, tömeges halmaradványok. A szerzők szóbeli közlése alapján szintén a 21. rétegből (lásd fennebb) szár-



2. ábra. A Comănești 1. lelőhely új szelvénye

Figure 2. The new section of the locality Comănești 1

Figure 2. Noul profil de la depozitul Comănești 1

maznak azok a Kentriodontidae fogascsetleletek is, amelyeket GRIGORESCU & KAZÁR (2006) „*Champsodelyphis fuchsii* Brandt, 1873 néven írt le. Az állategyüttes korát FERU et al. (1980) a késő-szarmatába helyezi (MN7/8).

Az egykori üledékgyűjtő egy lagúna vagy sekélyvízű öböl lehetett gazdag kovamoszat, hal és puhatestű együttesel, ahova változó ütemben szállítottak be és halmozódtak fel az erózióból és részben vulkáni működésből származó hordalékanyagok, és amelybe időnként szárazföldi gerincesmaradványok is belekerültek (ezeket csak egyetlen rétegből sikerült kimutatni). Feltűnő, hogy az aprógerinces-összletben a herpetofaunát mindössze egyetlen békavégtagsont képviseli (pers. obs.).

A Comănești 1. lelőhely FERU et al. (1980) szerint „kimerült”, de időközben a terület tulajdonosa kisebb földmunkákat végzett, amelyek nyomán a Botfej-patak irányában egy újabb szelvény tárult fel (2. ábra).

Comănești 2. gerinces lelőhely

A Comănești 1. lelőhelytől mintegy 500 méterre kelet-északkeleti irányban helyezkedik el a Comănești 2. lelőhely, amelyet jelenleg erdős bokros növényzet borít (GPS: É: 46° 30.573', K: 22° 03.241'). Az egykori lelőhelyek azokban a helyenként kompakt homokösszletekben keresendők, amelyeket legjobban egy erdei útbévágás tár fel (3. ábra). ISTOCESCU (1971) szerint a pannóniai, puhatestűekben rendkívül gazdag homokrétegek diszkordánsan települnek a fentiekben ismertetett szarmata üledékekre (lásd ugyanott: 37. kép). A gerinces leleteket is szolgáltató lelőhely (Comănești 2b) faunalistája FERU et al. (1980) közlése alapján a következő: *Galerix* gr. *socialis* (VON MEYER, 1865), *Kowalskia* sp., *Muscardinus crusafonti* HARTENBERGER, 1966, *Prolagus* sp.,



3. ábra. Comănești 2. gerinces lelőhely

Figure 3. The vertebrate locality Comănești 2

Figure 3. Depozitul cu vertebrate de la Comănești 2

Cervidae indet., Pisces indet. Ez alapján a fauna korát a fenti szerzők a pannóniaiba (MN9) helyezik és így az itt tárgyalt faunák közül az egyetlen, amely a késő-miocénbe sorolható.

Tauț gerinces lelőhely

ISTOCESCU (1971) szerint az Arad megyei Feltóttól délre húzódó Migieș völgy bal oldalán édesvízi környezetben felhalmozódott, zöldes színű, tufás agyagösszletek bukkannak a felszínre, amelyben elszórtan *Planorbis* és *Helix* fajok héjmaradványai látszanak. Ebből a rétegsorból FERU et al. (1979) és RĂDULESCU & SAMSON (1988) nyomán az alábbi rágcsáló taxonok ismertek: *Spermophilinus* sp., *Eomuscardinus* sp., *Democricetodon zarandicus* (RĂDULESCU et SAMSON, 1988). A leletegyüttes korát a fenti szerzők a késő-szarmatába helyezik (MN7/8) és a Comănești 1. lelőhelynél fiatalabbnak tartják.

A feltóti fauna jelentőségét nagyban emeli, hogy abból újabb egy *Dryopithecus*-nál kisebb hominida előzőpfogát is kimutatták (MCNULTY et al. 1999). Továbbá az innen gyűjtött anyagból számos jó megtartású farkos kétéltű-, béka-, gyík- és kígyómaradványt sikerült kiválogatni, amelyek közül több taxon is szoros morfológiai hasonlóságot mutat eddig csak észak-magyarországi lelőhelyekről ismeretes alakokkal (pl. Mátraszőlős 1. és 2. lelőhely) (VENCZEL & ȘTIUCĂ in prep.).

Tasád 1. gerinces lelőhely

A lelőhelyre terepi munka során, 1999 őszén bukkantunk rá, a jól ismert Tasádi-barlang közelében húzódó Brusztur-völgy baloldalán (GPS: É 46° 55' 19.7", K 22° 07' 24.1") helyezkedik el (4. ábra). Az üledéksor mintegy 60 cm vastagságú, zöldesszürke agyagrétegében *Helix*-héjmaradványok és gerinces-csontmaradványok figyelhetők meg. 2000 nyarán az innen vett, mintegy egy tonna üledék iszapolása



4. ábra. Tasád 1. gerinces lelőhely. A nyíl a helcidákban gazdag rétegsorra mutat

Figure 4. The vertebrate locality Tasád 1. The layers containing helcid are indicated by the arrow

Figure 4. Depozitul cu vertebrate de la Tasád 1. Săgeata indică secvența bogată în helicide

nyomán kiválogatott csonttöredékekből és fogakból különféle gyíkokat (Agamidae indet., *Lacerta* sp., *Ophisaurus* sp., cf. *Pseudopus*), vakkígyó-félét (Scolecoophidia indet.), krokodilt (*Diplocynodon* sp.), rovarevőt (*Schizogalerix* cf. *pasalarensis* ENGESSER, 1980) és rágcsálókat (*Spermophilinus bredai* (VON MEYER, 1848), *Muscardinus* aff. *sansaniensis* (LARTET, 1851), *Eliomys* sp., *Democricetodon brevis* (SCHAUB, 1925), *Megacricetodon* cf. *minor* (LARTET, 1851), *M.* aff. *germanicus* AGUILAR, 1980, *Eumyarion medius* (LARTET, 1851), *Cricetodon* sp.) határoztunk meg (I. tábla: 2, 3). A megafaunát néhány madárcsont és közelebről nem meghatározható emlősfog és egyéb csontmaradványok képviselik. Érdemes megemlíteni, hogy ISTOCESCU & ISTOCESCU (1974) feltehetően ezekből a rétegekből jelzett egy rinocéroszfélét, amely CODREA (2000) szerint akár *Lartetotherium sansaniense* (LARTET, 1851) is lehet.

A puhatestűekben gazdag, márgás-agyagos üledéksor sekély, brakkvízi környezetben keletkezett, amelybe időnként szárazföldi csigák és gerinces maradványok is belekerültek (Hír et al. 2002). Erre az összletre közvetlenül szarmata mészkő rétegződött, amelyben kisebb-nagyobb üregek alakultak ki (ezek közül legismertebb a Tasádi-barlang). A tasádi gerinces leletgyűjtés kora a rágcsálók alapján az MN7/8 zónába sorolható. Az ugyanebből a rétegből gyűjtött *Mohrensternia*-fajokban gazdag mollusca-fauna kora-szarmata kort jelez (KÓKAY in Hír et al. 2002).

Tasád 2. gerinces lelőhely

A Tasád 2. lelőhely a tasádi Brusztur-völgy jobb oldalán, az 1. lelőhelytől nem messze helyezkedik el. A szerzők 2000 tavaszán azonosították, amikor a Tasád 1. lelőhelyéhez hasonló rétegsort kerestek a völgy másik oldalán (GPS: É 46° 55' 23.6", K 22° 07' 23").

Az első mintavételt követően, 2000 nyarán egy apró méretű delfin (Kentriodontidae indet.) töredékes csontvázát (koponyacsontok, fogak, csigolyák, végtagcsontok) ástuk ki innen és írtuk le (KAZÁR & VENCZEL 2003). A delfint tartalmazó zöldesszürke agyagréteg felett sikerült beazonosítani a szárazföldi faunát tartalmazó (a Tasád 1. lelőhelyről ismeretes) helidákban gazdag rétegsort is, amely alapján a delfin szintén kora-szarmata (MN7) korú.

Subpiatră 2/1. gerinces lelőhely

2004 nyarán a Kőaljja (Subpiatră) (Nagyváradtól mintegy 40 km-re keletre) közelében elterülő Hideg-völgy (Valea Rece) — édesvízi környezetben keletkezett — homok-agyag-márga üledéksorában több változatos összetételű aprógerinces faunát azonosítottunk (VENCZEL et al. 2005).

A kőaljjai 2/1R lelőhely a Hidegvölgyben (5. ábra), egy vízmosás által létrehozott bevágás jobb oldalán helyezkedik el (GPS: É 47° 0.379', K 22° 18.683'). A helidákban és otolitokban gazdag, sárgás színű, finom homok- és agyagrétegekből vett 600 kilogramnyi minta iszapolása során különféle kétéltű (*Triturus* sp., *Latonia gigantea*, *Rana* sp.), krokodil (*Diplocynodon* sp.), gyík (*Ophisaurus* sp., *Lacerta*



5. ábra. Subpiatră 2/1R gerinces lelőhely

Figure 5. The vertebrate locality Subpiatră 2/1R

Figure 5. Depozitul cu vertebrate de la Subpiatră 2/1R

sp., Varanidae indet.) kígyó (Colubrinae indet., *Vipera* sp.) és rágcsáló [*Eurolagus fontanesi* (DEPERÉT, 1887), *Muscardinus sansaniensis* (LARTET, 1851), *Myoglis meini* (DE BRUIJN, 1966), *Megacricetodon* sp., *Democricetodon brevis* (SCHAUB, 1925)] maradványokat válogattunk ki és határoztunk meg (Hír & VENCZEL 2005, VENCZEL et al. 2005) (I. tábla: 1, 4, 7, 8). A 2/1R lelőhely különlegessége egy feltehetően új fajhoz tartozó *Megacricetodon* rágcsálófaj, valamint egy apró termetű krokodil (*Diplocynodon* sp.) jelenléte. Ez utóbbi csoport előfordulása arra utal, hogy az évi középhőmérséklet az adott élőhelyeken (pl. Tasád és Kőaljja 2/1R környezetében) minimálisan elérte a 14,5 °C-t, míg a leghidegebb hónap átlaghőmérséklete 5,5 °C-nál nem lehetett alacsonyabb (MARKWICK 1998). A rágcsálófauna előzetes vizsgálata alapján a kőaljjai 2/1R lelőhely őssálatgyűjtésének kora késő-badeni lehetett (MN6). A csontmaradványokban gazdag rétegek a vízmosás bal oldalán is nyomon követhetők (2/1L lelőhely), ahol a felszínen is gyűjthetők kovásodott fatörzsmaradványok és gerinces-csonttöredékek. A fenti lelőhelyekről származó egyéb maradványok (nyitva- és zárwatermőkhoz tartozó kovásodott fatörzsdarabok, rovarevő- és nagyemlősfogak, madárcsontok, otolitok és kagylósrákok) tanulmányozása a közeljövő feladatai közé tartoznak.

Subpiatră 2/2. gerinces lelőhely

A kőaljjai 2/1R lelőhelytől mintegy 25 m-re nyugatra egy vízmosásban található a Subpiatră 2/2 lelőhely (GPS: É 47° 00.343', K 22° 18.650') (6. ábra).

A planorbidákban rendkívül gazdag, mintegy két tonnányi üledékből számos farkatlan kétéltű (*Latonia gigantea* (LARTET, 1851), *Palaeobatrachus* sp., *Hyla* sp.), gyík (*Ophisaurus* sp.), kígyó (Colubrinae indet.), krokodil (*Diplocynodon* sp.) és rágcsáló [Petauristidae indet., *Blackia miocaenica* (MEIN, 1970), *Spermophilinus bredai* (VON MEYER, 1848), *Muscardinus* aff. *sansaniensis* (LARTET, 1851), *Glirulus lissiensis* (HUGUENEY ET MEIN, 1965), *Paraglrulus werenfelsi* ENGESSER, 1971, *Myoglis*



6. ábra. Subpiatră 2/2 gerinces lelőhely

Figure 6. The vertebrate locality Subpiatră 2/2

Figure 6. Depozitul cu vertebrate de la Subpiatră 2/2

meini (DE BRUIJN, 1966), *Megacricetodon germanicus* AGUILAR, 1980, *Democricetodon freisingensis* FAHLBUSCH, 1964, *Eumyarion medius* (LARTET, 1851)] maradványait határoztuk meg (HÍR & VENCZEL 2005, VENCZEL et al. 2005) (I. tábla: 5, 6). A kőaljai 2/2 lelőhely rágcslófaunájának összetételében szembeötlő a mókusfélék (többek között repülőmókusok) és pelék magas aránya, amely legalább részben erdős őskörnyezeti viszonyokra utal. A fauna maradványainak felhalmozódása valószínűleg a származására tehető (MN7/8).

A kutatómunka további perspektívái

Néhány évtizedes szünet után Partiumban az eddig csak Arad megye területéről ismeretes középső-miocén gerinces lelőhelyeket Bihar megyében újjal sikerült gazdagítani. Ugyanakkor előzetes vizsgálataink azt mutatják, hogy még számos potenciális lelőhely létezik, elsősorban az egykor itt húzódó Középső-Paratethys peremterületén kialakult üledékgyűjtőkben. A Belényesi-medencében elsősorban tengeri környezetben felhalmozódott összletek közelebbi vizsgálata jöhet számításba, míg a Körösök völgyében további tavi-mocsári-folyóvízi lelőhelyek feltárására van lehetőség. A feltárt fosszilis állategyüttesek teljeskörű feldolgozása és további gerinces lelőhelyek felkutatása a fauna-korreláción túl fontos információkat szolgáltathat az ősnövény- és ősállatföldrajzi kapcsolatok, valamint az őskörnyezeti kép változásainak nyomon követésében is.

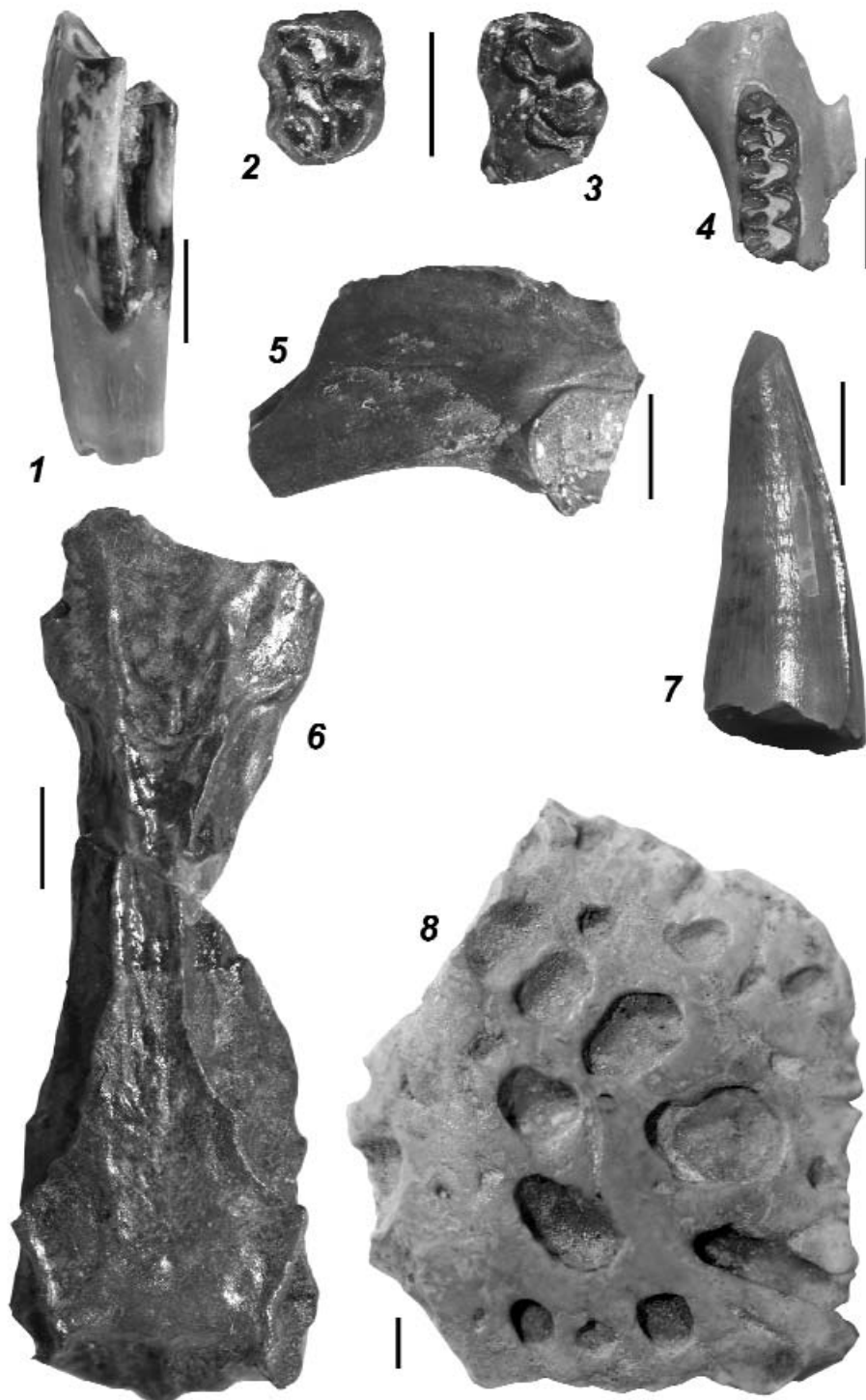
Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönettel tartoznak Pazonyi Piroska (Magyar Természettudományi Múzeum) és Makádi László (ELTE TTK) referenseknek a kéziratra tett hasznos észrevételeikért. A munkát az OTKA, T 046719 sz. kutatási téma keretében támogatta.

Irodalom — References

- CODREA, V. 2000: Rinoceri și tapiri terțiari din România. — Presa Universitară Clujeană, 174 p.
- FERU, M., RADULESCO, C. & SAMSON, P. 1979: La faune de Micromammifères du Miocène de Tauț (dép. d'Arad). — *Travaux de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza"* **18**, 185–190.
- FERU, M., RADULESCO, C. & SAMSON, P. 1980: La faune de Micromammifères du Miocène de Comanesti (dép. d'Arad). — *Travaux de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza"* **19**, 171–190.
- GRIGORESCU, D. & KAZÁR E. 2006: A new Middle Miocene odontocete (Mammalia: Cetacea) locality and the Sarmatian Marine Mammal Event in the Central Paratethys. — *Oryctos* **6**, 53–67.
- HÍR, J., KÓKAY, J. & VENCZEL, M. 2002: Middle Miocene molluscs and microvertebrata from Tășad (Bihar County, Romania). — *Acta Palaeontologica Romaniae* **3**, 161–172.
- HÍR, J. & VENCZEL, M. 2005: New Middle Miocene vertebrate localities from Subpiatră (Bihar District, Romania). — *Acta Palaeontologica Romaniae* **5**, 211–221.
- ISTOCESCU, D. 1971: Studiul geologic al sectorului vestic al Bazinului Crișului Alb și al ramei Munților Codru și Highiș. — *Institutul Geologic studii tehnice și economice, ser. J. stratigrafie* **8**, 1–201.
- ISTOCESCU, D. & ISTOCESCU, F. 1974: Considerații geologice asupra depozitelor neogene ale Bazinului Crișurilor. — *Studii și cercetări geologie, geofizică, geografie, ser. geologie* **19**, 115–127.
- KAZÁR E. & VENCZEL M. 2003: Kentriodontid remains (Cetacea: Odontoceti) from the Middle Miocene of Bihar County, Romania. — *Nymphaea* **30**, 39–66.
- MARKWICK, P. J. 1998: Fossil crocodylians as indicators of Late Cretaceous and Cenozoic climates: implications for using palaeontological data in reconstructing palaeoclimate. — *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* **137**, 205–271.
- M McNULTY, K., RADULESCO, C., SAMSON, P., FERU, M. & DELSON, E. 1999: Morphology and identification of a previously undescribed catarrhine tooth from the middle Miocene of Romania. — *American Journal of Physical Anthropology* **28**, 199.
- RĂDULESCU, C. & SAMSON, P. 1988: Les Cricétidés (Rodentia, Mammalia) du Miocène (Astaracien Supérieur) de Roumanie. — *Travaux de l'Institut de Spéologie "Emile Racovitza"* **37**, 67–78.
- VENCZEL M., HÍR J., HUZA, R. R., POPA, E. & GOLBAN, D. 2005: A new Middle Miocene vertebrate fauna from Subpiatră (Bihar County, Romania). — *Nymphaea* **32**, 23–38.
- VENCZEL & ȘTIUCĂ, E. (in prep.): Late Middle Miocene amphibians and squamate reptiles from Tauț, Romania. — *Geodiversitas*.
- Kézirat beérkezett: 2007. 11. 19.

I. tábla — Plate I

Aprógerinces-eletek partiumi lelőhelyekről — *Microvertebrate finds from the localities of Partium*

1. *Eurolagus fontannesi* p4-m2 zápfoga oldalnézetből (Kőalja, 2/1R), 2. *Cricetodon* sp. M2 zápfogának rágófelszíne (Tasád 1.), 3: *Cricetodon* sp. m3 zápfogának rágófelszíne (Tasád 1.), 4. *Megacricetodon* sp. állkapcs-töredéke M1 és M2 zápfogakkal (Kőalja, 2/1R), 5. *Latonia gigantea* baloldali csipőcsonttöredéke oldalnézetből (Kőalja, 2/2), 6. *Palaeobatrachus* sp. frontoparietale felülnézetből (Kőalja, 2/2), 7. *Diplocynodon* sp. foga (Kőalja, 2/1R), 8. *Diplocynodon* sp. oszteodermája felülnézetből (Kőalja, 2/1R). Mércse = 2 mm

1. *Eurolagus fontannesi* p4-m2 lateral view (Kőalja, 2/1R), 2. *Cricetodon* sp. M2 occlusal surface (Tasád 1.); 3: *Cricetodon* sp. m3 occlusal surface (Tasád 1.), 4. *Megacricetodon* sp. maxilla fr. with M1 és M2 molars (Kőalja, 2/1R), 5. *Latonia gigantea* ileum fr. sin., lateral view (Kőalja, 2/2), 6. *Palaeobatrachus* sp. frontoparietale, dorsal view (Kőalja, 2/2), 7. *Diplocynodon* sp. tooth (Kőalja, 2/1R), 8. *Diplocynodon* sp. osteoderma, dorsal view (Kőalja, 2/1R). Bar = 2 mm

A budai pannóniai képződmények

MÜLLER Pál¹, MAGYAR Imre²

¹Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14. (mullerp@mafi.hu)

²MOL Nyrt., 1117 Budapest, Október huszonharmadika u. 18. (immagyar@mol.hu)

The Pannonian deposits of the Buda Mountains

Abstract

Deposits of the Late Miocene Pannonian stage occur at surprisingly high elevations — up to almost 500 m above sea level — in the southern part of the Buda Mountains (on the top and the slopes of the Sváb-hegy in the western part of Budapest, Figure 1). The sedimentary succession usually starts with gravel and sand/sandstone, overlain by silty deposits. The latter are in turn capped by silts, clays, and freshwater limestone (Figure 2). Fossils of Late Miocene vertebrates and molluscs have long been known from these deposits. The uppermost siliciclastic units of the sequence, from right below the limestone, yielded partly freshwater and terrestrial snails (such as *Planorbarius*, *Lymnaea*, and *Succinea*), and partly species of *Melanopsis* and *Theodoxus*, the latter that were endemic to the nearshore, strongly freshwater-influenced regions of the brackish Lake Pannon. The freshwater limestone contained poorly preserved moulds of freshwater and terrestrial snails and thus its age remained uncertain until Late Miocene (Pannonian) vertebrates were recovered from its layers. However, unambiguous indications that the giant brackish Lake Pannon ever flooded the Buda Mountains is missing.

This paper introduces the first brackish endemic Lake Pannon bivalve fauna from the Buda Mountains. The fossils were collected in two locations. Construction works in Fodor street, at 305–310 m above sea level (Figure 2) — temporarily exposed a 7-metre-thick section of Pannonian sediments (Figure 3). The sequence consisted of a fine-grained quartz sandstone with thin pebbly intercalations and silt layers. The grey sandstone was unevenly tinted reddish by goethite and also contained some kaolinite. The fossils occurred as ornamented moulds within the sandstone. The following species were identified: *Paradacna* cf. *wurmbi* (LÖRENTHEY), *Congeria* cf. *simulans turgida* ANDRUSOV and *Dreissenomya* sp. (Figure 4).

The argillaceous marls intercalating the freshwater limestone (that outcrops at the eastern edge of the hilltop plateau in two sections at Normafa [Figures 2, 3]) contained endemic Pannonian molluscs characteristic of lagoonal environments. The following taxa were identified: ?*Anodonta* sp., *Unio* sp., *Dreissena* sp., *Lymnocardium decorum* (FUCHS), *Viviparus* sp., *Hydrobiidae* sp., *Micromelania* cf. *laevis* (FUCHS), *Theodoxus radmanesti* (FUCHS), *Theodoxus* sp., *Melanopsis* cf. *stirii* FUCHS, *Melanopsis* sp., *Lymnaeidae* sp., *Planorbidae* sp., and terrestrial species (Figure 4).

These faunas lived in the brackish Lake Pannon. The Normafa mollusc assemblage is similar to the classic Tihany fauna, and belongs to the *Lymnocardium decorum* zone (8.0–8.7 Ma). The Fodor street fauna is either of the same age or slightly older (*Lymnocardium ponticum* zone, 8.7–9.6 Ma; Figure 5).

The Pannonian layers in the Buda Mountains comprise one depositional cycle. The lower part of the sequence indicates high-energy lacustrine conditions. The gravel was derived from the underlying Palaeogene or Lower Miocene sediments. The sandstones may have originated from more distant sources and suffered fluvial transport. The overlying silty and shaly layers were deposited in low-energy environments, such as lagoons. The closing member of the sequence, the Nagyvázsöny Limestone probably formed in places where the ancestors of the present-day karstic thermal springs charged into very shallow lagoons and floodplain lakes, causing the deposition of calcareous mud. Any minor rise in the level of the brackish Lake Pannon, however, could switch off limestone deposition and facilitate the dispersal of shallow-water endemic mollusc species. The alternation of limestone layers, containing freshwater fossils and silty-clayey layers with endemic Lake Pannon fossils may be attributed to such environmental changes.

Flooding of the Buda Mountains by Lake Pannon was probably a consequence of a lake level rise. The Pannonian deposits are in conspicuously higher positions than the earlier Neogene formations in the vicinity. Although this pattern can be a result of tectonic subsidence right before the flooding by Lake Pannon and subsequent differential uplift, we suggest that the high level of Lake Pannon — significantly higher than the coeval sea level — also played an important role in the present-day high elevations of the lacustrine sequence.

Keywords: Late Miocene, Pannonian, Lake Pannon, Molluscs, Buda Mountains, Hungary

Összefoglalás

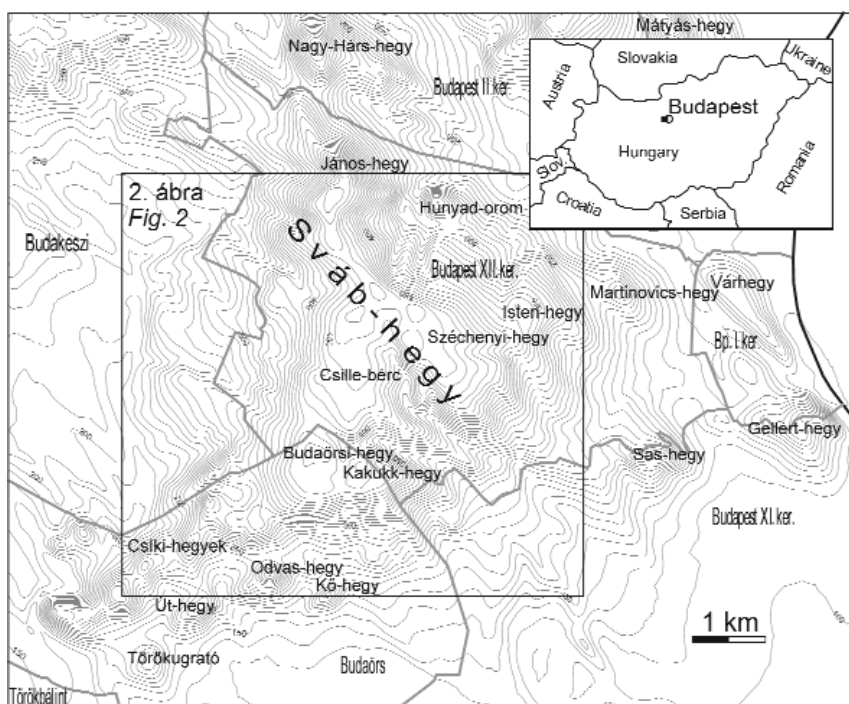
A pannóniai rétegek a Budai-hegyekben a tágabb értelemben vett Sváb-hegy fennsíkját és lejtőit fedik. Pontos korokról és a különböző fáciesű képződmények kapcsolatáról az irodalomban eltérő nézetek jelentek meg. Új lelőhelyek anyagának feldolgozása és a korábbi adatok, térképek értékelése révén kimutattuk, hogy a rétegsor egy ciklusnak tekinthető, s valószínű, hogy a *Lymnocardium decorum* zónába tartozik, esetleg alsó része valamivel idősebb is lehet (*Lymnocardium ponticum* zóna), kora így 8–9 millió év. Az összlet vastagsága változó, pontos adatok ugyan nincsenek, de valószínűleg helyenként nagyobb 150 méternél. A régebben leírt, a Disznófő-forrás melletti, csuszamlással helyére került réteget, amely lagunáris puhatestű faunát tartalmazott, eredeti településében sikerült megtalálni a normafai síugrószáncok közelében. A Budai-hegység első, egyértelműen brakkvízi, pannóniai kagylóegyüttesét Farkasréten, egy homokkőrétegben találtuk meg. A pannóniai rétegeknek a környék minden más neogén emeleténél lényegesen magasabb előfordulása az utólagos tektonikus kiemelkedés mellett a Pannon-tónak a világtengereket meghaladó vízszintjét is tükrözheti. Nyilvánvaló, hogy a magas szinten (közel 500 m tengerszint feletti magasságig) elhelyezkedő üledékeket a rétegsor felső tagja, az édesvízi mészkő óvta meg a lepusztulástól. Nyitott kérdés viszont, hogy a Budai-hegyek többi részén (esetleg a Pilis hegység egy részén is) milyen vastag volt a pannóniai üledék, s mekkora területet boríthatott.

Tárgyszavak: felső-miocén, pannóniai, Pannon-tó, mollusca-fauna, Budai-hegység

Bevezetés

A Budai-hegység (1. ábra), különösen azok pannóniai képződményei, érdekes módon az ország geológiailag kevésbé tanulmányozott részei közé tartoznak. A pannóniai rétegek a tágabb értelemben vett Sváb-hegy¹ fennsík

magas részein (ide értve a Kakukk-hegy, más néven Frank-hegy és a tőle alig elhatárolt Budaörsi-hegy fennsíkját), s e magaslatok lejtőin, helyenként közel 500 m tengerszint feletti magasságban (SCHEURER & SCHWEITZER 1974) fordulnak elő (2. ábra). A rétegsor általában kavicsal és homokkal, homokkővel kezdődik, kőzetlisztes képződmé-

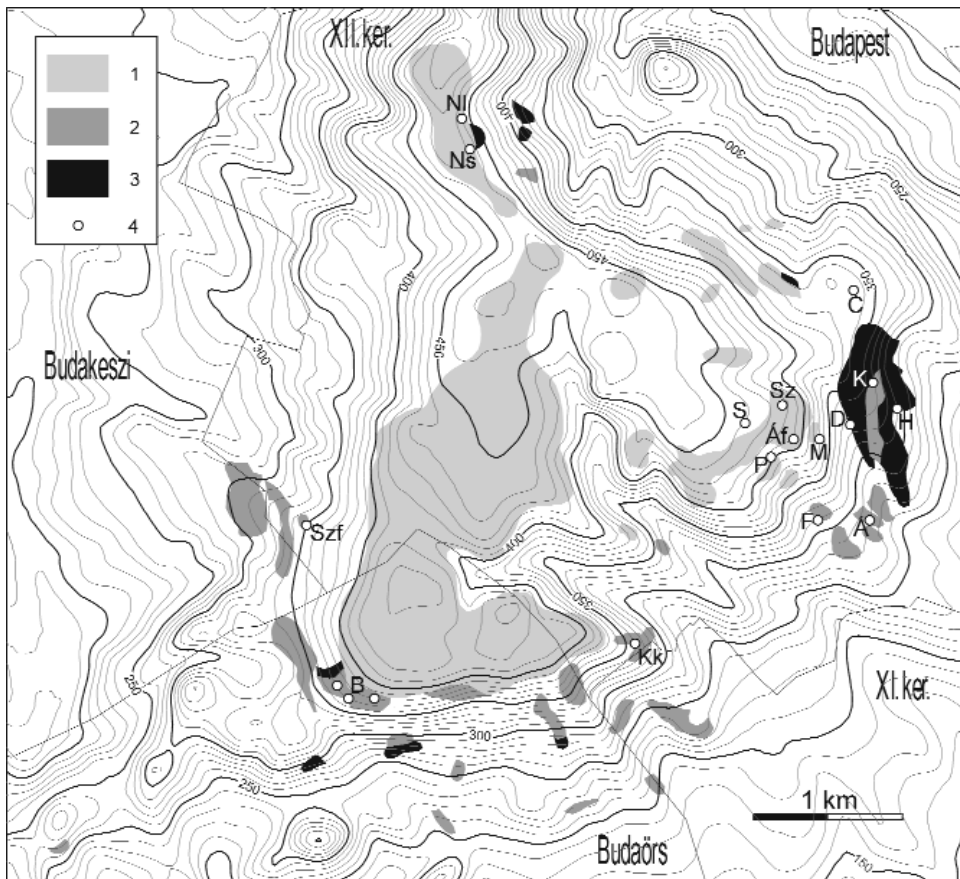


1. ábra. A Budai-hegység déli része

Figure 1. The southern part of the Buda Mountains

¹ A Budai-hegység déli részén az egyes magaslatok neve többször is változott az elmúlt három évszázad során. A terület legnagyobb vonulatát, az egykori Nyéki-hegyet a 17. század végétől Sváb-hegység neveztek, mert Buda 1686-os ostrománál a sváb tüzérség itt, pontosabban a mai Kis-Sváb-hegyen (Martinovics-hegy) építette ki állásait. A 19. század közepén a hegynek elsősorban a város felé néző magaslatai önálló neveket kaptak (pl. Isten-hegy). A 19. század vége óta a vonulat délkeleti, fennsíkyszerűen kiszélesedő tagját Széchenyi-hegységnek nevezik. Ezzel a Sváb-hegy elnevezés elvesztette eredeti geomorfológiai értelmét, és egyre inkább egy városrészt, a Széchenyi-hegy északkeleti lejtőin kiépült utcákat értették alatta. 1945 és 1990 között a Sváb-hegy elnevezés helyett a Szabadság-hegy nevet használták. Bár ezek a névváltozások természetesen tükröződnek a szakirodalomban is, a 20. században leggyakrabban a Széchenyi-hegy névvel kapcsolták össze a pannóniai édesvízi mészkő elterjedését, annak ellenére, hogy – amint azt a 2. ábra is mutatja – a mészkő legnagyobb összefüggő tömbje nem a Széchenyi-hegyen, hanem az attól nyugatra eső Csille-bércen található. Ebben a tanulmányban a Sváb-hegy elnevezést eredeti, tág értelmében használjuk (1. ábra).

nyekkel folytatódik, és végül agyaggal, márgával, és édesvízi mészkővel zárul. A rétegek korának meghatározását, ősföldrajzi és rétegtani beillesztésüket a medenceüledékek közé nagyon megnehezítette a ritka és sokszor nehezen meghatározható kövülettartalom, valamint a térbeli folyamatosság hiánya. A mészkőből sokáig csak édesvízi csigák rossz megtartási állapotú lenyomatait ismerték, ezért korát hol pannóniainak (LŐRENTHEY 1906, SCHRÉTER 1911), hol „levanteinek” (pliocénnek) tartották (SCHAFARZIK & VENDL 1929), de felmerült a pleisztocén keletkezés lehetősége is (SCHRÉTER 1953). A mészkőből előkerült



2. ábra. Pannóniai képződmények a Sváb-hegyen és környékén KISDINÉ BULLA et al. (1983) térképe alapján

1 – édesvízi mészkő, 2 – aleurit, festékföld („piktortégla”), 3 – konglomerátum, kavics, homokkő, 4 – a szövegben szereplő feltárások. S = Svájci út 14, C = Cédrus u. 3, D = Denevér utca kanyarodója, K = Költő u. „S”-kanyar, H = Hangya u. 24-gyel szemben, Á = Ágnes köz, F = Fodor u. – Hóvirág u. sarok, Kk = Kakukk-hegy keleti nyulvány, B = Budaörsi-hegy délnyugati lejtő, Szf = Szentászug fölött, P = Pinty u. 13, M = Melinda u. 17, Sz = Széchenyi-emlék út 13, Af = Ágnes u. felső szakasza, Ns = Normafa siugró, NI = Normafa-lejtő természetes feltárás

Figure 2. Pannonian formations in the southern Buda Mountains

The distribution of freshwater limestone (1), silt (2), and conglomerate, gravel, and sandstone (3) is based on the geological map of KISDINÉ BULLA et al. (1983). The localities mentioned in the paper: S = 14 Svájci str, C = 3 Cédrus str, D = curve of Denevér str, K = “S” curve of Költő str, H = oposite of 24 Hangya str, Á = Ágnes str, Kk = Kakukk Hill eastern ridge, B = Budaörs Hill south-western slope of Budaörs Hill, Szf = above the Szentászug, P = 13 Pinty str, M = 17 Melinda str, Sz = Széchenyi memorial str, Af = upper part of Ágnes str. The fossiliferous localities described in this paper are F (corner of Fodor and Hóvirág streets), Ns, and NI (Normafa)

gerincesfauna alapján ma már egyértelmű a képződmény késő-miocén kora (KRETZOI 1980; MÉSZÁROS 1999). A mészkő fekéjében települő törmelékes sorozatból elsőként éppen gerincesmaradványokat írtak le (PETERS 1857), így annak pannóniai (miocén) korát később sem vitatta senki. A sorozatból gyűjtött puhatestűfauna részben édesvízi formákból (*Planorbarius*, *Lymnaea*), részben a Pannon-tó erősen kiédesedő, parti környezeteiből ismert, endemikus *Melanopsis*- és *Theodoxus*-fajokból állt (LÖRENTHEY 1906). Nem lehetett kizárni annak lehetőségét, hogy ezek a rétegek nem a nagy, brakkvízű Pannon-tóban, hanem egy attól elszigetelt, esetleg magasabb térszínen fekvő, édesvízű üledékgyűjtőben rakódtak le.

A Budai-hegység pannóniai feltárásainak vizsgálatával arra a kérdésre kerestünk választ, hogy a különböző rétegek és fáciesek hogyan kapcsolódnak egymáshoz, és milyen földtörténeti folyamatokról árulkodnak. Elsőként gyűjtöttünk egyértelműen Pannon-tavi, brakkvízi kagylófaunát a képződményekből. Ezzel egyrészt pontosítani tudtuk a

rétegek korát, másrészt bizonyítást nyert, hogy valóban a Pannon-tó üledékeit találjuk a Budai-hegyek tetején. Ez a felismerés lényeges szerepet kaphat az ősföldrajzi viszonyok tisztázásában.

Kutatástörténeti összefoglalás

A sváb-hegyi pannóniai rétegek első fontosabb őslény-tani leletét báró EÖTVÖS József találta egy építőkö-szállítványban, amely a mai Denevér utca környékéről, egy pannóniai homokkőfejtőből érkezett. A leletben PETÉNYI SALAMON János egy miocén rinocérosz, az *Aceratherium incisivum* állkapcsát ismerte fel. A szakirodalomban PETERS (1857) hivatkozik először erre az ősmaradványra.

A Budapest és környéke pannóniai képződményeiről írt akadémiai székfoglalójában LÖRENTHEY (1906) egyebek között összefoglalta a Budai-hegység pannóniai kőzeteire vonatkozó korábbi megfigyeléseket és publikációkat, és

ismertette saját megfigyeléseit. Két részre osztotta a Széchenyi-hegy északi végén és a Háromkút-hegyen (ma Hármaskúti-tető), mintegy 450 m tengerszint feletti magasságon található pannóniai képződményeket: alul 10–12 m vastagságban agyag, homok, homokkő, felette pedig barnás, bitumenes édesvízi mészkő települt. Az alsó egységből Zugliget fölött, „a Disznófő közeléből, a régi Vasváry-féle villa melletti útról, laza, sárgás márgából” a korábbi, ugyaninnen való gyűjtések revíziójával és kiegészítésével az alábbi, 12 fajból álló faunát adta meg (a ma használatos nemzetségnévvel):

Melanopsis entzi BRUSINA

Melanopsis sturi FUCHS

Melanopsis sinzowi LÖRENTHEY

Planorbarius cornu (BROGNIART)

„*Gyraulus*” *bakonicus* HALAVÁTS

Valvata obtusaeformis LÖRENTHEY

Hydrobia pseudocornea BRUSINA

Succinea oblonga elongata BRAUN

Radix ovata (DRAPARNAUD)

Radix sp. ind.

Theodoxus radmanesti (FUCHS)

Theodoxus sp. ind.

LÖRENTHEY szerint ez a réteg “a *Congeria rhomboidea* szint édesvízi fáciése....., bár az sem lehetetlen, miszerint részben a *C. triangularis* és *C. balatonica* szintjének felel meg.” A felső egységből, a barnás, bitumenes édesvízi mészkőből általánosságban említi *Helix*-, *Planorbis*-, és *Lymnaea*-féléket (mind kőbelek). A mészkövet forrásvízi tó üledékének tartja, „olyanénak, mint a Lukácsfürdő tava”, és a szentkirályszabadjai és várpalotai „balatonmelléki édesvízi meszek” megfelelőjének tekinti. Az édesvízi bitumenes mészkő szerinte a pannóniai emelet legfelső rétegeinek felel meg, az „*Unio wetzleri*-s legfelső szintnek szárazföldi fáciése.”

SCHAFARZIK & VENDL (1929) ismertették a Széchenyi-hegy déli oldalán a Denevér utca pannóniai feltárásait. Megfigyelték, hogy a báziskonglomerátummal kezdődő pannóniai homokkő diszkordanciával települ a triász és az eocén rétegekre. A homok-homokkő vastagságát a környéken 50 m-re becsülték, míg az édesvízi mészkőét az Ágnes utca mentén mintegy 87 m-re. Szelvényeket is közöltek néhány feltárásról, újabb őslénytani adatot azonban nem említettek.

A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményeinek köztrétegtani beosztását megalapozó munkájában JÁMBOR (1980) a sváb-hegyi édesvízi mészkövet kőzettani jellemzői és ősmaradványtartalma alapján a Nagyvázsöny és Várpalota környéki pannóniai mészkövekkel azonos képződménynek, így a Nagyvázsnyói Mészkő Formáció részének tekintette. Megfigyelései szerint a formáció legnagyobb vastagságát éppen a Budai-hegységben éri el, ahol ez óvatos becsléssel is 40 m. Térképe alapján a mészkő fekéjében települő pannóniai rétegeket a Tihanyi és — kérdőjellel — a Kállai Formációba sorolta.

A Magyar Állami Földtani Intézet 1983-ban adta ki Budapest területének földtani térképét, amelyet KISDINÉ

BULLA Judit és munkatársai szerkesztettek Budapest építés-földtani térképezése (1968–1978), a szerzők 1978–1981 közötti reambulációja, és a területen 1982-ig mélyült fúrások eredményeinek felhasználásával. E térkép alapján jelöltük be a 2. ábrán a pannóniai rétegek kibúvárait a Budai-hegység területén. A térkép jelmagyarázata szerint ezek a kibúvások mind a *Congeria balatonica*-szintbe tartoznak.

Az 1970-es években Kordos László gerinces maradványokat gyűjtött a fogaskerekű vasút Széchenyi-hegyi végállomásától nem messze, a Svájci út 14. sz. ház¹ alapozása kapcsán feltárt édesvízi mészkő egy agyaggal kitöltött üregéből. Ebből az anyagból, és a mészkőből származó korábbi szórványleletekből KRETZOI (1980) 18 taxont azonosított, köztük két új fajt (*Szechenyia pannonica* n.g. n. sp. és *Turkomys stephanodus* n. sp.). A fauna egészét szárazság- és melegkedvelőként jellemezte. Korban a sümegei faunához tartotta közelállónak. Az anyag cickány-maradványainak modern feldolgozása alapján MÉSZÁROS (1999) az MN10-es zónába tartozó sümegei faunánál jóval fiatalabbnak, MN12 korúnak tekintette a Széchenyi-hegyi faunát.

Pannóniai feltárások és faunájuk a Budai-hegységben

A Sváb-hegyen a pannóniai rétegeknek ma már kevés természetes feltárása van. A képződményeket néhány régi, felhagyott fejtésben, de legtöbbször csak alapozási munkálatok során, korlátozott ideig lehet tanulmányozni. Mindegyik kőzettípus esetében gyakori jelenség, hogy a rétegek kis távolságon belül is jelentősen eltérő dőléseket mutatnak, vagy kifejezetten kaotikus rétegzettségűek. Ennek a lejtőn való megcsúszás lehet az oka.

Alsó összlet (kavics, homokkő, aleurit)

A pannóniai homokrétegek diszkordáns módon települnek a mezozoos vagy eocén fekére. A rétegsor alján gyakori a kavics és konglomerátum. A pannóniai homokkő és a feké Budai Márga kontaktusát a Cédrus u. 3. garázsépítkezésénél figyeltük meg. A pannóniai rétegek itt erős északi dőlést mutattak. A SCHAFARZIK & VENDL (1929) által részletesen leírt Denevér utcai feltárás (az utca északi végének kanyarodójában kibukkanó „kaolinpettyes homok”, homokkő) még most is megvan. Egy kb. 5 m magas homokkőfeltárás (valószínűleg felhagyott kőfejtő) található a Költő utca éles S-kanyarjának északi bevágásában, egy üres háztelken. A Hangya u. 24. számmal szemben, egy autófelfjáró építéskor 1 m vastagságban bukkan elő a pannóniai rétegsor: két barnás homokréteg között egy kékesszürke, kaolinos(?) kőzetlisztréteg. A rétegek kb. 10°-kal dőlnek délkelet felé, valószínűleg csúszás következtében. Kifejezetten kaotikus település jellemezte az Ágnes köz 3. alatti, 2,5 m vastagságban feltárt, fehér durva-

¹ A Svájci úton jelenleg nincs 14-es számú ház. Vagy a számozás változott, vagy KRETZOI adata pontatlan.

kőzetlisztből és kavicszinóros homokkőből álló rétegsort. Ebben már megjelentek a fedő kőzetlisztes egységre jellemző sárga, okkerszínű és fehér, kaolinites agyagok és aleuritok. A feltárások helyét a 2. ábra mutatja.

Ősmeradványai miatt kiemelkedően fontos a Hóvirág utca és Fodor utca találkozásának környéke. Itt két feltárást tanulmányoztunk. A Hóvirág utca 44–46-os telken a közműárok közel 4 m rétegvastagságban tárta fel a dolomit- és tűzkőtörmelékre települő pannóniai képződmények bázisát (3. ábra). A rétegsor 10–20° közötti délies dőlést mutatott.

Az utca másik oldalán, a Fodor u. 138–140. sz. házak alapgödreben egy kb. 7 m-es, szürke aleuritrétegekkel tagolt kavicszinóros homokkő-rétegsort lehetett felvenni (2, 3. ábra). Ebből a finomszemű, kissé sárgásbarna árnyalatú szürke, de helyenként vörösfoltos, életnyomokat is tartalmazó kvarchomokkőből került elő a Budai-hegység első pannóniai, brakkvízi kagylófaunája. Az ősmaradványok elszórtan, kis lencsékben fordultak elő. Megtartási álla-

potukat tekintve díszített kőbelek (vagyis a kőbelen a vázak külső díszítésének nyoma is látható) és lenyomatok. Az alábbi fajokat határoztuk meg:

Paradacna cf. *wurmbi* (LÖRENTHEY) (4. ábra A, B), 3 db

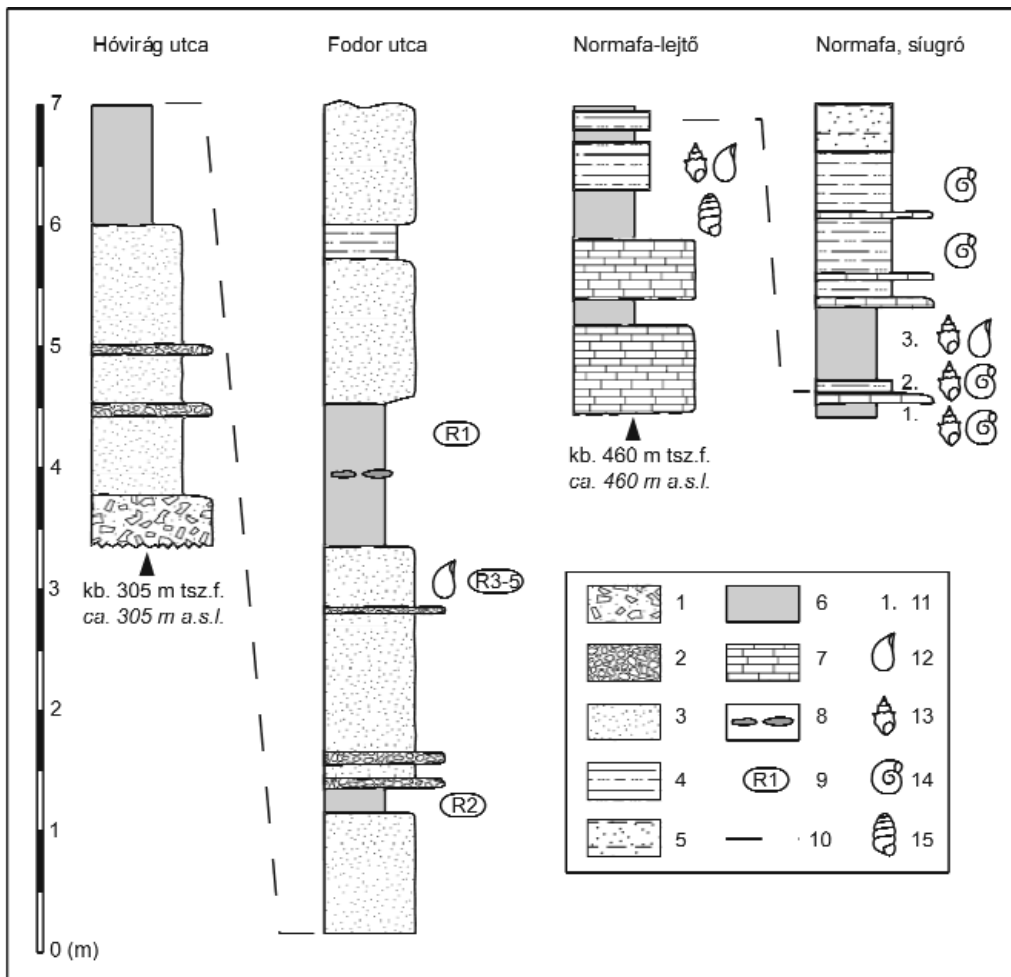
Congeria cf. *simulans turgida* ANDRUSOV (4. ábra D), 9 db

Dreissenomya sp. (4. ábra E, F), 5 db.

Az üledékbe beásó életmódot folytató *Paradacna* és *Dreissenomya* teknői jellemzően párosan, az epibentonikus *Congeriák* teknői páratlanul őrződtek meg. A kagylókon kívül egyszikű növények szármadványai is előkerültek.

A rétegek dőlése kb. 15 fok nyugat-északnyugat felé, de volt a feltárásnak olyan része is, ahol közel vízszintes település volt megfigyelhető.

A Budai-hegység pannóniai törmelékes összletére jellemző a „kaolin” előfordulása. A Fodor utcai feltárást több rétegből is készített röntgendiffrakciós elemzés (I. táblázat) szerint a kaolinit valóban fontos összetevő a kvarc, a muszkovit, és — az agyagos aleurit esetében — a kalcit

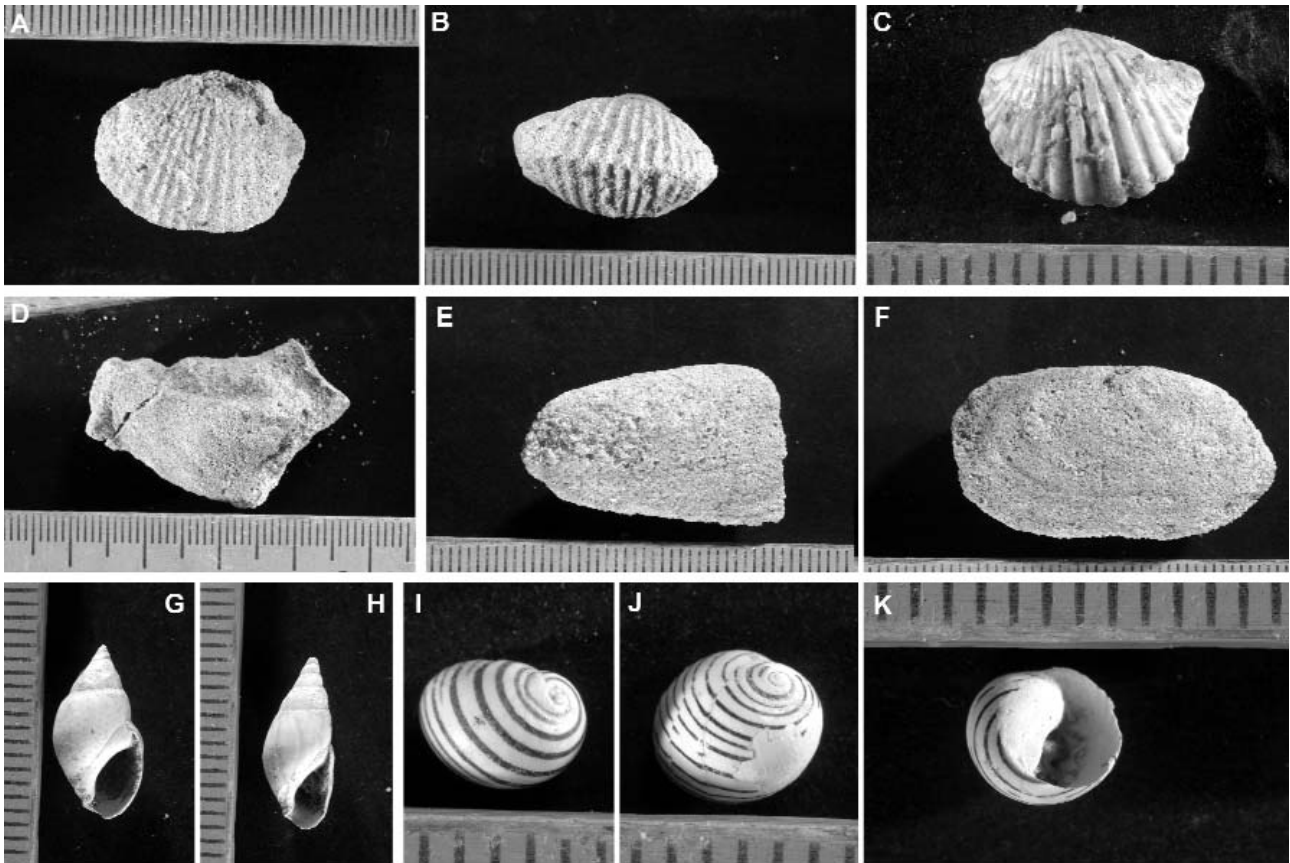


3. ábra. Puhatestű-maradványokat tartalmazó pannóniai feltárások a Fodor utca - Hóvirág utca és a Normafa környékén

1 – breccia, 2 – konglomerátum, 3 – homokkő, 4 – aleurit, 5 – tarka aleurit, 6 – agyag, agyagos aleurit, 7 – édesvízi mészkő, 8 – limonitos konkréciók, 9 – röntgendiffrakciós elemzés mintaszáma, 10 – javasolt korreláció a feltárások között, 11 – rétegszám, 12 – kagylók, 13 – brakkvízi csigák, 14 – édesvízi csigák, 15 – szárazföldi csigák

Figure 3. Fossiliferous localities at the corner of Fodor and Hóvirág streets and at Normafa

1 – breccia, 2 – conglomerate, 3 – sandstone, 4 – silt, 5 – variegated silt, 6 – clay, clayey silt, 7 – freshwater limestone, 8 – limonitic concretions, 9 – X-ray diffraction samples, 10 – suggested correlation between outcrops, 11 – number of layers, 12 – bivalves, 13 – brackish gastropods, 14 – freshwater gastropods, 15 – terrestrial gastropods



4. ábra. Brackvizi puhatestűek maradványai a budai pannóniai rétegekből

A, B – *Paradacna cf. wurmbi* (LÖRENTHEY), köbél; Fodor u. 138–140.; C – *Lymnocardium decorum* (FUCHS); Normafa síugró; D – *Congeria cf. simulans turgida* ANDRUSOV, köbél; Fodor u. 138–140.; E, F – *Dreissenomya* sp., köbél; Fodor u. 138–140.; G – *Melanopsis* sp.; Normafa-lejtő; H – *Melanopsis cf. sturi* FUCHS; Normafa-lejtő; I–K – *Theodoxus radmanesti* (FUCHS); Normafa-lejtő

Figure 4. Brackish-water molluscs from the Late Miocene Lake Pannonian deposits of the Buda Mountains

A, B – *Paradacna cf. wurmbi* (LÖRENTHEY), internal mould; 138–140 Fodor street; C – *Lymnocardium decorum* (FUCHS); Normafa (síugró); D – *Congeria cf. simulans turgida* ANDRUSOV, internal mould; 138–140 Fodor street; E, F – *Dreissenomya* sp., internal mould; 138–140 Fodor street; G – *Melanopsis* sp.; Normafa-lejtő; H – *Melanopsis cf. sturi* FUCHS; Normafa-lejtő; I–K – *Theodoxus radmanesti* (FUCHS); Normafa-lejtő

I. táblázat. A Fodor utca 138–140. alatti feltárás homokköveinek és aleuritjainak ásványos összetétele röntgendiffrakciós elemzés alapján. A mintavételi helyeket l. a 3. ábrán

Table I. Mineral composition of sandstones and silts based on X-ray diffraction analysis from the Fodor street outcrop. For sample locations see Figure 3

Minta	kőzet	illit	muszkovit	kaolinit	kvarc	plagioklász	kalcit	goethit
R1	agyagos aleurit		10	14	61	2	13	
R2	agyagos aleurit		10	14	42		33	1
R3	foltos homokkő			6	93			1
R4	foltos homokkő, barna rész		18	5	74			3
R5	foltos homokkő, vörös rész	4		8	86			2

mellett. A homokkő barna és vörös színét a néhány százalékban jelenlevő goethit okozhatta.

Középső, aleuritos összet

A rétegsor középső része főleg a Csiki-hegyekben, a Budaörsi- és a Kakukk-hegy lejtőin tanulmányozható, a turista-térképeken is jelzett egykori „piktortéglá-üregben”. A festékföldet sokszor vágatokból termelték ki, ezek

egy része ma is megvan, illetve a beomlott vágatok helyén a felszínen is tanulmányozhatók a rétegek. A kőzet hidrotermális hatásra erősen átalakult aleurit, homokkőpadokkal és elvéve rossz megtartású puhatestű-maradványokkal. VENDL (1923) szerint a helyenként fehér, másutt vörös színű anyagban alma nagyságú „gömbös csomókban” markazitkiválások fordulnak elő, amelyek „minden valószínűség szerint a hévforrásokkal működésükkel karöltve járó kénhidrogénes exhalációk hatására képződtek vastartalmú oldatokból”. Mi markazitkiválással nem találkoztunk.

A Kakukk-hegy keleti lejtőjén, 320–340 m magasságban, a turistaút mellett láthatók festékföldüregek. A kőzetanyag durva kőzetliszt és finomhomok. A Budaörsi-hegy délnyugati lejtőjén számos üreg és vajat tárja fel a szürke vagy fehér, okkerfoltos agyagos kőzetlisztet, amely homokkőrétegeket és homokkő-konkréciót is tartalmaz

(350–390 m tszf.). Szintén több feltárás található egymás mellett a Budaörsi-hegy Szénászug felé (északnyugatra) néző lejtőjén. A legnagyobb, kb. 5 m mély üregben (kb. 350 m tszf.) a kőzet zömmel világosszürke, közép- vagy durvaszemű kőzetliszt, homokos rétegekkel. Egyes szintek limonitosak, világos- vagy sötétbarnák. Előfordulnak kavicsos lencsék is. Több homokos rétegben is keresztretegzés figyelhető meg. A rétegek észak felé mintegy 10° dőlnek. Az üregek fölötti lapos háton nagy édesvízimész-kő-tömbök láthatók; ezek már a felső összetlet képviselik (2. ábra).

Felső összetlet

(agyag, márga, édesvízi mészkő)

A Pinty utca déli végében, a 13. sz. telken egy nagy építkezési alapgödörben tárult fel az édesvízi mészkő. A mészkő- és agyagrétegek kaotikus helyzete arra utal, hogy ez a tömeg már csúszással került jelenlegi helyére, ahol erős morfológiai lépcsőt képez; mögötte a térszín meredeken „leszakad” a Hóvirág utca felé. Ugyancsak megcsúszott édesvízi mészkövet, benne márgát és huminites réteget tárt fel a Melinda út 17. sz. alatti építési gödör. Dőlésük kb. 20° volt a hegy felé.

A Széchenyi-emlék út 13. sz. alatti telken egy kb. 4 m mély gödörben az 1 méteres talajtakaró és törmelék alatt 1 m mészkő, alatta 20 cm márga, 1,6 m mészkő, végül egy 20–30 cm-es mészkőréteg következett, ez utóbbit vékony, növény-maradványos agyag választotta el a felette települő mészkőtől.

Az Ágnes utca legfelső szakaszán, két egymás melletti telken, néhány méteres feltárásokban mészkő- és márgarétegek váltakoztak vékony kőzetliszt- és agyagzsinórokkal. Gyakoriak voltak a limonitos gumók. Egy fehér márgaréteg rossz megtartású édesvízi tüdőscsigákat (*Lymnaeidae*, *Planorbidae*?) tartalmazott (2. ábra).

Fossziliákban kifejezetten gazdag rétegeket azonban nem itt, a hegy déli peremén, hanem a Normafa-gerinc keleti oldalában találtunk, 460–470 m közötti magasságban (2. ábra). A síugró sánc melletti szállodaépület közvetlenül a mészkőfennsík peremére épült. Az épületet a lejtő felől pillérek támasztják meg. Az egyik pillér alapozásához ásott gödörben egy közel 3 m vastag rétegsort sikerült felvenni (3. ábra). A rétegsor teteje kb. 6 méterrel volt a fennsík alatt. A feltárás zömét különböző színű kőzetlisztrétegek adták, de előfordultak vékony mészkőrétegek is. A rétegsor felső kétharmadából csak rossz megtartású édesvízi tüdőscsigák kerültek elő, az alsó három rétegből azonban elsősorban brakkvízi formákat gyűjtöttünk.

1. réteg:

Anodonta sp.
Dreissena sp.
Melanopsis fuchsi HANDMANN
Melanopsis sturi FUCHS
Theodoxus radmanesti (FUCHS)
Planorbarius sp.
Planorbidae sp.

2. réteg:

Dreissena sp.

Unio sp.

Melanopsis fuchsi HANDMANN

Valvata obtusaeformis LÖRENTHEY

Radix sp.

Planorbarius sp.

Gyraulus sp.

3. réteg:

Lymnocardium decorum (FUCHS) (4. ábra C)

Melanopsis sturi FUCHS

Melanopsis sp.

Theodoxus radmanesti (FUCHS)

Viviparus cf. *loczyi* HALAVÁTS

Stagnicola sp.

A feltárástól mintegy 150 m-re északra a Normafa-lejtőn, hasonló morfológiai és magassági helyzetben csak egész vékony törmelék borítja a pannóniai rétegek természetes feltárását (2. ábra). Itt egy 2,5 m vastag rétegsort sikerült azonosítani, amelynek alsó része zömmel édesvízi mészkőből, felső része pedig agyag- és kőzetlisztrétegekből állt (3. ábra). Ezek a felső rétegek mind faunájuk, mint kőzettani kifejlődésük alapján nagy valószínűséggel párhuzamosíthatók a síugró sáncnál leírt rétegsor legalsó rétegeivel. Az alábbi puhatestűeket azonosítottuk:

?*Anodonta* sp.

Unio sp.

Dreissena sp.

Lymnocardium decorum (FUCHS)

Melanopsis cf. *sturi* FUCHS (4. ábra H)

Melanopsis sp. (4. ábra G)

Theodoxus sp.

Theodoxus radmanesti (FUCHS) (4. ábra I–K)

Viviparus sp.

Micromelania cf. *laevis* (FUCHS)

Hydrobiidae sp.

Valvata sp.

Stagnicola sp.

Anisus sp.

?*Mesodontopsis* sp.

Gastrocopta nouletiana (DUPUI)

Carychium cf. *sandbergeri* HANDMANN

Vertigo angustior oecensis (HALAVÁTS)

A két feltárásból előkerült puhatestű-fauna lényegében azonos LÖRENTHEYNEK a kutatástörténeti fejezetben említett, a Disznófő közelében gyűjtött anyagával. Ez utóbbi kőzetanyaga nyilvánvalóan a Normafa-lejtőn történt tömegmozgással, sokkal magasabbról került a mai helyére.

Diskusszió

Települési helyzet, vastagság

A Budai-hegység pannóniai képződményeinek vastagsága nem könnyen becsülhető. A rétegsort teljesen átharantoló, biztosan kiértékelhető fúrásleírást nem találtunk. A pannóniai édesvízi mészkővel fedett fennsík általában 400–450 m tengerszint feletti magasságban van, de a János-

hegy közelében, a Hármasküti-tetőn csaknem 500 méteres szintre emelkedik. A hegy délnyugati, déli oldalain a „pik-tortéglá” feltárásai települési helyzetük (jelentéktelen dőlések) alapján valószínűleg eredeti, tömegmozgással nem befolyásolt helyzetben vannak, térképről leolvasott szintjük általában 320–390 m tengerszint feletti magasságban van (2. ábra). Ezek a rétegek jó közelítéssel a sorozat alján foglalnak helyet, alattuk csak néhány méternyi homokkő és/vagy konglomerátum várható. A rétegsor vastagsága tehát a települési helyzet alapján (a különböző tektonikus kiemeltség lehetőségét számításba nem véve) helyenként valószínűleg több 150 méternél. A fennsík helyzetéből nagyon enyhe, dél–délnyugati dőlésre, esetleg kisebb vetőkire lehetne következtetni, de ennek közelebbi vizsgálatahoz nincs elég adatunk.

A Fodor utcai, szintén a rétegsor aljához közel lévő faunás homokkő 305–310 m tengerszint feletti magasságban van, de helyzetét valószínűleg tömegmozgás befolyásolta. Erre utal a mért 15 fokos nyugati, északnyugati dőlés.

Az általános földtani helyzet alapján valószínű, hogy a pannóniai transzgresszió erősen szabdalt, egyenetlen térszint öntött el, tehát az összlet vastagsága is igen változó, természetesen a kiékelődés helyein (például a János-hegy közelében) nullának tekinthető.

Üledékképződési környezetek

A pannóniai rétegek, akárcsak a Dunántúli-középhegység más területein, a Budai-hegységben is egyetlen nagy elöntési-feltöltődési ciklust alkotnak. A hegység egy részének elöntése a Pannon-tó relatív vízszintemelkedésének következménye volt, ebben pedig a tektonikus süllyedés és az „abszolút” vízszint emelkedése egyaránt szerepet játszhatott. A rétegsor alsó rétegei litorális környezetre utalnak. A talpon kavicsos szintek is találhatóak, melyek feltehetően helyi alsó-miocén (és/vagy eocén, ill. oligocén) kavicsok áthordásából erednek. FÖLDEVÁRI (1932) ezzel szemben folyóvizek torkolati üledékek tartja ezt a „vörös színű bázis-konglomerátot”, amely így szerinte a Pannon-tó közvetlen partvonalának felismerésére használható. A homokkővek anyagának zöme már feltehetően valóban folyóvízi behordásból ered, még ha a hullámozás terítette is el a homokot a partvonal mentén. A durvatörmelékes, litorális üledékek fölött uralkodóan kőzetlisztes és agyagos rétegek következnek. Ezek nem mélyvízi képződmények, hanem valószínűleg lagúnaüledékek.

A mészkő a pannóniai üledéksorban általában nagyon ritka (éles ellentétben a badeni és szarmata képződményekkel). Disztális, mélyvízi üledéksorban hemipelágikus mészmárga, pelágikus mészkő előfordul ugyan, de természetesen a Budai-hegység mészkövének eredete teljesen más. Nagyon valószínű, hogy a mai Dunához közeli karsztos melegforrások ősei a Dunántúli-középhegység peremén számos helyen fakadtak, így a Budai-hegység keleti–délkeleti szegélyterületein is. A Nagyvásonyi Mészkő Formáció (BUDAI et al. 1999), ahová a Budai-hegység pannóniai mészkövei is sorolhatók, ott keletkezett, ahol a források vize

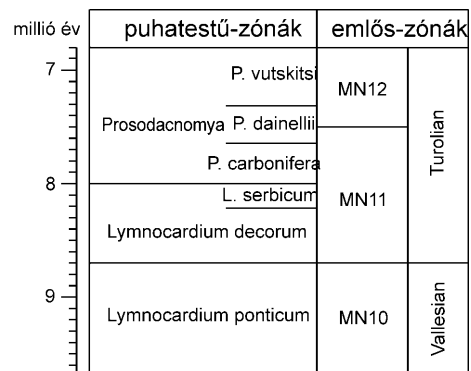
sekély, csaknem elzárt lagúnákba, illetve lefűződött tavakba ömlött, ezek igen sekély vízből iszapként rakódott le a mészkő. Kisebb vízszintemelkedéskor viszont a Pannon-tó vízminősége dominált, ez megakadályozta a mészkő képződését, és lehetővé tette a sekélyvízi, lagúnás jellegű endemikus fajok megtelepedését (*Lymnocardium decorum*, *Theodoxus*, *Melanopsis*, *Viviparus*).

Rétegtan, kor

A Budai-hegység pannóniai képződményei nehezen datálhatók. A Csiki-hegységben található, festékföldnek bányászott anyagban alig van ősmaradvány. Az édesvízi mészkő rossz megtartású édesvízi, szárazföldi csigafaunája olyannyira keveset mond a korról, hogy többen is „levantei” korúnak tartották, tulajdonképpen elfogadható érvek nélkül, csupán magas települési helyzete alapján. SCHRÉTER (1953) szerint „a pannon törmelékes sorozat felett települő édesvízi mészkő a Széchenyi-hegyen akár pleisztocén is lehet.”

A KRETZOI (1980), majd részben MÉSZÁROS (1999) által ismertetett, a Svájci útnál talált gerincesmaradványok a gyűjtést végző KORDOS szóbeli közlése (2006) szerint az édesvízi mészkő repedéseit, üregeit kitöltő vörös agyagból kerültek elő. Ez azt jelenti, hogy az MN12 emlőszónába (7,5–6,8 millió év; 5. ábra) sorolt faunánál (MÉSZÁROS 1999) akár jóval idősebb is lehet a mészkő. A normafai síugró sánc körül zajló építési munkák során édesvízmészkő-rétegek közül, tavi agyagból újra kerültek elő csontok. A publikálatlan anyag KORDOS szóbeli közlése (2006) alapján valószínűleg az MN10 zónába (9,7–8,7 millió év; 5. ábra) tartozik. Az emlősmaradványok mellől puhatestűek vázait is begyűjtötték, és ez a fauna rendkívül hasonló az általunk talált és meghatározott együtteshez.

Ez utóbbi sok hasonlóságot mutat a tihanyi Fehérpart faunájával (MÜLLER & SZÓNOKY 1988, 1990; MÜLLER 1990). Különösen fontos a *Lymnocardium decorum* jelenléte, amely az ugyanilyen nevű litorális puhatestűzónába való besorolást teszi lehetővé. A *Lymnocardium decorum* zóna kora MAGYAR et al. (2007) szerint 8–8,7 millió év (5. ábra).



5. ábra. Puhatestű- és emlős-zónák a pannóniai emelet 9,7 és 6,8 millió év közötti szakaszából

Figure 5. Mollusc and mammal biozones from the 9.7–6.8 Ma interval of the Pannonian stage

A mészkő és márga fekéjében települő Fodor utcai homokkő kagylófaunája kor szempontjából ismét nehezebben értékelhető. Az itt talált fajok vagy ugyanabba a biozónába tartoznak, mint a márga faunája (*Lymnocardium decorum* zóna), vagy kicsit idősebbek is lehetnek (*Lymnocardium ponticum* zóna; 8,7–9,6 millió év (MAGYAR et al. 2007; 5. ábra). Az előbbi esetben pl. Radmanest (GILLET & MARINESCU 1971), az utóbbiban Dáka (SZILAJ et al. 1999) faunájával lennének korrelálhatók; mindkét itt említett lelőhelyen megtalálhatók a sváb-hegyi kis fauna fajai.

Ősföldrajz

A Budai-hegyek pannóniai üledékes kőzetei feltűnően magasabb helyzetben vannak, mint a környéken a neogén korábbi (alsó-miocén, badeni és szarmata) kőzetei. Hasonló a helyzet a Dunántúli-középhegység dél–délkeleti részein a Budai-hegyektől a Keszthelyi-hegységig, sőt a Mecsekben is (CHIKÁNNÉ JEDLOVSZKY & KÓKAI 1983). Páty és Biatorbágy környékén szarmata mészköveket találunk 350–360 m tengerszint feletti magasságban, míg a Budai-hegyekben a Sváb-hegy felső részén a pannóniai mészkő szintje csaknem 500 méter tengerszint feletti magasságban található (2. ábra). Az eltérések egyik oka — az üledékképződéssel egyidejű tektonikus süllyedés, illetve az utólagos differenciált kiemelkedés mellett — az lehetett, hogy a Pannon-tó vízszintje a világtengerekénél magasabban helyezkedett el. Erre utal legalábbis, hogy a tó endemikus faunája időközönként kiáramlott a medencéből a Keleti-Paratethys, illetve a Földközi-tenger irányába, míg ellenkező irányú vándorlás — ismereteink szerint — nem történt (MÜLLER et al. 1999). A Dáciai-medence felé való kifolyás hipotézisét erősíti meg a Vaskapu környékéről a közelmúltban leírt nagy miocén végi – pliocén Gilbert-delta (CLAUZON et al. 2005), illetve modellszámítások is (LEEVEY 2007).

Hol húzódtott a Pannon-tó partvonala? Ahol hiányzik, ott lepusztult a tó üledéke, vagy nem is volt a terület előntve? Nehéz erre a kérdésre válaszolni, de bizonyosnak tűnik, hogy sok pannóniai üledék pusztult le nem csak a Budai-

hegység területéről, hanem a környező térszínekről is. A Fodor utcai feltárástól 14 km-re keletre, Kőbánya területén, 140 m-nél nem magasabb helyzetben jelennek meg a Pannon-tó mélyebb vízi, szublitóralis üledékei (HORUSITZKY 1933). Ezek a biosztratigráfia által lehetővé tett felbontáson belül egykorúak a sváb-hegyi homokkövekkel. A tónak ezt a nyíltabb, parttól távolabbi környezetét is időnként nagy számban népesítették be a *Dreissena* fajok, a Fodor utcai feltárást leggyakoribb kagylói (MAGYAR et al. 2006). A két terület között azonban ma teljesen hiányzanak a pannóniai üledékek.

Feltehető, hogy a Budai-hegység magasabb részei, így pl. a János-hegy vagy a Nagy-Kopasz kiálltak a tóból, de például a tágabb értelemben vett Rózsadomb jelentős részén lehetett pannóniai üledék. (A Ferenchegy-barlangban és környékén, hasadékkitöltésként, számos helyen vannak jelentős homokos kavics tömegek, bár ezek lehetnek folyami eredetűek is). A területen a pannóniai rétegsor feltehetően nem tartalmazott jelentős mennyiségű mészkövet, ezért könnyen lepusztult. A Sváb-hegy fennsíkján nyilvánvalóan karsztos (hévízes?) források járultak hozzá az elszigetelt öblök, kisebb tavak vizének kalcium-hidrokarbonát tartalmához, s ezzel a mészkőképződéshez (LÖRENTHEY 1906, p. 331). A mészkőréteg, mint az erózió ellenálló fedő, eredményezte a laza üledékek megmaradását.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük KORDOS Lászlónak a sváb-hegyi gerincesmaradványok rétegtani értelmezésével kapcsolatos adatokat. A szárazföldi és édesvízi puhatestű-maradványokat KROLOPP Endre határozta meg, a röntgendiffrakciós vizsgálatokat KOVÁCS PÁLFY Péter végezte a MÁFI laboratóriumában. A térképek elkészítéséhez MÉSZÁROS Csabától kaptunk segítséget. Köszönjük a lektorok, BOHN Péterné és SZTANÓ Orsolya hasznos észrevételeit. A tanulmány az OTKA támogatásával készült (T032866).

Irodalom — References

- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L. & MAJOROS GY. 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék 1:50 000-es földtani térképéhez. — *MÁFI alkalmi kiadványa* **197**, 257 p.
- CHIKÁNNÉ JEDLOVSZKY M. & KÓKAI A. 1983. Felső-pannóniai abrázios színlő a Misina-Tubes vonulat (Mecsek hegység) DNy-i oldalán. — *MÁFI Évi Jelentés 1981-ről*, 249–261.
- CLAUZON, G., SUC, J.-P., POPESCU, S. M., MARUNTEANU, M., RUBINO, J.-L., MARINESCU, F. & MELINTE, M. C. 2005: Influence of Mediterranean sea-level changes on the Dacic Basin (Eastern Paratethys) during the late Neogene: the Mediterranean LagoMare facies deciphered. — *Basin Research* **17**, 437–462.
- FÖLDVÁRI A. 1932: Pannonkori mozgások a Budai-hegységben és a felsőpannon tó partvonala Budapest környékén. — *Földtani Közlemények* **61**, 51–63.
- GILLET, S. & MARINESCU, FL. 1971: La faune malacologique pontienne de Radmanesti (Banat Roumain). — *Institut Géologique Memoires* **15**, 1–78.
- HORUSITZKY H. 1933: Budapest székesfőváros geológiai viszonyai. — *Földtani Közlemények* **63**, 20–49, 117–153.
- JÁMBOR Á. 1980: A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **62**, 259 p.

- KISDINÉ BULLA J., RAINCSÁKNÉ KOSÁRY Zs. & SZABÓNÉ DRUBINA M. (szerk.) 1983: *Budapest területének földtani térképe (Geological map of the Budapest area)*. — Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- KRETZOI M. 1980: Fontosabb szórványleletek a MÁFI gerinces-gyűjteményében 5. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1978. évről*, 347–358.
- LEEVEER, K. 2007: Foreland of the Romanian Carpathians. Controls on late orogenic sedimentary basin evolution and Paratethys paleogeography. — *Manuscript*, PhD Thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, 182 p.
- LŐRENTHEY I. 1906: Budapest pannóniai- és levantei-korú rétegei és ezek faunája. — *Mathematikai és Természettudományi Értesítő* **24**, 298–342.
- MAGYAR, I., MÜLLER, P. M., SZTANÓ, O., BABINSZKI, E. & LANTOS, M. 2006: Oxygen-related facies in Lake Pannon deposits (Upper Miocene) at Budapest-Kőbánya. — *Facies* **52**, 209–220.
- MAGYAR, I., LANTOS, M., UJSZÁSZI, K. & KORDOS, L. 2007: Magnetostratigraphic, seismic and biostratigraphic correlations of the Upper Miocene sediments in the northwestern Pannonian Basin System. — *Geologica Carpathica* **58**, 277–290.
- MÉSZÁROS L. 1999: Néhány tafonómiai megfigyelés magyarországi felső-miocén Soricidae (Mammalia) maradványokon. — *Földtani Közlemény* **129**, 159–178.
- MÜLLER P. 1990: Revised and other species of malacofauna from Tihany (Fehérpart) in Hungary. — In: STEVANOVIĆ, P. M., NEVESSKAJA, L. A., MARINESCU, FL., SOKAC, A. & JÁMBOR, Á. (eds): Chronostratigraphie und Neostatotypen. Neogen der Westlichen (“Zentrale”) Paratethys VIII, P11, Pontien. JAZU and SANU, Zagreb–Beograd, 558–581.
- MÜLLER P. & SZÓNOKY M. 1988: Tihanyi félsziget, Tihany, Fehér-part. (Fehér-part, Tihany Peninsula). — Magyarország Geológiai Alapszelvényei, Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, 4 p.
- MÜLLER, P. & SZÓNOKY, M. 1990: Faciostratotype the Tihany-Fehérpart (Hungary) (“Balatonica Beds”, by Lőrenthey, 1905). — In: STEVANOVIĆ, P. M., NEVESSKAJA, L. A., MARINESCU, FL., SOKAC, A. & JÁMBOR, Á. (eds): Chronostratigraphie und Neostatotypen. Neogen der Westlichen (“Zentrale”) Paratethys VIII, P11, Pontien. JAZU and SANU, Zagreb–Beograd, 427–435.
- MÜLLER, P., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999: The endemic molluscs of the Late Miocene Lake Pannon: their origin, evolution, and family-level taxonomy. — *Lethaia* **32**, 47–60.
- PETERS, K. 1857: Geologische-Studien aus Ungarn. I. Die Umgebung von Ofen. — *Jahrbuch d. k. k. geol. R. A.* **8**, p. 308.
- SCHAFARZIK F. & VENDL A. 1929: Geológiai kirándulások Budapest környékén. — Magyar Királyi Földtani Intézet, Stadium Sajtóvállalat Rt., 341 p.
- SCHUEER GY. & SCHWEITZER F. 1974: Új szempontok a Budai-hegység környéki édesvízi mészkőösszletek képződéséhez. — *Földrajzi Közlemények* **22**, 113–134.
- SCHRÉTER Z. 1911: Harmadkori és pleisztocén hévforrások tevékenységének nyomai a budai hegyekben. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* **19**, 179–231.
- SCHRÉTER Z. 1953: A Budai- és Gerecsehegység peremi édesvízi mészkő előfordulásai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1951. évről*, 111–148.
- SZILAJ, R., SZÓNOKY, M., MÜLLER, P., GEARY, D. H. & MAGYAR, I. 1999. Stratigraphy, paleoecology, and paleogeography of the “*Congerina unguilacprae* beds” (= *Lymnocardium ponticum* Zone) in NW Hungary: study of the Dáka outcrop. — *Acta Geologica Hungarica* **42**, 33–55.
- VENDL A. 1923: Reambuláció Budaörs környékén. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1917–1919-ről*, 42–47.
- Kézirat beérkezett: 2007. 12. 05

On the identity of *Projenneria neumayri* (HILBER, 1879) with the description of a new species of the genus *Projenneria* DOLIN, 1997 from the Badenian of the Central Paratethys

(Mollusca: Gastropoda: Cypraeoidea)

Dirk FEHSE*, Zoltán VICIÁN **

* Nippeser Str. 3, D–12524 Berlin, Germany, e-mail: Dirk.Fehse@rohde-schwarz.com

** Budapest, H–1158, Neptun u. 86. 10/42, e-mail: zvician@t-online.hu

A Projenneria neumayri (HILBER, 1879) validitása és egy új *Projenneria* DOLIN, 1997 faj a Középső-Paratethys badeni korú rétegeiből

Összefoglalás

Az Ománi Szultánság (Arab-félsziget) miocén rétegeiből nemrég előkerült új *Projenneria sabaae* FEHSE in HARZHÄUSER, 2008 faj leírása miatt szükségessé vált a család eddig ismert fajainak revíziója. Ennek eredményeképp a Középső-Paratethys badeni rétegeiből – Ausztria, Magyarország és Románia – leírt *Projenneria neumayri* (HILBERT, 1879) validitása megerősítést nyert. Ezidáig a *neumayri* szinonimájaként elfogadott *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894) önálló fajnak bizonyult. A *lapugyensis* mellett egy harmadik *Projenneria* DOLIN, 1997 fajt sikerült elkülönítenünk melyet jelen cikkünkben *Projenneria albopunctata* sp. nov.-ként írjuk le. Az új fajt számos lelőhelyen sikerült megtalálni: Forchtenau (Ausztria), Lapugiu de Sus (Romania), Sámsonháza, Márkháza (Magyarország). Az elkülönítés megerősítése érdekében az új faj részletes összehasonlítását adjuk a család többi világszerte előkerült tagjával.

Tárgyszavak: *Mollusca, Cypraeoidea, Pediculariidae, Projenneria, badeni, Ausztria, Románia, Magyarország*

Abstract

The identity of *Projenneria neumayri* (HILBER, 1879) has been ascertained without any doubt. The validity of *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894) as a distinct species has also been confirmed. However, *Cypraea (Pustularia) rudolphoernesii* HALAVÁTS, 1884 has only been identified under the category *nomen dubium*.

In this paper a third species, referred to as *Projenneria albopunctata* nsp. from the Middle Miocene (Badenian) of the Paratethys of Forchtenau (Austria), Lapugiu de Sus (Romania), and Sámsonháza, Márkháza, (Hungary) is described. Comparisons are made with similar species of the genus.

Keywords: *Mollusca, Cypraeoidea, Pediculariidae, Projenneria, Badenian, Austria, Romania, Hungary*

Introduction

During the description of a new *Projenneria* from the Early Miocene of Oman (FEHSE in HARZHÄUSER, *in press*) it was necessary to study related species. The most similar species is *Projenneria neumayri* (HILBER, 1879). Unfortunately, it seems that HILBER's species has been the subject of an incorrect identification. Namely, HOERNES & AUINGER (1880: 58, pl. 8, fig. 3) mentioned *P. neumayri* once again and they only cited HILBER, HOERNES & AUINGER did not mention why they considered a description to be necessary. However, HILBER's description can be regarded as the valid one and has preference over any other. HOERNES (1852: 71, pl. 8, fig. 13) and HOERNES & AUINGER (1880: 61, pl. 7, figs. 7, 8) also

mentioned *Jenneria duclosiana* (BASTEROT, 1825) from the Badenian deposits. The Badenian specimen is not identical with BASTEROT's species. Therefore, SACCO (1894: 57) renamed the Badenian form as *Jenneria duclosiana* var. *lapugyensis*. SCHILDER (1925: 128) started the confusion in his revision of the Cypraeoidea. He argued, in a passage which is not easy to follow: “*Cypraea neumayri* ist ohne Zweifel eine junge *duclosiana*, da sie aber aus dem Verbreitungsgebiete ihrer östlichen Rasse *lapugyensis* beschrieben wurde, nur auf diese zu beziehen; ihr Name muß also an Stelle des jüngeren Namens *lapugyensis* treten.” [“*Cypraea neumayri* is without doubt a juvenile *duclosiana*, but since it was described from the distribution area of its eastern race (*lapugyensis*), it can be applied only on the

first; its name has to be placed before the younger name *lapugyensis*.”]. SCHILDER equated the specimens shown by HOERNES & AUINGER in plate 7, figs. 7 and 8 — “*duclosiana*” (= *lapugyensis*) — with the specimen shown in plate 8, fig. 3 — “*neumayri*”. In SCHILDER’s opinion the latter is only a juvenile form of the specimens in plate 7, figs. 7 and 8. Indeed *P. neumayri* is based on a subadult specimen — i.e. the shell already shows an almost developed dentition but the spiralling threads are not fully covered by the callus, it seems that it was this that misled SCHILDER into making his assumption. Here SCHILDER was mistaken. In reality, the specimens shown by HOERNES & AUINGER represent in reality two distinct species — *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894) in plate 7, figs. 7 and 8 and *Projenneria neumayri* (HILBER, 1879) in plate 8, fig. 3. Unfortunately, DOLIN (1997: text figs. 5a, 5b) accepted SCHILDER’s misinterpretation.

Seven years later SCHILDER (1932: 206) increased the confusion when he accepted HALAVÁTS’ species *rudolph-hoernesii* (1884: 176, pl. 4, figs. 3a, 3b) as subspecies of *P. neumayri*. However, HALAVÁTS’ form has nothing in common with the genus *Projenneria*. He based his description on eroded and subadult specimens of uncertain identity. His description concerning the colouration — red dorsum with white spots — can be seen in well-preserved specimens of *P. lapugyensis*, however, the specimens shown by him are similar to *Miolyncina hieroglyphica* (SCHILDER, 1923). Therefore, HALAVÁTS’ species is a *nomen dubium*.

The genus *Jenneria* JOUSSEAUME, 1884 — well-known by the recent Panamaian species *J. pustulata* (SOLANDER, 1786) — is characterised by dorsally distinctly pustulated shells with denticles extended as strong folds onto both ventral margins. In contrast to this genus *Projenneria* DOLIN, 1997 consists of shells that are dorsally smooth or almost so, with ventral folds that are usually absent before reaching the margins. Juvenile shells of both genera are ornamented by a shell grid, reminiscent of the shells of the genus *Cyprædia* SWAINSON, 1840. The shell ornament is completely covered by a callus when fully matured. Therefore, the genera *Jenneria* and *Projenneria* belong to the family Pediculariidae.

While studying specimen Nos. 512, 514, 515, 517, 11167, 11171, 11174 to 11177 — labelled as “*Cypropterina* (*Cypræotrivia*) *neumayri*” in SCHILDER’s collection deposited at the Humboldt Museum at Berlin — it turned out that specimens numbers 517, 11167 and 11171 represent a third Badenian species of the genus *Projenneria*. This species is described in the following as *Projenneria albopunctata* sp. nov.

Systematic part

Abbreviations:

CS — the collection of FRANZ ALFRED SCHILDER, deposited in the Zoological Museum of Natural History, Humboldt University, Berlin, Germany.

DFB — the collection of DIRK FEHSE, Berlin, Germany.

GIH — the collection the Geological Institute of Hungary.

ZVH — the collection of Zoltán VICIÁN, Budapest, Hungary.

ct — columellar teeth.

lt — labral teeth.

Phylum: Mollusca

Classis: Gastropoda

Superfamily: Cypræoidea TROSCHEL, 1863

Family: Pediculariidae ADAMS & ADAMS, 1854

Subfamily: Jenneriinae THIELE, 1929

Genus: *Projenneria* DOLIN, 1997

Type species: *Cypræa ludoviciana* JOHNSON, 1899 by original designation. Found in the Moodys Branch Formation, Late Eocene, U.S.A.

Projenneria albopunctata sp. nov.

Pl. 1, figs. 1–3.

Holotype: Pl. 1, fig. 1a–d (CS, No. 517)

Paratype 1: Pl. 1, fig. 2a–d (CS, No. 11167)

Paratype 2: Pl. 1, fig. 3a–d (CS, No. 11171)

Locus typicus: Forchtenau, Austria.

Stratum typicum: Middle Badenian, Middle Miocene.

Derivatio nominis: Its name is derived from the Latin adjectives *albus*, -a, meaning white, and *punctatus*, -a, meaning spotted.

Shell formula: [17 (69–52) 24:20]. In this study the shell formula proposed by SCHILDER (1935: 327) has been used. This formula is derived from measurements taken from all available fully mature and normally formed specimens. It consists of the following elements: [L (W–H) LT:CT]. [#] denotes that the teeth are partly absent or, for various reasons, cannot be counted. L: average length in mm; W: average width/length ratio in %; H: average height/length ratio in %; LT: normalized number of labral teeth; CT: normalized number of columellar teeth. The normalised number of teeth — in relation to a shell of 25 mm length — is calculated as follows: $T = 7 + [(c-7) \cdot \sqrt{(25/L)}]$ T: normalized number of teeth or ribs, c: teeth or ribs counted, L: length.

Description: The shell is medium-sized, solid and ovate. The spire covered by callus. The body whorl is subtriangular, inflated and rounded, about 90% of total height, and with both terminals produced and separated from the dorsal elevation by an indentation. The terminal tips are blunt. The dorsum is slightly and evenly elevated. The mid-dorsal sulcus is distinct. The ventrum is slightly convex, with an outer margin that is roundly callused. The aperture is narrow and widens towards the siphonal canal; it is almost straight, slightly curved posteriorly. The labrum is broad and is ventrally convex. The inner labral margin is keeled, slightly sinuous and bears 21–23 fine denticles. The outer labral margin is roundly callused. The parietal lip is slightly

callused and bears 17–19 fine denticles. The labral and columellar denticles continue as folds onto the ventrum. The labral folds are close-set, and they continue anteriorly and posteriorly to the outer margin. The columellar folds are spaced, somewhat irregular, and usually disappear before reaching the outer margin. The siphonal and anal canals are indented. The columella is slightly convex, relatively narrow and tapers steeply inwards. There is no inner adaxial carinal ridge. The fossula is long, shallowly concave and is not clearly delimited from the rest of the columella. The inner fossular margin is slightly protruded and roundly edged. The juvenile shell grid is not visible due to callosity.

The dorsal colouration is reddish with white dots of different sizes. The callosities and base are whitish.

Variations: The terminal tips vary from slightly protruded to slightly indented. Sometimes the columellar folds reach — anteriorly and posteriorly — the outer margin. Both lateral margins are sometimes pustulated with the pustules being only slightly embossed. Some shells might be somewhat more inflated than others.

Material and measurements:

Holotype: L = 17.7 mm, W = 11.3 mm, D = 8.5 mm, ct 19, It 21 (CS, No. 517) Forchtenau (Austria)

Paratype 1: L = 13.9 mm, W = 9.4 mm, D = 7.2 mm, ct 17, It 21 (CS, No. 11167) Lapugiu de Sus (Romania)

Paratype 2: L = 19.7 mm, W = 13.0 mm, D = 10.1 mm, ct 18, It 21 (CS, No. 11171) Lapugiu de Sus (Romania)

Paratype 3: L = 19.3 mm, W = 13.0 mm, D = 9.8 mm, ct 18, It 23 (CS, No. 11173) Lapugiu de Sus (Romania)

Paratype 4: L = 15 mm, W = 9.2 mm, D = 7.3 mm, ct 16, It 23 (GIH, H.08.1.1 M.2567) Lapugiu de Sus (Romania)

Paratype 5: L = 21.7 mm, W = 14.6 mm, D = 11.1 mm, ct 18, It 23 (ZVH, No. 1458) Márkháza (Hungary)

Paratype 6: L = 16.2 mm, W = 10.4 mm, D = 8.1 mm, ct 15, It 20 (ZVH, No. 1169) Sámsonáza (Hungary)

Discussion

The new species seems to be similar to its congener *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894). Both share similar colouration — i.e. reddish dorsum with white dots — but their shell morphometry distinguishes them immediately. *Projenneria lapugyensis* possesses an almost circular shell outline whereas *Projenneria albopunctata* sp. nov. has an ovate outline. The ratio width to length of *P. lapugyensis* lies in between 71–74 (79)¹, the same measurements for *P. albopunctata* is between 63–68. Therefore, all shells below the ratio 68 belong to the new species and all shells above 71 are *P. lapugyensis* (Figure 1). *Projenneria albopunctata* sp. nov. has rounded margins in contrast to the edged laterals of *P. lapugyensis*. The fossula of the new species is also more elongated.

DOLIN (1997: 22) maintained, “In this way, ‘*Cypraea* (*Pustularia*)’ *gampingensis* MARTIN, 1912, that SCHILDER &

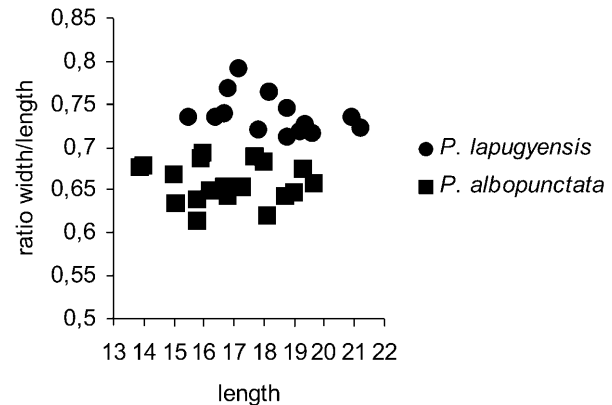


Figure 1. Comparison of shell morphometry of *P. albopunctata* sp. nov. and *P. lapugyensis*

1. ábra. *A. P. albopunctata* sp. nov. és *P. lapugyensis* morfológiai összehasonlítása

SCHILDER (1971, p. 71) put in the subgenus *Cypraeotrivia* (= *Jenneria* s. str.), is a typical Erosariinae of the subgenus *Staphylaea* ...” Unfortunately, he produced no explanation for his claim. MARTIN (1912: 134, pl. 9, fig. 1) introduced *Cypraea* (*Cypraeda*) *feuilletaui* together (1912: 134, pl. 9, fig. 2) with *Cypraea* (*Pustularia*) *gampingensis*. “*Cypraea*” *feuilletaui*, however, is a juvenile shell of the genus *Jenneria* or *Projenneria* showing still the typical shell grid so typical for Pediculariidae. “*Cypraea*” *gampingensis* is from the same locality and formation of Java and shows two terminal ridges. The doubled terminal ridge is found in all species of *Jenneria* and *Projenneria* but never in any *Cypraeidae*. “*Cypraea*” *feuilletaui* is very probably a juvenile stage of *Projenneria gampingensis* comb. nov., as already suggested in SCHILDER & SCHILDER (1971: 71). Therefore, DOLIN’s statement is without any foundation. DOLIN (1997: 22) based his description of *Projenneria eniwetokensis* only on the holotype. He overlooked the description of “*Staphylaea* (*Nuclearia*” [sic]) *borzattii* BINI, 1982 from a Neogene, most probably Miocene deposit of Luzon, Philippines. Also the latter was based only on the holotype and has not been discussed with *P. gampingensis*. All three Miocene taxa are very similar and share features such as an ovate shell, a dorsal sulcus and edged lateral margins. Therefore, it is very likely that “*S.*” *borzattii* and *P. eniwetokensis* are junior synonyms of MARTIN’s *P. gampingensis*. A different structure of the shell grid could differentiate one of the younger taxon but here they are treated as one species.

The ovate shell outline of *P. albopunctata* sp. nov. resembles to that of the Indo-Pacific *P. gampingensis* but the latter differs essentially from the new species due to its edged lateral margins. Furthermore, *P. albopunctata* possesses pustulated laterals.

The second congener of *P. albopunctata* is *P. neumayri* but the new species differs from the latter and similar shells — e.g. *P. laeviappenninica* (SACCO, 1894) and *P. sabaee* FEHSE in HARZHÄUSER, *in press* — with respect to its ovate and somewhat flattened shell outline, furthermore, the structure of the dentition is quite different.

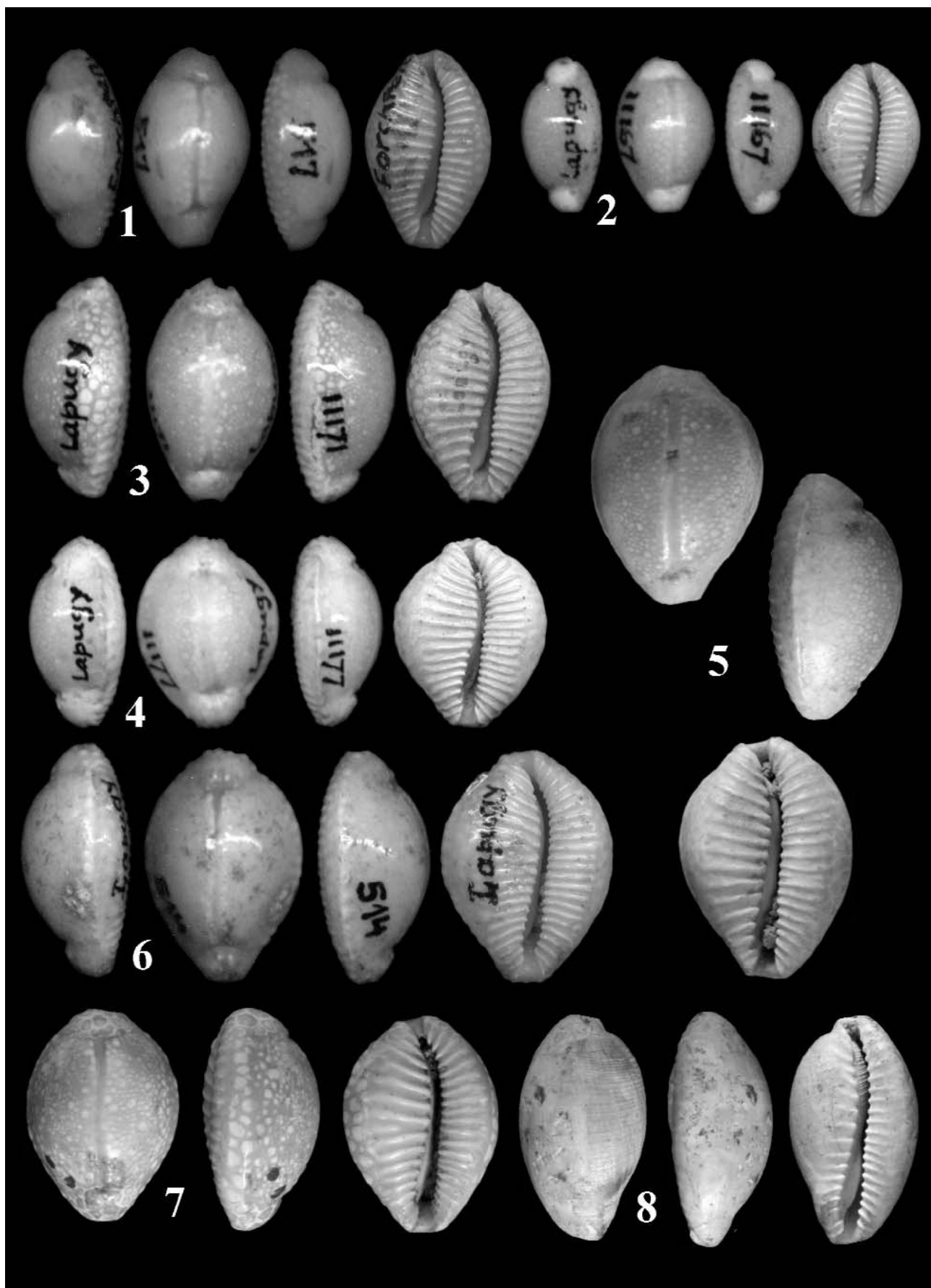
¹ The shell with the ratio 79 of *P. lapugyensis* has unusually developed lateral edges.

References — Irodalom

- ADAMS, H. & ADAMS, A. 1854: The Genera of Recent Mollusca; arranged according to their organization. — John Van Voorst, London.
- BASTEROT, B. de 1825: Description géologique du bassin tertiaire du sud-ouest de la France. — *Memoire de la Société d'Histoire Naturelle de Paris* **2/1**, 17 p.
- BINI, G. 1982: *Stapylaea* (*Nuclearia*) *borzattii* sp. n., una nuova *Cypraea* dall'isola di Luzon nelle Filippine. — *Studi per l'Ecologia del Quaternario* **4**, 143–147, text figs. 1–2.
- DOLIN, L. 1997: *Jenneria* (*Projenneria*) *eniwetokensis* subgen. nov., sp. nov.: A Western Pacific New Occurrence for the Genus. — *Cossmanniana* **4/1–2**, 20–24, text figs. 1–10.
- FEHSE, D. in HARZHÄUSER, M. *in press*: Oligocene and Aquitanian Gastropod Faunas from the Sultanate of Oman and their biogeographic implications for the early western Indo-Pacific.
- HALAVÁTS, G. 1884: Új alakok Magyarország Mediterránkorú faunájából. — *Természetrzaji Füzetek* **8**, 171–179, pl. 4.
- HILBER, V. 1879: Neue Conchylien aus den mittelsteierischen Mediterranschichten. — *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe* **79/1** (5), 416–464, pls. 6.
- HOERNES, M. 1852: Die fossilen Mollusken des Tertiärbeckens von Wien. — *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt* **3**, 43–208, pls. 6–20.
- HOERNES, R. & AUINGER, M. 1880: Die Gastropoden der Meeres-Ablagerungen der ersten und zweiten Miocänen Mediterran-Stufe in der Österreichisch-Ungarischen Monarchie. — *Abhandlungen der K.K. Geologischen Reichsanstalt* **12/2**, 53–113, pls. 7–12.
- JOHNSON, C. W. 1899: New and Interesting Species in the "Isaac Lea Collection of Eocene Mollusca". — *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* **51/1**, 71–82.
- JOUSSEAUME, F. 1884: Etude sur la famille des Cypraeidae. — *Bull. Soc. Zool. France* **9**, 81–100.
- MARTIN, K. 1912: Vorläufiger Bericht über geologische Forschungen auf Java, 2. — *Sammlungen des Geologischen Reichs-Museums in Leiden* **1/9**, 108–200, pls. 9–11.
- SACCO, F. 1894: I Molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. Vol. 15: (Cypraeidae, ed Amphiperasidae). — *Memorie della Reale Accademia delle Scienze, C. Clausen, Torino*, 1–75, pls. 1–3.
- SCHILDER, F. A. 1923: Drei neue miozäne Cypraea-Arten. — *Senckenbergiana*, **5/3–4**, 100–107, 3 unnumb. text figs.
- SCHILDER, F. A. 1925: Revision der Cypraeacea (Moll., Gastr.). — *Archiv für Naturgeschichte*, Abteilung A, **91/10**, 1–171.
- SCHILDER, F. A. 1932: Cypraeacea. — In: QUENSTEDT, W. (ed.): *Fossilium Catalogus. I. Animalia*. Editus a, Pars 55, W. Junk, Berlin, 1–276.
- SCHILDER, F. A. 1935: Revision of the Tertiary Cypraeacea of Australia and Tasmania. — *Proceedings of the Malacological Society London* **21/6**, 325–355, text figs. 1–50, 10 unnumb. tabs.
- SCHILDER, M. & SCHILDER, F.A. 1971: A Catalogue of Living and Fossil Cowries. Taxonomy and Bibliography of Triviacea and Cypraeacea (Gastropoda Prosobranchia). — *Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Mémoires, deuxième Série*, **85**, 1–246.
- SOLANDER, D. C. 1786: In: LIGHTFOOT, J.: *A catalogue of the Portland Museum*. — London, viii + 194 p.
- SWAINSON, W. 1840: *A Treatise on Malacology or Shells and Shell-fish*. — Longman, London, 420 p.
- THIELE, J.H. 1931: *Handbuch der Systematischen Weichtierkunde*. — Gustav Fischer, Jena, Germany.
- TROSCHEL, F. H. 1857: *Das Gebiss der Schnecken zur Begründung einer natürlichen Classification. Volume 1*. — Nicolaische Verlagsbuchhandlung, Berlin, 252 p.
- Kézirat beérkezett: 2007. 11. 15.

Plate I — I. tábla

1. *Projenneria albopunctata* sp. nov. Holotype, coll. CS, No. 517, 1.5×, Middle Badenian, Middle Miocene, Forchtenau, Austria.
2. *Projenneria albopunctata* sp. nov. Paratype 1, coll. CS, No. 11167, 1.5×, Early Badenian, Middle Miocene, Lapugiu de Sus, Romania.
3. *Projenneria albopunctata* sp. nov. Paratype 2, coll. CS, No. 11171, 1.5×, Early Badenian, Middle Miocene, Lapugiu de Sus, Romania.
4. *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894). coll. CS, No. 11177, 1.5×, Early Badenian, Middle Miocene, Lapugiu de Sus, Romania.
5. *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894). Lectotype, coll. NMHW, unnumb., 1.5×, Early Badenian, Middle Miocene, Lapugiu de Sus, Romania.
6. *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894). coll. CS, No. 514, × 1.5, Early Badenian, Middle Miocene, Lapugiu de Sus, Romania.
7. *Projenneria lapugyensis* (SACCO, 1894). Paralectotype, coll. NMHW, unnumb., 1.5× Early Badenian, Middle Miocene, Lapugiu de Sus, Romania.
8. *Projenneria neumayri* (HILBER, 1879). Holotype, coll. NMHW, unnumb. 1.5×, Badenian, Middle Miocene, Pöls, Austria.



Fluidzárványsíkok és repedésrendszerek vizsgálatának alkalmazása granitoid kőzetek repedezettségének fejlődéstörténeti rekonstrukciójában III.: A Bábaapáti (Üveghuta) radioaktív hulladéktároló telephely kutatófúrásaiban végzett vizsgálatok eredményei

POROS Zsófia¹, MOLNÁR Ferenc¹, KOROKNAI Balázs², Marc LESPINASSE³, MAROS Gyula², BENKÓ Zsolt¹

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Ásványtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C., poroszsofi@gmail.com, molnar@abyss.elte.hu, benkoo@elte.hu

²Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14., koroknai@mafi.hu, maros@mafi.hu

³Henri Poincaré Université Nancy 1, Nancy, Franciaország, marc.lespinasse@g2r.uhp-nancy.fr

*Application of studies on fluid inclusion planes and fracture systems in the reconstruction of the fracturing history of granitoid rocks III:
Results of studies in drillcores from the radioactive waste depository site at Bábaapáti (Üveghuta)*

Abstract

This study concerns investigations into oriented drill cores from granitoid rocks (i.e. Mórággy Granite Formation) from the Bábaapáti (Üveghuta) Nuclear Waste Depository Site. Based on fluid inclusion studies in fluid inclusion planes from rock-forming quartz and in hydrothermal veins, five fluid-flow events were distinguished. Their relative ages and main orientations were also determined.

1st event: This event is related to the formation of the Variscan Mórággy Granite and can be traced in the primary fluid inclusions of pegmatoids. The inclusions — which entrap this type of fluid —, have a homogenization temperature between 260–290 °C and a salinity of 5–6 wt% NaCl equivalent. With respect to pressure correction, a formation temperature of 500–550 °C can be assumed for the pegmatoids. The fluid-flow took place in NNE–SSW-trending fractures.

2nd event: This took place along NE–SW and NW–SE-trending fractures. The fluid can be interpreted in the NaCl–CaCl₂–H₂O system with an average salinity of 22 wt% CaCl₂ equivalent. Homogenization temperatures of the fluid inclusions vary between 175–255 °C. This fluid may be related to either a metamorphic process or it may have a deep basinal origin.

3rd event: In this event quartz and calcite veins were the products of a regional hydrothermal event, probably (Late) Cretaceous in age. Fluid-migration took place both in NE–SW and NW–SE-trending fracture systems. Primary fluid inclusions of the vein-filling quartz have homogenization temperatures between 100–200 °C and a salinity of 8–14 wt% NaCl equivalent. Fluid inclusions in vein-filling calcite have a wide range of homogenization temperatures (i.e. between 100–250 °C), while salinities vary between 0.2–5 wt% NaCl equivalent.

4th event: This took place along — presumably — reactivated NW–SE trending fractures. The event, certainly younger than Cretaceous volcanism, is presumably Early Palaeogene in age. The fluid can be interpreted in the NaCl–CaCl₂–H₂O system, characterized by an average salinity of 19 wt% CaCl₂ equivalent. The inclusions have moderate (60–120 °C) homogenization temperatures.

5th event: In this event a low-temperature fluid-circulation can be assumed and it is characterized by meteoric solutions. A Late Miocene – Pliocene uplift may have triggered the reopening of fractures and these served as channels for the migrating fluids.

Our investigations also indicated that the orientation of open micro- and macrofracture-systems show great similarities.

Keywords: fluid inclusion plane, open microcrack, Mórággy Granite Formation, Bábaapáti Nuclear Waste Depository Site, Mórággy Hills

Összefoglalás

Munkánkban a Mórággyi Gránit Formációt vizsgáltuk folyamatos magvétellel mélyített fúrásokban, amelyek az RHK Kft. megrendelésére készült földtani kutatás során mélyültek a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végső elhelyezésének céljából Bábaapáti térségében.

Vizsgálatainkat a hulladéktároló telephely Mórággyi Gránitot harántoló fúrásaiból származó, orientált fúrómagokon végeztük. A vizsgált fúrómagok orientálása a komplex digitális archiváló és feldolgozórendszer (ImaGeo, Coredump)

segítségével történt. A granitoid kőzetek kőzetalkotó kvarckristályaiban található fluidzárványsíkok és a kiválasztott hidrotermális erek ásványain végzett fluidzárvány-vizsgálatok segítségével öt fluidummigrációs eseményt azonosítottunk és meghatároztuk azok relatív időrendiségét és fő irányait is:

1. *esemény*: a variszkuszi gránitképződés késő magmás fázisához köthető fluidummigráció, amely pegmatoidok primer fluidzárványaiban nyomozható. E fluidumot bezáró zárványok homogenizációs hőmérséklete 260–290 °C közötti, sótartalma ~5–6 NaCl ekv. súly%. A nyomáskorrekció figyelembevételével számított képződési hőmérséklet kb. 500–550 °C-ra tehető a pegmatoidok esetében. Az áramlás közel ÉÉK–DDNy-i irányú repedések mentén történt.

2. *esemény*: fluidumáramlás ÉK–DNy-i és ÉNy–DK-i csapású repedésrendszerek mentén. A fluidum összetétele NaCl–CaCl₂–H₂O, koncentrációja átlagosan 22 CaCl₂ ekv. súly% volt. Homogenizációs hőmérséklete 175–255 °C között változik. E fluidum eredete kérdéses: kapcsolódhat metamorf folyamathoz, de a mélymedence-eredet is lehetséges.

3. *esemény*: a vizsgált területen mindenhol ható — feltehetően (késő-)kréta korú — hidrotermális esemény, amely kvarc- és kalciterezést eredményezett. A fluidummigráció az ÉK–DNy-i és az ÉNy–DK-i csapásirányú repedésrendszerekben egyaránt igazolható. A repedéskitöltő kvarcban található elsődleges zárványok homogenizációs hőmérséklete 100–200 °C között változik, sótartalmuk ~8–14 NaCl ekv. súly%. Az érkitöltő kalcitban a homogenizációs hőmérsékleti intervallum igen tág (100–250 °C), a sótartalom ~0,2–5 NaCl ekv. súly% közé esik.

4. *esemény*: az ÉNy–DK-i csapású, valószínűleg reaktiválódott repedésrendszerek menti fluidummobilizációs esemény. Kora a kréta vulkanizmusnál fiatalabb, feltehetően kora-paleogén. A fluidum NaCl–CaCl₂–H₂O összetételű, koncentrációja átlagosan 19 CaCl₂ ekv. súly% és viszonylag alacsony homogenizációs hőmérséklettel jellemezhető (60–120 °C).

5. *esemény*: egy alacsony hőmérsékletű, valószínűleg meteorikus eredetű fluidummigráció, melynek feltehetően a késő-miocén–pliocén kiemelkedés következtében reaktiválódott, nyílt repedésrendszer biztosított áramlási útvonalat.

Vizsgálataink kiderítették továbbá, hogy a granitoid nyílt mikro- és makrorepedés-rendszerének irányai jelentős hasonlóságot mutatnak.

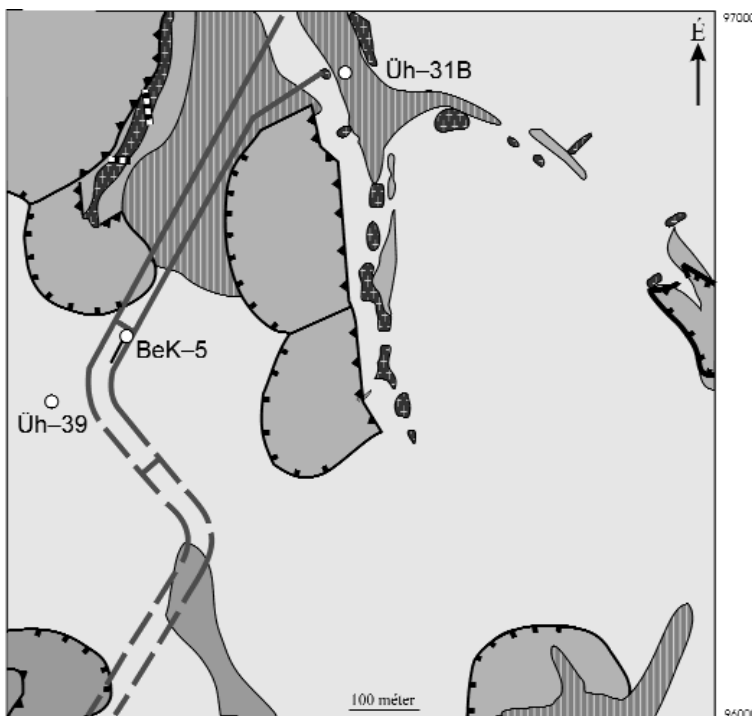
Tárgyszavak: fluidzárványsík, nyílt mikrorepedés, Mórággyi Gránit Formáció, Bábaapáti (Üveghuta)-telephely, Mórággyi-dombság

Bevezetés, célkitűzések

Munkánk során a Mórággyi kristályos rög földtani felépítésében meghatározó jelentőségű Mórággyi Gránit Formációt vizsgáltuk folyamatos magvételrel mélyített fúrásokban. Valamennyi tanulmányozott fúrás a kis- és közepes aktivitású

radioaktív hulladéktároló kutatása során mélyült a Bábaapáti (Üveghutai)-telephely szűkebb környezetében (GYALOG et al. 2003; GYALOG, SZEGŐ 2004; GYALOG et al. 2006b; SZÜCS et al. 2006). E kutatások lefolytatását az RHK Kft. által biztosított háttér tette lehetővé. Vizsgálatainkat két függőleges (Üh–31B, Üh–39) és egy közel vízszintes helyzetű (BeK–5) fúrásban végeztük (1., 2. ábra). Az Üh–31B sekélyfúrás a 2002–2003 során lefolytatott felszíni földtani kutatás során mélyült az Üh–31 csoport-fúrás részeként. Az Üh–39 és a Bek–5 fúrás kivitelezésére a felszín alatti földtani kutatási fázisban került sor 2004-ben, illetve 2005-ben.

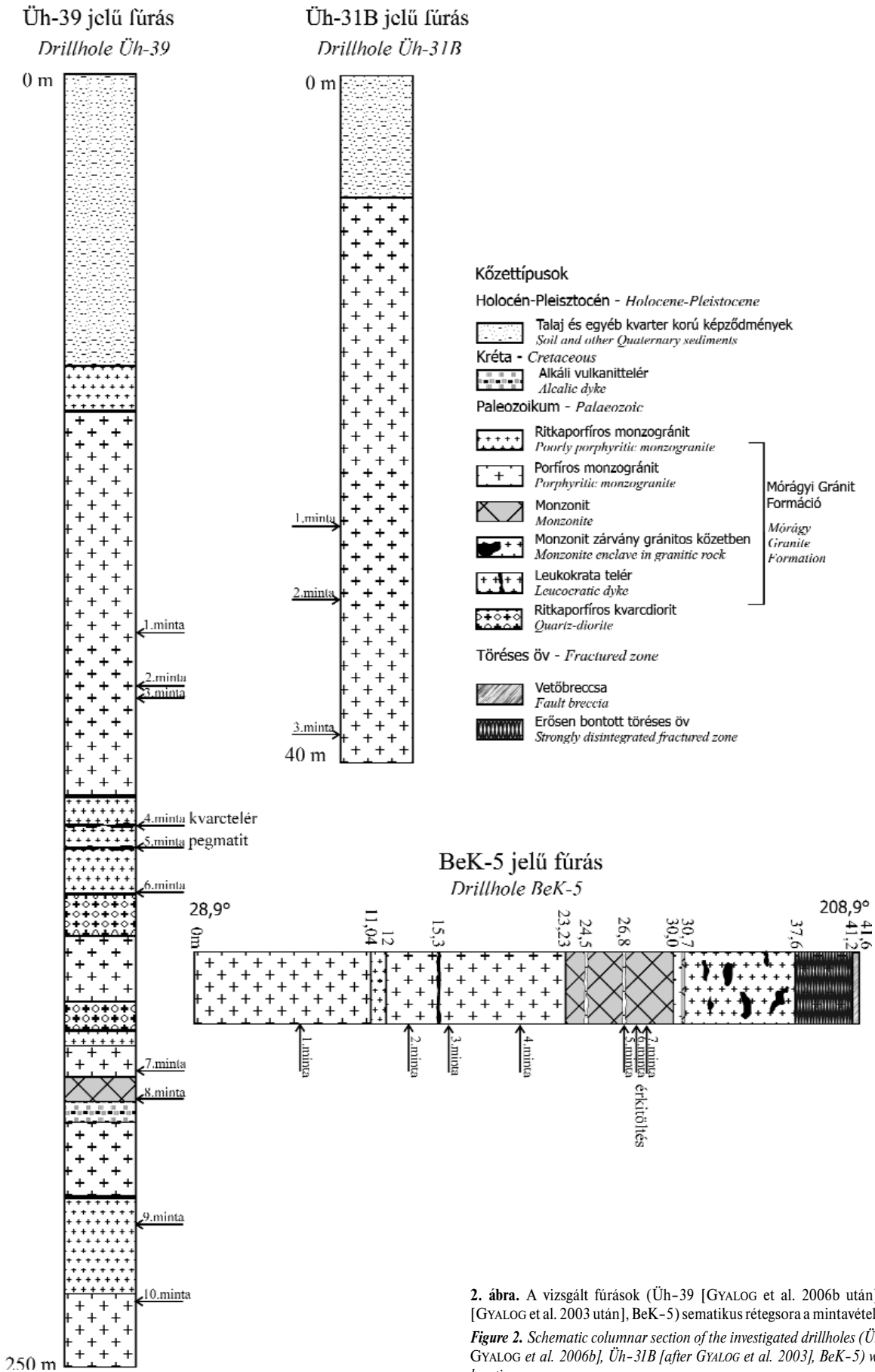
A fúrások által harántolt Mórággyi Gránit vizsgálatunk szempontjából azért tűnt alkalmas kőzetnek, mert megfelelően nagy a kvarctartalma és nem rétegzett, így a mechanikai behatásokkal szemben első közelítésben izotrópnak tekinthető. A granitoid mikrorepedés-rendszerének vizsgálatára kiváló lehetőséget nyújtanak a kőzetalkotó kvarcban található nyílt és zárt (fluidzárványsíkok) repedések. A fluidzárványsíkok irány szerinti és mikrotermometriai analízise elengedhetetlen granitoid kőzetek fluidummobilizációs eseményeinek vizsgálata során. Alkalmazásukkal lehetőség nyílik az egyes oldatáramlási események sorrendjének megállapítására, továbbá az eseményekhez irányjellemzők is kapcsolhatók.



1. ábra. A vizsgált fúrások helye és a vágat nyomvonala fedett földtani térképen jelölve (GYALOG et al. 2006a után)

Figure 1. Geological map with locations of the investigated drillholes (after GYALOG et al. 2006a)

(1) Lower-Middle Pleistocene loess series (2) Slope sediments (3) Paks Loess Formation (4) Alkalic dyke (5) Mórággyi Granite Formation (6) Location and symbol of investigated drillholes (7) Trace of aslope shaft (8) Atectonic structures in Quaternary sediments



2. ábra. A vizsgált fúrások (Üh-39 [GYALOG et al. 2006b után], Üh-31B [GYALOG et al. 2003 után], BeK-5) szemantik rétegsora a mintavételi helyekkel
Figure 2. Schematic columnar section of the investigated drillholes (Üh-39 [after GYALOG et al. 2006b], Üh-31B [after GYALOG et al. 2003], BeK-5) with sample locations

A fluidzárványok mikrotermometriai vizsgálatával meghatározható az egyes oldatok összetétele (sótartalma) és hőmérséklete. Mindez lehetővé teszi egy adott terület paleo-fluidum-áramlásainak modellezését.

A gránittest nyílt és zárt mikrorepedéseinek vizsgálata a radioaktív hulladéktároló befogadó földtani közegének jellemzéséhez fontos információkkal járulhat hozzá. A jelenlegi hidrogeológiai viszonyok ugyanis nyilvánvalóan kapcsolatban állnak a mikrorepedések jellemzőivel is. A zárt mikrorepedések jellemzői felhívhatják a figyelmet arra, hogy mely zónák azok, amelyek egy esetleges újbóli felnyílás-repedeztettség kialakulását preferálhatják. Ezért munkánk alapvető célkitűzése volt, hogy mind a nyílt, mind a zárt mikrorepedéseket részletesen jellemezzük. Ezen felül célunk volt a kőzet makro- és mikrorepedés-rendszereinek összevetése is a csapás- és dőlésviszonyok szempontjából.

Vizsgálati módszerek

A vizsgálatokra kiválasztott fúrómagok orientálása a korszerű, digitális archiválást és a komplex szerkezetföldtani értékelést együttesen lehetővé tevő ImaGeo magzkennert és a csatlakozó CoreDump szoftvert segítségével történt (MAROS, PALOTÁS 2000; MAROS, PÁSZTOR 2001). A fúrómagok orientálását az akusztikus lyukfal-televízió tette lehetővé. A kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladéktároló kutatása során ezen integrált rendszerrel eddig mintegy 5500 m magányig digitális feldolgozásra került sor, amelynek eredményei a Mórágai Gránitról kialakított szerkezeti modell (I. Szerkezet-alakulás c. fejezet) egyik legfontosabb adatforrását képviselik (MAROS et al. 2003, 2004; MAROS 2006; BALLA et al. 2003, 2007).

A mintavételezés során a fúrások azon szakaszait választottuk ki, amelyekben a képlékeny deformáció hatása (palásodás; I. a Földtani háttér c. fejezetet) nem vagy csak elhanyagolható mértékben jelentkezett, így a kiválasztott mintákat tipikus magmás szövet jellemzi. A fúrómagokból származó kőzetmintákból két oldalán polírozott, 100–150 mikrométer vastag, orientált csiszolatokat készítettünk. A fluidzárványsíkok és nyílt mikrorepedések csapásirányainak és hosszúságainak meghatározása az AnIma képelemző program (LESPI-NASSE et al. 2005) felhasználásával történt, míg a dőlésirányok és dőlésszögek meghatározásához polarizációs mikroszkópra szerelt univerzális forgatóasztalt használtunk. A mikrotermometriai vizsgálatok az ELTE Ásványtani Tanszékén Olympus BX51 típusú mikroszkópra szerelt, Chaixmeca típusú, fűthető-hűthető mikroszkópi tárgyasztalon történtek. Az alkalmazott mikroszerkezeti és termometriai módszerek részletes ismertetésétől e munkában eltekintünk, mivel azokról BENKÓ et al. (2008) cikke adott alapos áttekintést.

Földtani háttér

Az alábbiakban irodalmi adatok alapján először röviden összefoglaljuk a vizsgált gránittest földtani keretének leg-

főbb jellemzőit, majd ismertetjük a Mórágai Gránit fejlődéstörténetének meghatározó szerkezeti eseményeit és az azokhoz kapcsolódó hidrotermális folyamatokat.

A Mórágai Gránit földtani környezete

A vizsgált terület a Mórágai kristályos rög északkeleti részén található, amely szerkezetileg a Tiszai-egység leg-északabbi, ún. Mecseki-zónájához tartozik. A Mórágai-rög földtani felépítésében meghatározó jelentőségűek a gránitoid kőzetek (JANTSKY 1953, 1979), amelyek a Mórágai Gránit Formációba tartoznak (BALLA et al. 2003). A kb. ÉK–DNY-i csapású gránittestet északnyugatról a kb. 1,0 km széles, közelítően szintén ÉK–DNY-i csapású, meredek ÉNY-i dőlésű Mecsekalja szerkezeti öv határolja, amelyben az Ófalui Formáció ópaleozoos metamorf képződményei bukkannak felszínre. A rög északnyugati peremén alsó-jura üledékek (Vasasi Márga Formáció) érintkeznek tektonikusan az Ófalui Formáció képződményeivel. A legfiatalabb alaphegységi képződménycsoportot a változatos kőzetegyhűttest magukba foglaló, kréta alkáivilkanit-teléreket alkotják („bosztonitok”; MAURITZ, CSAJÁGHY 1952), amelyek a korábban említett alaphegységi képződményeket kivétel nélkül harántolják. Az alaphegységi képződményekre nagy üledékhézaggal alsó-miocén, pannóniai, illetve kvarter üledékek települnek.

A Mórágai Gránit két fő kőzettípusának — mikroklin-megakristályokat tartalmazó monzogranit és a javarészt monzonitos összetételű, mafikus kőzetek — képződése a magmás fejlődés korai szakaszához kapcsolódik, amely során két, fiziko-kémiai tulajdonságaiban különböző (felzúsz és mafikus) magma keveredése ment végbe (BUDA 1999; BUDA et al. 2000; KIRÁLY, KOROKNAI 2004; BUDA, DOBOSI 2004). A mafikus kőzetek igen változatos méretű zárványokat (mafic microgranular enclaves = MME; BARBARIN, DIDIER 1991) alkotnak a gránitoid kőzetekben, a nagyobb mafikus testek határán átmeneti jellegű, kontaminált kőzetek is kialakultak a magmakeveredés során. A gránittest fő kristályosodása a karbonban, mintegy 340 millió éve történt (KLÖTZLI et al. 2004, GERDES 2006).

Szerkezetalakulás

A pluton különféle kőzettípusainak uralkodóan ÉK–DNY-i csapása a magmás fejlődés során alakult ki, ami a pluton képződése során fennálló aktív feszültségtérre (ÉNY–DK irányú kompresszió) utal (MAROS et al. 2004). A magmás fejlődés késői szakaszában a már többé-kevésbé megszilárdult kőzeteket leukokrata teléreket (aplit, mikrogránit, pegmatoid) harántolták, javarészt ÉK–DNY-i csapással (MAROS et al. 2004).

A magmás kristályosodást követően a variszkuszi orogenezis során a már megszilárdult plutont zöldpala fáciesű, regionális metamorf hatás érte (KOROKNAI 2003, KIRÁLY, KOROKNAI 2004, MAROS et al. 2004), amely mindenekelőtt a gránittest — hely és litológia függvényében — erősen változó intenzitású, kb. ÉK–DNY-i csapású palásodásában

nyilvánult meg, míg a klasszikus metamorf fázisátalakulások mértéke összességében alárendelt jelentőségű. A szerkezetalakulás metamorf szakaszához két főbb, képlékeny deformációs esemény kapcsolódik (MAROS et al. 2004):

D₁ fázis (karbon?): „meredek” ($\geq 75^\circ$), uralkodóan ÉNy-i dőlésű palásság képződése koaxiális lapulással ÉNy–DK-i kompressziós feszültségtérben.

D₂ fázis (karbon?): a meredek palásságot felülbélyegző, „lapos” ($\leq 75^\circ$), uralkodóan szintén ÉNy-i dőlésű palásság kialakulása, és ezzel párhuzamosan keskeny milonitos zónák képződése javarészt (D)DK-i vergenciájú feltolódásos, illetve ritkábban eltolódásos kinematikával.

A nyolc deformációs fázisba sorolt törésszerű eseményeket MAROS et al. (2004) az alpi orogenezishez sorolta a tágabb földtani környezet analógiái alapján, ugyanakkor rámutatott arra is, hogy törések minden bizonnyal már korábban is, részben a variszkuszi szerkezetalakulás során is létrejöttek. Ezek elkülönítése azonban módszertani korlátok miatt egyelőre problematikus. Az alpi szerkezetalakulás során az alábbi deformációs fázisokat különítették el:

D₃ fázis (középső-kréta): transzpressziós deformáció során kialakult törések (rátolódások és eltolódások). A középső-kréta szerkezetek valószínűleg ÉNy–DK-i kompresszióval jellemezhető feszültségtérben jöttek létre.

D₄ fázis (késő-kréta): ÉK–DNy-i csapású balos eltolódások.

D₅ fázis (késő-kréta): magmás telérek benyomulása ÉNy–DK-i távulós feszültségtér hatására.

D₆, D₇ és D₈ fázis (kora- és középső-miocén): regionális, óramutató-járásával megegyező irányú rotáció stabil feszültségtérben, transzpressziós mozgásokkal. A KÉK–NyDNy irányú kompressziót előbb egy északias irányú, majd egy ÉÉNy–DDK-i kompresszió váltotta fel.

D₉ fázis (késő-miocén): ÉNy–DK-i tengelyű, tenziós feszültségtér.

D₁₀ fázis (késő-miocén–pliocén): a Mecsek és a Villányi-hegység transzpressziós kiemelkedése következtében törések és palássági elemek reaktiválódtak, nyílt repedésrendszer jött létre.

Fontos, hogy a területen több deformációs fázist azonos vagy nagyon hasonló feszültségtér jellemez, így bizonyos feszültségtér többször is „visszatérnek”, ami a törések többszörös reaktivációját eredményezi (MAROS et al. 2004).

Hidrotermális események

KOVÁCS-PÁLFFY et al. (2000) az alábbi hidrotermális fázisokat különítette el a Mórágai Gránitban:

— A granitoid komplexum kialakulásához kapcsolódó, korai fluidummigráció.

— I. hidrotermális fázis: 170–210 °C-os oxidatív oldatok, amelyek a granitoid egyes kőzetalkotó ásványait hemattitá, karbonáttá, Fe-oxi-hidroxiddá alakították.

— II. hidrotermális fázis: 90–130 °C-os oldat, melyből agyagásvány (pl. illit), kalcit és kvarc képződött. A kvarc és a kalcit általánosan jelen vannak a különböző hidrotermális eredetű erezésekben (KOVÁCS-PÁLFFY, FÖLDVÁRI 2004), ame-

lyek képződési hőmérséklete GATTER, TÖRÖK (2004) vizsgálatai alapján tág intervallumban változhat. Az illitből mért K/Ar adatok a kora-triász és késő-kréta intervallumban szórnak (KOVÁCS-PÁLFFY, FÖLDVÁRI 2004).

— a szupergén fázis során alacsony hőmérsékletű (40–50 °C) fluidumok migráltak, melyből kalcit képződött. A ¹⁴C-vizsgálatok alapján megállapítható, hogy ez a kalcitgeneráció a holocénnél idősebb (KOVÁCS-PÁLFFY, FÖLDVÁRI 2004).

A Mórágai Gránitban végzett fluidzárvány-vizsgálatok során kétféle, NaCl–H₂O és NaCl–CaCl₂–H₂O összetételű fluidumot azonosítottak (SZABÓ Cs. et al. 1998, 1999; GATTER, TÖRÖK 2004; SZABÓ B. et al. 2008). SZABÓ B. et al. (2008) négy lokális és egy regionális fluidummigrációs eseményt különített el a fluidzárványsíkok vizsgálata során:

1. ÉK–DNy-i csapású irányban, egy 137–209 °C homogenizációs hőmérséklettel és 0,9–2,2 NaCl ekv. súly% sótartalommal jellemezhető lokális oldatáramlás.

2. ÉNy–DK-i irányban 130–238 °C homogenizációs hőmérsékletű 1,9–4,5 NaCl ekv. súly% sótartalmú regionális oldatáramlás.

3. NyÉNy–KDK irányban áramló 250–293 °C-os homogenizációs hőmérsékletű és 9,98–10,85 NaCl ekv. súly% sókoncentrációval jellemezhető lokális hidrotermális oldatáramlás.

4. ÉK–DNy-i irányú 227–275 °C homogenizációs hőmérsékletű és 5–7,3 NaCl ekv. súly% sókoncentrációval jellemezhető lokális esemény (Erdősmecke).

5. ÉK–DNy-i csapásban áramló 130–238 °C homogenizációs hőmérsékletű és 1,9–4,5 NaCl ekv. súly% sótartalmú lokális hidrotermális esemény (Kismórág).

A vizsgált fúrások ismertetése

A vizsgálataink tárgyát képező három fúrásból kettőt (Üh–31B, Üh–39) függőlegesen mélyítették a felszínről, míg a harmadik, közel vízszintes helyzetű előfúrás (BeK–5) a tárolóter megközelítése céljából mélyített lejtősáknak egyikében (keleti) készült (1. ábra). A két felszíni fúrás a lejtősáknak közvetlen közelében található, így a három fúrás térbeli közelsége lehetőséget ad az eredmények összevont értelmezésére is. Mindhárom fúrásban a Mórágai Gránit Formáció megfelelően nagy kvarctartalmú, monzogranitos kőzeteit, illetve hidrotermális erezését vizsgáltuk. Az alábbiakban bemutatjuk a fúrási rétegsorokat a mintavételi helyekkel (2. ábra), és röviden ismertetjük a Mórágai Gránit harántolt képződményeit.

Üh–39 jelű fúrás

A fúrás legnagyobb mennyiségben — mintegy 190 m vastagságban — a Mórágai Gránit Formáció képződményeit tárta fel (2. ábra). A granitoid képződmények és a fedőüledékek határa 57,14 méternél van. A fedőüledékek közül a Tengeliczi Vörösagyag Formáció rétegei fölött a Paksi Löss Formáció, valamint formációba nem sorolt lejtőüledék települ. E rétegsort recens talaj fedi.

A Mórógyi Gránit Formációban monzogranitos, monzonitos és hibrid (kontaminált) kőzetcsoporthoz, valamint telérkőzeteket különböztettek meg (GYALOG et al. 2006b). A monzogranitos kőzetek adják az intruzív test fő tömegét, amelyben kisebb-nagyobb zárt testek formájában vannak jelen a monzonitos kőzetek (mafikus zárványok). Jellemzően a két csoport kontaktusán figyelhetők meg a hibrid kőzetek (kontaminált monzogranit és kontaminált monzonit csoport). Mind-ezen kőzeteket savanyú telérkőzetek szelik át. A fúrás legnagyobb vastagságban (174,51 m) monzogranitos kőzeteket harántolt, a monzonit és a savanyú telérkőzetek (főként applit) jelentősége alárendelt (GYALOG et al. 2006b).

Üh–31B jelű fúrás

A fúrás vékony recens talajréteg és 6,95 méter vastagságú alluviális üledékek alatt 40 méteres talpmélységnél a Mórógyi Gránit Formációban állt le (2. ábra).

A fúrás döntően granitoid kőzeteket (31,83 m, 96,31%) harántolt. Monzonitos összetételű kőzetek (1,22 m, 3,69%) csak kisebb (max. 2–3 deciméteres) zárványokban fordultak elő. Telérkőzeteket a fúrás nem tárt fel. A granitoid kőzetek közül a fúrás csak porfíros monzogranitot harántolt. A monzogranit a fúrás felső szakaszán erősen murvásodott (mállott), alatta viszont végig üde. Az üde monzogranit rózsásszürke, az erősebben hidrotermálisan bontott szakaszokon, sárgászöld vagy vöröses elszíneződésű. Jelentékenyebb bontottság elsősorban törések mentén, illetve az erősen összetört szakaszokon észlelhető, ami a színesásványok kloritosodásában és a kőzet agyagásványos elváltozásában jelentkezik (GYALOG et al. 2003).

BeK–5 jelű fúrás

Az előfúrás magszkennelt szakaszát (0–41,6 méter) vizsgáltuk, mert csak ebből a szakaszból volt lehetséges az orientált mintavétel. A fúrás első része (23,2 méter) porfíros monzogranitot, valamint alárendelt mennyiségben ritkaporfíros monzogranitot tárt fel. 23,2 és 30 méter között monzonit és kvarcmonzonit található, amelyek gyakran tartalmaznak vékony, monzogranitos összetételű kőzetsávokat. A 30–41,6 méter között ritkaporfíros monzogranit jelenik meg mafikus zárványokkal és leukokrata telérekkel. 37,6 métertől erősen bontott monzogranit észlelhető. A szkennelt szakasz vetőbreccsával zárul. A szkennelt szakasz 37,6 méterénél kezdődő, erősen bontott szakasz és a vetőbreccsa együttesen egy elsőrendű töréses öv részét képezik (2. ábra).

A repedésrendszerek irányítottsága

Nyílt mikrorepedések és fluidzárványsíkok

Vizsgálataink során két repedéstípus irányait határoztuk meg kőzetalkotó kvarckristályokban:

1. behegedt mikrorepedések, azaz fluidzárványsíkok (Fluid Inclusion Plane, FIP),
2. nyílt mikrorepedések (Open Crack, OC).

Üh–39 jelű fúrás

A fúrásban összesen nyolc mintán (porfíros monzogranit kvarckristályain, valamint egy-egy pegmatittelér és kvarctelér anyagából) végeztünk képanalizátoros méréseket, és ebből három minta (4., 5., 6. minta) esetében univerzális forgatóasztalos méréseket is (I. tábla). Ez utóbbi három minta esetében a két különböző módszerrel meghatározott fluidzárványsík-csapásirányok összességében jó egyezést mutatnak (I. a, b tábla), bár az Üh–39/4 jelű mintában az egyes irányok eltérő súllyal jelentkeznek a kétféle módszer adataiban. A fluidzárványsíkok dőlésszöge a fúrásban döntően 70 és 90° közt mozog, de ritkán 50°-hoz közeli dőlésszögértékek is megjelennek.

A fluidzárványsíkok és a nyílt mikrorepedések fő csapásirányai a legtöbb esetben jelentősen különböznek. Megállapítható továbbá, hogy a különböző mintákban mért irányok mindkét vizsgált repedéstípusban (nyílt mikrorepedés és fluidzárványsík) nagy változatosságot mutatnak, így a repedésmintázat a fúrás szelvényében egyik típus esetében sem állandó.

Az 1. és 2. mintában a fluidzárványsíkok fő csapásiránya KÉK–NyDNy-i valamint ÉK–DNy-i. A kvarctelérben (települése: 341/70°, 4. minta) az ÉNy–DK-i csapásirány a domináns, valamint nagy adatsűrűséggel jelentkezik még az ÉÉK–DDNy-i csapásirány is. Ezen kívül jelentős mennyiségű fluidzárványsík jellemezhető a kvarctelér csapásával megegyező, KÉK–NyDNy-i csapásiránnyal. A pegmatittelér (települése 300/55°, 5. minta) kvarckristályain mért irányok két maximummal jellemezhetőek, egy KÉK–NyDNy, valamint egy NyÉNy–KDK-i csapással. A pegmatittelér csapásával megegyező irány (ÉÉK–DDNy) csak az univerzális forgatóasztallal mért adatok között jelentkezik, ott is nagyon alárendelten. A 6. mintában a NyÉNy–KDK a főirány, mely irány az eddigi mintákban nem, vagy csak nagyon alárendelten jelent meg. Ezen kívül az ÉK–DNy-i csapásirány is gyakori. A 7. mintában ugyancsak eddig nem észlelt főirány jelenik meg, az É–D, valamint gyakori még az ÉK–DNy-i csapásirány. Végül a 9. és 10. mintában az ÉK–DNy, valamint a NyÉNy–KDK-i csapásirány a legjellemzőbb.

A nyílt mikrorepedésekre jellemző, hogy fő irányaik a fúrásban szakaszonként változnak. Az 1. és 2. minta esetében az ÉK–DNy a jellemző csapásirány. A kvarc- és pegmatittelérben a nyílt mikrorepedéseknél is csak nagyon alárendelten jelentkezik a telérekkel párhuzamos irány, ezekben a mintákban az ÉNy–DK-i csapás a leggyakoribb. A 6. és 7. mintában az ÉÉK–DDNy a legjellemzőbb irány. A 9. és 10. minta eltér a fúrás többi részétől, ugyanis itt a KÉK–NyDNy valamint a NyÉNy–KDK-i csapásirány a legjellemzőbb. Az 5. és 6. minta esetében a nyílt repedések közel merőlegesek a fluidzárványsíkokra, míg az 1., 2., 7., 9., és 10. minta esetében igen hasonló irányok észlelhetők.

Összefoglalva megállapítható, hogy a fúrás teljes hosszában a vizsgált két repedéstípus irányai nem állandóak. Ezért az összesített diagramok sem mutatnak jelentősen kiugró maximumokat, a kétféle típus csak bizonyos szakaszaiban

szokban mutat egyezést. A fúrás összesített adatai a fluidzárványsíkok esetében a két különböző módszerrel közel azonosak. A fluidzárványsíkok két fő csapásiránnyal jellemezhetőek: ÉK–DNy-i, valamint KÉK–NyDNy-i, míg a nyílt repedések irányaira az ÉK–DNy-i csapáson kívül főként az ÉNy–DK-i a jellemző.

Üh–31B jelű fúrás

A sekélyfúrásban összesen három mintában (mindhárom esetben porfíros monzogranit kvarckristályain) vizsgáltuk a fluidzárványsíkok térbeli helyzetét képelemző programmal, két mintán (1. és 2. minta) pedig univerzális forgatóasztal felhasználásával is kaptunk adatokat (II. tábla). A kétféle módszerrel nyert eredmények nagyfokú hasonlóságot mutatnak, de eltérések is adódtak.

A fúrásban mind a két repedéstípusnál ugyanazt a két fő irányt lehet azonosítani, ÉNy–DK-i és egy erre merőleges, ÉK–DNy-i csapásút. A fluidzárványsíkok kevés kivétellel közel vertikális helyzetűek a magtengelyre merőleges irányú csiszolatokban. A vertikális irányú (magtengellyel párhuzamos) csiszolatokban horizontális helyzetű fluidzárványsíkok egyáltalán nem, viszonylag lapos dőlésszögek is csak alárendelten jelentkeznek.

Az 1. mintában univerzális forgatóasztallal döntően ÉNy–DK-i csapásirányú fluidzárványsík-populáció jellemző, míg a képelemző módszerrel egy másik, erre merőleges maximum is jelentkezik a rózsadiagramon. A 2. minta esetében ugyanezt láthatjuk, azzal az eltéréssel, hogy az ÉNy–DK-i csapás mintegy 10–20 fokkal északi irányba tolódik. A legmélyebből származó mintában az ÉK–DNy-i csapásirány jelentkezik maximális értékkel.

A nyílt mikrorepedések döntően ÉK–DNy-i csapásirányúak, a legmélyebből származó mintánál a maximum KÉK–NyDNy irányt mutat, és jelentős az ÉNy–DK-i csapásirány is.

Összefoglalva megállapítható hogy mind a nyílt, mind a behedgt mikrorepedés-rendszerek irányai zömében a terület két fő szerkezetföldtani irányával (ÉK–DNy és ÉNy–DK) párhuzamosak. A nyílt repedések esetében inkább az ÉK–DNy-i csapásirány a domináns, továbbá határozottan jelentkezik egy KÉK–NyDNy-i irány is. A behedgt repedéseknél a két fő irány közel azonos súllyal jelenik meg. Az univerzális forgatóasztallal mért adatok esetében csak az ÉNy–DK-i csapásirány észlelhető, és kisebb jelentőséggel az É–D-i csapásirány is jelentkezik.

BeK–5 jelű fúrás

A közel vízszintes fúrás anyagából öt mintán végeztünk képanalizátoros, és két mintán (1. és 5.) univerzális forgatóasztalos méréseket. Minden mérést monzogranit kőzetalkotó kvarcsemcséjén végeztük. E fúrásban a két különböző módszerrel kapott eredmények nagyon jó egyezést mutatnak. A fluidzárványsíkok e mintákban is döntően vertikálisak, ill. szubvertikálisak. Az 5. mintából készített függőleges irányú csiszolatban vízszintes (vagy ahhoz közeli dőlésű) mikrorepedések nem jelentkeznek, de a lapos dőlésszögű behedgt repedések is csak nagyon csekély

mennyiségben vannak jelen.

E fúrásban a fluidzárványsíkok és a nyílt mikrorepedések irányai többnyire igen jó egyezést mutatnak. A fúrásban is a „szokásos” két fő irány jelentkezik: ÉK–DNy-i és ÉNy–DK-i. A főirányok mellett még két irány — az É–D és a K–Ny-i — is hangsúlyos (III. a, b tábla).

Az 1. és 2. mintában a behedgt repedések esetében a két főirány közel azonos súllyal jelentkeznek. A 3. és 4. mintában a fluidzárványsíkok döntően ÉNy–DK-i csapásirányúak, azonban minden mintában megtalálható a két mellékirány (É–D és K–Ny) is. Az 5. minta kismértékben eltér a többitől, ebben az esetben a KÉK–NyDNy-i irány az uralkodó mindkét repedéstípus esetében.

Az összes minta fluidzárványsíkját ábrázoló rózsadiagramról leolvasható, hogy négy, közel hasonló súlyú maximumirány adódik: ÉK–DNy-i és ÉNy–DK-i, illetve É–D-i és K–Ny-i csapásirány. Az univerzális forgatóasztallal mért adatok esetében csak a két főirány jelentkezik. Az összes nyílt mikrorepedést ábrázoló diagramon két főirány látható: KÉK–NyDNy és ÉÉNy–DDK, némileg kisebb súllyal jelentkezik az ÉK–DNy-i irány.

Mikro- és makrorepedés-irányok viszonya

Az összehasonlítást kétféle módon végeztük el. Egyrészt összehasonlítottuk fúrásonként az összes mikro- és makrorepedés-irányt ábrázoló diagramokat (I. a, b; II. és III. a, b tábla), másrészt két fúrás (Üh–39 és Üh–31B) esetében a mintavételezési helyek 5 méteres sugarú környezetében található makrorepedéseket az egyes mintákban mért mikrorepedés-irányokkal vetettük össze. A minták jelentős részénél hosszúság szerinti leválogatást is végeztünk, hogy a főirányokhoz kis szögben hajló rövidebb repedésektől megszűrjük az adatbázist. A fluidzárványsíkoknál és a nyílt mikrorepedéseknél azért indokolt e művelet, mert minél rövidebb egy repedés annál nehezebb pontosan meghatározni annak csapásirányát. Továbbá gyakori jelenség, hogy egy hosszabb repedést több rövid repedés alkot. Ha a hosszú repedést egy darabként értelmezzük és csapásirányát a két végpontjának összekötésével határozzuk meg, akkor igen eltérő adatokat kaphatunk a sok rövid repedés irányához képest. A leválogatással tehát a rövid repedéseknél jelentkező esetleges hibák kiszűrése volt a célunk. A küszöbértéket minden mintára egyénileg állapítottuk meg olyan hosszúságértéknél, amely fölött hirtelen adatsűrűség-csökkenést észleltünk.

Üh–39 jelű fúrás

Az Üh–39 jelű fúrásban nem egységes a törésirány, ugyanakkor a fúrásban harántolt törészónák közötti rövidebb szakaszokat többé-kevésbé hasonló törésirányok jellemzik (MAROS 2006).

A diagramokról (I. a, b tábla) leolvasható, hogy bár a makrorepedés-irányok nem egységesek, de összességében a legjellemzőbb csapásirány az ÉK–DNy-i ebben a fúrásban. Az összes makrorepedés-adat a nyílt mikrotörések irányival mutat hasonlóságot, míg a fluidzárványsíkok esetében a

legjellemzőbb csapásirány a KÉK–NyDNy-i. A vizsgált nyolc mintából öt minta esetében a nyílt mikrorepedések irányai közelítik jobban a makrorepedések irányait. Ezen minták közül a legnagyobb mértékű hasonlóságot a 2. minta esetében tapasztaljuk. Csak egy mintánál fordul elő (5. minta), hogy a fluidzárványsíkok irányai nagyobb mértékű egyezést mutatnak a makrorepedés-irányokkal, mint a nyílt mikrorepedések. Továbbá az is előfordul, hogy egyik mikrorepedés-típus sem egyezik meg a makrorepedés irányokkal (7. minta).

Összességében tehát a nyílt mikrorepedések csapásirányai jobban megközelítik az összes makrorepedés irányát, mint a fluidzárványsíkok. A hosszabb mikrorepedések irányeloszlása — mindkét típus esetében — általában jól tükrözi az adott mintára jellemző összképet, de az egyes maximumirányok relatív súlyában helyenként előfordulnak jelentős eltérések, néhol pedig irányvesztés is fellép (I. a, b tábla). Ebből fakadóan a hosszabb mikrorepedések iránystatisztikái nem tekinthetők teljesen megbízhatónak és reprezentatívnak az összkép vonatkozásában.

Üh–31B jelű fúrás

A makrorepedések leggyakoribb csapásiránya a fúrásban kb. (K)ÉK–(Ny)DNy-i. A mintavételi helyek környezetéből leválogatott diagramokon is mindhárom esetben ebben az irányban van a maximális gyakoriság. A makrorepedések irányai mindhárom vizsgált minta esetében nagyfokú hasonlóságot mutatnak a nyílt mikrorepedések irányjaival. A fluidzárványsíkok esetében is nagy megnyiságú repedés jellemezhető ÉK–DNy-i csapásiránnyal, azonban e típusnál a leggyakoribb csapásirány az ÉNy–DK-i.

Összefoglalva megállapítható, hogy ebben a fúrásban mind a mikro-, mind a makrorepedéseknél a legjellemzőbb az (K)ÉK–(Ny)DNy-i csapásirány. A törések orientációja a fúrás teljes hosszában egységesnek mondható. A fluidzárványsíkok irányai nem korrelálnak olyan mértékben a makrorepedés-irányokkal, mint a nyílt mikrorepedések. A hosszabb mikrorepedések irányeloszlása e fúrásban jól közelítik a teljes eloszlási képet.

BeK–5 jelű fúrás

A BeK–5 jelű fúrásban csak az összes repedést ábrázoló diagramokat hasonlítottuk össze. A makrorepedések esetében a K–Ny-i csapásirányú törések a leggyakoribbak, a második leggyakoribb csapásirány az ÉNy–DK-i. A K–Ny-i törések dominanciája jól korrelál a fúrás utolsó néhány méterében észlelt kb. K–Ny-i csapású, elsődrendű törészónával (MOLNOS et al. 2006). A makrorepedések esetében az ÉK–DNy-i csapásirány — a másik két fúrással ellentétben — csak alárendelten szerepel.

A K–Ny-i csapásirány mind a nyílt, mind a zárt mikrorepedésekben megjelenik, de nem olyan gyakorisággal, mint a makrorepedéseknél. A fúrásban az előrehaladás irányában egyre nagyobb gyakorisággal jelentkezik ez a csapásirány a „hosszú” nyílt mikrorepedéseknél (BeK–5/4. és 5. minták, III. a, b tábla). Jelentős különbség a makro- és mikrorepedések irányai között, hogy az északias csapásirány csak a mikrorepedéseknél jelenik meg. A két mikrorepedés-típus

ebben a fúrásban mutatja a legnagyobb hasonlóságot.

A három vizsgált fúrás adatait összegezve megállapítható, hogy:

— a mikro- és makrorepedés-irányok hasonlóak, de eltérés is mutatkozhat,

— a nyílt mikrorepedések csapásirányai jobban megközelítik az összes makrorepedés irányát, mint a fluidzárványsíkok,

— a csapásirányok hosszúság szerinti leválogatása többnyire jól kiemeli a jellemző csapásirányokat, de néhol e módszer következtében az egyes maximumirányok súlya torzulhat a rózsadiagramban, illetve ritkábban akár irányvesztés is felléphet. A hosszabb mikrorepedések tehát nem minden esetben párhuzamosak a leggyakoribb csapásiránnyal, ezért önmagukban nem tekinthetők reprezentatívnak az általános törésképre.

A fluidzárvány-vizsgálatok eredményei

Érkitöltő fázisokon végzett fluidzárvány-vizsgálatok eredményei

Fluidzárvány petrográfia

A fluidzárvány-vizsgálatokat a granitoidban található hidrotermális erek kvarc- és kalcitkitöltéseiben, valamint pegmatit kvarckristályain végeztük (öt minta, I. táblázat). Ezek közül értelemszerűen a pegmatit a legidősebb képződmény. Az érkitöltéseken végzett paragenetikai megfigyelések alapján megállapítható, hogy vizsgált mintákban a kvarcerek, illetve a repedések kvarccal történő kitöltése a kalciterek/kitöltések képződését megelőzte.

A petrográfiai vizsgálatok során szobahőmérsékleten a következő hat fluidzárványtípust lehetett elkülöníteni:

1. típus: elsődleges, kétfázisú (L-V) zárványok. A zárványokban a gőzfázis mennyisége 15-20%. A szemcsékben általában elszórtan egyesével jelennek meg, ritkán „zárványfelhőket” formálnak. A hidrotermális erek kvarc-, illetve kalcitkristályaiban fordulnak elő. Méretük 10–15 µm között változik (I. fotó, a).

2. típus: elsődleges, háromfázisú (L-V-S) zárványok, amelyekben a gőz-, folyadék- és szilárdfázis 15:60:25 arányban oszlanak meg. Méretük 15 µm. Kizárólag egy minta (BeK–5/6. minta) kvarckristályaiban fordulnak elő. A szilárd fázis befogott kristallit.

3. típus: elsődleges, kétfázisú (L-V) zárványok. A gőzfázis mennyisége 30%. Minden esetben csoportosan, azaz „zárványfelhőket” alkotva jelennek meg. Méretük maximum 10 µm. Ezt a típust egyedül a pegmatit kvarckristályaiban azonosítottunk.

4. típus: álmásodlagos, kétfázisú zárványok (L-V), amelyek hamar elhaló, rövid repedések mentén, zárványsorokat formálnak. A gőzfázis mennyisége nem haladja meg az 5%-ot. Csak egy minta (BeK–5/2. minta) kalcitkristályaiban fordulnak elő.

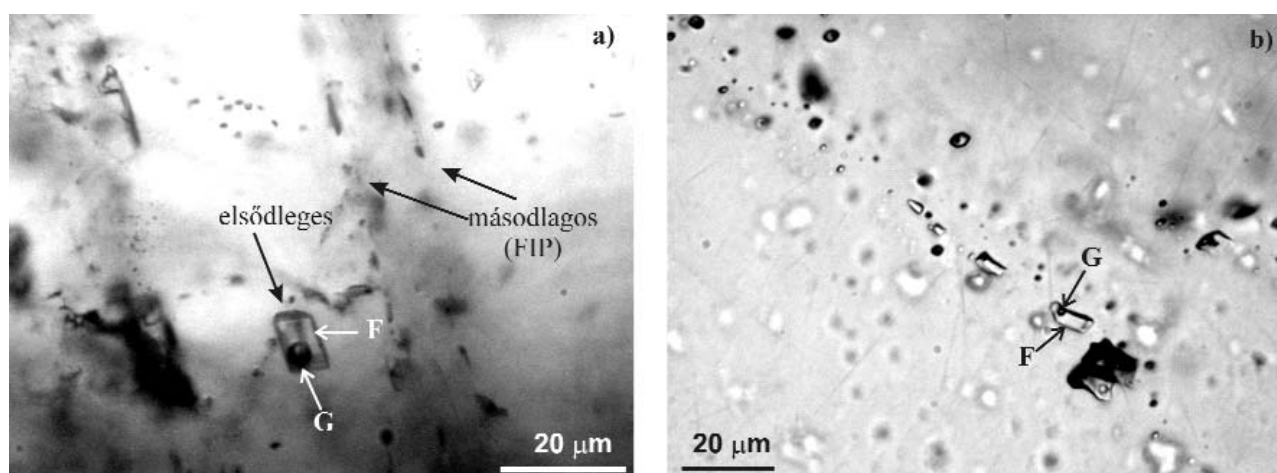
5. típus: másodlagos, kétfázisú (L-V) zárványok, me-

I. táblázat. A zárványtípusok adatai mintákra lebontva

Table I. Fluid inclusion characteristics for each sample

Minta sorszám	Zárványtípus	Befogadó ásvány	Eredet	Fázisok	Gőzfázis mennyisége (%)	Ásványosodott ér dőlése	Ásványosodott ér csapásiránya
BeK-5/6.	1.	kalcit	p	L-V	15-20	51/77°	ÉNy-DK
BeK-5/6.	1.	kvarc	p	L-V	20		
BeK-5/2.	1.	kalcit	p	L-V	10-20	25/87°	ÉNy-DK
BeK-5/3.	1.	kalcit	p	L-V	15-20	50/71°	ÉNy-DK
Üh-39/8.	1.	kalcit	p	L-V	15-20	301/68°	ÉÉK-DDNy
BeK-5/6.	2.	kvarc	p	L-V-S	15		
Üh-39/5. (pegmatit)	3.	kvarc	p	L-V	30	300/55°	ÉÉK-DDNy
BeK-5/2.	4.	kalcit	ps	L-V	5		
BeK-5/6.	5.	kvarc	s	L-V	5		
BeK-5/6.	5.	kalcit	s	L-V	5		
BeK-5/2.	5.	kalcit	s	L-V	maximum 5		
BeK-5/3.	5.	kvarc	s	L-V	5		
Üh-39/8.	5.	kalcit	s	L-V	maximum 5		
BeK-5/6.	6.	kvarc	s	L	0		

p = elsődleges, s = másodlagos, ps = álmásodlagos, L = folyadék, V = gőz, S = szilárd
 p = primary, s = secondary, ps = pseudosecondary, L = liquid, V = vapour, S = solid



1. fotó. a) Elsődleges, kétfázisú fluidzárvány (F = folyadékfázis, G = gőzfázis) (1. típus) másodlagos fluidzárványsíkokkal érkítöltő kvarcban, b) Fluidzárványsík kétfázisú zárványokkal (gőzfázis maximum 5%) (2. típus)

Photo 1. a) Primary, two phase fluid inclusion (F = liquid phase, G = vapour phase) (type 1) with secondary fluid inclusion planes in vein-filling quartz; b) Fluid inclusion plane with two phase inclusions (vapour phase max. 5%) (type 2)

lyek zárványsík formájában jelennek meg. A gőzfázis mennyisége legfeljebb 5%. Általában nagyon kicsi méretűek (maximum 5 µm). Mindkét ásványban és minden mintában megtalálhatóak.

6. típus: másodlagos egyfázisú (L) zárványok, melyek törésekhez kötődően jelennek meg. A zárványok átlagos átmérője 5 µm. Minden mintában és mindkét ásványban előfordulnak.

Mikrotermometria

A fluidzárványokon homogenizációs és kriozskópos vizsgálatokat végeztünk. A homogenizáció mindig folyadékfázisban történt. A ~-21 °C eutektikus hőmérséklet értékek esetében az adatokat NaCl-H₂O rendszerben értel-

meztük. Míg az ~-52 °C-os eutektikus hőmérséklet alapján NaCl-CaCl₂-H₂O rendszert azonosítottunk. A NaCl-CaCl₂-H₂O rendszerben értelmezett adatok esetében a koncentráció értéket CaCl₂ ekv. súly%-ra számoltuk, mert hidrohalit olvadását nem lehetett észlelni, így a NaCl/CaCl₂ arányt sem lehet meghatározni. Mivel a koncentrációértékeket a NaCl-H₂O rendszerű oldatokban NaCl ekv. súly%-ra számoltuk, a CaCl₂ tartalmúak esetében nem, ezért az összehasonlíthatóság érdekében a homogenizációs hőmérséklet értékeket nem a sótartalom, hanem a végső olvadási hőmérséklet függvényében ábrázoltuk minden esetben. A sótartalom értékeket Flincor szoftver segítségével számítottuk (BROWN 1989).

Az érkítöltő fázisok mikrotermometriai vizsgálatai

alapján öt különböző fizikai tulajdonságokkal jellemezhető fluidumot azonosítottunk. Összesítve a petrográfiai és a mikrotermometriai vizsgálatokat relatív időbeli sorrend is felállítható az egyes események között az ásványkiválások sorrendje és az ásványok zárványainak relatív befogódási ideje (elsődleges, másodlagos) alapján. A 3. ábra a) részén a

folyamatok időrendiségét számokkal jelöltük.

1. A legelső fluidumból a pegmatit kvarckristályai képződtek, melynek elsődleges zárványai 260–290 °C-os homogenizációs hőmérséklettel és –4 °C körüli végső olvadási hőmérséklettel (6,4 NaCl ekv. súly%) jellemezhetőek (3. zárványtípus).

2. Ezt követően kvarckristályok képződtek egy 90–200 °C-os homogenizációs hőmérséklettel és –5 °C-os végső olvadási hőmérséklet értékkel, 7,6 NaCl ekv. súly% sótartalom értékkel jellemezhető fluidumból (1. és 2. zárványtípus).

3. A harmadik esemény a kalcit képződéséhez kötődik. Ebben a zárványgenerációban 107–286 °C között változik a homogenizációs hőmérséklet, a végső olvadási hőmérséklet pedig –0,1––2,4 °C közötti értékeket vesz fel, így a sótartalom-érték viszonylag alacsony (kb. 0,2–4 NaCl ekv. súly%) (1. és 4. zárványtípus).

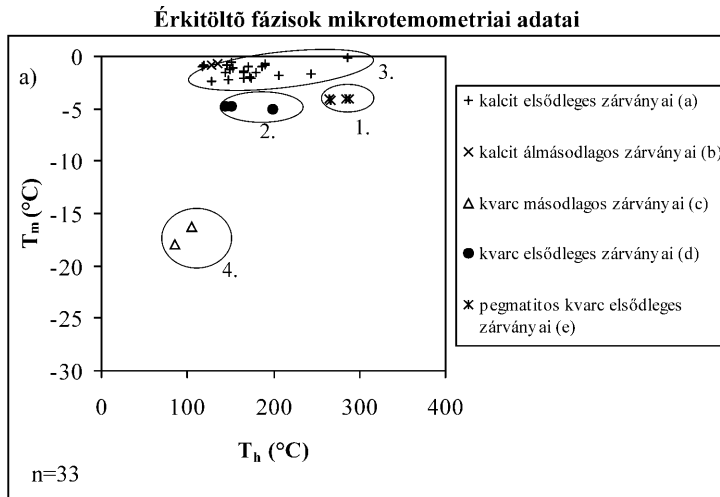
4. Ezt követően csapdázódtak az 5. típusú, másodlagos zárványok, mert ezek mind a kvarc- mind a kalcitkristályokban egyaránt megjelennek, tehát biztosan a kalcit képződése utáni folyamatról van szó. Ez a fluidum NaCl-CaCl₂-H₂O összetételű, végső olvadási hőmérséklete –16,3 – –18 °C, ami ~ 19 CaCl₂ ekv. súly% koncentrációnak felel meg. Alacsony homogenizációs hőmérséklettel (kb. 60–120 °C) jellemezhető.

5. Legvégül, pedig a 6. típusú fluidzárványok csapdázódhattak. A fluidum valószínűleg meteorikus eredetű.

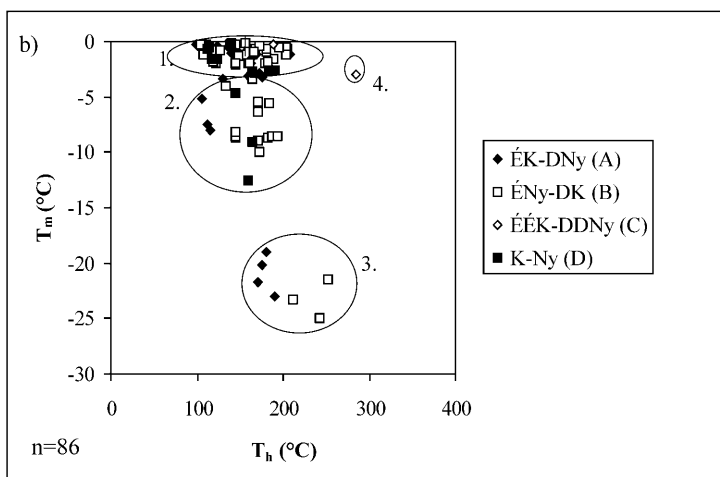
A fluidzárványsíkok vizsgálata a kőzetalkotó kvarckristályokban

Fluidzárvány petrográfia

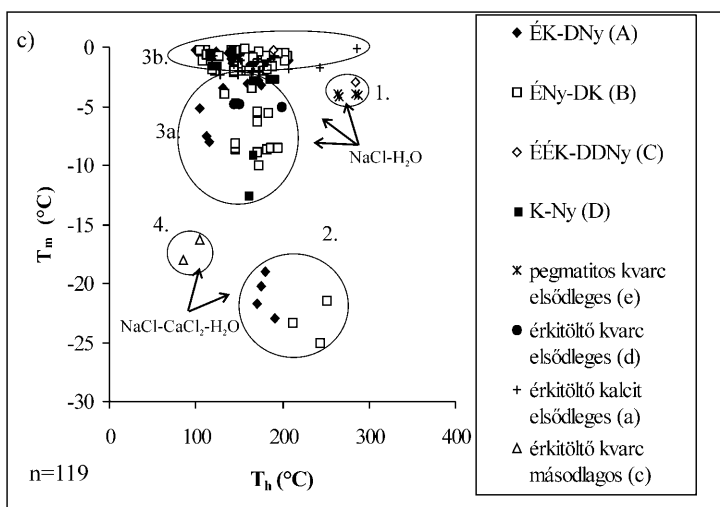
Összesen öt orientált minta (Üh–31B/2, Üh–39/5 és 6., BeK–5/1 és 5) kőzetalkotó kvarckristályokban előforduló fluidzárványsíkok vizsgálatát végeztük el. A zárványsíkok for-



Kőzetalkotó kvarc fluidzárvány-síkjainak mikrotermometriai adatai



Összes mikrotermometriai adat



3. ábra. a) Az érkitöltő fázisok fluidzárványaiban mért homogenizációs hőmérséklet (T_h) adatai a végső olvadási hőmérséklet (T_m) függvényében (a számok időrendiséget jelölnek), b) Fluidzárványsíkokból mért homogenizációs hőmérséklet (T_h) értékei a végső olvadási hőmérséklet (T_m) függvényében ábrázolva (a számok nem időrendiséget jelölnek, hanem az egyes fluidumgenerációkat), c) Az érkitöltő fázisokból és a fluidzárványsíkokból mért homogenizációs hőmérsékletek (T_h) a végső olvadási hőmérséklet (T_m) függvényében ábrázolva (a számok időrendiséget jelölnek)

Figure 3. a) Homogenization temperature (T_h) measured in fluid inclusions of vein-filling phases plotted against final melting temperature (T_m). Numbers indicate timing, b) Homogenization temperature (T_h) measured in fluid inclusion planes plotted against final melting temperature (T_m). Numbers do not indicate timing but indicate the fluid generation, c) Homogenization temperature (T_h) measured in fluid inclusions in both vein-filling mineral phases and fluid inclusion planes plotted against final melting temperature (T_m). Numbers indicate timing

(a) primary inclusions in calcite (b) pseudosecondary inclusions in calcite (c) secondary inclusions in quartz (d) primary inclusions in quartz (e) primary inclusions in pegmatitic quartz (A) NE-SW (B) NW-SE (C) NNE-SSW (D) E-W

májában megjelenő fluidzárványok értelemszerűen másodlagosak a kőzetalkotó kvarc kristályosodásához képest. Ezért ezen vizsgálatok során a zárványokat a fázisösszetétel, a fázisarány és a befogadó zárványsík orientációja alapján csoportosítottuk. Szobahőmérsékleten a következő zárványtípusokat lehetett elkülöníteni:

1. típus: egyfázisú folyadékzárványok (L), maximum 5 μm átmérővel.

2. típus: kétfázisú (L-V) zárványok, a gőzfázis mennyisége legfeljebb 5%. Általában nagyon kisméretűek (maximum 5 μm ; 1. fotó, b).

3. típus: kétfázisú (L-V) zárványok, ahol a gőzfázis mennyisége 15–25% között változik. Méretük átlagosan 5–10 μm .

4. típus: háromfázisú (L-V-S) zárványok, ahol a gőzfázis mennyisége 20% a szilárd fázis 15%. A szilárd fázis befogott kristallit.

A vizsgált mintákban két fő csapásirány (ÉK–DNy és ÉNy–DK) észlelhető, ezek mellett alárendelten jelentkező irányok a K–Ny és az ÉÉK–DDNy. Az egyes irányokhoz nem lehetett adott zárványtípust rendelni, azaz egy-egy irányban több zárványtípus is megjelenik. Megállapítható azonban, hogy az 1. típus leggyakrabban az ÉK–DNy-i, és az erre merőleges ÉNy–DK-i csapású fluidzárványsíkokban jelenik meg. A 2. és a 3. típus gyakran előfordul szinte minden mintában, mind a már említett négy irányban. A 4. típus csak egy mintában (BeK–5/5.) azonosítottam egy ÉK–DNy-i csapású zárványsíkban.

Mikrotermometria

Mikrotermometriai vizsgálatok során az alábbiakban bemutatott fluidumgenerációkat azonosítottuk irányok szerint (3. ábra, b). Fontos rámutatni, hogy a zárványpetrográfia során azonosított zárványtípusok nem feleltethetőek meg egyértelműen a mikrotermometriai vizsgálatokkal azonosított fluidumgenerációknak, ezért a 3. ábra b) részén levő számok nem az egyes zárványtípusokat, hanem az egyes fluidumgenerációkat jelzik.

ÉK–DNy-i csapásban az 1., 2., 3. és 4. zárványtípus is megjelenik. A homogenizációs-hőmérséklet intervalluma igen tág (99–221 °C) az adott irányban mért fluidzárványokban. A 2. zárványtípus 103–116 °C homogenizációs hőmérsékletű, sótartalma pedig 8,13–11,69 NaCl ekv. súly% között változik a végső olvadási hőmérséklet értékei alapján (–5,2 – –8 °C). A 3. zárványtípus két féle eutektikus hőmérséklettel jellemezhető. Megjelenik benne a NaCl–H₂O és a NaCl–CaCl₂–H₂O rendszerű fluidum is. A CaCl₂-os oldat –23 – –19 °C közötti végső olvadási hőmérséklettel, míg a NaCl–H₂O rendszerű fluidum –3,4 – –0,2 °C-os végső olvadási hőmérséklettel jellemezhető. Előbbi 20,15–22,16 CaCl₂ ekv. súly%-nak, utóbbi 5,56–0,35 NaCl ekv. súly% koncentrációnak felel meg. A CaCl₂-tartalmú oldat zárványai 176–215 °C közötti homogenizációs hőmérséklettel jellemezhetőek, míg a NaCl-víz rendszerű zárványok 99–212 °C között homogenizálódtak. A háromfázisú zárvány (4. típus) szilárd fázisában fagyasztás és homogenizáció során fázisátalakulást nem

észleltünk, tehát nem az anyaooldatból kristályosodott, hanem szilárd fázisban fogódott be.

Az ÉNy–DK-i csapásirányú fluidzárványsíkok is tartalmazták az első három zárványtípust. A homogenizációs hőmérséklet intervalluma igen tág (98–252 °C). Ebben az irányban ugyanazokat a típusú fluidumokat lehet azonosítani, mint az előzőben. A 3. típusú zárványok NaCl–CaCl₂–H₂O tartalmú fluiduma –25 – –21,5 °C közötti végső olvadási hőmérséklet értékeket vesz fel, amely 21,44–23,08 CaCl₂ ekv. súly% koncentrációt jelent. Homogenizációs hőmérséklete pedig, 212–252 °C között változik. A 3. típusú, NaCl–H₂O rendszerű fluidumok homogenizációs hőmérséklete 98–205 °C, végső olvadási hőmérsékletük pedig, –4,0 – –0,1 °C között változik. Ez 0,17–6,44 NaCl ekv. súly%-nak felel meg. A 2. típusú zárványok 145–194 °C közötti homogenizációs hőmérsékletűek, végső olvadási hőmérsékletük –5,45 – –10 °C, ez alapján sótartalmuk 8,41–13,93 NaCl ekv. súly%.

A K–Ny-i irányban a 2. és a 3. típusú zárványok jelennek meg. Az eutektikus hőmérséklet alapján az összes zárvány NaCl–H₂O rendszerű. A 2. típusú zárványok végső olvadási hőmérséklete –4,6 – –12,5 °C között változik, ez 7,3–16,43 NaCl ekv. súly%-nak felel meg. A homogenizációs hőmérséklet 144–164 °C intervallumba esik. A 3. típusú zárványok végső olvadási hőmérséklete –2,7 – –0,1 °C közötti értéket vesz fel, mely 0,17–4,49 NaCl ekv. súly% koncentrációt jelez. A homogenizációs hőmérséklet intervalluma ebben az irányban is igen széles, 114–221 °C.

Az ÉÉK–DDNy-i csapásiránnyal jellemezhető fluidzárványsíkokban az 1. és a 3. zárványtípus jelenik meg. Mivel ez az irány csak alárendelt, ezért a mérés szám is alacsonyabb, mint a főirányokban. Ebben az irányban csak NaCl–H₂O rendszerű fluidumot azonosítottunk. A 3. típusú zárványhoz ebben az irányban 133,6–205 °C-ig terjedő homogenizációs hőmérséklet és –0,3 °C végső olvadási hőmérséklet érték tartozik, mely 0,53 NaCl ekv. súly%-nak felel meg. A 2. típusú zárvány 273–285 °C homogenizációs hőmérsékletű, sótartalma 4,95 NaCl ekv. súly%, mivel végső olvadási hőmérséklete –3 °C.

Összefoglalva megállapítható, hogy a fluidzárványsíkok mikrotermometriai vizsgálatai során öt különböző fluidumgenerációt lehetett azonosítani (3. ábra, b).

1. Minden irányban megjelenik a körülbelül 100–200 °C közötti homogenizációs hőmérsékletű és viszonylag alacsony sótartalmú (0,17–6,44 NaCl ekv. súly%) fluidum.

2. Ugyancsak minden irányban jellemző a nagyobb sótartalmú (5–14 NaCl ekv. súly%) fluidum, de a homogenizációs hőmérséklet intervalluma irányonként eltér.

3. Mind a két főirányban (ÉK–DNy és ÉNy–DK) megjelenik a nagyon nagy fagyáspontcsökkenésű, és ezáltal CaCl₂-ban gazdag (OAKES et al. 1998) oldat, átlagosan 22 CaCl₂ ekv. súly%-os koncentrációval, homogenizációs hőmérséklete 175–255 °C között változik.

4. Csak az ÉÉK–DDNy-i csapásirányban jelenik meg az átlagosan 280 °C-os, 5 NaCl ekv. súly%-kal jellemezhető fluidum.

5. Az egyfázisú folyadékzárványok valószínűleg meteorikus eredetűek, a K–Ny-i csapás kivételével minden irány-

ban megtalálhatóak (E fluidumgeneráció nincs jelölve a 3. ábrán, mert mikrotermometriai méréseket nem végeztünk rajta.)

Diszkusszió

Fluidummigrációs események rekonstrukciója

Az egyes események relatív időrendiségének megállapításához az alábbiakat kell feltétlenül figyelembe venni:

— A fluidzárványsíkok vizsgálata alapján megállapítható, hogy különböző fluidumok nem köthetők meghatározott csapásirányokhoz, tehát ugyanazok az oldatok többféle irányú repedésben is jelen voltak.

— A jelen munka keretében megvizsgált érkítöltő fázisok és a zárványsíkok mikrotermometriai eredményei szerint a rendszerben nem minden oldatáramlási esemény eredményezett ásványkiválást, ugyanis a kőzetalkotó kvarc-kristályok zárványsíkjaihoz kötődő fluidumok között azonosítottunk olyan paraméterekkel (homogenizációs hőmérséklet, sókoncentráció) jellemezhető oldatot, mely az érkítöltő ásványok elsődleges zárványaiban nem jelenik meg. Mivel ezen oldatáramláshoz tartozó fluidum az ásványosodott erek másodlagos zárványaiban sem jelenik meg, ezért igen valószínű, hogy ezen fluidum az érkítöltő fázisok előtt cirkulált a kőzetben.

— Minden olyan oldat megjelenik a kőzetalkotó kvarc fluidzárványsíkjai mentén csapadózott zárványokban, amelyekből az érkítöltő fázisok kristályosodtak, vagyis ami megjelenik az érkítöltő ásványok elsődleges fluidzárványaiban. Figyelembe véve az előző megállapítást, ez egyértelműen azt jelzi, hogy az ásványosodott erek képződése időben jól elkülönül a kőzet magmás fejlődéstörténetétől.

— Mind az érkítöltések, mind a zárványsíkok fluidzárványaiban kétféle összetételű oldatot lehetett azonosítani, egy NaCl-H₂O összetételűt és NaCl-CaCl₂-H₂O összetételűt.

Összesítve az érkítöltő fázisok és a fluidzárványsíkok petrográfiai és mikrotermometriai eredményeit valamint a megfigyelt szerkezetföldtani irányait, a következő fluidumáramlási események azonosíthatók (3. ábra, c):

1. A legelső esemény pegmatitos kifejlődésű kvarc képződését eredményezte, ugyanis egy plutonban az első fluidumszegregációs esemény mindig a pegmatitok képződéséhez kötődik. Ebből egyértelműen következik, hogy ez a fluidum magmás eredetű, amely megjelenik a pegmatit képződése előtt kristályosodott kőzetalkotó kvarcok fluidzárványsíkjaiában is. E fluidumot bezáró zárványok homogenizációs hőmérséklete 260–290 °C közötti, végső olvadási hőmérséklete átlagosan –3 és –4 °C, tehát sótartalma ~5-6 NaCl ekv. súly%. A vizsgált pegmatittelér csapása és a fluidzárványsíkok megegyező irányai alapján (ÉÉK–DDNy) feltételezhető, hogy a magmás fluidumáramlási eseményhez ÉÉK–DDNy irányú repedésrendszer kialakulása társult. Ez az irány igen hasonló a leukokrata telérek leggyakoribb csapásirányához (MAROS et al. 2004).

2. Az ezt követő fluidummigrációs esemény csak fluidzárványsíkokat alkotó zárványokon nyomozható, tehát valószínűleg az érkítöltő kvarc és kalcit képződése előtti folyamatról van szó, mert a vizsgált érkítöltések elsődleges zárványaiban egyáltalán nem jelenik meg ilyen összetételű fluidum. Összetétele NaCl-CaCl₂-H₂O rendszerrel modellezhető, végső olvadási hőmérséklete átlagosan –23 °C, és az ebből számított koncentrációja átlagosan 22 CaCl₂ ekv. súly%. Homogenizációs hőmérséklete 175–255 °C között változik. További ásványosodott erek vizsgálata szükséges annak eldöntéséhez, hogy ezen fluidumból történt-e ásványkiválás, ugyanis a vizsgált mintákban az érkítöltő fázisok elsődleges zárványaiban nincs jelen az oldat. A vizsgált területen mélyített Űh–3 jelű fúrásban SZABÓ Cs. et al. (1998) hidrotermális eredetű kalcit-grosszulár(?)-ereket említenek, melyek képződése esetleg ehhez az eseményhez köthető az oldat nagy CaCl₂-tartalma és homogenizációs hőmérséklete alapján. KIRÁLY, TÖRÖK (2003) szintén említenek Ca-dús szegélyeket gránátban a Mórógyi Gránit Formációban, illetve a szomszédos Mecsek-alja-öv metamorfitaiban található aplittellérekéből. Ez a jelenség szerintük az aplittellérek deformációja során migráló Ca-gazdag fluidumra utalhat vagy megemelkedett nyomást és/vagy hőmérsékletet jelez. Ennek alapján a fluidum metamorf eredete tételezhető fel, bár a viszonylag magas CaCl₂-tartalom alapján akár a fluidum mélymedence eredete is lehetséges (FYFE 1978).

A fluidum a terület két fő szerkezeti irányához kötődően jelenik meg ÉK–Dny-i és ÉNy–DK-i csapásban, ami feltehetőleg feszültségtér-permutációval hozható összefüggésbe. Pusztán a szerkezetföldtani irányok alapján ez a fluidummigrációs esemény MAROS et al. (2004) modellje szerint a középső–krétára tehető (vö. Szerkezetalakulás c. fejezet). A fluidzárvány-vizsgálatok alapján azonban nem zárható ki az sem, hogy ez az esemény a középső–krétánál idősebb, amivel összeeseng MAROS et al. (2004) azon megállapítása, mely szerint a középső–kréta előtti repedések reaktivációja is lehetséges. Jelen munkában inkább az utóbbi lehetőséget valószínűsítjük, azaz egy krétánál idősebb ÉK–Dny-i és erre merőleges ÉNy–DK-i csapású repedésrendszert feltételezhetünk. E repedésrendszer menti fluidummigráció pontosabb koráról nincs információnk.

3a. Hidrotermális eredetű kvarc kiválását eredményező, több fázisú fluidumáramlási esemény. A zárványok homogenizációs hőmérséklete 100–200 °C között változik, átlagosan –5 – –10 °C közötti olvadáspanja alapján sótartalma ~8–14 NaCl ekv. súly%. Ez a fluidum az ásványosodott ér csapása (ÉNy–DK) és a fluidzárványsíkok orientációja alapján mind a két főirányban (ÉK–Dny és ÉNy–DK) és K–Ny-i csapásban is megjelenik. Az oldat irányonként kissé eltérő homogenizációs hőmérséklettel jellemezhető: legmagasabb értéket (150–200 °C) az ÉNy–DK-i csapásirányú zárványsíkoknál tapasztalható, a 150–160 °C a K–Ny-i csapásirányra jellemző, míg a legalacsonyabb értéket (100–120 °C) az ÉK–Dny-i csapású zárványsíkokban mértük. Ez azzal magyarázható, hogy a fluidum hűlése során újabb repedésrendszerek nyílhattak fel.

3b. A következő, a vizsgált területen belül mindenhol megjelenő oldatáramlási esemény kalcit kiválását eredményezte. Ez a fluidum ugyancsak megjelenik mind az érkitöltő fázisok, mind a zárványsíkok fluidzárványjaiban. A homogenizációs hőmérsékleti intervallum igen tág (100–250 °C), a –0,1––3 °C közötti végső olvadási hőmérséklet alapján a sótartalom ~0,2–5 NaCl ekv. súly% közé esik. Az oldat főképp az ÉNy–DK-i csapásirányú repedésrendszerekben migrált a kalcittartalmú erezések irányai alapján, de egyaránt jelen van az ÉK–DNy, a K–Ny és az ÉÉK–DDNy-i csapásirányú zárványsíkokban.

Lehetséges, hogy a kvarcot (3a esemény) és a kalcitot (3b esemény) kristályosító oldatok egyazon fluidum hígulását és kémiai tulajdonságainak (pl. pH) változását tükrözik, mivel a mikrotermometriai adatok alapján nem képeznek két jól elkülönülő csoportot. Feltételezhetjük tehát, hogy nem két külön fluidummobilizációs eseményt tükröznek, hanem egyazon folyamat részeit képezik. A 3a és 3b fluidummigrációt egy eseménynek tekintve, elmondható, hogy a kalcit-kvarc erezést létrehozó fluidum a vizsgált fúrásokban és SZABÓ B. et al. (2008) által vizsgált területen is mindenhol nagy adatsűrűséggel jelenik meg. Ebből adódóan viszonylag nagy területre kiterjedő, jelentős fluidummigrációval számolhatunk, amihez sok nyílt repedésre volt szükség. Ilyen feltételek a leginkább a későkrétában voltak, ugyanis a CSÁSZÁR (2004) által a vizsgált területre szerkesztett süllyedésgörbéről leolvasható, hogy a középső-krétától kiemelkedés zajlott a területen, amelynek során jelentős mennyiségű repedés nyílhatott fel. Ekkor a középső-kréta korú vagy annál idősebb ÉNy–DK-irányú és az ÉK–DNy-i repedések is reaktiválódhattak. A fluidumok az ekkor felnyíló, ÉÉK–DDNy-i csapásirányú repedések mentén is migráltak.

4. Ez a fluidum mind az érkitöltő kvarcban, mind a kalcitban másodlagos zárványokban őrződött meg, tehát biztosan a kalcit képződése utáni folyamathoz köthető. Összetétele NaCl–CaCl₂–H₂O rendszerrel modellezhető, végső olvadási hőmérséklete átlagosan –17 °C, így koncentrációja átlagosan 19 CaCl₂ ekv. súly%. Az eddigi oldatokénál alacsonyabb homogenizációs hőmérséklettel (60–120 °C) jellemezhető fluidzárványokban csapdázódott. Mivel ezt a fluidumgenerációt a kőzetalkotó kvarc zárványsíkjában nem észleltük, ezért a fluidum áramlásának iránya az erek csapása alapján feltételezhetően ÉNy–DK-i, tehát valószínűleg reaktiválódott, ÉNy–DK-i csapású repedésrendszerek mentén áramlott. Ebben az esetben a geotermikus gradiens értéke szabhatta meg az oldatok hőmérsékletét, így az oldatáramlás 2–4 km fedettség mellett mehetett végbe. Az esemény feltételezen a kora-paleogénre tehető.

5. Legvégül egy alacsony hőmérsékletű, valószínűleg meteorikus eredetű fluidum migrált, amely a K–Ny-i csapásirány kivételével minden irányban megjelenik, az érkitöltő fázisok és kőzetalkotó kvarcok másodlagos, egyfázisú zárványjaiban. Az oldatnak feltehetően a késő-miocén–pliocén transzpressziós kiemelkedés következtében reaktiválódott (MAROS et al. 2004), nyílt repedésrendszer biztosított áramlási útvonalat.

Az eredmények korrelációja a korábbi vizsgálatokkal

Eredményeink szerint a Mórógyi Gránitban kétféle összetételű fluidum (NaCl–CaCl₂–H₂O, NaCl–H₂O) azonosítható, ami a korábbi vizsgálatokkal összhangban van (SZABÓ Cs. et al. 1998, 1999; GATTER, TÖRÖK 2004; SZABÓ B. et al. 2008).

A SZABÓ B. et al. (2008) által azonosított első két esemény (egy lokális és egy regionális; l. a Hidrotermális események c. fejezetet) az általunk vizsgált mintákban is megjelenik (3b folyamat). Megfigyeléseink szerint e fluidumok azonban nem különböznek a területen jellemző két főirány szerint, hanem megjelennek mind az ÉK–DNy-i, mind az ÉNy–DK-i csapásirányban. Ezt az eseményt regionálisnak tekinthetjük, azaz a vizsgált területen belül mindenhol jelenlevő fluidumáramlásról van szó. A karbonátos érkitöltések kiválása is főként ehhez a folyamathoz kötődik. Ezen kívül SZABÓ B. et al. (2008) három lokális hidrotermális eseményt is azonosított, melyek közül egy az általunk vizsgált területen is megjelenik. E lokális esemény a hidrotermális kvarc kiválását eredményezte (3a folyamat).

A KOVÁCS-PÁLFFY et al. (2000) által leírt négy hidrotermális eseményt az alábbiak szerint korreláljuk saját eredményeinkkel:

— a granitoid képződéséhez kapcsolódó hidrotermális hatás: ennek feleltethető meg a jelen dolgozatban közölt pegmatit képződéséhez kötött folyamat.

— az I. hidrotermális fázis korát pontosabban nem határozták meg, de megállapították, hogy biztosan megelőzte a kréta vulkanizmust. Az általunk azonosított 2. fluidummobilizációs esemény ennek feleltethető meg.

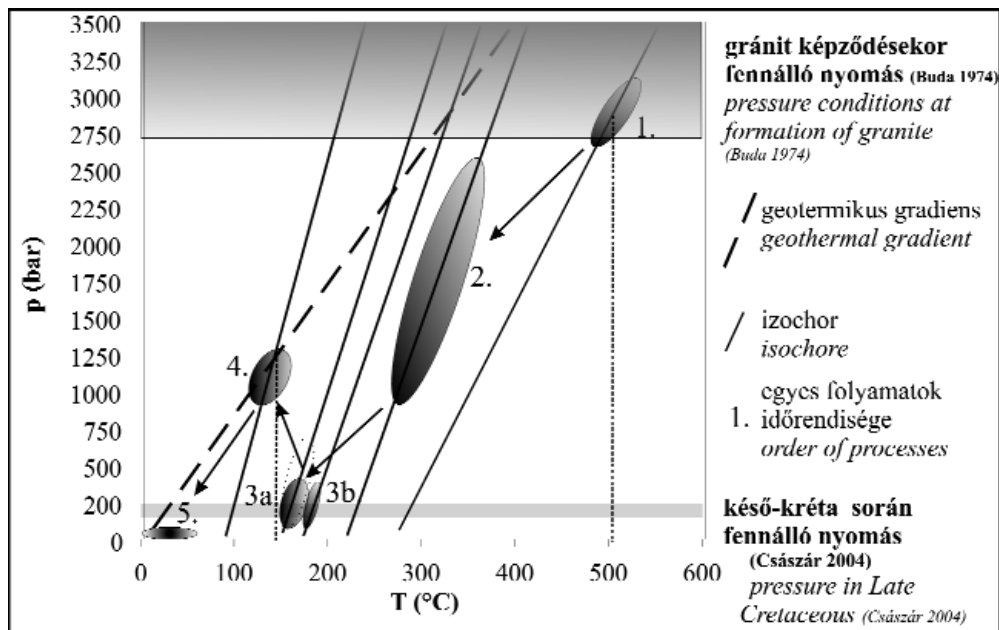
— a 3a és 3b események megfeleltethetők a KOVÁCS-PÁLFFY et al. (2000) által definiált, II. hidrotermális fázisnak, mely feltételezhetően a kréta vulkanizmushoz kötődik.

— Az utolsó (5.) folyamatot az általunk definiált szupergén fázissal azonosítjuk.

A fluidumáramlási események kapcsolata a földtani fejlődéstörténettel

A 4. ábra az összes fluidumgenerációra vonatkozó információ összefoglalását szemlélteti a nyomás és hőmérséklet függvényében. Az ábráról leolvasható, hogy ismerve a pegmatitban csapdázódott fluidzárványok reprezentatív izochorjának meredekségét a vizsgált pegmatit képződési hőmérsékletét tovább lehet pontosítani. Földpátszerkezeti vizsgálatok alapján BUDA (1974) ugyanis a pegmatit képződési hőmérsékletére 550 °C alatti tartományt adott meg. BUDA (1985) szerint a pegmatitos földpátok képződési hőmérséklete 518±35 °C-nak adódik a földpát termometerek felhasználásával. A pegmatit elsődleges fluidzárványainak izochorja és a gránit feltételezhető képződési mélysége a pegmatitokra vonatkozóan 500–550 °C képződési hőmérsékletet valószínűsít.

Az ezt követő, második folyamat pontos lehatárolására nincs lehetőség, ugyanis csak annyit tudunk, hogy a peg-



4. ábra. A különböző fluidumáramlási folyamatok litosztikus nyomás és hőmérséklet függvényében ábrázolva a zárványgenerációk izochorjai alapján

Az egyes zárványgenerációk reprezentatív izochorját ZHANG és FRANTZ (1987) egyenletéből számolva határoztuk meg. A sötét ellipszisek az egyes zárványgenerációk valószínűsített befogódási körülményeit jelölik

Figure 4. Different fluid-migration events based on the isochores of different generations of fluid inclusions plotted against lithostatic pressure and temperature

Each isochore of a fluid inclusion generation was calculated with the equation of ZHANG & FRANTZ (1987). Dark areas indicate assumed trapping conditions for each fluid inclusion generation

matit kristályosodása utáni, de az érkítöltő fázisok képződését megelőző folyamatról van szó. Ez esetben szükség volt hőhatóra (magnás, vagy metamorf), ugyanis ha azt feltételezzük, hogy az oldat felfűtését kizárólag a geotermikus gradiens okozta, akkor még a gránit képződését is meghaladó nyomással kellene számolnunk. Ez azonban igen kevésbé valószínű, mert a pluton a magnás kristályosodás és a metamorfózis után sekélyebb kéregrégióba emelkedett.

Felhasználva a CSÁSZÁR (2004) által készített süllyedésgörbét, a kréta kiemelkedés során fennálló nyomásvizonyok is ismertek. Feltételezve a vizsgált kvarc- és kalciterezések (3a, b esemény) késő-kréta korát, így nyomáskorrekció céljából felhasználhatjuk e nyomásértéket. A süllyedéstörténet alapján rekonstruált viszonylag sekély eltemetődés (max. 1000 m) mellett az átlagos termikus gradiens alapján e mélységben várható hőmérsékletnél lényegesen magasabb hőmérséklet csak magnás felfűtéssel magyarázható, mivel a közel 150 °C eléréséhez, az átlagos geotermikus gradiens értékkel számolva (3 °C/100 méter) 5 km-es mélységet kellene feltételeznünk. Bár a kréta alkáli vulkanizmus kora még vita tárgyát képezi (l. BALLA et al. 2007), a diagram késő-kréta során fennálló nyomást mutatja. Ezáltal a kalcit és a kvarc valós képződési hőmérséklete is megadható, ami csak nagyon kis mértékben tér el a mért homogenizációs hőmérséklettől. (Ha a vulkanizmusra a kora-kréta kort valószínűsítjük, és a fluidumáramlási eseményt ehhez kötjük, úgy lényegesen nagyobb mélységgel kell számolnunk.)

Az 4. folyamat már valószínűleg nem kapcsolódik magnás felfűtéshez, ugyanis a krétát követően nem ismerünk

ilyen jellegű eseményt a kutatási területen és annak környezetében, ezért ebben az esetben a valós hőmérsékletet a fluidumhoz tartozó izochor és a geotermikus gradiens metszéspontja alapján határozhatjuk meg. Az átlagosan 90 °C-os homogenizációs hőmérséklettel rendelkező fluidum valós hőmérséklete közel 130 °C lehetett. A süllyedéstörténeti görbe alapján ez az esemény a kora-paleogénbe helyezhető.

Következtetések

Vizsgálataink eredményeképpen a Mórógyi Gránitban öt fluidumáramlási eseményt különítettünk el, valamint meghatároztuk az egyes fluidummigrációs események fő irányait, relatív korukat és az oldatok összetételét:

1. Az első fluidumáramlási esemény a variszkuszi gránitképződéshez köthető, amely a pegmatit elsődleges fluidzárványaiban nyomozható. E fluidumot bezáró zárványok homogenizációs hőmérséklete 260–290 °C közötti, sótartalma ~ 5–6 NaCl ekv. súly%. E fluidumok áramlása közel ÉÉK–DDNy-i irányú repedésrendszerhez köthető.

2. Ezt követően ÉK–DNy-i és ÉNy–DK-i csapású repedésrendszerek menti fluidumáramlást feltételezhetünk. A fluidum összetétele NaCl–CaCl₂–H₂O, koncentrációja átlagosan 22 CaCl₂ ekv. súly% volt. Homogenizációs hőmérséklete 175–255 °C között változik. A viszonylag magas CaCl₂-tartalom alapján lehetséges, hogy a fluidum mélymedence eredetű, de a metamorf eredet is elképzelhető.

3. A feltételezeten késő-kréta korú, a vizsgált területen mindenhol megjelenő hidrotermális esemény kvarc- és kalciterezést eredményezett. A fluidummigráció mind az ÉK–DNY-i, mind az ÉNY–DK-i csapásirányú repedés-rendszerekben valószínűsíthető, ami a repedések újbóli megnyílásával magyarázható. Az áramlás alárendelten a K–NY-i és ÉÉK–DDNY-i csapásirányban is nyomozható. A repedés-kitöltő kvarcban található elsődleges zárványok homogenizációs hőmérséklete 100–200 °C között változik, sótartalmuk ~8–14 NaCl ekv. súly%. Az érkítöltő kalcitban a homogenizációs hőmérsékleti intervallum igen tág (100–250 °C), a sótartalom ~0,2–5 NaCl ekv. súly% közé esik.

4. Az ÉNY–DK-i csapású, valószínűleg reaktiválódott repedésrendszerek menti fluidummobilizációs esemény, amely a kréta vulkanizmusnál biztosan fiatalabb, feltehetően kora-paleogén. A fluidum összetétele NaCl–CaCl₂–H₂O, koncentrációja átlagosan 19 CaCl₂ ekv. súly% és viszonylag alacsony homogenizációs hőmérséklettel jellemezhető (60–120 °C). Ebben az esetben valószínűleg a geotermikus gradiens értéke szabhatta meg az oldatok hőmérsékletét, az oldatáramlás 2–4 km fedettség mellett mehetett végbe. Az oldat valószínűleg mélymedence eredetű.

5. Legfiatalabb eseményként egy alacsony hőmérsékletű, valószínűleg meteorikus eredetű fluidum migrált, melynek feltehetően a késő-miocén–pliocén transzpressziós kiemelkedés következtében reaktiválódott, nyílt repedésrendszer biztosított áramlási útvonalat.

A repedésirányok vizsgálata alapján levonható legfontosabb következtetések a következők: a mikro- és makrorepedések irányai alapvetően hasonlóak, de különbség is mutatkozik; a nyílt mikrorepedések csapásirányai jobban megközelítik az összes makrorepedés irányát, mint a fluidzárványsíkok.

Ezen újszerű módszer alkalmazása révén tehát kristályos kőzeteket ért fluidummigrációs események azonosítása válik lehetővé.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a kézirat gondos lektorálásáért TÖRÖK Kálmánnak és M. TÓTH Tivadarnak. Köszönettel tartozunk továbbá a Mecsekérc Zrt.-nek, illetve a Magyar Állami Földtani Intézetnek, hogy a vizsgált mintákat rendelkezésünkre bocsátották.

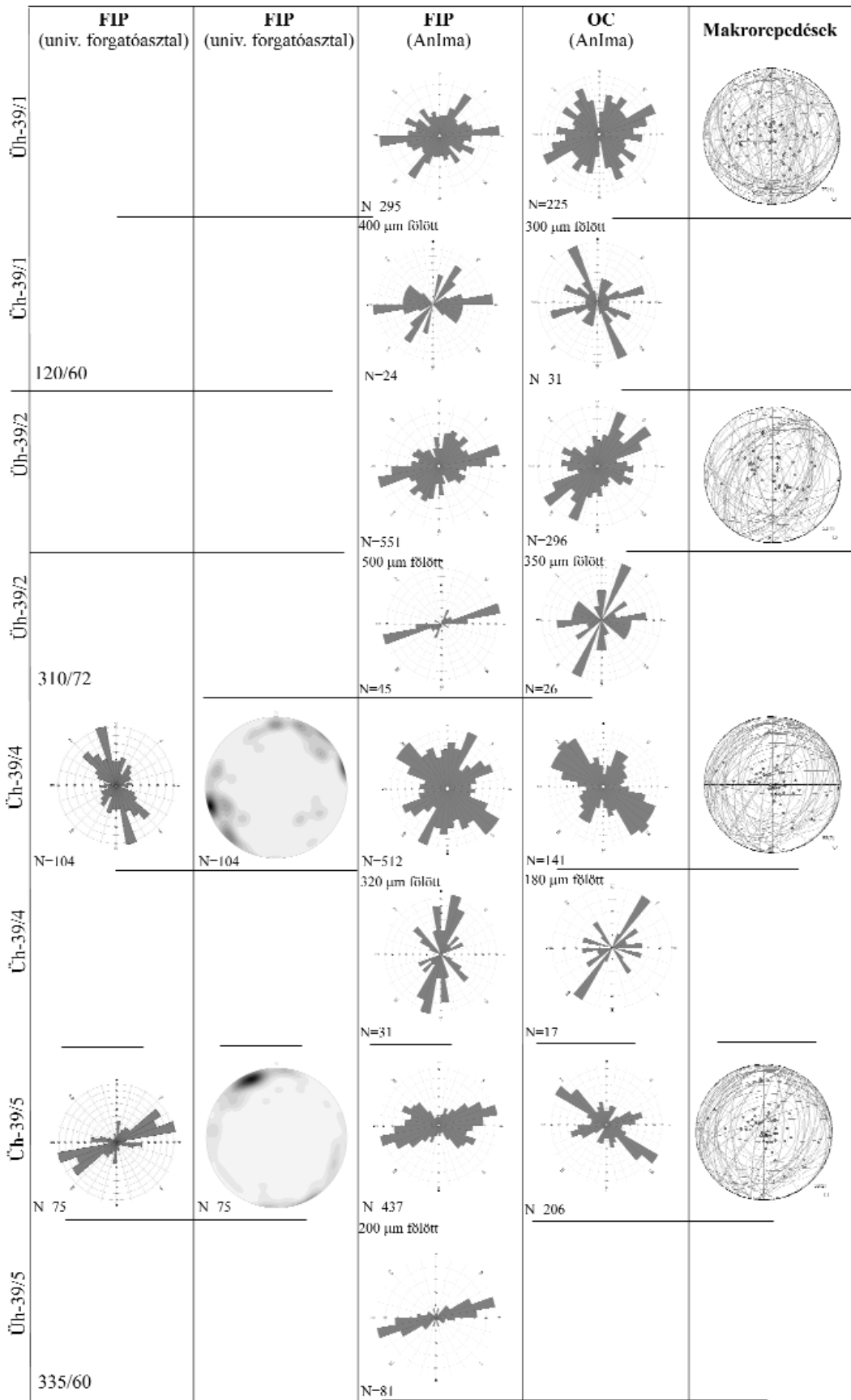
Irodalom — References

- BALLA Z., ALBERT G., CHIKÁN G., DUDKO A., FODOR L., FORIÁN-SZABÓ M., FÖLDVÁRI M., GYALOG L., HAVAS G., HORVÁTH I., JÁMBOR Á., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., KOVÁCS-PÁLFFY P., MAROS GY., MARS I., PALOTÁS K., PEREGI ZS., RÁLISCH L.-NÉ, ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZŐCS T., TÓTH GY., TURCZI G., PRÓNAY ZS., VÉRTESY L., ZILAH-SEBESS L., GALSA A., SZONGOTH G., MEZŐ GY., MOLNÁR P., SZÉKELY F., HÁMOS G., SZÜCS I., TURGER Z., BALOGH J., JAKAB G. & SZALAI Z. 2003: Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló program. A felszíni földtani kutatás zárójelentése, Bataapáti (Üveghuta), 2002–2003. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 1102, 392 p.
- BALLA Z., CSÁSZÁR G., FÖLDVÁRI M., GULÁCSI Z., GYALOG L., HORVÁTH I., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., LANTOS Z., MAGYARI Á., MAROS GY., MARS I., PEREGI ZS., RÁLISCH E., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZŐCS T., TÓTH GY. (MÁFI); ANDRÁSSY M., BENEDEK K., MOLNÁR P., SZEGŐ I., TUNGLI GY. (GOLDER); BERTA J., CSICSÁK J., DEÁK F. GORJÁNÁZ Z., HÁMOS G., HOGYOR Z., KOVÁCS B., MENYHEI L., MOLNOS I., ORSZÁG J., SIMONCSICS G., SZAMOS I., SZIKSZAI ZS., SZÜCS I., TURGER Z., VÁRHEGYI A. (Mecsekérc); VÁSÁRHELYI B. (BMÜ); MADARASI A., PRÓNAY ZS. (ELGI); SZONGOTH G. (Geo-Log); GACSÁLYI M. (Geopard) & KOVÁCS L. (Kútfej) 2007: Bataapáti hulladéktároló felszín alatti létesítményeinek előkészítési munkái 2006–2007. A földtani kutatás eredményeinek összefoglalása a Nyugati-lejtősakna 600. méterénél 1–3. kötet. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 1351., 782 p.
- BARBARIN, B. & DIDIER, J. 1991: Review of the main hypotheses proposed for the genesis and evolution of mafic microgranular enclaves. — In: DIDIER, J. & BARBARIN, B.: *Enclaves and granite petrology*. Elsevier, Amsterdam, 367–375.
- BENKÓ ZS., MOLNÁR F. & LESPINASSE, M. 2008: Fluidzárványsíkok és repedésrendszerek vizsgálatának alkalmazása granitoid kőzetek repedezettségének fejlődéstörténeti rekonstrukciójában I.: Mőszertani alapvetés és alkalmazás a Velencei-hegység fluidmobilizációs folyamataira. — *Földtani Közlemények* **138/2**, 229–246.
- BROWN, P. E. 1989: Flincor: A microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data — *American Mineralogist* **74**, 1390–1393.
- BUDA, GY. 1974: Investigation of the alkali feldspar polymorphs of the Hungarian granitoid rocks. — *Acta Geologica Scientiarum Hungaricae* **18/3–4**, 465–480.
- BUDA GY. 1985: Variszkuszi korú kollíziós granitoidok képződése Magyarország, Ny-Kárpátok és a Központi Cseh (Bohémiai)-masszívum granitoidjainak példáin — Kandidátusi értekezés, Budapest.
- BUDA GY. 1999: Összefoglaló jelentés az Üveghuta–22, –23, –24 mélyfúrások granitoid kőzeteinek vizsgálatáról. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 634., 95 p.
- BUDA, GY., PUSKÁS, Z., GÁL-SÓLYMOS, K., KLÖTZLI, U. & COUSENS, B. L. 2000: Mineralogical, petrological and geochemical characteristics of crystalline rocks of the Üveghuta boreholes (Mórág Hills, South Hungary). — *MÁFI Évi Jelentés 1999-ről*, 231–253.
- BUDA, GY. & DOBOSI, G. 2004: Lamprophyre derived high-K mafic enclaves in Variscan granitoids from the Mecsek Mts. (South Hungary) — *N. Jb. Miner. Abh.* **180/2**, 115–147.

- CSÁSZÁR G. 2004: A Mórággyi-rög és környezetének betemetődési viszonyai az alpi földtani ciklus folyamán — *MÁFI Évi Jelentés 2003-ról*, 395–406.
- FYFE, W. S., PRICE, N. J. & THOMPSON, A. B. 1978: Chemistry of natural fluids — In: FYFE, W. S., PRICE, N. J. & THOMPSON, A. B. (eds): *Fluids in the Earth's crust*. Elsevier, Amsterdam, 19–45.
- GATTER, I. & TÖRÖK, K. 2004: Mineralogical notes and fluid inclusion studies on quartz-feldspar granite pegmatites and quartz veins from Mórággy and Erdősmecske granitoid, S-Hungary — *Acta Mineralogica-Petrographica, Szeged* **45/1**, 39–48.
- GERDES, A. 2006: Report on the LA-ICP-MS U-Pb dating of four borehole samples from the Mecsek Mountain granitoids. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 1304., 15 p.
- GYALOG L., KOROKNAI B., GULÁCSI Z., MARS I. & KOLOSZÁR L. 2003: Az Üveghuta Üh–31 fúrás csoport (Üh–31A, Üh–31B, Üh–31C fúrás) földtani leírása — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 991., 7 p.
- GYALOG L. & SZEGŐ I. 2004: Fúrások mélyítése a Bábaapáti (Üveghuta)-telephelyen — *MÁFI Évi Jel. 2003-ról*, 93–117.
- GYALOG L., BALLA Z., CSÁSZÁR G., GULÁCSI Z., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., LANTOS Z., MAGYARI Á., MAROS GY., MARS I. & PEREGI ZS. 2006a: Földtani és geomorfológiai térképezés jelentése 1–3. kötet. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 1339., 297 p.
- GYALOG L., BALLA Z., DON GY., DUDKO A., MAROS GY. & ZSÁMBOK I. 2006b: Az Üveghuta Üh–39 jelű fúrás földtani és tektonikai leírása — Kézirat, MÁFI, Budapest Tekt.1251., 54 p.
- JANTSKY B. 1953: A mecseki kristályos alaphegység földtani viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1950-ről*, 65–77.
- JANTSKY B. 1979: A mecseki gránitosodott kristályos alaphegység földtana. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **60**, 385 p.
- KIRÁLY, E. & TÖRÖK, K. 2003: Magmatic garnet in deformed aplite dykes from the Mórággy granitoid, SE-Transdanubia, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **46/3**, 239–254.
- KIRÁLY E. & KOROKNAI B. 2004: A Mórággyi-rög ÉK-i részének magmás és metamorf fejlődéstörténete — *MÁFI Évi Jelentés 2003-ról*, 299–318.
- KLÓTZLI, U. S., BUDA, GY. & SKIÖLD, F. 2004: Zircon typology, geochronology and whole rock Sr–Nd isotope systematics of the Mecsek Mountain granitoids in the Tisia Terrane (Hungary). — *Mineralogy and Petrology* **81/1–2**, 113–134.
- KOROKNAI B. 2003: Az irányított minták mikrotektonikai vizsgálata és összefoglaló értékelése. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 1004., 173 p.
- KOVÁCS-PÁLFFY P., FÖLDVÁRI M., RÁLISCH L. & BARÁTH I. 2000: Az üveghutai gránitban található repedéskitöltések ásványtani jellemzése. — *MÁFI Évi Jelentés 1999-ről*, 369–378.
- KOVÁCS-PÁLFFY P. & FÖLDVÁRI M. 2004: Hidrotermális képződmények és jelenségek a Mórággyi Gránit Formációban — *MÁFI Évi Jelentés 2003-ról*, 319–331.
- LESPINASSE, M., DÉSIDNES, L., FRATCZAK, P. & PETROV, V. 2005: Microfissural mapping of natural cracks in rocks: Implication for transfers quantification in the crust — *Chemical Geology* **223**, 170–178.
- MAROS, GY. & PALOTÁS, K. 2000: Evaluation of planar features in Boreholes Üveghuta Üh–22 and Üh–23 with CoreDump software. (Az üveghutai Üh–22 és Üh–23 fúrásban észlelt síkszerű jelenségek értékelése CoreDump szoftverrel.) — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 1999-ről*, 315–340.
- MAROS, GY. & PÁSZTOR, SZ. 2001: New and oriented core evaluation method: ImaGeo — *European Geologist* **12**, 40–43.
- MAROS GY., BALLA Z., DUDKO A., FODOR L., FORIÁN-SZABÓ M., KOROKNAI B., LANTOS M. & PALOTÁS K. 2003: Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló program. Felszíni földtani kutatás. Tektonikai zárójelentés. — Kézirat, MÁFI, Tekt. 1046., 199 p.
- MAROS GY., KOROKNAI B., PALOTÁS K., FODOR L., DUDKO A., FÓRIÁN-SZABÓ M., ZILAHÍ-SEBESS L. & BÁNGYÖRGY E. 2004: A Mórággyi-rög ÉK-i részének tektonikai elemzése és szerkezetalakulása — *MÁFI Évi Jelentés 2003-ról*, 371–394.
- MAROS GY. 2006: A Mórággyi Gránit szerkezeti fejlődése az ImaGeo magszkennéssel történt fúrásértékelések alapján. — PhD doktori értekezés, Miskolci Egyetem, 143 p.
- MAURITZ B., CSAJÁGHY G. 1952: Alkáli telérkőzetek Mórággy környékéről. — *Földtani Közölny* **82/4–6**, 137–142.
- MOLNOS I., DEÁK F., JAKAB A., SOMODI G., VÁSÁRHELYI B. (Mecsekérc Zrt.), BALLA Z., GYALOG L., GULÁCSI Z., MAROS GY., PALOTÁS K., RÁLISCH E. & SZEBÉNYI G. (MÁFI) 2006: Jelentés a Bábaapáti mélyített lejtőszaknak 0–600 fm-es szakaszán elvégzett földtani-tektonikai, geotechnikai és vízföldtani dokumentálási munkákról — Térképezési munkák — Kézirat; MÁFI, Tekt.: 1332, Mecsekérc Zrt. RHK-K-075/06., 155 p.
- OAKES, CH. S., PITZER, K. S. & STERNER, S. M. 1998: The system NaCl–CaCl₂–H₂O: Part 3. Heats of dilution and mixing at 373 to 573 K and 2105 MPa using a new high-temperature, flow-through calorimeter — *Geochimica and Cosmochimica Acta* **62**, 1133–1146.
- SZABÓ B., BENKÓ ZS. & MOLNÁR F. 2008: Fluidzárványsíkok és repedésrendszerek vizsgálatának alkalmazása granitoid kőzetek repedeztségének fejlődéstörténeti rekonstrukciójában II.: A Mórággyi Gránit repedésrendszerei. — *Földtani Közölny* **138/2**, 247–256.
- SZABÓ CS., GÁLNÉ SÓLYMOS K. & SZABÓNÉ BALOG A. 1998: Karbonátos repedéskitöltés vizsgálatok Üveghuta környékén mélyített fúrások granitoid kőzetein. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 481., 71 p.
- SZABÓ CS., SZABÓNÉ BALOG A. & GÁLNÉ SÓLYMOS K. 1999: Karbonátos repedéskitöltés vizsgálatok Üveghuta környékén mélyített fúrások granitoid kőzetein. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 636., 99 p.
- SZÜCS N., ANDRÁSSY M., KORPAI F. & MOLNÁR P. (Golder) 2006: A BEK–5 előfúrás kútvizsgálati záródokumentációja. — Kézirat, MÁFI, Budapest, Tekt. 1263., 14 p.
- ZHANG, Y. G. & FRANTZ, J. D. 1987: Determination of homogenization temperatures and densities of supercritical fluids in the system NaCl–KCl–CaCl₂–H₂O using synthetic fluid inclusions. — *Chemical Geology* **64**, 335–350.

Kézirat beérkezett: 2007. 12. 18.

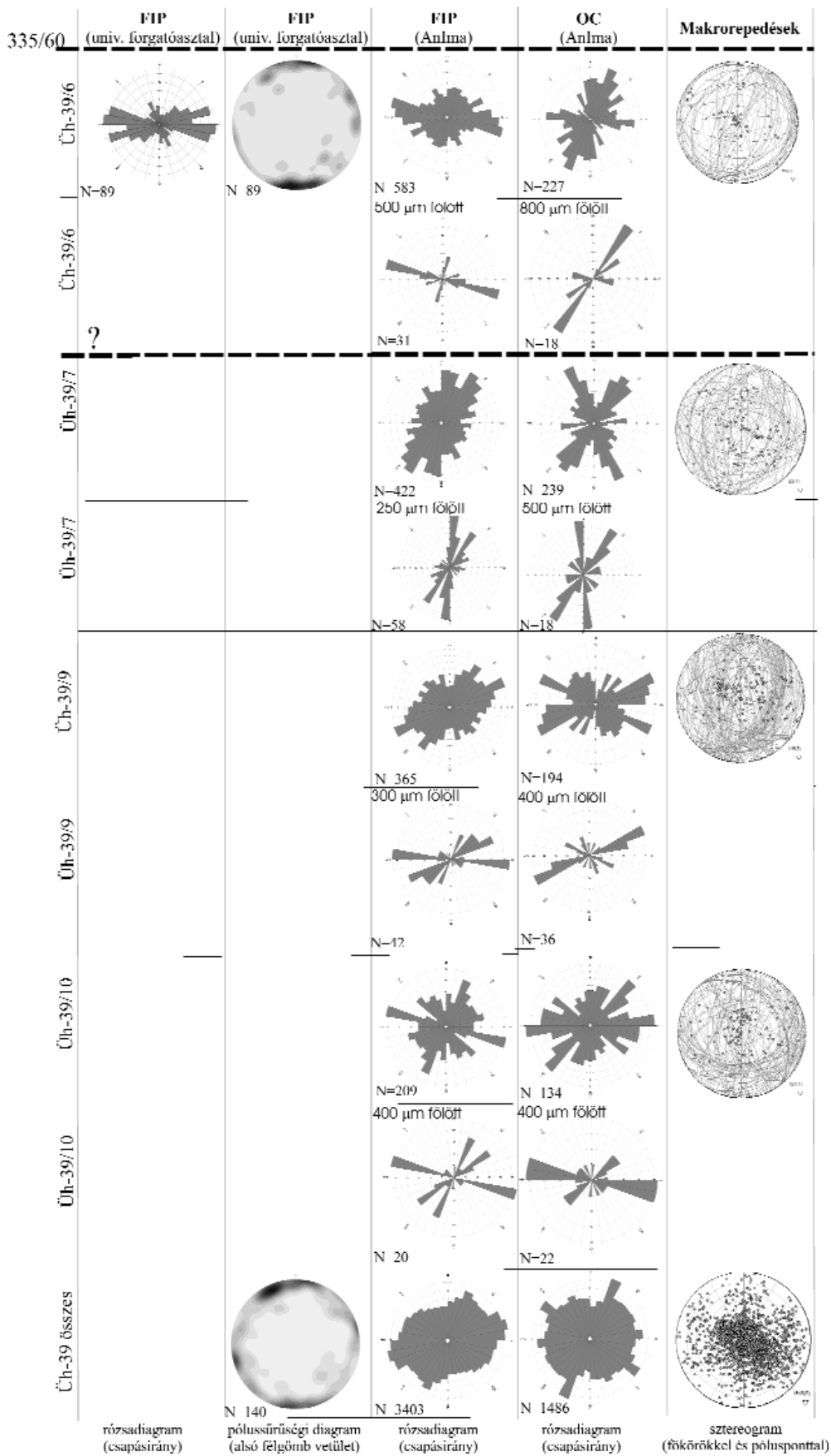
Ia. tábla — Plate Ia



Az Üh-39 jelű fúrás 1-5. mintáiban két különböző módszerrel mért mikro- és makrorepedés-irányok rózsadiagramon, pólussűrűségi diagramon és sztereogramon ábrázolva (FIP= fluidzárványsík, OC= nyílt mikrorepedés)

Orientation of micro- and macrofractures measured with two different methods on 1-5. samples from the drillhole Üh-39 on rose-diagram, density-plot (lower hemisphere projection) and stereogram (FIP= fluid inclusion plane, OC= open crack)

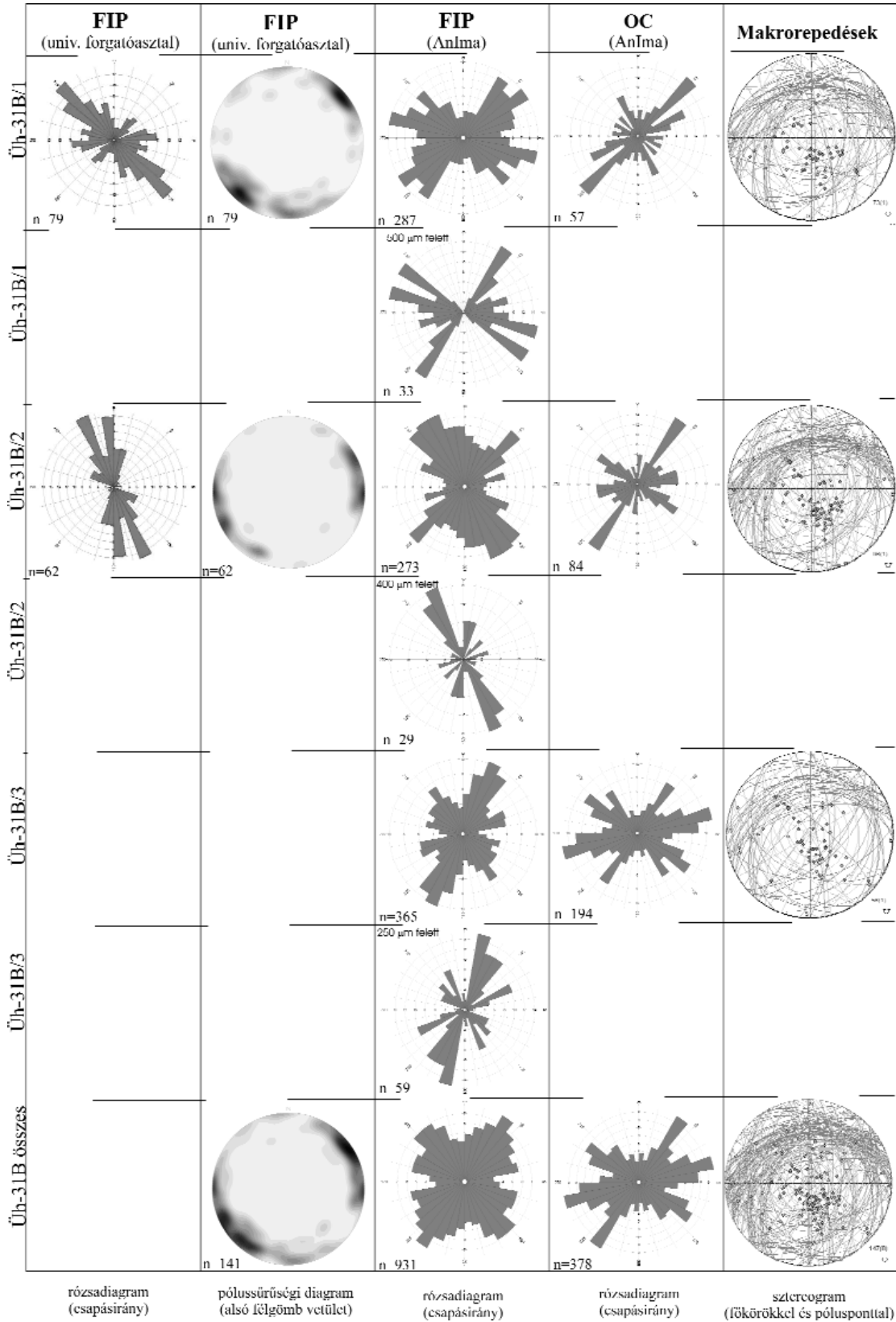
Ib. tábla — Plate Ib



Az Üh-39 jelű fúrás 6–10. mintáiban két különböző módszerrel mért mikro- és makrorepedés-irányok és a fúrásban mért összes adat rózsadiagramon, pólussűrűségi diagramon és sztereogramon ábrázolva (FIP= fluidzárványsík, OC= nyílt mikrorepedés)

Orientation of micro- and macrofractures measured with two different methods on 6–10. samples from the drillhole Üh-39 and the summarized data on rose-diagram, density-plot (lower hemisphere projection) and stereogram (FIP= fluid inclusion plane, OC= open crack)

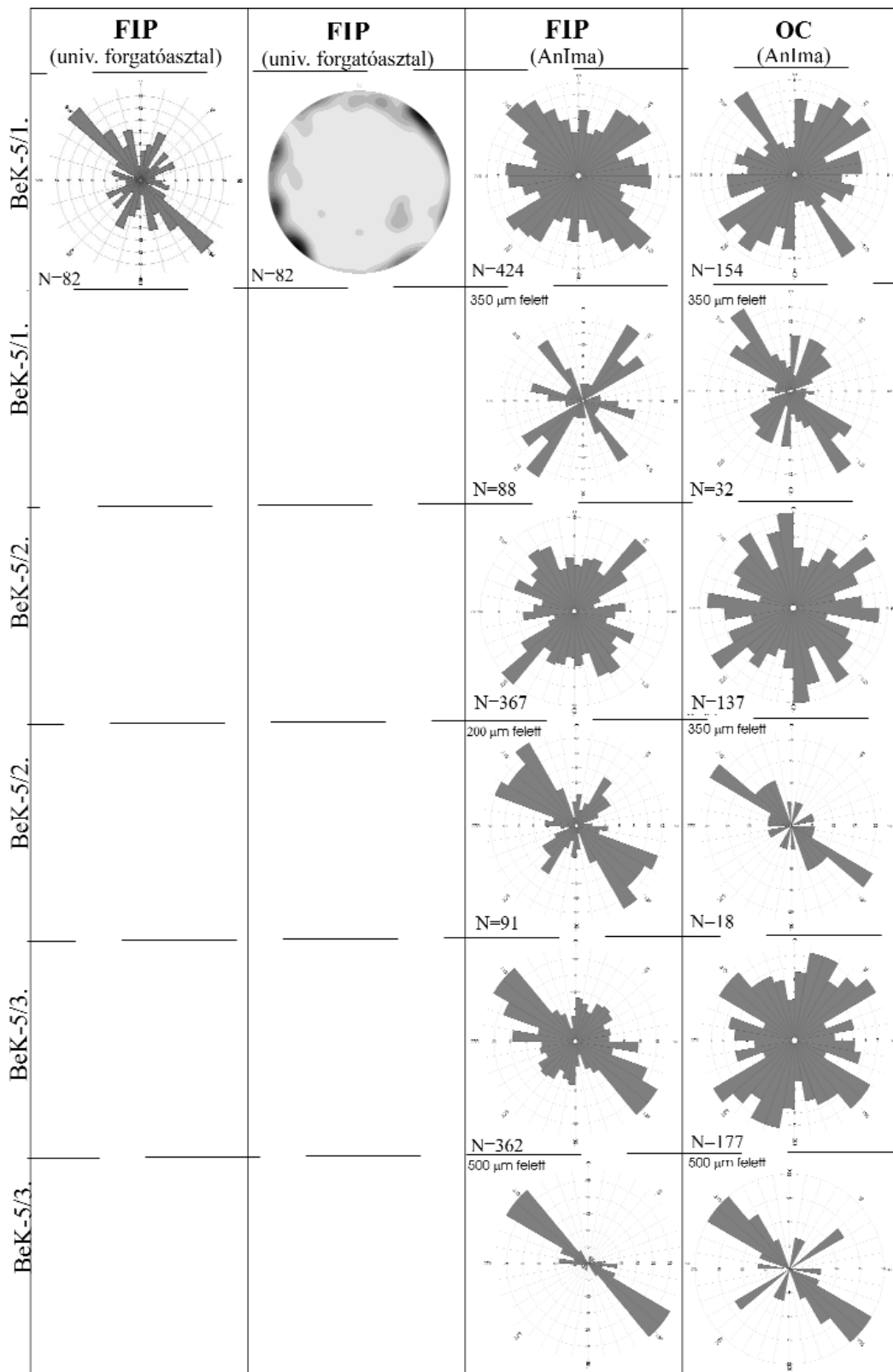
II. tábla — Plate II



Az Üh-31B jelű fúrásból származó mintákban két különböző módszerrel mért mikro- és makrorepedés-irányok rózsadiagramon, pólussűrűségi diagramon és sztereogramon ábrázolva (FIP= fluidzárványsík, OC= nyílt mikrorepedés)

Orientation of micro- and macrofractures measured with two different methods on samples from the drillhole Üh-31B on rose-diagram, density-plot (lower hemisphere projection) and stereogram (FIP= fluid inclusion plane, OC= open crack)

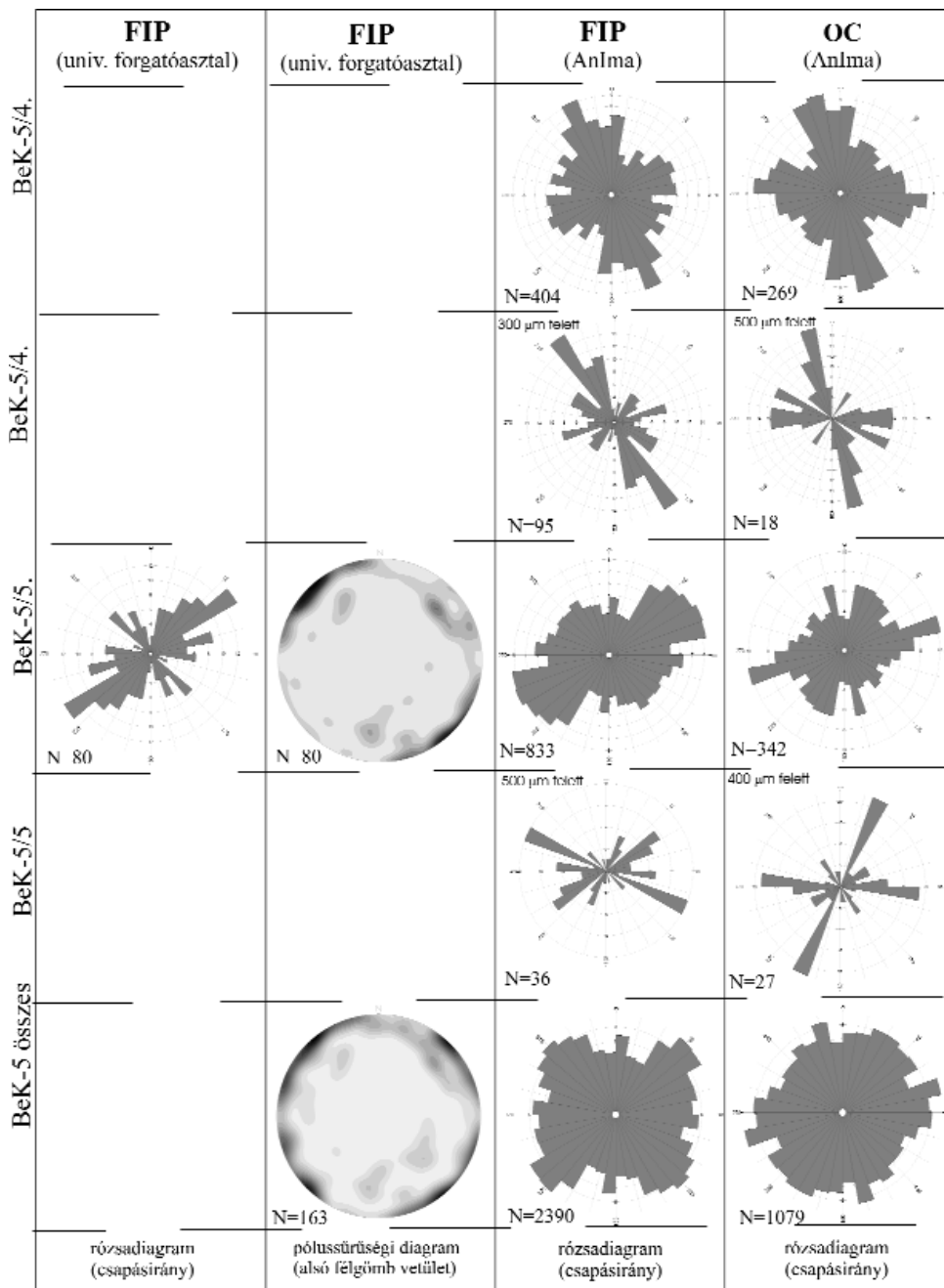
IIIa. tábla — Plate IIIa



A BeK-5 jelű fúrás 1–3. mintáiban két különböző mért mikrorepedés-irányok rózsadiagramon és pólussűrűségi diagramon ábrázolva

Orientation of microfractures measured with two different methods on samples 1–3. from the drillhole BeK-5 on rose-diagram, density-plot (lower hemisphere projection)

IIIb. tábla — Plate IIIb



A BeK-5 jelű fúrás 4-5. mintáiban két különböző mért mikrorepedés-irányok és a fúrásban mért összes adat rózsadiagramon és pólussűrűségi diagramon ábrázolva

Orientation of microfractures measured with two different methods on samples 4-5 and summarised data from the drillhole BeK-5 on rose-diagram, density-plot (lower hemisphere projection)

Rövidüléshez köthető deformációs jelenségek a Gerecse területén

SASVÁRI Ágoston^{1,2}

¹MOL Nyrt., asasvari@mol.hu

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Történeti Földtani Tanszék, sasvariagoston@yahoo.com

Shortening-related deformation in the Gerecse Mts, Transdanubian Range, Hungary

Abstract

The aim of the present work is to study and analyse the folds in the Gerecse Mountains, Transdanubian Range, Hungary. The first task involved clarification of details about the kinematics of the folding — i.e. bedding-parallel striaes, duplex structures, inverse faulted beds and inverse striaes suggest a compressional mechanism. Three sets of folds and also fold axes can be distinguished: these are in E–W, NE–SW and SE–NW shortening directions. The presence of the first set of folds is frequent; the other ones are less significant.

The main objective of the general analysis was to explain the dominance of the E–W compressional mechanism which has resulted in a set of folds with N–S trending fold axes. This explanation provided the key to understanding the age of the folding and, after discussion, it was dated to the Cretaceous age.

The most abundant E–W compressional direction shows a discrepancy from the general structural trend of the Transdanubian Range. The first interpretation indicated a classic “structural bending” model of the Transdanubian Range after BALLA and DUDKO (1989). The published palaeomagnetic data suggest the structural unity of the whole Transdanubian Range from the Triassic to the present time. The aberration in structural directions can also be explained by the inhomogeneity of the stress field; this can be modelled with the linear combination of the well-described NW–SE compression and a slip stress field (although the latter is only hypothetical).

However, the most important explanation is the well-known flexural deformation model which also makes it possible to estimate the timing of the deformation. Taking into consideration other observations and the model of MINDSZENTY et al. (1994). and TARI (1994), the first Aptian structural event took place with W(SW)–E(NE) compressional directions; this is well-documented. The last (i.e. third) structural event was characterised by N(NW)–S(SE) shortening; its age can be given as Albian. The rotation of the compressional direction — which is in good agreement with other observations — can be supposed.

The age of the three sets of folds (with NW–SE, N–S and NE–SW trending fold axes) can be estimated as Early Aptian, Aptian–Albian and Albian, respectively. Taking into consideration the results of clay mineral, complex biostratigraphical and rheological observations in the region, the depth of the deformation can be estimated at 2–3 kilometres. The precise interpretation of the burial process requires further exploration.

Keywords: folding, Gerecse, ductile deformation, Aptian, Albian, stress field

Összefoglalás

A dolgozat a Gerecse területén észlelt redők leíró tárgyalását és kinematikai elemzését tűzte ki célul. Elsőként a redőket kialakító mechanizmust szükséges tisztázni; számos terepi megfigyelés — réteglappal párhuzamos karcok, duplex-szerkezetek, elvetett réteghatárok és feltolódásos vetőkarcok — a rövidüléssel szerkezetalakulásról tanúskodnak. A redőkhöz rendelhető összenyomás földrajzi irány szerinti eloszlásában három csoport volt kimutatható: egy K–Ny-i, egy ÉK–DNy-i és egy ÉNy–DK-i. A K–Ny-i rövidülés hatására kialakult É–D-i redőtengely-generáció létezése bizonyosnak és uralkodónak mondható, a másik két csoport létezése bizonytalanabb. A fentiek mellett tárgyaláshoz köthető redőket is sikerült dokumentálni, ám ezek ismertetése egy további dolgozat tárgyát képezi.

A K–Ny-i összenyomás hatására létrejött É–D-i tengelyű redők dominanciájának megértése lehet a kulcs a redőződési események korának megállapításához is. Ez utóbbi lépés döntően diszkusszió segítségével tűnt megoldhatóan, bár a jelentős deformáció kréta kora indokoltan feltételezhető. Az észlelt K–Ny-i fő összenyomási irányok jelentősen eltérnek a BALLA & DUDKO (1989) által a Dunántúli-középhegység „szerkezeti hajlatának” klasszikus

modelljében tárgyalt É–D-itől. Mindezek mellett a rendelkezésre álló paleomágneses adatok azt mutatják, hogy a Gerecse hibahatáron belül egy egységként mozgott a Dunántúli-középhegység tőle nyugatra eső részeivel. A szerkezeti irányok eltérésére magyarázatként szolgálhat a deformációt kialakító feszültségtér inhomogenitása, azaz a Dunántúli-középhegység főszerkezetét kialakító ÉNy–DK-i rövidülésnek és egy, a terület keleti részén feltételezhető oldalmozdulásos feszültségtérnek a lineáris kombinációja.

Magyarázatként szolgálhat továbbá a Dunántúli-középhegységre bő évtizede létező flexurális deformációs modell is, melyet MINDSZENTY et al (1994) valamint tőlük függetlenül TARI (1994) is felismert; ez a deformáció korának értelmezésében kiváló támpontot adhat. Ennek értelmében az apti–albai periódusban egy korábbi KÉK–NyDny-i, és egy későbbi ÉÉNy–DDK-i irányú összenyomással számolhatunk. A deformáció főiránya folyamatosan változhatott a kezdeti és a végállapot között; a sorrend jól egybecseng számos szerkezetföldtani, rétegtani és üledékföldtani megfigyeléssel. A fentieket szem előtt tartva az ÉK–Dny-i összenyomáshoz köthető ÉNy–DK-i redőtengely-generáció koraptinak, a K–Ny-i rövidülés eredményeként kialakuló É–D-i tengelyű redőké apti-albainak, míg a legfiatalabb, ÉNy–DK-i összenyomás következtében kialakuló ÉK–Dny-i tengelyű redők kora albainak adódhat. A deformáció — figyelembe véve az agyagásvány-vizsgálatok és általános reológiai megfigyelések eredményeit — minimálisan két-három kilométeres mélységben mehetett végbe. Ennek a feltételezett betemetődésnek a bemutatása és részletes magyarázata további munkát igényel.

Tárgyszavak: redő, Gerecse, képlékeny alakváltozás, apti, albai, feszültségtér

Bevezetés

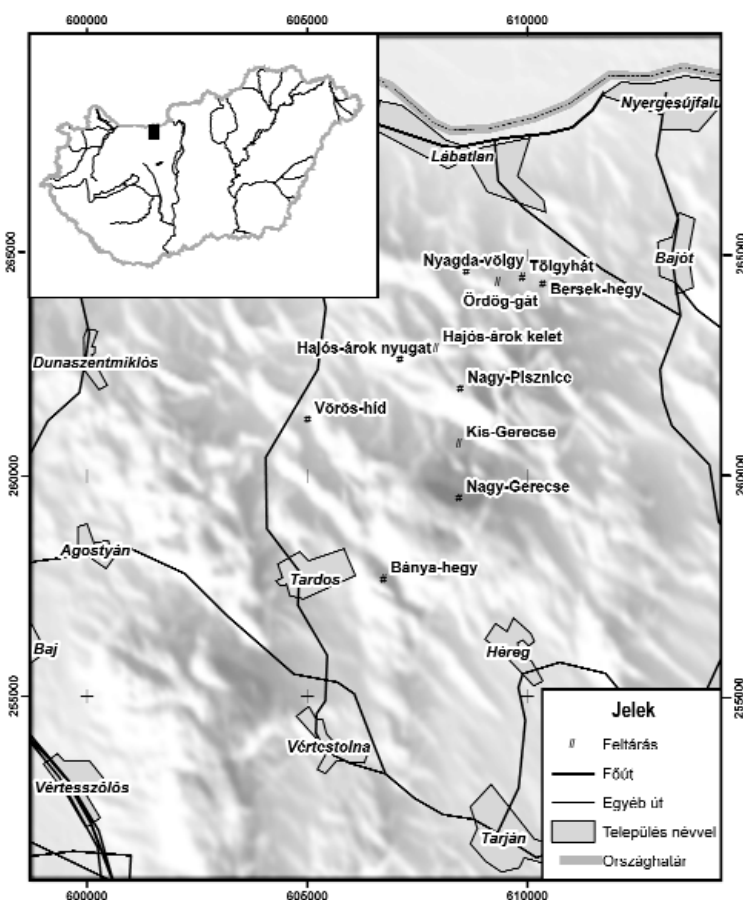
A Gerecse (1., 2. ábra) töréses szerkezetalakulásának beható vizsgálata immár jó tíz éve több-kevesebb figyelemben részesül (a teljesség igénye nélkül: BADA et al. 1993, BADA 1994, BADA et al. 1996, illetve MÁRTON & FODOR 2003, valamint összefoglalóan: SASVÁRI 2008), azonban a terület képlékeny szerkezetalakulásának tanulmányozása — akárcsak a Dunántúli-középhegység egyéb részein — eddig igencsak alárendelt szerepet kapott. A

Gerecséről eddig nem született redőket ismertető publikált munka, pedig jónéhány kézirat is említ ilyen deformációt (példaként EÖTVÖS et al. 2002, JÁGER et al. 2002, GUZMICS et al. 2004, valamint KUPI et al. 2004). A Vértes területéről elsőként MAROS (1988), valamint az ő nyomdokain BÍRÓ (2003), később pedig FODOR & BÍRÓ (2004), illetve BUDAI et al. (2005) mutatott be redőket és az azok kialakulásához köthető deformációs irányokat. Napjainkig csupán a Bakony területéről született céltzottan redőket tárgyaló kéziratot dolgozat (ALBERT 2000). A Budai-hegység területéről jónéhány redőződést említő munkát ismerünk (elsőként SCHAFARZIK 1884, továbbá példaként PÁVAI VAJNA 1934, illetve BALLA & DUDKO 1990).

Jelen munka a Gerecse területén található redők (2. ábra) ismertetését tűzte ki célul. A rövidülési irányok eloszlása alapján definiált három redősereg bemutatása elsőként a rövidülés irányának jellemzésével történik. A redők általános bemutatását követi a redőződést kialakító fázisok leírása, majd a fázisok relatív aktivitási idejének ismertetése. Végül a fázisokat az eddig ismert rideg szerkezetalakulásról rendelkezésünkre álló ismeretekkel vetem össze, és kísérletet teszek a szerkezetalakulás korának, módjának és körülményeinek tisztázására is.

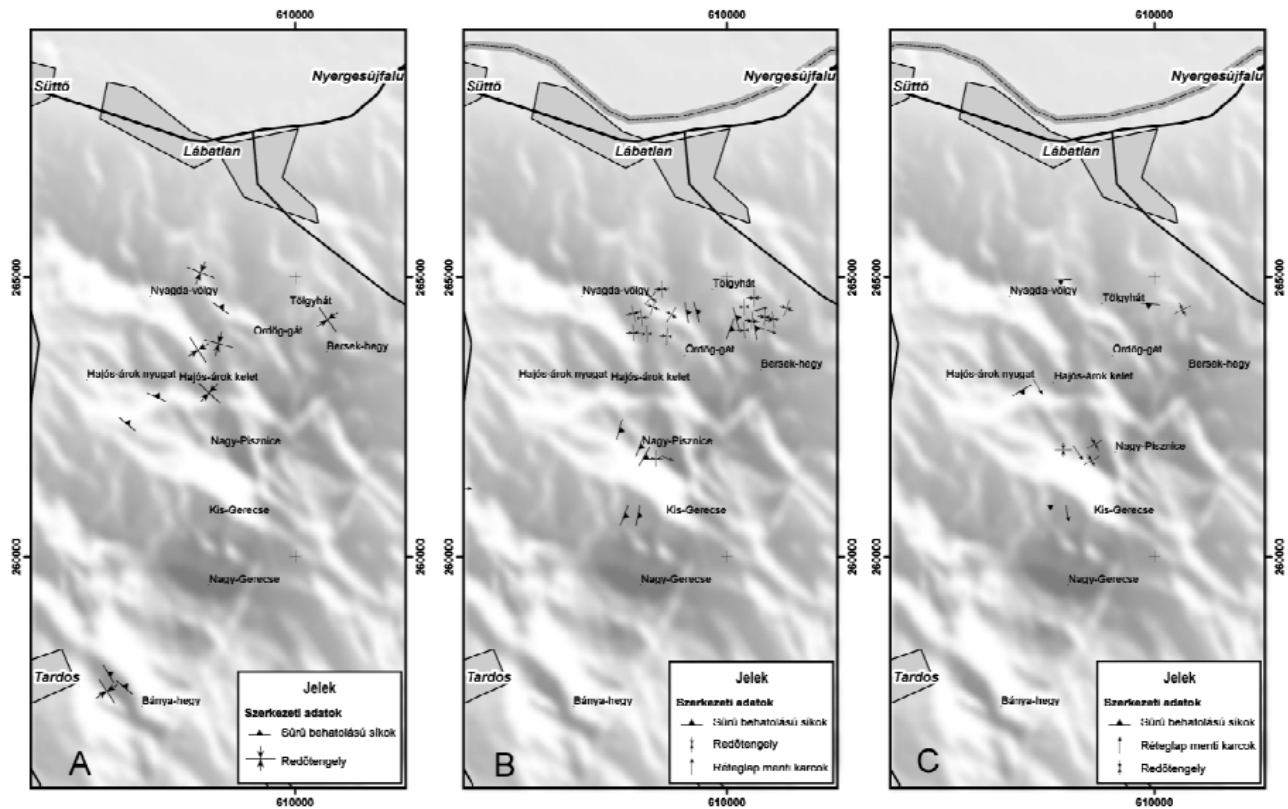
A deformációk csoportosítása

A redőtengelyek főköreinek földrajzi irány szerinti eloszlását (3. ábra, A), valamint az összes tengely sztereografikus vetületben ábrázolt rózsadiagramját (3. ábra, B) vizsgálva három redősereg tűnik szembe. A redőfőkör síkjának csapása megadja a redőződést okozó maximális horizontális rövidülés irányát (3. ábra, B); ezek rendre K–Ny-i (2. ábra, B; 3. ábra, B, R1-es csoport),



1. ábra. A vizsgált terület elhelyezkedése; a keret számai EOV-koordináták

Figure 1. The location of study area; numbers indicates metres in EOV coordinate system



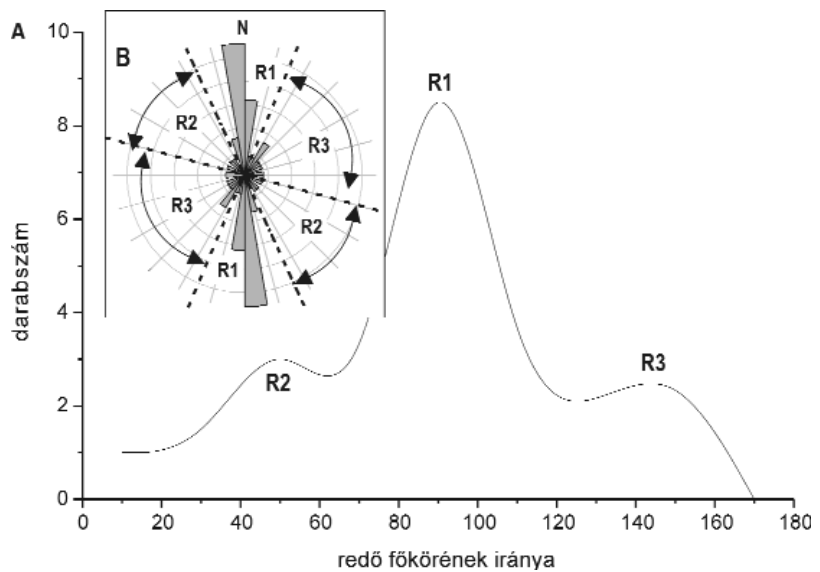
2. ábra. Az észlelési pontok áttekintő térképe a rövidülési szerkezetek csoportjaival
 A – ÉK-DNy-i rövidülés, B – K-Ny-i rövidülés, C – ÉNy-DK-i rövidülés. A keret számai EOVS-koordináták

Figure 2. Schematic map of the data points with groups of the observed shortening elements
 A – NE-SW, B – E-W, C – NW-SE compression, respectively. Numbers indicates metres in EOVS coordinate system

EK-DNy-i (2. ábra, A; 3. ábra, B; R2-es csoport), valamint ÉNy-DK-i (2. ábra, C; 3. ábra, B; R3-as csoport) irányok. Míg a K-Ny-i rövidülési irány jó bizonyossággal kimutatható (7,4 fokos a konfidencia-intervallum 95%-os bizonyosság mellett), addig a másik két irány jóval bizonytalanabb (95%-os bizonyosság mellett a konfidencia-intervallum rendre 17,11 foknyi, illetve 21,21 foknyi a rövidülési irányokra vonatkoztatva).

A rövidülési eseményeket — a redők jelenlétén kívül — egyéb jelenségek is bizonyítják. A Bersek-hegyen és az Ördög-gáti-kőfejtőben (1., 2. ábra) a megfelelő rövidülések irányával összevethető réteglap menti karcokat lehetett észlelni. Egyéb feltárások nagyobb agyagtartalmú, kifejezetten márgás képződményeiben — a Kis-Gerecsén, a Nagy-Pisznicén, a tardosi Bánya-hegyen, a Hajós-árokban, valamint az Ördög-gáti-kőfejtőnél (1., 2. ábra) — sűrű behatolású, a rétegzést feltolódásosan elvető síkseregek, konjugált síkpárok, elnyírt és deformált klaszterek erősítették meg a rövidülési deformációk létezését. A Bersek-hegyen és az Ördög-gáti-kőfejtőben (1., 2. ábra) a síksereg megjelenése dominánsnak

mondható, előbbi esetben feltolódásos jellegű karcok mutatják a mozgás irányát. Bár a legtöbb észlelés a K-Ny-i rövidülési esemény létezését támasztotta alá, az ÉK-DNy-i és ÉNy-DK-i rövidülés tényét is számos helyen lehetett dokumentálni.



3. ábra. Az észlelt redők főköreinek (A), valamint redőtengelyeinek (B) irány szerinti eloszlása. A sztereografikus vetületek Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készültek

Figure 3. Distribution function of the measured hinge lines (A) and fold axes (B). Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection

A fontosabb redők és rövidülései bélyegei ismertetése

A munkaterületen a mezozoos rétegsor majd minden tagjában lehetett redőződést észlelni — a legidősebb meggyűrt képződmény a Dachsteini Mész-kő Formáció, a legfiatalabb pedig a Berseki Márga Formáció volt. A redők mérete is hasonlóan széles intervallumot ölel át: a centiméterestől egészen a több száz méteres hullámhosszig a teljes skála előfordult.

R1 csoport, K–Ny-i irányú rövidülés

A Nagy-Pisznice (1., 2. ábra) blokkjának felszínén lévő legidősebb kőzete, a Dachsteini Mész-kő Formáció igen enyhe redőzöttséget mutat, melyet kicsiny, néhány méteres amplitúdó és jelentős, mintegy száz méteres hullámhosszúság jellemez. Ez az igen enyhe redőzöttség közelről nem észlelhető, csak nagyobb távolságból — például a Kis-Gerecse kőfőjtőjéből — látható tisztán (4. ábra, A). A Dachsteini Mész-kő igen bizonytalan rétegdőlése, valamint a rétegdőlési adatok szórása miatt a pontos geometria (érintősíkok, redőtengely vagy redőtengelysík iránya) nem mérhető, szemrevételezéssel azonban egyértelműen megállapítható e redőzöttség létezése. Mind a Nagy-Pisznice déli, mind pedig északkeleti oldalán lévő szálfeltárásokban észlelhető ez a geometria (4. ábra, B). A hegy blokkjának nyugati oldalán azonban ez a jelenség már nem figyelhető meg; ez arra enged következtetni, hogy a redőtengelyének iránya nagyjából É–D-i csapású lehet, bár ez a

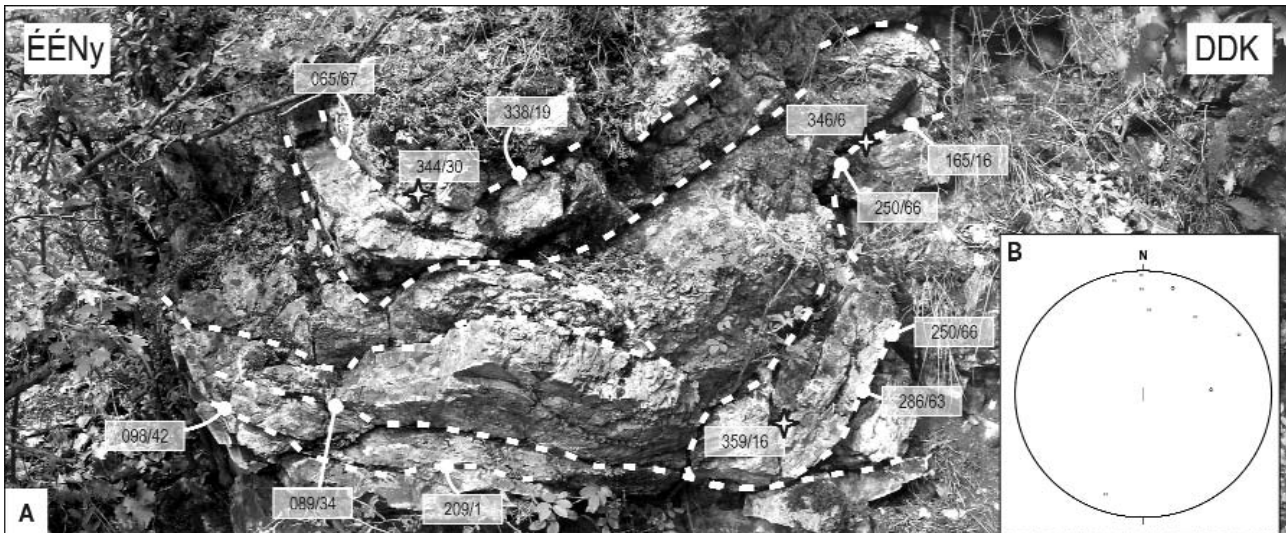
megállapítás jelentős hibával terhelt. A terület általánosan nyugatias rétegdőlése miatt a redőtengely tengelydőlése vízszintestől nem térhet el jelentősen.

A Nyagda-völgy közepén lévő Vörös-bánya melletti hegyen (1., 2. ábra) egy jól feltárt középső- és késő-jura rétegsor észlelhető (CSÁSZÁR et al. 1998). A feltárásban lévő Lókúti Radiolarit Formáció erőteljes gyűredezettséget mutat (5. ábra). Sajnos a feltártsági viszonyok és a redők kis mérete nem tette lehetővé érintősíkok észlelését, így a redőket csupán redőtengelyük lineációiként észlelt irányával lehet bemutatni. A Vörös-bányától (1., 2. ábra) keletre mintegy százötven méterre egy kisméretű, ám igencsak tektonizált Lábatlani Homokkő-feltárás található. Ebben a kicsiny bányában két, viszonylag jól mérhető redő volt észlelhető.

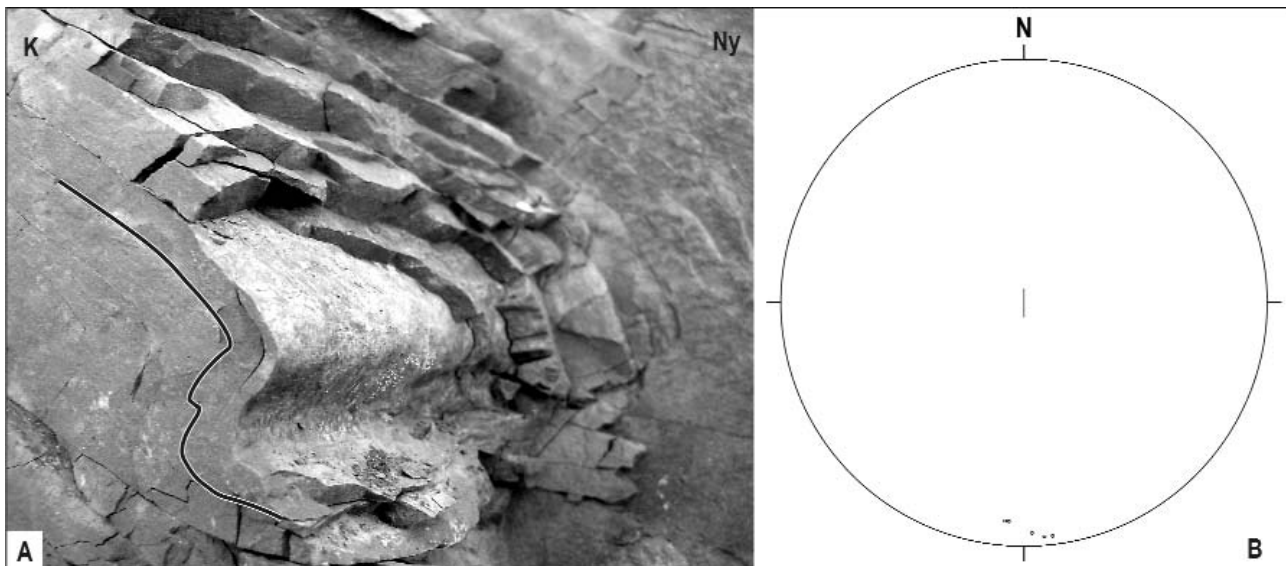
A kréta képződményen mért redők jó része a Berseki-hegy bányájának (1., 2. ábra) DNY-i nagy udvarában, a kőfőjtő harmadik udvarán volt észlelhető. A redőzöttség nem egyenletesen jelenik meg ezen a bányaudvaron sem. Kiválóan megfigyelhető, hogy bármilyen szerkezeti jelleg, így a redők is csak a Berseki Márga Formáció apróbb szemcseméretű szakaszán jelennek meg, a nagyobb szemcseméretű — jelentősebb homoktartalommal bíró — rétegek határára érve a szerkezeti jellegek egyszerűen elhalnak. Az észlelt redők mérete itt szűkebb tartományra korlátozódott: a pár centiméterestől a maximálisan 30 centiméteresig terjedt. A kisebb redők alakja — apró voltuk miatt — viszonylag jól látható (6. ábra). Alaki osztályzásukat tekintve mind sziniformok, mind antififormok előfordultak; legfontosabb közös vonásuk — már amennyire ezt



4. ábra. A Nagy-Pisznice nagy hullámhosszú redőződésének képe a Kis-Gerecseről (A), valamint ennek megjelenése a Pisznice északkeleti kőfőjtőjének falában (B)
 Figure 4. Great amplitude fold of Nagy-Pisznice Hill from the view point on Kis-Gerecse (A) and their appearance in the outcrop of NE Nagy-Pisznice Hill (B)



5. ábra. A Nyagda-völgyben található Vörös-bánya feltárásában, oxfordi radiaritban található redők képe. A fehér csillagok a redőtengelyeket mutatják (A); jobbra lent a redőtengelyeinek irány szerinti eloszlása (B). A sztereografikus vetület Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készült.
 Figure 5. Picture of the folds in the Oxfordian radiolarite – Vörös-bánya, Nyagda Valley. White stars indicate the fold axes (A). Stereographic projection shows the measured fold axes (B); projection uses Schmidt hemisphere, lower projection.



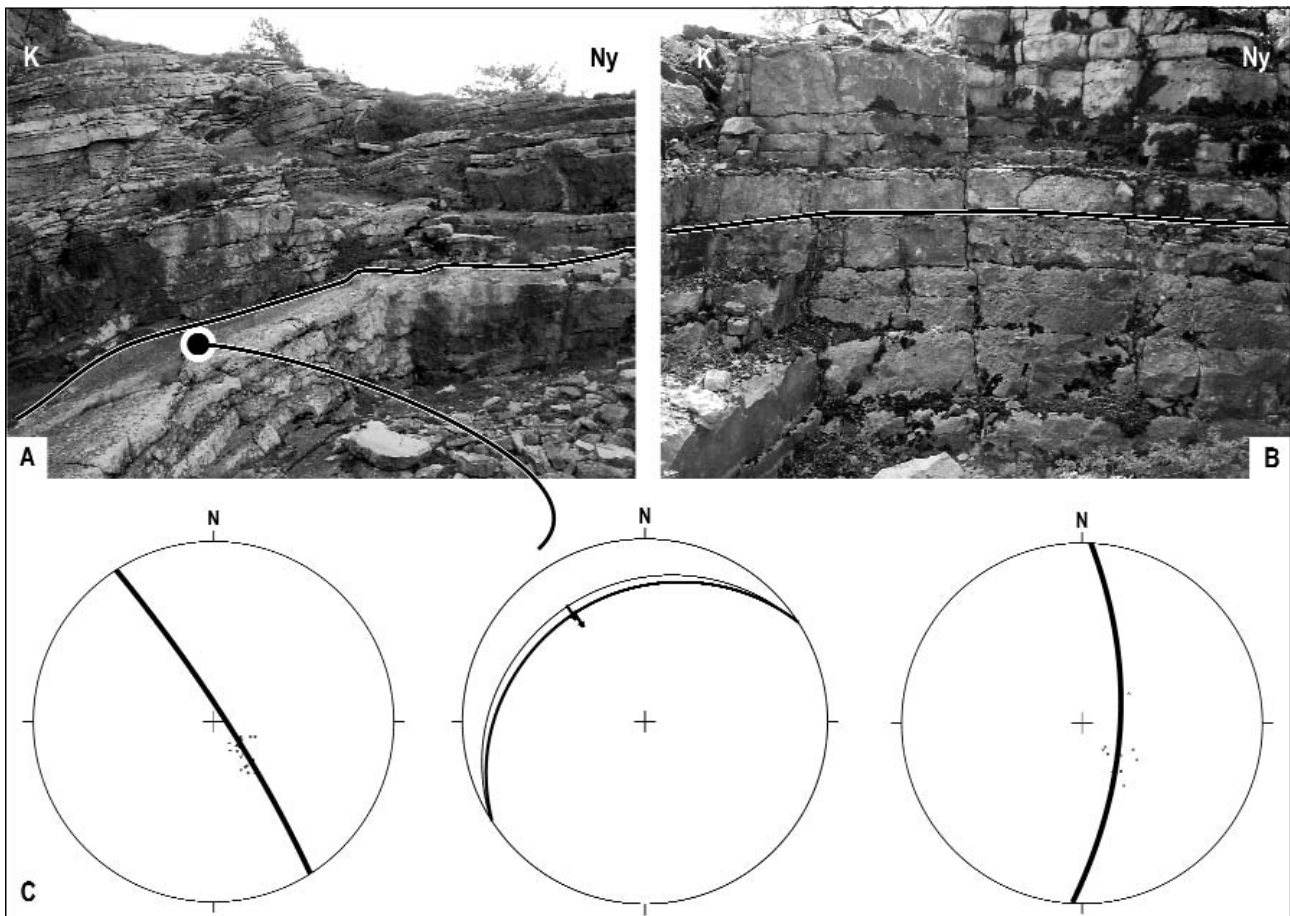
6. ábra. A Bersék-hegy harmadik udvarában található egyik redő fényképe (A) és a bányaudvarban mért redőtengelyek vetületi képe (B). A sztereografikus vetület Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készült.
 Figure 6. Picture one of the folds on the Bersék Hill (A) and the stereographic projection of the measured fold axes (B). Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection.

szemrevételezéssel meg lehetett állapítani — a hengeres geometria.

R2 csoport, ÉK–DNy-i irányú rövidülés

A Nagy-Pisznice blokkjának (1., 2. ábra) területén nem csak triász kőzetben, hanem a fiatalabb jura képződményekben — pontosabban a Pisznicei Mészke Formációban — két helyen is találhatunk redőket. A bánya keleti végén található forma kitűnően tanulmányozható; a feltárás nyugati végén lévő redő (7. ábra, B) gyengébben észlelhető. A szemrevételezésen túl a redőződés tényét ebben az esetben is érintősíkok észlelésével lehetett bemutatni.

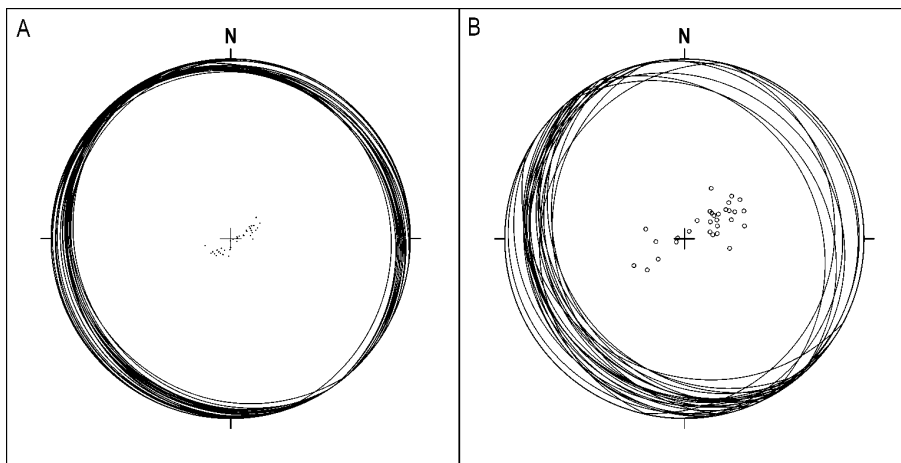
A Tardos felett lévő Bánya-hegy (1., 2. ábra) területén feltároló Pisznicei Mészke Formációban egy nagyméretű redőzött forma észlelhető. Pusztán szemrevételezéssel, bármilyen mérés nélkül is kiválóan megfigyelhető, hogy a bánya északnyugati felén délkeletre, a délkeletin viszont nagyjából északnyugatra dőlnek a kőzetrétegek (8. ábra, A). A redő amplitúdója igen csekély, ám hullámhossza több mint ötszáz méterre becsülhető — a redőszárnyak elvégződése biztosan a bánya területén kívül található. A fekvő (Dachsteini Mészke Formáció) és a fedő vörös gumós ammonitás mészke (Kisgerecsei Márga Formáció) redőzöttsége feltártság hiányában nem észlelhető. A redő tengelyének iránya ÉNy–DK-i, így a rövidülés iránya ÉK–DNy-i kell legyen.



7. ábra. A Nagy-Pisznice bányájának keleti (A) és nyugati (B) részén, Pisznicei Mészköben észlelhető redők fényképe és érintősíkjaik, valamint főkörük vetületi képe

A C ábra a feltárás keleti felén lévő redő réteglappal párhuzamos karcait mutatja. A sztereografikus vetületek Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készültek

Figure 7. Pictures of the folds on the eastern (A) and western (B) side of the Nagy-Pisznice quarry with their hinge line and tangential planes on stereographic projection
Figure C shows the bedding-parallel striae on the folded surface of the eastern fold. Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection



8. ábra. A Tardos feletti Bánya-hegyen észlelhető redő érintősíkjaiknak (A) és elválási síkjainak (B) vetületi képe

A sztereografikus vetület Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készült

Figure 8. Stereographic projection of the tangential planes of the fold (A) and the cleavage (B) in the Tardos quarry

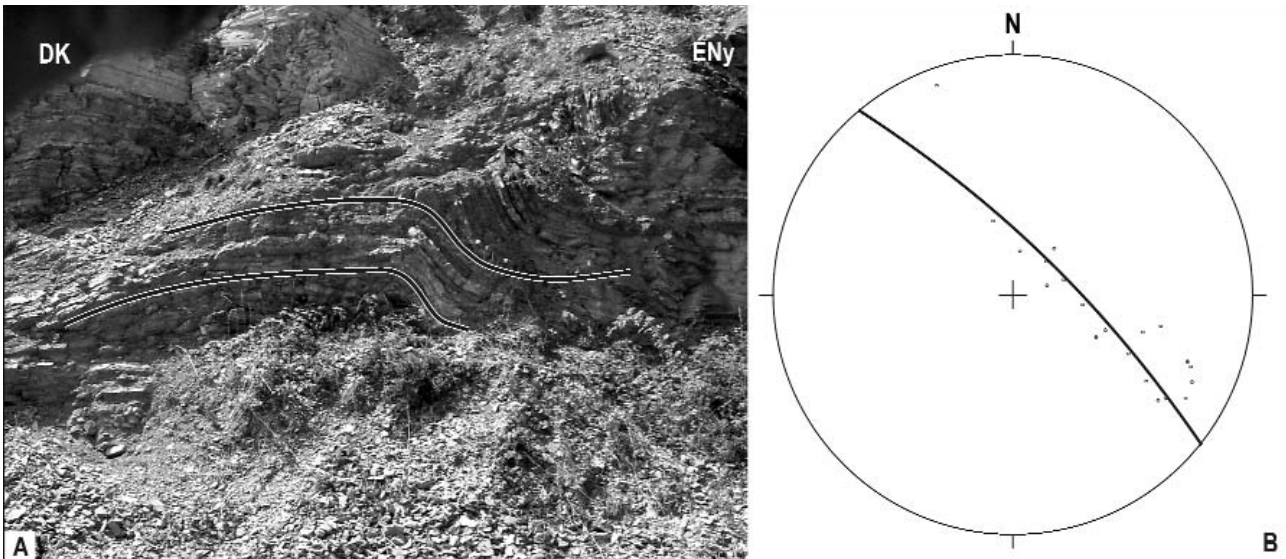
Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection

R3 csoport, ÉNy–DK-i irányú rövidülés

A Bersek-hegy (1., 2. ábra) legnagyobb redőjét a bányaterület bejáratánál, a Kecse-kőről jövő drótkötélpálya alatt találhatjuk (9. ábra). Ez már nem a centiméteres, hanem a méteres nagyságrendbe tartozik.

A Nagy-Pisznice (1., 2. ábra) déli oldalában található bánya keleti felében lévő redő (7. ábra, A) igen szemebetűnő.

A rétegfelszíneken a redőtengely irányába mutató karcokat észleltem (7. ábra, C). Bár jelen dolgozat a képlékeny deformációs jelenségek ismertetését tűzte ki célul, ezeket a karcokat meg kell említeni, hiszen azok a nyíráshajlításos redőképződést kísérő szerkezeti formák, melyek a réteglap mentén bekövetkező nyírást jelzik (elsőként VIALON et al. 1976). A Hajós-árok (1., 2. ábra) keleti ágának középső részén vörös színű bositrás, gumós jura mészkőben nagy



9. ábra. A Bersek-hegy bejáratánál található redő fényképe (A) és érintősíkjainak vetületi képe (B)

A sztereografikus vetület Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készült

Figure 9. Picture (A) and the stereographic projection (B) of the tangential planes of the fold by the entry to the Bersek Hill quarry
Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection

hullámhosszú, kicsiny amplitúdójú redőződést lehetett észlelni. Maga a redő szemrevételezéssel alig érzékelhető, az érintősíkok mérése azonban alátámasztotta létezését.

A Nyagda-völgy (1., 2. ábra) területén található a Gerecse legrégebben dokumentált redője, melyről felvételi jelentésében még LIFFA (1907) tett említést; maga a megfigyelés a mai napig teljesen helytálló, azonban a szerző nem ismerte fel a redő jelenlétét. Mind a LIFFA (1907) által bemutatott térképen, mind pedig a terepi bejárások során megfigyelhető, hogy a patak völgyében északról dél felé haladva a Lábatlani Homokkő Formáció – Berseki Márga Formáció sorrendben folyamatosan idősidődik a rétegsor. A völgy közepe táján megjelennek a jura képződmények — ez maga a Vörös-bánya rétegsora —, melyeket a bánya északi peremétől újra a Berseki Márga fed el. Szintén megállapítható, hogy a völgy északi részén a rétegdőlés általánosan északias, míg déli részén délies. Ez a jelenség kitűnően értelmezhető egy nagyméretű, széles és szelíd antiformként, mely egyben antiklinális is. A terület alaposabb vizsgálata, valamint részletesebb dőlésmérés segítségével másodrendű redők jelenléte is megállapítható. Azonos képződményen belül, akár igen rövid távon is meg lehetett figyelni, hogy a rétegdőlés váltakozva hol ÉNy-i, hol pedig DK-i. A rövidülés általános iránya ÉNy–DK-inek mondható.

Egyéb, a redőződéshez közvetlenül köthető rövidülési bélyegek

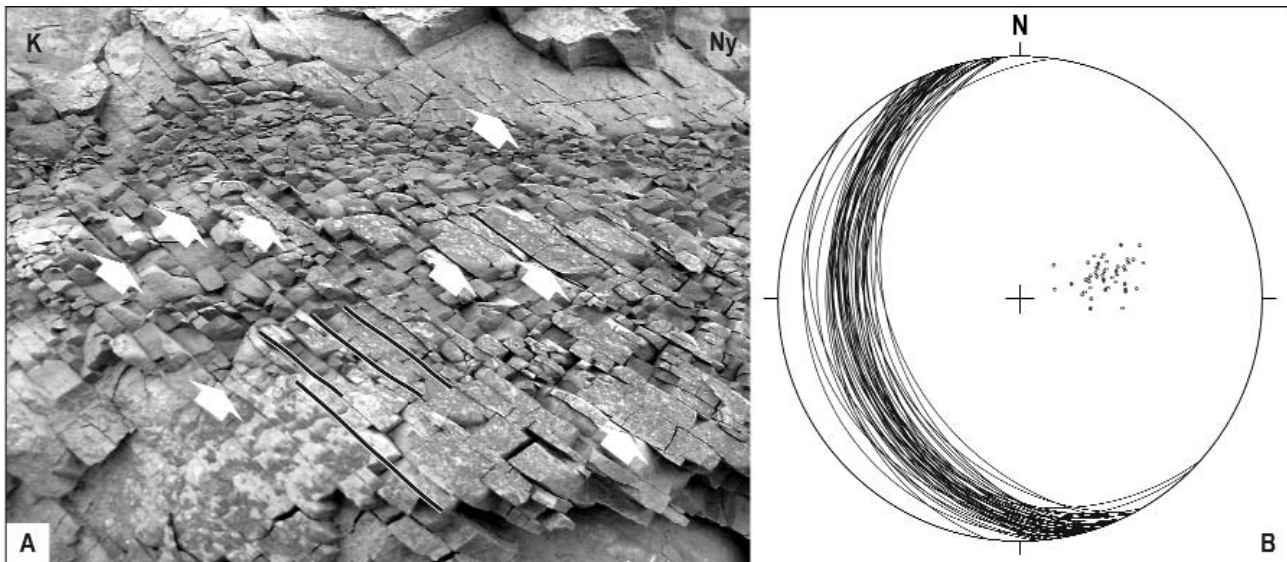
A munkaterületen számos, a fentebbi redőkkel kapcsolatba hozható rövidülési bélyeget sikerült azonosítani. Ezek közül legfontosabbak azok a nem konjugált és konjugált síkseregek, melyek kialakulása biztosan rövidü-

léshez köthető; ezt feltolódásos jellegű karcok, a réteghatárt átmetsző síkseregek, valamint — konjugált síkok esetén — a pusztá geometria is mutatja. A síkseregeket kialakító rövidülési irányok (2. ábra) gyakorlatilag megfeleltethetők a redőződés tárgyalásakor ismertetett csoportoknak. Mindössze egyetlen esetben — a fentebb tárgyalt Bersek-hegyi példánál — látszott tisztán az elválási felületek redőződéssel való kapcsolata, egyéb esetekben a két jelenséget nem sikerült egy helyen észlelni.

R1 csoport, K–Ny-i irányú rövidülés

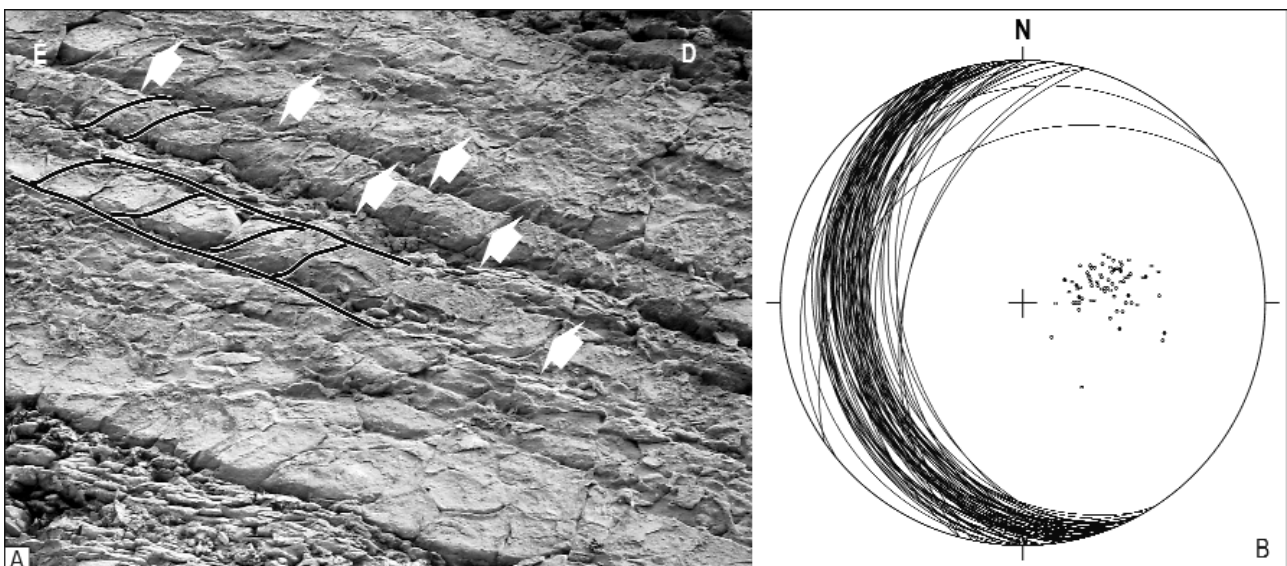
A Bersek-hegyen (1., 2. ábra) lévő kőfejtő nyugati udvarának harmadik szintjén, annak középső nyugati részén igen erőteljes, feltűnő, nagy behatolású síksereg jelenik meg, gyakorlatilag a bányafal teljes magasságában. A kőzet a síkok mentén igen könnyen paralelepipedonokra hullik szét (10. ábra, A), melyek felülete — rétegszilikátok jelenléte miatt — selymesen fénylik. A sűrűn megjelenő apró síkok átlagosan 255/32 fokos irányba dőlnek (10. ábra, B), konjugált párjuk nem volt észlelhető. A síkok felületét sűrűn fedik dőlésirányú lineációk, melyek jellege feltolódásosnak mutatkozott. Említést érdemel, hogy ezt a nagy behatolású síksereget érte a fentebb ismertetett, időrendben későbbi redőződés (6. ábra). A síksereget és a redőződést kialakító rövidülés iránya gyakorlatilag azonos.

Az Ördög-gáti-kőfejtő (1., 2. ábra) hosszú Berseki Márgából álló bányafalán kiváló megtartású laposszögű elválási síkokat lehetett észlelni (11. ábra, A); a felületek átlagosan 250/30 fokos dőléssel bírnak. Már a mért adatok sztereografikus vetületének (11. ábra, B) szemrevételezésével is megállapítható, hogy az értékek szórása igen kicsi — ez 11,4 foknak adódott 95%-os konfidencia-intervallum mellett. Talán az Ördög-gát volt a Bersek-hegy mellett az a feltárás, ahol ezek a laposszögű felületek a legszab-



10. ábra. A berseki Bánya-hegyen mért elválási síkok fényképe (A) és vetületi képe (B)
A sztereografikus vetület Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készült

Figure 10. Picture (A) and stereographic projection (B) of the cleavage in the Bersek quarry
Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection



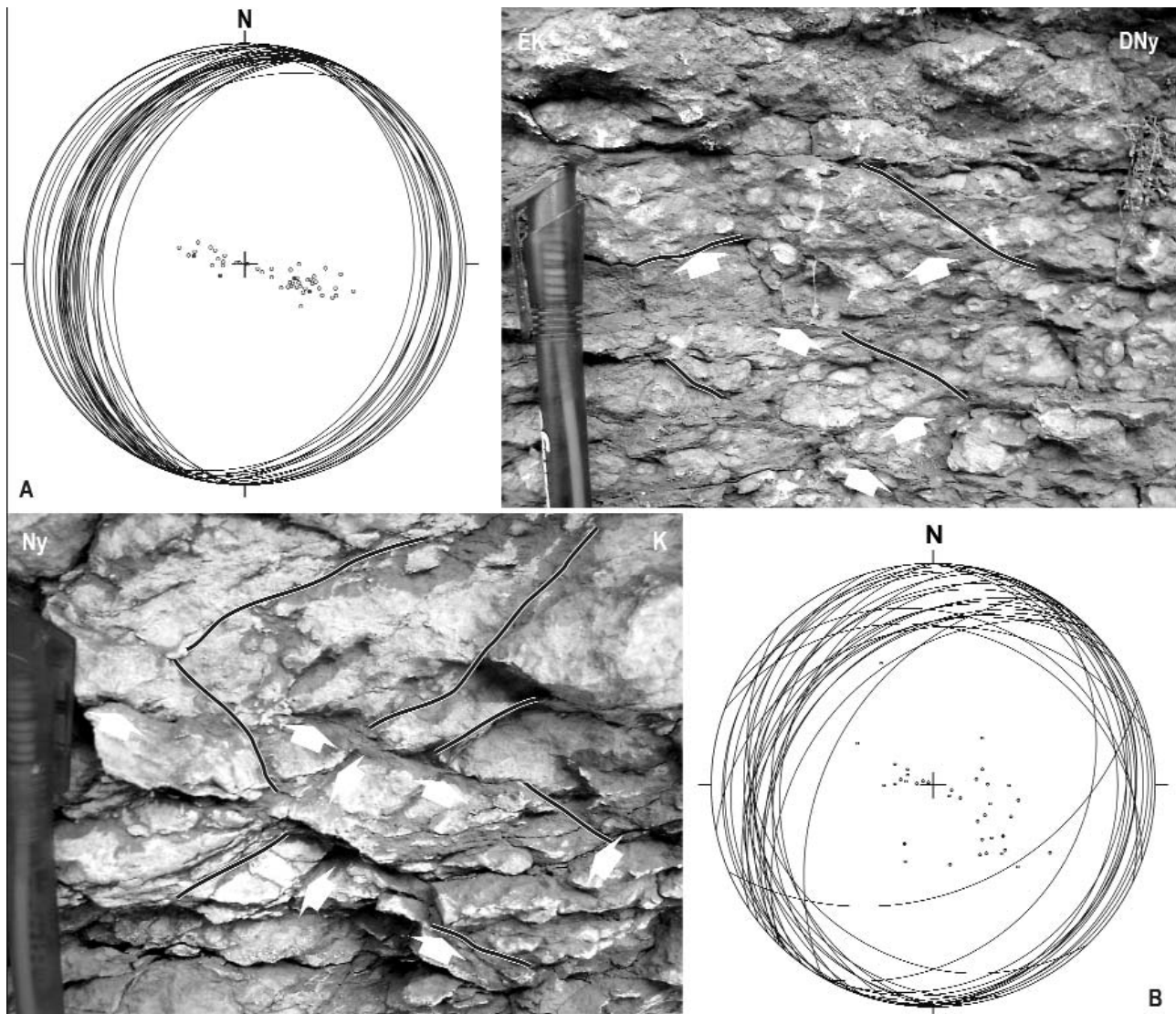
11. ábra. Az Ördög-gáti-kőfejtőben mért elválási síkok fényképe (A) és vetületi képe (B)
A sztereografikus vetület Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készült

Figure 11. Picture (A) and stereographic projection (B) of the cleavage in the Ördög-gát quarry
Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection

látszódtak. Megfigyelhető, hogy a repedésrendszer szinte hálószerűen jelenik meg a kőzetben, nagyjából két-három centiméterenkénti behatolással. A síkok felszínén feltoldódásos, a réteglapokon pedig réteglap menti elmozdulásos karcokat lehetett észlelni (CZAUNER et al. 2006), ezek alapján összhangban van BALKAY (1955) észleléseivel. A rövidülés iránya ebben az esetben tisztán K–Ny-inak mondható; a réteglapok mentén a blokkok kelet felé mozdultak.

Konjugáltan megjelenő laposszögű elválási síkokra nem csak a kréta képződményekben számíthatunk. A Kis-Gerecse (1., 2. ábra) északi oldalán lévő kőfejtőben,

közvetlenül a meredek falban álló Pisznicei Mészkö tetején egy kicsiny, ám viszonylag jól tanulmányozható Kis-gerecsei Márga szálfeltárás található (12. ábra, A). Itt a kőzet anyagában sok laposszögű síkot lehet észlelni. A márga anyagában lévő elnyújtott-elnyírt klasztok felülete, ezek érintkezési vonala, valamint a klasztok felszínén lévő, metszetben egyenes vonalként látszó agyagos felületek egy igen sűrű, egyveretű síkhálózatot adnak. Bár repedések és piciny litoklázisok is észlelhetők, mennyiségük alárendelt. A síkok nem az egész kőzetre kiterjedten jelentek meg, jelenlétük csak az agyagosabb részekre korlátozódott — a cementáltabb, illetve nagyobb átlagos szemcseméretű



12. ábra. A Kis-Gerecésén (A) és a Nagy-Pisznicén (B) Kisgerecsei Márgában mért elválási síkok fényképe és vetületi képe

A sztereografikus vetületek Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készültek

Figure 12. Pictures and stereographic projections of the cleavages in the Kis-Gerecse quarry (A) and Nagy-Pisznice quarry (B) in the Kisgerecse Marl Formation
Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection

részeken alig vagy egyáltalán nem fordultak elő. A konjugáltan megjelenő síkok átlagosan 103/16 és 285/23 fokban dőlnek (12. ábra, A). Az általuk bezárt hegyesszög szögfelezője vízszintes, tehát akár kapcsolt Mohr-pároknak, akár nyírásos eredetű konjugált síkoknak értékeljük, az általuk meghatározott rövidülés vízszintes. Sztereografikus vetületük szemrevételezésével látható, hogy a síkok szórása nem jelentős; 95%-os bizonyosságra ezt az érték rendre 8,7 és 9 foknak adódott. Amennyiben elfogadjuk, hogy rövidülés hatására alakultak ki, úgy ennek iránya K–Ny-inak adódik.

A Nagy-Pisznice (1., 2. ábra) déli oldalát képező bányafalban szintén igen sűrűn megjelenő elválási síksereget lehetett észlelni (12. ábra, B). A síkhálózat tagjait itt is a klaszterek elnyírt-elvonszolt felülete, érintkezési vonala, valamint agyagos felületek képezték. Ebben a feltárásban is kitűnően észlelhető, hogy a laposszögű síkok jelenléte anyagminőség-függő; az elválási felületek csak és kizárólag

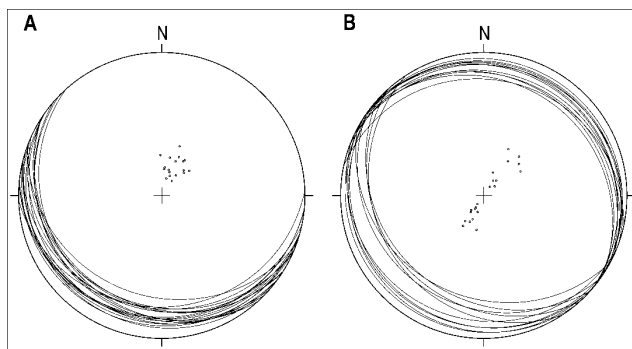
a finomabb szemcseméretű, agyagosabb részekben jelentek meg. A síkok konjugált párban észlelhetők, az egyik síksereg átlagosan 107/17, a másik pedig 290/27 fokos irányba dőlt, és nagyjából azonos volt a mennyiségük is. Ebben az esetben is szinte tisztán K–Ny-i irányú rövidülést lehet rekonstruálni.

R2 csoport, ÉK–DNy-i irányú rövidülés

Az ÉNy–DK-i irányú rövidüléshez köthető konjugáltan megjelenő elválási síksereget részint a Tardos feletti Bányahegyen, részint a Hajós-árokban (1., 2. ábra) lehetett észlelni. Az előbbi helyen a Kisgerecsei Márga formáció feltárásában laposszögű elválási felületeket lehetett dokumentálni (8. ábra, B). Megjegyzendő, hogy a kőzet anyagi minősége nem volt ideális: erősen aprózódott, nagyon könnyen széthullott, növelve ezzel a mérés bizonytalanságát. Az

észlelt síkok aszimmetrikusan konjugált párban jelentkeztek; meghatározó volt az átlagosan $241/20^\circ$ irányban dőlő síkok dominanciája, és alárendelten jelentek csak meg a konjugált, átlagosan $69/14$ fokos irányba mutató síkok. Az ideálisnál sokkal rosszabb feltártsági viszonyok ellenére a mért értékek szórása nem jelentős: rendre $7,7$ és $9,1$ fokos volt. A 8. ábra, A és B összevetéséből kiválóan látható, hogy a Tardos feletti Bánya-hegyen lévő redőt és a konjugált síksereget kialakító rövidülés iránya gyakorlatilag azonosnak mondható.

A Hajós-árok (1., 2. ábra) nyugati részén, az ÉK–DNY-i csapású ág középtájánál található egy kiváló észlelési lehetőséget nyújtó Lábatlani Homokkő szálfeltárása. A homokkő falban számos laposszögű elválási sík volt észlelhető, melyek nem képeznek kapcsolt párokat (13. ábra, A). A síkok a rétegdőlést egyértelműen átmetszik, és helyenként megfigyelhető, hogy feltoldódásos jellegű elmozdulás történt rajtuk. Ezek a felületek egy átlagosan $210/25$ fokos dőlésű síksereget alkotnak. A mért adatok szórása 95%-os konfidencia-intervallum mellett $6,9$ fok, mely igen kicsinek mondható. Egy távolabbi, szintén a Hajós-árok nyugati vé-



13. ábra. Az Hajós-árokban észlelt nem-konjugált (A) és konjugált (B) elválási síkok fényképe és vetületi képe

A sztereografikus vetületek Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel készültek

Figure 13. Picture and stereographic projection of the non-conjugated (A) and conjugated (B) cleavages in the Hajós valley

Projection uses Schmidt hemisphere, lower projection

gén lévő, szintén a Lábatlani Homokkő feltárásában hasonló tulajdonságokkal bír, azonban már kapcsoltan megjelenő síksereget lehetett dokumentálni (13. ábra, B). A kapcsolt párok egyik tagja átlagosan $31/14$ fokos, a másik pedig átlagosan $219/19$ fokos dőlést mutatott. A mért adatok 95%-os bizonyosság mellett vett hibája igen kicsi — az északkeleties dőlésű síkokra $5,2$ fok, a délnyugatiakra már kicsivel nagyobb, $9,7$ fok.

R3 csoport, ÉNy–DK-i irányú rövidülés

A harmadik csoportba tartozó elválási síksereget csupán egy helyen, a Kis-Gerecse (1., 2. ábra) oldalán lévő feltárásor legnyugatibb részén észleltem. Itt közvetlenül a Kisgerecsei Márga és a Pisznicei Mészke szerkezeti érintkezése mentén — a nagyléptékű jobbos jellegű oldalmozdulás síkjától legfeljebb fél méterre — igen bizonytalan megjelenésű laposszögű síkok voltak észlelhetőek. A

síkokat nem a klaszthatárok, nem is agyagos bevonatok, hanem repedések, apró elválások, litoklázisok alkották. A felületek mennyisége igen csekély volt, töredéke annak, mint amit az előző pontokban észlelni lehetett. Ebben az esetben már az észlelés is kétséges, mivel a tektonikailag igénybe vett és ráadásul mállófélben lévő kőzetanyag igen könnyen darabokra hullott.

Szintén ebbe a csoportba tartozó egyéb szerkezeti elemek észlelhetőek a Nyagda-völgyben lévő Vörös-bánya (1., 2. ábra) jura rétegsorában. A feltárt vörös gumós, agyagközös mészkő erősen tektonizált, elnyírt, benne számos észak-északnyugat–dél-délkeleti rövidüléshez köthető duplex-geometriájú szerkezet található. Szintén kompresszió jelenlétét erősítheti meg a feltárt középső–késő-jura radiolarit redőzöttsége (1. fentebb) és az átlaghoz képest jelentős kivastagodása is (CSÁSZÁR et al. 1998).

A deformációs események korának és körülményeinek meghatározása

Egy általánosan vett deformációs esemény pontos idejének meghatározására több módszer is lehetőséget nyújthat. Talán a legbiztosabb a kormeghatározás, ha a folyamat szinszediment módon történik; ebben az esetben a képződmény legfiatalabb, gyűretlen rétege posztdataálja magát a szerkezetalkító fázist. A módszer azonban körütekintést igényel: előfordulhat, hogy a deformáció elérte ugyan a fedő képződményeket, azonban azok inkompetens volta miatt az alakváltozás egyáltalán nem is jelenik meg (vö. HENRY 1983). Ez a jelenség a Gerecseben kiválóan észlelhető például a Berseki Márga Formáció homokosabb — és mélyreható belső deformációtól teljesen mentes — szakaszain.

A kor meghatározásához további kiváló támpont lehet a legidősebb, már deformálatlan, a gyűrtől eltérő képződmény kora. Kiindulási pontot nyújthat magának a meghajlított képződménynek a kora — a rövidülési esemény ennél értelemszerűen csak fiatalabb lehet. Szintén fontos segítség lehet egy már ismert korú deformációs elemmel, például vetőmenti mozgással, esetleg szuperponálódó redővel való összevetés abban az esetben, ha valamelyik jelenség a másik felülbélyegzésként jelenik meg (vö. HENRY 1983, RAMSAY & HUBER 1983). Sajnálatos módon a terület feltártsági viszonyai, valamint a nagyszámú fiatal szerkezetalkító fázis (a teljesség igénye nélkül: BADA 1994, BADA et al. 1996, FODOR et al. 1999, MÁRTON & FODOR 2003, illetve összefoglalóan SASVÁRI 2008) felülbélyegző hatása nem tette lehetővé a fenti módszerek alkalmazását; általában csak igen tág határok közé lehetett beszorítani a redőződés korát (pl. a Nagy-Pisznice esetén ez a késő-triász–miocén intervallumot jelentette).

A rövidülési esemény pontosabb korának meghatározása, azaz a fenti igen tág időintervallum szűkítése csupán diszkusszió segítségével tűnik megoldhatónak. Annyi azért előzetesen is sejthető volt, hogy a rövidüléseket kialakító erőhatásoknak jelentős, rövidüléssel vagy takaróképző-

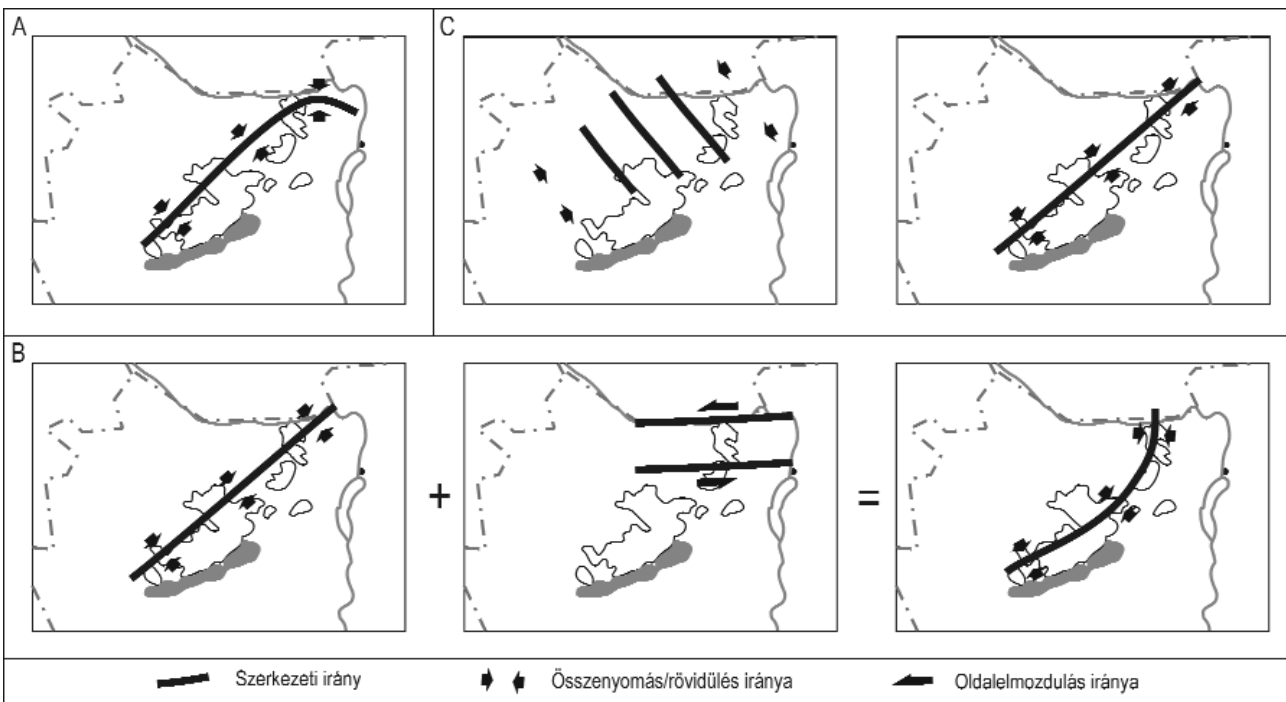
déssel jellemezhető szerkezetalakulási periódushoz kell kapcsolódniuk. RUTTER (1974) munkája alapján redőképződés 3 kilométernél sekélyebben gyakorlatilag nem várható, és a hatékony redőképződés igazi mélysége 5 kilométer alatt keresendő. A kréta időszakban pedig a Gerecsében — például VICZIÁN & KOVÁCS-PÁLFFY (1997) szerint — ezek a betemetődési körülmények akár elő is állhattak. Így további irodalmi adatok (a teljesség igénye nélkül TARI 1994, 1995, továbbá MAROS 1988 és ALBERT 2000) alapján a kréta időszak került a figyelem középpontjába. Egy másik munkában (SASVÁRI 2008) kísérlet történt a Gerecse szerkezetalakulását befolyásoló feszültségviszonyok lehető legalaposabb diszkutálására; így a kiindulási alapot nyújtó számos dolgozat következtetéseit felhasználva kerülhetnek tárgyalásra a redőtengelycsoportok.

A rövidülési irányok eltérése a Dunántúli-középhegység egészéhez képest

Jogosan vetődik fel a kérdés: amennyiben a legjelentősebb, a Dunántúli-középhegység gyűrt szerkezetét kialakító jól dokumentált deformáció ÉNy–DK-i volt a Bakony és valószínűleg az egész Dunántúli-középhegység területén (összefoglalóan BALLA & DUDKO 1989; TARI 1994, 1995), úgy ez az irány a Gerecse esetében miért csak alárendelten jelenik meg, és miért mutatkozik dominánsnak a K–Ny-i irányú rövidülés az elvárható ÉK–DNy-i-hoz képest?

Megjegyzendő, hogy a helyzet nem egyedi: a MAROS (1988) által a Vértesből kimutatott redőket kialakító rövidülés iránya É–D-i, mely szintúgy eltér a Dunántúli-középhegységet ért legjelentősebbnek gondolt rövidülés irányától.

Az első kézenfekvőnek tűnő magyarázatnak a BALLA & DUDKO (1989) munkájában — SCHAFARZIK (1884), FERENCZI (1926), majd az ezeket összegző VÍGH & SZENTESI (1952) megfigyeléseire támaszkodva — bemutatott „szerkezeti hajlat” (14. ábra, A) modellje tűnik. Ennek értelmében a Dunántúli-középhegység keleti részén — a Gerecse, a Pilis és a Budai-hegység területén — a szerkezeti irányokban változás figyelhető meg, mely az általános főirányok „elhajlásában” érhető tetten. Megjegyzendő, hogy a modell alapjául szolgáló észlelések egy része — például FERENCZI (1926) eredményei — a „szerkezeti hajlat” modellje nélkül is értelmezhető. A modellt mint magyarázatot azonban két ok miatt kell jelen esetben elvetni. Egyrészt ez a K–Ny-i irányúba forduló ívelődés (É–D-i rövidülés, 14. ábra, A) pontosan merőleges az uralkodó É–D-i tengelyű redőket kialakító K–Ny-i rövidülési irányra (2., 3. ábra). Ennél fontosabb, hogy — a MÁRTON (1984, 1986, 1998a, b, 1993, 1998), MÁRTON & MÁRTON (1983, 1989), továbbá TÚNYI & MÁRTON (1996) és MÁRTON & FODOR (2003) által bemutatott mérési eredményeket szem előtt tartva — ennyire jelentős szögelfordulás a Dunántúli-középhegység fő tömegét adó Bakony és a Gerecse között nem mutatható ki.



14. ábra. Lehetséges megoldások a kelet-nyugati rövidülési irányok domináns jelenlétére: a Dunántúli-középhegység „szerkezeti hajlata” VÍGH & SZENTESI (1952), illetve BALLA & DUDKO (1989) szerint (A), rövidülési és transzpressziós feszültségtér lineáris kombinációja SANDERSON & MARCHINI (1984) nyomán (B), valamint TARI (1994) és MINDSZENTY et al. flexurális deformációs modellje (C)

Értelmezés és magyarázat a szövegben

Figure 14. Models to explain the presence of the significant E–W shortening directions: the “bending model” of the Transdanubian Range after VÍGH & SZENTESI (1952) and BALLA & DUDKO (1989) (A); linear combination of pure compression with transpressional strike-slip stress field after SANDERSON & MARCHINI (1984) (B) and the flexural deformation model after TARI (1994) and MINDSZENTY et al. (1994) (C)

For explanation see the text

A szerkezetek geometriájában tapasztalható eltérésre magyarázatként szolgálhat a deformációt kialakító feszültségtér inhomogenitása is. Amennyiben a Dunántúli-középhegység főszerkezetét kialakító általános északnyugat–délkeleti rövidülésnek és egy, a Dunántúli-középhegység keleti részén feltételezett oldalelmozdulásos-transzpressziós feszültségtérnek SANDERSON & MARCHINI (1984) szerint vett lineáris kombinációját tekintjük (14. ábra, B), akkor magyarázható lesz a redőtengelyek irányában található eltérés. Megjegyzendő, hogy a fenti modell pusztán elméleti megoldást nyújt, az oldalelmozdulásos komponens jelenlétét semmi nem bizonyítja.

A kelet–nyugati rövidülés hatására kialakult szerkezetek dominanciájára magyarázatként szolgálhat TARI (1994) és MINDSZENTY et al. (1994) flexurális deformációs modellje; ez a deformáció korának értelmezésében is kiváló támpontot ad. A modell szerint az Dunántúli-középhegység területe a Vardar-óceán záródása (a teljesség igénye nélkül RATSCHBACHER 1986, 1987; NEUBAUER 1987, valamint FRITZ 1988, POBER & FAUPL 1988, FAUPL & WAGREICH 1992, CSÁSZÁR & ÁRGYELÁN 1994) során a obdukcióhoz kapcsolható, nagyjából kelet felől nyugat felé vergáló előtéri kiemelkedés volt; a kiemelkedést az obdukálódó vardari ofiolit izosztatikus terhelése okozta. Ezt a deformációs fázist követte a TARI (1994) szerint a Dunántúli-középhegység fő szinklinális-szerkezetének (BALLA & DUDKO 1989, TARI 1994, 1995) kialakulása (14. ábra, C).

A modell értelmében — az apti–albai periódust tekintve — egy korábbi, K(ÉK)–Ny(DNy)-i, és egy későbbi, É(ÉNy)–D(DK)-i irányú deformációval számolhatunk; a deformáció főiránya folyamatosan változhatott a kezdeti és a végállapot között. Ez jól egybecseng TARI (1995), FODOR (1998), ALBERT (2000), MINDSZENTY et al. (2000) valamint SASVÁRI (2008) felismeréseivel. Amennyiben elfogadjuk a flexurális deformáció modelljét, úgy az ÉK–DNy-i rövidülés hatására létrejött ÉNy–DK-i redőtengely-generáció lesz a legidősebb (kora-apti), az ÉNy–DK-i kompresszió hatására kialakult ÉK–DNy-i generáció pedig a legfiatalabb (albai). A K–Ny-i összenyomás hatására kialakult É–D-i redőtengely-generáció kora minden bizonnyal a kezdeti és a végső deformációs állapot közötti helyzetet és kort mutat (apti–albai határ környéke).

R1 csoport, K–Ny-i irányú rövidülés kora

A R1-es csoportba sorolt redőket K–Ny-i irányú rövidülés alakította ki. A csoportba sorolt redőzött képződmények kora igen széles intervallumot ölel át (Dachsteini Mészki Formációtól egészen a Berseki Márga Formációig); ezek alapján a redőződést kialakító esemény kora a Berseki Márga képződését követő, azaz késő-hauterivi utáni (FOGARASI 2001). A redőcsoportot kialakító rövidülés irányával egybevethető feszültségtérrel jó pár dolgozat értelmezéseiben fel lehet lelni; BADA (1994) észlelései, valamint MAROS (1988) és DUDKO (1994) eredményei is alátámasztják a fázis dunántúli-középhegységbeli jelenlétét. BADA (1994) munkájában számszerű adatokat is találunk egy

korai, az R1-es redőcsoportot kialakító rövidüléssel egybevethető irányokra. A dolgozat a lábatlani Berseki-hegyről és szűkebb környékéről négy, kora-krétának datált feszültségtérrel mutat be. Ezek a rövidülési irányok azonosnak mondhatók a jelen munkában ismertetett redők kialakításához szükséges irányokkal, és a feszültségek aránya is markáns rövidüléssel jelleget mutat. A Tatai Mészki Formáció vizsgálata során POCSAI (2003), valamint ennek nyomán POCSAI & CSONTOS (2006) is feltételezett kelet–nyugati irányú deformáció hatására létrejött redőződést. A Bakony területéről ALBERT (2000) dolgozatában találhatunk konkrét redőképződéshez rendelt K(ÉK)–Ny(DNy)-i rövidülési irányokat. Ennek a feszültségtérnek az aktivitását a szerző az apti utánra, az albai üledékciklust megelőzőre (azaz a késő-aptit követő és a középső-albai előtti időszakra) tette. ALBERT (2000) az úrkúti mangánbányából is ismert pontosan É–D-i tengelyirányú redőket; az ezeket kialakító kompressziós hatást már korábban GÉCZY (1968) is felismerte. A redőket itt a gyűretlen Tési Agyagmárga diszkordánsan fedi, így a redőződés középső-albainál fiatalabb. Felhasználva TARI (1994) és MINDSZENTY et al. (1994) fentebb bemutatott flexurális deformációs modelljét, továbbá figyelembe véve TARI (1995), MINDSZENTY et al. (2000) eredményeit, megalapozottan feltételezhető, hogy az R1-es csoportba sorolt redők az ALBERT (2000) által idősebbként aposztrófált redőképződési eseményhez tartoznak. Mindezeket egybevetve a redőződés kora-albainak mondható.

R2 csoport, ÉK–DNy-i irányú rövidülés kora

Az R2-es csoportba sorolt redőket hordozó kőzetek (Pisznicei Mészki és Berseki Márga Formáció) kora alapján a redőződés késő-hauterivi utáinak mondható (FOGARASI 2001). Az R2-es redőtengely-csoport tengelyirányai ÉNy–DK-iek, kialakulásuk egy erre merőleges, ÉK–DNy-i rövidüléshez köthető (3. ábra). BADA (1994) igen részletes munkájában nem találhatók ezzel a csoporttal kapcsolatba hozható megfigyelések; egyes, irányukban hasonló feszültségterek esetén vagy nem vízszintes a maximális főfeszültség (azaz nem a rövidüléssel jelleget az uralgó), vagy adott esetben a feszültségek irányában nem tükröződik a redőképződéshez elvárható markáns rövidüléssel jelleget. Számos — akár egészen fiatal —, megfelelően tűnő főfeszültségi iránnyal egybe lehet vetni a redőcsoport kialakításához szükséges deformációs irányt (a teljesség igénye nélkül: PALOTÁS 1991 szerint szarmata, KISS et al. 2001 szerint akár kora-pannoniai). Ez esetben azonnal két nehézség merül fel: egyrészt ezek a feszültségterek oldalelmozdulásos jellegűek, a rövidülés markáns jelleget a publikált redukáltfeszültség-tenzorértékekben nem jelenik meg. Másrészt az eddigi redőződésről szóló dolgozatok — általános és konkrét geodinamikai megfontolások alapján — kivétel nélkül kréta deformációs kort említenek, így igencsak valószínűtlennek tűnik a jóval fiatalabb redőképződési esemény. ALBERT (2000) munkájában aptira teszi ezeket az északkelet–délnyugati irányú deformáció hatására

kialakult redőket. POCSAI (2003) és POCSAI & CSONTOS (2006) értelmezése szerint az ilyen redők a Tatai Mészki lerakódásával egyidőben (esetleg már a barrémitól kezdődően) is keletkezettek, azaz késő-apti-kora-albai korúak. TARI (1995) és SASVÁRI (2008) alapján is a redőképződés időszakának leginkább az apti mondható.

R3 csoport, ÉNy–DK-i irányú rövidülés

Az R3-as redőcsoport elemeit a Pisznicei Mészki Formáció, a Tölgyháti Mészki Formáció, a Lókúti Radioarit Formáció, valamint a Berseki–Lábatlani Formáció közeiben lehetett észlelni, így a redőződés kora-apti utáni (FOGARASI 2001). Az R3-as redőtengely-csoport tengelyirányai (3. ábra) gyakorlatilag egybeesnek a Dunántúli-középhegység albaiban (összefoglalóan BALLA & DUDKO 1989; TARI 1994, 1995, illetve CSÁSZÁR & HAAS 1984) kialakult szinklinális szerkezetének irányával. Ezzel az a kézenfekvő megoldás kínálkozik, mely a középhegység leg-szerkezetűbb szerkezetének kialakulásához köti az ÉK–DNy-i tengelyű redők létrejöttét; ami egybevág ALBERT (2000) megfigyeléseivel is. Utóbbi dolgozat szerint a késő-albaiban — az É–D-i tengelyű redők kialakulását követően — tetten érhető egy ÉNy–DK-i irányú rövidülés, mely a Bakony területén redők kialakulásához vezetett. A fenti diszkusszió, valamint SASVÁRI (2008) alapján az R3-as csoportba sorolt redők képződésének korát a késő-albaiba, a középhegység szinklinális szerkezetének kialakulásával azonos időszakra lehet tenni.

Deformációs körülmények

A redőképződés hőmérsékleti (és egyben mélységbeli) körülményeiről RUTTER (1974) dolgozata mutat be adatokat. Ennek értelmében a felszín közelében (mintegy 3 kilométeres mélységig) alapvetően a töréses, nagyjából 3–5 kilométer között a töréses és a képlékeny, 5 kilométer alatt pedig a képlékeny deformációs mechanizmus tekinthető meghatározónak a litoszféralemezek mozgási sebességével összevethető deformációs sebesség esetén. Szintén eltemetett körülményekre enged következtetni a Bersek-hegven látható igen sűrű behatolású síksereg (10. ábra) megjelenése; a síkok felszíne — feltehetően az azokon található rétegsziliátok megjelenése miatt — selymes fényű. A fentiek alapján nem zárható ki, hogy a deformáció betemetett körülmények között, néhány kilométer mélységben történt meg.

VICZIÁN & KOVÁCS-PÁLFFY (1997) dolgozatukban a Bersek-hegy területéről a kevertrácsú corrensité-szerkezet kialakulásának és a befoglaló környezet diagenezisének hőmérsékletét 120 °C-ra teszik. Amennyiben az agyag-ásvány-tartalom nem másodlagos, azaz nem átöröklött, úgy ez a hőmérsékleti érték a mai Pannon-medencére vonatkozó geotermikus gradiens értékével számolva is minimum 2,5 kilométernyi eltemetettséget jelent. Ehhez hasonló mértékű betemetettséget mutat például MONNIER (1982) dolgozata is a svájci Molassz-medence területéről. Ez a hatás a késő-apti-kora-albai (SZTANÓ 1990a, b, SZTANÓ & BÁLDI-BEKE 1992,

továbbá FOGARASI 2001) Köszörűkőbányai Konglomerátumban nem észlelhető; a szerzők itt jóval sekélyebb betemetődést valószínűsítene.

Magyarázatul szolgálhat az észlelésekre egy eddig ismeretlen, folyamatos kréta–paleocén–eocén rétegsor, mely — néhány kilométeres vastagságot elérve — a középső-eocén legvégére teljesen lepusztult. Ilyen rétegsort egyrészt nem ismerünk, a terület általános geodinamikáját és szerkezetalakulását szem előtt tartva is csupán feltételezhetünk. Ebben a modellbe nem illeszthető be a Köszörűkőbányai Konglomerátum VICZIÁN & KOVÁCS-PÁLFFY (1997) szerinti sekély betemetődése, így feltételeznünk kellene, hogy a Köszörűkőbányai Konglomerátum vizsgált feltárása csupán a kréta–paleocén–eocén hipotetikus rétegsor lepusztulását követően került a mai helyére. VICZIÁN (1995) jura mészkövek agyagásványait ismertető dolgozatában felhívja a figyelmet a Bakony és a Gerecse jurájának diagenezise közötti eltérésre; ennek értelmében a Gerecse jura képződményei erősebben diagenetizáltak, mely megfigyelés a szerző értelmezése szerint a betemetettségi viszonyok különbözőségével magyarázható.

További adatok figyelembevétele gondolatébresztő lehet. FOGARASI (2001), valamint ennek nyomán FÓZY et al. (2002) dolgozata ismerteti a lábatlani Köszörűkőbánya feltárásában mélyült Lábatlan–36-os fúrás integrált ammonitesz és mészvázú nannoplankton biosztratigráfiáját. A felszínhez legközelebbi, pontosan korolható minta 28,2 méteres mélységből származik, és az NC7a nannoplankton zónába tartozik. Az NC7a nannoplankton-zóna felső határa 119 millió évnél húzható meg. A legfelső 28,2 méterben fellelhető mintákat a szerző (FOGARASI 2001, továbbá FOGARASI in FÓZY et al. 2002) „biosztratigráfiaileg értékelhetetlennek” minősíti. További ismeret, hogy SZTANÓ & BÁLDI-BEKE (1992) eredményeit, továbbá FOGARASI 2001 értelmezéseit figyelembe véve a lábatlani Köszörűkő-bánya konglomerátumának feltárása az NC8-as nannoplankton-zónába tartozik. Ennek a zónának az alsó határa gyakorlatilag azonos az apti-albai határral, így kora maximum 112 millió év.

A fentiek értelmében — folyamatos üledékképződést feltételezve — a Lábatlan–36-os fúrás rétegsorának felső 28,2 métere nagyjából 7 millió év alatt ülepedhetett le. Ez az érték a kompaktiótól eltekintve 0,004 mm/éves szedimentációs rátának adódik. További felismerés, hogy a fúrás 98 és 28,2 méter közötti szakaszát az NC6 nannoplankton-zóna adja (FOGARASI 2001 és FOGARASI in FÓZY et al. 2002); ebben az esetben ennek a 70 méternek a leülepedése mintegy 3,2 millió évet vett igénybe, mely 0,02 mm/éves szedimentációs rátát eredményez. Ez az érték az ötszöröse a legfelső 28,2 méterre számított 0,004 mm/éves maximális szedimentációs rátának. A fúrás felső 28,2 méterére számolt üledékképződési sebesség — figyelembe véve a képződmények leülepedési környezetét (KÁZMÉR 1987, 1988, továbbá SZTANÓ 1990a, b) — igen kicsinek adódik.

A fenti eszmefuttatás eredménye a következő: amennyiben a fúrási rétegsort nem tekintjük folyamatosnak, továbbá a fúrás tetején lévő szedimentációs ráta helyett a mélyebb

szakaszon — az NC6 zónából — számított értéket fogadjuk el, úgy a fúrás legfelső 28,2 méterében — praktikusan a Lábatlani Homokkő Formáció és a Kőszörűkőbányai Konglomerátum Tagozat között — jelentős diszkordancia lehetséges. Ennek hossza számítható is; nagyjából 7,5 millió évnél adódik. Annak ellenére, hogy ezt a diszkordanicát sem SZTANÓ & BÁLDI-BEKE (1992), sem FOGARASI (2001) és FÖZY et al. (2002) nem említik, az általuk mutatott észlelésekkel nem áll ellentétben.

A fenti szórványos adatok nyomán felsejlik a Gerecse területét érintő középső-késő-apti tektonikus betemetettség lehetősége; azonban ismereteink hiányos volta miatt ennek tárgyalása további feltáró munkát igényel.

Regionális kitekintés

A Keleti-Alpok szerkezetalakulásának jelentős eseménye volt a Vardar-medence aptiban bekövetkező záródása. Maga a Gerecse a Vardar záródása során az obdukciós front előterében kialakult előtéri medenceként értelmezhető (CSÁSZÁR & ÁRGYELÁN 1994). A záródási esemény nyomai, valamint az ősföldrajzi viszonyok jól dokumentáltak (elsőként CSÁSZÁR & ÁRGYELÁN 1994, valamint ÁRGYELÁN 1995, 1996, illetve tágabb keretben POBER & FAUPL 1988 és FAUPL & WAGREICH 1992). A Gerecse flis-eredetű üledékének (CSÁSZÁR & HAAS 1979) forrásaként a területtől északnyugatra elhelyezkedő szigetív valószínűsíthető (elsőként BALLA 1981). Ezt a felismerést igen részletesen árnyalja ÁRGYELÁN (1989, 1992, 1993), továbbá CSÁSZÁR & ÁRGYELÁN (1994) dolgozata, bemutatva egy többfázisú kollíziós eseményt és a Vardar-óceán ofiolitjának obdukcióját.

Ezzel az eseménnyel gyakorlatilag egyidős (radiometrikus adatok alapján, KRÁLIK et al. 1987 és FRITZ 1991 szerint) a felső-ausztróalpi takarók nyugatias vergenciájú mozgása a Keleti-Alpok területén (a teljesség igénye nélkül RATSCHBACHER 1986, 1987; NEUBAUER 1987, valamint FRITZ 1988). Az albaiban már változás mutatható ki a Keleti-Alpokból dokumentálható takarós elmozdulások irányában; a mozgás pályája gyakorlatilag észak-északnyugati irányú lesz (példaként RATSCHBACHER 1986, 1987). Ez a szerkezeti lépés — TARI (1995) szerint — azonos lehet a Dunántúli-középhegység szinklinális-szerkezetét kialakító hatással.

Ez az általános ősföldrajzi-geodinamikai kép jó összhangban van a dolgozatban bemutatott legjelentősebb redőképződési esemény korával és a rövidülés hozzávetőleges irányával, valamint a rövidülési irányokban feltételezett változással. Másrészt — geodinamikai okokból — magyarázatul szolgálhat a Bersek-hegyen észlelt sűrű behatolású, rövidüléshez köthető síkseregek jelenlétére is. A

fenti ismereteink erősítik és indokolttá teszik a Gerecse esetleges tektonikus betemetődésének megismerésére irányuló törekvéseket.

Következtetések

— A Gerecse területén számos rövidülés hatására kialakult redő észlelhető.

— A kompressziós mechanizmust réteglap menti karcok, duplex-szerkezetek, elvetett réteghatárok és feltolódásos vetőkarcok igazolják.

— A redőkhöz rendelhető összenyomás földrajzi irány szerinti eloszlásában három csoport — egy jól dokumentálható K-Ny-i, valamint egy-egy gyengébben megjelenő ÉK-DNy-i és ÉNy-DK-i irányú — volt kimutatható.

— A K-Ny-i rövidülés hatására létrejött É-D-i tengelyű redők dominanciája magyarázható a Dunántúli-középhegység flexurális deformációs modelljével.

— A fenti modell támpontot adhat a az É-D-i redő-tengely-generáció korának meghatározásában; ennek alapján ez apti-albainak mondható.

— Diszkusszió alapján az ÉNy-DK-i redő-tengely-generáció kora-aptinak, az ÉK-DNy-i pedig albainak adódik.

— A fenti következtetések jó összhangban vannak a terület tágabb környezetéből nyert szerkezetfejlődési és geodinamikai adatokkal.

— A deformáció — figyelembe véve az agyagásvány- és biosztratigráfiai vizsgálatok következtetéseit, a tágabb őskörnyezet szerkezetfejlődéséről rendelkezésünkre álló ismereteket és általános reológiai megfigyelések eredményeit — feltételezhetően több kilométeres mélységben ment végbe.

Köszönetnyilvánítás

Terepi és egyetemi munkáim során állandó segítségem volt témavezetőm, CSONTOS László, aki észrevételeivel és tapasztalatával jelentősen hozzájárult a most közölt adatok és ismeretek összegyűjtéséhez. A terület — és a tágabban vett Dunántúli-középhegység — szerkezetalakulásának megértésében FODOR László nyújtott elvülhetetlen segítséget. Szintén a középhegység szerkezetfejlődésének megismerésében, egyes részletek tisztázásában volt segítségemre KISS Ada. A dolgozat kéziratának átgyűrése során jelentős iránymutatást kaptam lektoraimtól, BADA Gábortól és MAROS Gyulától. Munkámban elengedhetetlen segítséget kaptam BAGOLYNÉ ÁRGYELÁN Gizellától és SOMFAI Attilától — feltétlen köszönet illeti őket.

Irodalom — References

- ALBERT G. 2000: Az Északi-Bakony gyűrődései. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 89 p.
- ÁRGYELÁN, G. B. 1989: Detrital framework analysis of Lower Cretaceous turbidite sequence of Neszmély–4 borehole (W. Gerecse Mts, Hungary). — *Acta Minerologica Petrographica* **30**, 127–136.
- ÁRGYELÁN, G. B. 1992: Chemical investigations of detrital chromian spinels of Cretaceous clastic formations of Gerecse Mountains, Hungary. — *Terra Nova Abstract* **2**, 3 p.
- ÁRGYELÁN, G. B. 1993: A gerecsei kréta törmelékes összlet petrográfiai és petrológiai vizsgálata (egykori óceáni képződmények rekonstrukciója törmelékes alkotók alapján). — *Doktori dolgozat, kézirat*, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, 186 p.
- ÁRGYELÁN, G. B. 1995: A gerecsei kréta törmelékes képződmények petrográfiai és petrológiai vizsgálata. — *Általános Földtani Szemle* **27**, 59–83.
- ÁRGYELÁN, G. B. 1996: Geochemical investigations of detrital chrome spinels as a tool to detect an ophiolitic source area (Gerecse Mountains, Hungary). — *Acta Geologica Hungarica* **39**, 341–368.
- BADA, G. 1994: A paleofeszültségtér fejlődése a Gerecse hegység és kelet-délkeleti előterének területén. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, 137 p.
- BADA, G., KNIBBE, F. L., NAGTEGAAL, J. & NÉMETH, K. 1993: Tertiary evolution of the stress field in the Gerecse Mountains, N. Hungary with implications for the dynamics of the Pannonian Basin. — *Terra Abstracts* **5**, 214.
- BADA, G., FODOR, L., SZÉKELY, B. & TÍMÁR, G. 1996: Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mountains, northern Hungary. — *Tectonophysics* **255**, 269–289.
- BALKAY B. 1955: Különleges kőzetmozgási alakulat. — *Földtani Közlöny* **85/2**, 153–156.
- BALLA Z. 1981: Magyarországi kréta–paleogén képződmények geodinamikai elemzése. — *Általános Földtani Szemle* **16**, 89–144.
- BALLA, Z. & DUDKO, A. 1989: Large-scale Tertiary strike-slip displacements recorded in the structure of the Transdanubian Range. — *Geophysical Transactions* **25/1–2**, 3–63.
- BALLA, Z. & DUDKO, A. 1990: Folded Oligocene beds in Budapest. — *Acta Geologica Hungarica* **33/1–4**, 31–42.
- BÍRÓ I. 2003: A Vértessomlói-törésvonal szerkezetföldtani vizsgálata a vértesi Mária-szurdok környékén. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Regionális Földtani Tanszék, 73 p.
- BUDAI T., FODOR L., CSILLAG G. & PIROS O. 2005: A Vértés délkeleti triász vonulatának rétegtani és szerkezeti felépítése. — *MÁFI Évi Jelentése a 2004. évről*, 189–202.
- CZAUNER B., KISS B., OROSZ E. & SÁGI T. 2006: Terepgyakorlati jelentés. — *kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 66 p.
- CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1979: Review of the facies and palaeogeography of the Cretaceous in Hungary. — In: WIEDMANN, A. (ed.): *Aspekte der Kreide Europas. IUGS Series A*, **6**, 413–424.
- CSÁSZÁR, G. & HAAS, J. 1984: The Cretaceous in Hungary: a review. — *Acta Geologica Hungarica* **27/3–4**, 417–428.
- CSÁSZÁR, G. & ÁRGYELÁN, G. B. 1994: Stratigraphic and micromineralogic investigations on Cretaceous Formations of the Gerecse Mountains, Hungary and their palaeogeographic implications. — *Cretaceous Research* **15**, 417–434.
- CSÁSZÁR G., GALÁCZ A. & VÖRÖS A. 1998: A gerecsei jura — fácieskérdések, alpi analógiák. — *Földtani Közlöny* **128/2–3**, 397–435.
- DUDKO A. 1994: Jelentés a gerecsei 1993-as évi térképezési terület szerkezeti vizsgálatáról. — *Kézirat*, MÁFI Középhegységi projekt, 58 p.
- EÖTVÖS C., FENYVESI R. & VARGA V. 2002.: Terepgyakorlati jegyzőkönyv, Gerecse. — *Kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 19 p.
- FAUPL, P. & WAGREICH, M. 1992: Cretaceous flysch and pelagic sequences of the Eastern Alps: correlations, heavy minerals, and paleogeographical implications. — *Cretaceous Research* **13**, 387–403.
- FERENCZI I. 1926: Adatok a Buda-Kovácsi hegység geológiájához. — *Földtani Közlöny* **55**, 196–211.
- FODOR L. & BÍRÓ I. 2004: Sziklás eocén tengerpart a kréta korú Vértessomlói-rátolódás mentén (Szarvas-kút, Vértés). — *MÁFI Évi Jelentése a 2002. évről*, 153–162.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÓRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian Basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of palaeostress data. — In: *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen. Geological Society Special Publication* **156**, 295–334.
- FOGARASI A. 2001: A Dunántúli-középhegységi alsó-kréta képződmények mészvázú nannoplankton sztratigráfiája. — *Doktori dolgozat, kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 95 p.
- FÓZY I., FOGARASI A & SZIVES O. 2002: A Lábatlan–36 fúrás felső-barrémi–apti rétegsorának integrált ammonitesz és mészvázú nannoplankton biosztratigráfiája. — *Földtani Közlöny* **132/1**, 45–56.
- FRITZ, H. 1988: Kinematics and geochronology of Early Cretaceous thrusting in the northwestern Paleozoic of Graz (Eastern Alps). — *Geodinamica Acta* **2**, 53–62.
- FRITZ, H. 1991: Stratigraphie, Fazies und Tektonik im nordwestlichen Grazer Paläozoikum (Ostalpen). — *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* **134**, 227–255.
- GÉCZY B. 1968: Felső liász Ammonoideák Úrkútról (Bakony hegység). — *Földtani Közlöny* **98**, 218–266.
- GUZMICS T., HIDAS K. & TÓTH Zs. 2004: Terepgyakorlati jelentés — 6. terület, Csonkás-hegy és környéke. — *Kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 35 p.
- HENRY, J. 1983: *Méthodes modernes de géologie de terrain: 2/a Manuel d'analyse structurale*. — Édition Technip, Paris, 183 p.
- JÁGER V., TÓTH A. & VADAS Á. 2002: Terepgyakorlati jelentés — 2002. év nyári terepgyakorlat. — *Kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 19 p.

- KÁZMÉR, M. 1987: A Lower Cretaceous submarine fan sequence in the Gerecse Mts, Hungary. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae sectio geologica* **27**, 101–116.
- KÁZMÉR, M. 1988: Lower Cretaceous facies zones in the Bakony unit of Hungary. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae sectio geologica* **28**, 161–168.
- KISS, A., GELLÉRT, B. & FODOR, L. 2001: Structural history of the Porva basin in the northern Bakony Mts (Western Hungary): implications for the mesozoic and tertiary tectonic evolution of the Transdanubian Range and Pannonian Basin. — *Geologica Carpathica* **52/3**, 183–190.
- KRALIK, M., KRUMM, H. & SCHRAMM, J. 1987: Low grade and very low grade metamorphism in the Northern Calcareous Alps and in the Greywacke Zone: Illite-crystallinity data and isotopic ages. — In: FLÜGEL, W. & FAUPL, P. (eds): *Geodynamics of the Eastern Alps*. Deuticke, Wien, 164–178.
- KUPI L., PART R., & PÉNTEK A. 2004: Terepgyakorlati jelentés — 2004. évi nyári terepgyakorlat a Gerecsében. — *Kézirat*, Általános és Történeti Földtani Tanszék, 55 p.
- LIFFA A. 1907: Geologiai jegyzetek Nyergesujfalu és Neszmély környékéről. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése az 1906. évről*, 148–171.
- MAROS GY. 1988: A Vértes hegységi Vitány-vár környékének tektonikai elemzése. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1986. évről*, 295–309.
- MÁRTON E. 1984: A Velencei-hegység magmás kőzeteinek paleomágnesség. — *Magyar Geofizika* **25**, 48–56.
- MÁRTON, E. 1986: Paleomagnetism and igneous rocks from the Velence Hills and Mecsek Mountains. — *Geophysical Transactions* **32**, 83–145.
- MÁRTON, E. 1993: The itinerary of the Transdanubian Central Range: an assessment of relevant paleomagnetic observations. — *Acta Geologica Hungarica* **37/1–2**, 135–151.
- MÁRTON, E. 1998a: The bending model of the Transdanubian Central Range (Hungary) in the light of Triassic paleomagnetic data. — *Geophysical Journal International* **134**, 625–633.
- MÁRTON, E. & FODOR, L. 2003: Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary): rotational disintegration of the Alcapa unit. — *Tectonophysics* **363**, 201–224.
- MÁRTON, E. & MÁRTON, P. 1983: A refined apparent polar wander curve for the transdanubian central mountains and its bearing on the mediterranean tectonic history. — *Tectonophysics* **98**, 43–57.
- MÁRTON, E. & MÁRTON, P. 1989: A compilation of paleomagnetic results from Hungary. — *Geophysical Transactions* **35/1–2**, 117–133.
- MINDSZENTY, A., KNAUER, J. & MÁTÉFI-STEFLER, M. 1994: Superimposed paleokarst phenomena in the Halimba basin (South Bakony, Hungary) – The anomaly of a multiple regional unconformity. — *Abstracts IAS 15th Regional Meeting, Ischia, Italy*, p. 285.
- MINDSZENTY A., CSOMA A., TÖRÖK Á., HIPS K. & HERTELENDI E. 2000: Flexura jellegű deformációhoz köthető karsztbauxitszintek a Dunántúli-középhegységben. — *Földtani Közlöny* **131/1–2**, 107–152.
- MONNIER, F. 1982: Thermal diagenesis in the Swiss Molasse basin: implications for oil generation. — *Canadian Journal of Earth Sciences* **19**, 328–342.
- NEUBAUER, F. 1987: The Gurktal thrust system within the Austroalpine region — Some structural and geological aspects. — In: FLÜGEL, W. & FAUPL, P. (eds): *Geodynamics of the Eastern Alps*. Deuticke, Wien, 226–236.
- PALOTÁS K. 1991: Üledék- és szerkezetföldtani vizsgálatok a Tétényi-fennsíki szarmatában. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 103 p.
- PÁVAI VAJNA F. 1934: Új kőzetelőfordulások a Gellérthegyen és új szerkezeti formák a budai hegyekben. — *Földtani Közlöny* **64/1–3**, 1–11.
- POBER, E. & FAUPL, P. 1988: The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps. — *Geologische Rundschau* **77**, 641–670.
- POCSAI T. 2003: A Tatai Mész-kő Formáció bazisképződésének vizsgálata. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 90 p.
- POCSAI, T. & CSONTOS, L. 2006: Late Aptian – Early Albian syn-tectonic facies-pattern of the Tata Limestone Formation (Transdanubian Range, Hungary). — *Geologica Carpathica* **57/1**, 15–27.
- RAMSAY, J. G. & HUBER, M. 1983: *The techniques of modern structural geology — folds and fractures*. — Academic Press, London, 505 p.
- RATSCHBACHER, L. 1986: Kinematics of Austro-Alpine cover nappes: changing translation path due to transpression. — *Tectonophysics* **125**, 335–356.
- RATSCHBACHER, L. 1987: Strain, rotation and translation of Austroalpine nappes. — In: FLÜGEL, W. & FAUPL, P. (eds): *Geodynamics of the Eastern Alps*. Deuticke, Wien, 237–243.
- RUTTER, E. H. 1974: The influence of temperature, strain-rate and interstitial water in the experimental deformation of calcite rocks. — *Tectonophysics* **22**, 311–334.
- SANDERSON, D. J. & MARCHINI, W. R. D. 1984: Transpression. — *Journal of Structural Geology* **6/5**, 449–458.
- SASVÁRI Á. 2008: A Gerecse feszültségterének fejlődése a Dunántúli-középhegységről készült publikációk tükrében: irodalmi áttekintés. — *Földtani Közlöny* **138/2**, 147–164.
- SCHAFARZIK F. 1884: Jelentés az 1883. nyarán a Pilis hegységben eszközölt földtani részletes felvételről. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évi Jelentése 1883-ról*, 249–272.
- SZTANÓ O. 1990a: Durvatörmelék üledékek gravitációs tömegmozgásai egy gerecsei alsókréta tengeraltti csatornakitöltő konglomerátum példáján. — *Általános Földtani Szemle* **25**, 337–360.
- SZTANÓ, O. 1990b: Submarine fan-channel conglomerate of Lower Cretaceous, Gerecse Mts., Hungary. — *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie* **7**, 431–446.

- SZTANÓ, O. & BÁLDI-BEKE, M. 1992: New data proven Late Aptian – Early Albian age of Kőszörűkőbánya Conglomerate Member, Gerecse Mountains, Hungary. — *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös Nominatae sectio geologica* **29**, 155–164.
- TARI, G. 1994: Alpine tectonics of the Pannonian Basin. — *Doktori dolgozat, kézirat*, Rice University, Houston, Texas, 489 p.
- TARI, G. 1995: Eoalpine (Cretaceous) tectonics in the Alpine/Pannonian transition zone. — In: HORVÁTH, F., TARI, G. & BOKOR, Cs. (eds): Extensional collapse of the Alpine orogene any Hydrocarbon prospects in the Basement and Basin fill of the Western Pannonian Basin. *AAPG International Conference and Exhibition, Nice, France, Guidebook to fieldtrip no. 6*, Hungary, 133–155.
- TÚNYI, I. & MARTON, E. 1996: Indications for large Tertiary rotation in the Carpathian – Northern Pannonian region outside the North Hungarian Paleogene Basin. — *Geologica Carpathica* **47**, 43–49.
- VIALON, P., RUHLAND, M. & BRUN, J. P. 1976: Rolling structures at large shear strain. — *Journal of Structural Geology* **9/5–6**, 691–704.
- VICZIÁN, I. 1995: Clay mineralogy of Jurassic carbonate rocks, Central Transdanubia, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **38/3**, 251–268.
- VICZIÁN, I. & KOVÁCS-PÁLFFY, P. 1997: Regularly mixed-layer 14Å clay minerals in marls of a lower Cretaceous clastic sequence, Gerecse Mts., Hungary. — *Geologica Carpathica Series Clays* **6/2**, 97–105.
- VÍGH F. & SZENTRES F. 1952: A dorogi szénmedence hegyszerkezeti és védőréteg viszonyai különös tekintettel a kasztvízvesély elleni védekezésre. — *Bányászati Lapok* **11**, 588–600.

Kézirat beérkezett: 2007. 08. 21.

MOLNÁR József (1918–2008)

A 160 éves Magyarhoni Földtani Társulat elnöksége és tagsága, valamint a barátok, ismerősök és kollégák szomorú szívvel vették tudomásul, hogy *MOLNÁR József* okl. geológusmérnök, 53 éve szeretett tagtársunk, magyar testvérünk, kollégánk és barátunk 2008. március 10-én elhunyt.

A közel 90 esztendő életútát megjárta *MOLNÁR József* személyében a Magyar Állami Földtani Intézet, a Nehézipari Minisztérium és a Geominco Földtani és Bányászati Rt. sok évtizedes kutatóját, szervezőjét, a Földtani Kutatás kétszeres kiváló dolgozóját, a magyar földtan és bányászat, ezen belül az alkalmazott földtani kutatás, a nevéhez fűződő dél-bükki kőolaj-előfordulás felfedezőjének kiemelkedő tagját veszítettük el.

MOLNÁR József *MOLNÁR Lajos* és *Lehner Rozália* harmadik gyermekeként, *Irén* és *Margit* nővérei után 1918. július 8-án a magyar tenger partján Akaliban lépett az élet színpadára. Keszthelyen és Fenépusztán eltöltött boldog gyermekévei után a veszprémi Kerkápoly felsőkereskedelmi iskolában érettségizett. Ezután a veszprémi Fehér Sándor és Fia textilgyárban könyvelő és levelező volt. Egy év múltán a veszprémi Foncier Biztosító Intézetben és annak esztergomi fiókjában fiókvezetői állást vállalt. Esztergomi tartózkodása alatt beiratkozott a budapesti Közgazdasági Egyetemre „mezei” hallgatónak, ami annyit jelentett, hogy nem kellett minden előadáson megjelennie, csak vizsgálni.

Időközben besorozott katonaként 1940-ben a szombathelyi III. gépkocsizó vonatostálynál kapott beosztást, ahol alezredes parancsnoka megtanította autót, harckocsit vezetni és a gépkocsik szerelésével is megismerkedett.

1941-ben zászlósi rendfokozatban mint századparancsnokot az orosz frontra vezényelték és egy évet töltött el a Don mellett, majd az 1943-as visszavonuláskor szerencsésen hazatért. 1944-ben Németországba vezényelték, ahol mindössze fél évre amerikai fogságba esett. Fogságából hazatérve, többek között teherfuvarozással is foglalkozott.

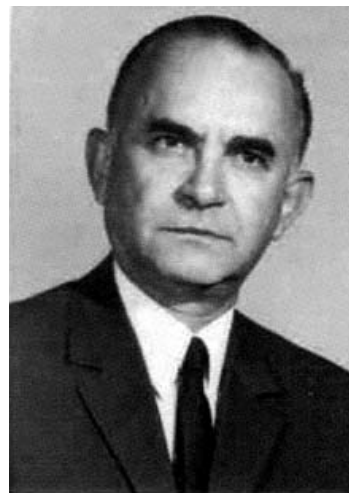
1949-ben élete nagy fordulópontja következett: a diszeli öntődei homokkutatás során megismerkedett *Mihály István* professzorral, akinek meghívására a szegedi Tudományegyetem földtani tanszékére került. Itt nem csak a geológiával, hanem *dr. DOBOS Irma* demonstrátorral is megismerkedett, akivel 1951-ben Dombóváron összeházasodtak, majd Budapestre költöztek.

A tanszéki munkája során kitűnt kiváló műszaki érzéke, több alkalmazott műszaki megoldásra adott és dolgozott ki javaslatot, s közülük többet újításként el is fogadtak. Ilyen volt például az „Újrendszerű automatizált iszapoló készülék” tervezése és alkotása. Az újítással egyetértő *dr. MIHÁLYT István* társszerzővel nyújtotta be javaslatát. Ugyancsak 1951-ben a síkvidéki térképezés során a fúrások idejét egyharmadára lehetett csökkenteni az általa bevezetett újszerű fúrófejjel, s erről a Délmagyarország c. napilap is beszámolt.

1951-től mint a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) munkatársa a geológus technikus tanfolyamot jeles eredménnyel végezte el, majd a Miskolci Műszaki Egyetemen 1959-ben kitüntetéses geológusmérnöki oklevelet szerzett.

Már 1952-ben megmutatkozott az alkalmazott és műszaki földtan iránti érdemes és kiváló adottsága és töretlen szakmai lelkesedése. A karbonátos mangánérc Eger melléki kimutatása és a Demjén 6-os számú fúrásban általa felfedezett — majd a 7 millió tonna kitermelt — kőolaj olyan kihívást és lendületet adott számára, amely életre szólóan meghatározta sorsa további eredményes alakulását. A környék földtani felépítéséből következtethetett olyan nagyobb kiterjedésű oligocén képződményekre, amelyek kőolajat tárolnak. A MÁFI Évi Jelentésében és a Földtani Közlönyben jelentek meg első tanulmányai és ezeket élete során még további számos publikáció követte.

Több földtani térképet készített a Tokaji-hegységről; míg a Bükk hegység területén Nekézsenyben és Létrástétón vasércet, Mályinkán dolomitot kutatott. Vasérckutatót a Mecsek hegységben Zengővárkonyban, rézkutatást a Keszthelyi-hegységben és 1974-ben Ciprus szigetén végzett.



1963-tól a MÁFI-ban a Távlati Földtani Kutatás kötetének szerkesztését alapozta meg és ennek kiváló szerkesztési módját a következő szerkesztők tovább vitték a következő években megjelent 29 kötetben.

1964-től a Nehézipari Minisztérium főmérnöki beosztásában a kutatófúrások felügyelője és az Országos Ásványvagyron Bizottság kinevezett tagja volt.

1966–1968 között a Központi Földtani Hivatal javaslatára feleségével együtt Kubában végez ásványi nyersanyag-kutatást, kutatási tervek bírálatát és részt vesz az éves készletmérleg elkészítésében. Ebben a munkában elengedhetetlenül szükséges volt a spanyol nyelvtudás. Felesége javaslatára kidolgozott terv szerint feldolgozta a Pinar del Río tartomány kutatási jelentéseit a Nemzeti Adattár számára úgy, hogy az gépi adatfeldolgozásra is alkalmas volt. Kubai tartózkodása során nem csak számos gyakorlati szakemberrel, hanem az ország földtani viszonyaival is megismerkedett.

Hazatérve a Geominco Földtani és Bányászati Rt. kertében osztályvezetői beosztásban négy földrész 60 országában végzett ásványi nyersanyagkutatást, bányatervezést, német, spanyol nyelvismerete révén számos konferencián, kiállításon vett részt, illetve delegációt vezetett.

Szakirodalmi tevékenysége itt csúcspontot ér. Csak a szakmai folyóiratokat kiemelve: a Földtani Közlöny, a Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat, a Műszaki Élet, a Földtani Kutatás, a World Mining, a Mining Magazine és a Mining Annual Review hasábjain jelentek meg tanulmányai.

30 éven át földtani és bányászati tudósítója, illetve külső munkatársa volt a Mining Annual Review című angol nyelvű nemzetközi kiadványnak. A nyomtatásban közzétett 159 magyar, német, angol, spanyol, francia és orosz nyelvű kutató és ismeretterjesztő munkája sokoldalúan reprezentálja szakmai munkásságát. E mellett különösen az 1960-as és az 1970-es években magyar és idegen nyelvű kiadványban, hírlapban mintegy 50 kisebb-nagyobb tudósítást, ismertetést közöl elsősorban a szakma és a munkahelye partnereinek tájékoztatására, nevének feltüntetésével, de sokszor a nélkül.

A kerekén 200 kéziratot jelentése közül a Magyar Geológiai Szolgálat Földtani és Geofizikai Adattárában elhelyezett 60 tanulmánya, illetve jelentése közül itt csak a külföldieket említve: Vietnam, Líbia, Nigéria, Jordánia, Jugoszlávia, Szíria, Ciprus, Törökország, Irán, Bolívia, Mozambik, Kolumbia, Kongó Algéria és India ásványi nyersanyagairól, gazdaságföldtanáról és bányászatáról szóló munkái figyelemre méltóak.

Nyomtatásban közzétett és kéziratban tanulmányaiból mind a hazai, mint a külföldi szakemberek nem csak Magyarországon, hanem a széles világ bányászati és földtani kutatásának, termelésének eredményeit is megismerhetik.

Külön figyelmet érdemel a Geominco tevékenységét reprezentáló igen sok, kiváló, színes nyomdatechnikával előállított, tartalmilag nemzetközi színvonalú, több nyelvű kiadvány az 1970-es évektől 1986-ig bezárólag.

MOLNÁR József 1955 óta a Magyarhoni Földtani Társulat tagja, az 1969–1972 között — érdeklődésének megfelelően — a Gazdaságföldtani Szakosztály titkára volt. Dr. DOBOS Irma társszerzővel megszerkesztette a Földtani Közlöny 1961–1975 évre vonatkozó, nagy munkát igénylő Regiszter kötetét. Hazai és külföldi munkájáról, tanulmányútjáról rendszeresen beszámolt legtöbbször a Társulat és rokon szakmai egyesületek előadói ülésein.

A Magyarhoni Földtani Társulat iránti vonzalmának és szeretetének kimagasló tette, hogy feleségével együtt lelkiükön viselték a Társulat sorsát, igen sok energiájukat, szabadidejüket áldozták azért, hogy szakmánk e nagy múltú tudományos társulata élet- és működőképes maradjon. Elkötelezettségüket nagylelkű jelentős anyagi támogatással is kifejezték. Ezt itt is köszönjük!

A visegrád–szentgyörgypusztai nyaralójukban a kerti munkák és a barkácsolások során sokoldalú tehetségét a háztartási gyakorlatban is bizonyította. Itt szerezte meg azt a lelki feltöltődést, amely csodálatosan biztosította számára mind a családi életben, mind a munkában történő figyelemre méltó hitet és helytállást. Kiváló rajzkészségét a szelvények, térképek szerkesztésénél bizonyította, de nem vetette meg a versfaragást sem, különösképpen barátok ünneplését kedvelte verseibe foglalni.

MOLNÁR József geológusmérnök tagtársunkról és barátunkról elmondhatjuk, hogy a többi kiváló hazai szakember mellett az Ő élete sem volt hiábavaló, mert tudása, szorgalma, meggyőződése és hivatástudata a Balatontól a Földközi-tengeren át az Atlanti-óceánig Őt is a „halhatatlanok” sorába emelte. Tevékenysége mintául és például szolgál az Őt követő nemzedékek számára.

Búcsúztatása, illetve hamvainak szétszórása 2008. április 7.-én volt a r. k. egyház szertartása szerint a Fiumei úti sírkertben. Ravatala mellett a Magyarhoni Földtani Társulat nevében dr. VITÁLIS György mondott utolsó Istenhozzádot, PAPP Péter pedig Weöres Sándor: „Rongyszőnyeg” című két versfűzérével és a 104. Zsoltár egy-egy részletével búcsúztatta. A hamvak szétszórását a *Bányászhimnusz* mélyre ható, megrázó zenéje kísérte.

VITÁLIS György

Molnár József nyomtatásban megjelent szakirodalmi munkássága

- DARNAY B., MOLNÁR J. 1954: A zalaszántói piritkutató. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, I. rész. 33–35.
- PANTÓ G., MOLNÁR J. 1954: Az Eger–demjéni mangánérc. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, I. rész., 307–323.
- 1964: A Tokaji hegység déli részének szerkezeti felépítése. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1961-ről*, I. rész., 493–503
- MOLNÁR J., MORVAI G. 1961: Eger környéki és néhány külföldi oligocén mangánérctelep összehasonlítása. — *Földtani Közlemények* **91/1**, 126–135.
- 1961: A zengővárkonyi vasérckutató. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **94/3**, 187–194.
- 1961: Tortonai és szarmata képződmények jellege és szerkezeti alakulása a Tokaji-hegység ÉK-i részén. — *Földtani Közlemények* **91/4**, 397–404.
- 1961: Krajcik, M: Ipari televízió a geológiában. (Könyvismertetés) — *Földtani Közlemények* **91/3**, 353–354.
- 1962: Televízió a mélyfúrásban. — *Műszaki Élet* **17/11**, p. 10.
- 1962: Földtani kormeghatározás paleomágneses mérésekkel. — *Műszaki Élet* **17/20**, p. 13.
- 1962: Magyar geológusok az Etna csúcsán. — *Ország-Világ* **6/49**, p. 9.
- 1963: Ósocéánok hőmérsékletének meghatározása Oxigén¹⁸-as izotóppal. — *Műszaki Élet* **18/18**, p. 13.
- 1963: Gépesített résmintavevő. — *Műszaki Élet* **18/18**, p. 8.
- 1963: A szovjet geológusok 20 éves távlati tervfeladatai. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **96/8**, p. 574.
- 1963: "Jora"-féle bányalift. — *Műszaki Élet* **18/9**, p. 10.
- 1963: Kalasnyikov, A. G.: Földmágneses tér története paleomágneses adatok alapján. (Könyvismertetés). — *Földtani Közlemények* **93/1**, p. 136.
- 1964: A nyugat-magyarországi lignitlepek kialakulásának szerkezeti összefüggései. — *Földtani Kutatás* **7/2–3**, 28–30.
- 1965: Távlati Földtani Kutatás 1963. Budapest, Magyar Állami Földtani Intézet, 1–263.
- 1965: Az 1964. évi távlati földtani kutatások eredményei és célkitűzések az 1965. évre. — *Földtani Kutatás* **8/1**, 6–12.
- 1965: A távlati földtani kutatás 10 éve. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **98/5**, 355–356.
- 1965: Fotógeológia. — *Műszaki Élet* **20/25**, p. 14.
- 1966: A földtani kutatás eszközeinek várható fejlődése. — *NIM Híradó* **5/7**, p. 6.
- 1966: Föld mélyének vallatása. — *Népszabadság* **24/269**, p. 10.
- 1966: Olajkutató a tenger alatt. — *Földtani Kutatás* **9/1**, 75–76.
- 1966: A várpalotai gázkitörés. — *Földtani Kutatás* **9/1**, 76–77.
- 1966: Rézkiválasztás baktériumokkal — *Műszaki Élet* **21/4**, p. 8.
- 1966: Új eredmények a romániai földtani kutatásban. — *Földtani Kutatás* **9/2**, p. 69.
- 1966: Az Országos Földtani Kutató és Fűrés Vállalat működésének egy éve — *NIM Híradó* **5/3**, 14–15.
- 1966: A kapitalista világ szén és ércbányászatának várható alakulása 1975-ig. — *Földtani Kutatás* **9/3**, p. 63.
- 1966: A szénkutató néhány időszéri kérdése a Német Demokratikus Köztársaságban. — *Földtani Kutatás* **9/3**, 63–64.
- 1968: A gejíretek. — *Élet és Tudomány* **23/24**, 1136–1140
- 1968: Hungary. *World Mining Yearbook*, June, p. 181.
- 1969: Hungary. *World Mining Yearbook*, June, 152–153.
- 1969: Kuba gazdasági erőforrásai. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **102/3**, 199–201.
- 1969: Geominco — új szellemi exportbázis. — *Figyelő* **13/30**, p. 7.
- 1969: GEOMINCO Földtani és Bányászati Rt. — *Budapesti Nemzetközi Vásár 1969. máj. 16–26*, **2**, 615, 618.
- 1969: Geological Prospecting and Drilling Enterprise. — Geominco Geological and Mining Engineering Corporation, 1–6.
- 1969: Unternehmen für Geologische Schürfung und Bohrung. - Geominco Geologische und Bergbau A.G., 1–6.
- 1970: Complex-exporter of geological and geophysical research and mining. — *Neueste Nachrichten – Daily News – Hungary at Izmir, Special fair editing of the Budapest*, p. 22.
- 1970: Komplex-Exporteur für Rohstoffschürfung und Bergbau. — *Neueste Nachrichten*, **4/26**, p. 2.
- 1970: GEOMINCO Geological and Mining Engineering Corporation. — *Neueste Nachrichten – Daily News* **4/37**, p. 6.
- 1970: GEOMINCO Hungarian Mining Specialists in Asia, Africa and Europe. — *Hungarian Exporteur* **20/3**, p. 3.
- 1970: Hungary. *World Mining Yearbook*, June, 168–170.
- 1970: Geologische und Bergbau A. G. — GEOMINCO Budapest, p. 20.
- 1971: Hungary. *World Mining Yearbook*, June, **24/7**, p. 160
- 1971: Létesítmények építése, üzembe helyezése és üzemeltetése a fejlődő országokban c MTESZ 5. Fejlődésben lévő országok műszaki-tudományos kérdéseivel foglalkozó Bizottság. — Budapest, 5, 171–181.
- 1971: GEOMINCO Információ (oroszul), GEOMINCO, Budapest, 4 p.
- 1972: GEOMINCO Geologische und Bergbau AG. — *Hungexpo Messe Kurir*, május 19–29, **3**, p. 36.
- 1972: Magyar földtani kutatók külföldi működése. — *Földtani Kutatás* **15/1–2**, 77–79.
- 1972: GEOMINCO Geological and Mining Corporation. — *Neueste Nachrichten – Daily News melléklete: Ungarn Panorama*, **6/117**, p. 41.
- 1972: Hungary. *World Mining Yearbook*, June **25/7**, 160–161.
- 1972: Hungary. *Mining Annual Review*, June, 434–435.
- 1972: GEOMINCO The Specialist Export House. — *World Mining* **25/ 6**, 210–211.
- 1973: GEOMINCO S. A. De Geología y Minería, Budapest. — GEOMINCO Budapest, 38 p.
- 1973: Société Anonyme Géologique et Minière, Budapest — GEOMINCO Budapest, 38 p.

- 1973: Geologische und Bergbau A.G. Budapest, — GEOMINCO Budapest, 38 p.
- 1973: Hungary. *World Mining Yearbook*, June, 175–177.
- 1973: GEOMINCO Geological and Mining Engineering Corporation in Prospecting for Mineral Basic Material. — *Hungarian Heavy Industries* **23/4**, 12–16.
- ÉRSEK E., MOLNÁR J. 1974: Design of Mining Projects. — *Hungarian Heavy Industries* **24/3**, 1–12.
- 1973: Adatok Magyarország 1972. évi bányászatáról. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **106/12**, 860–861.
- 1973: Hungary. — *Mining Annual Review* July, 440–441.
- 1974: Irán ásványi nyersanyagai. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **107/9**, 660–664.
- 1974: Jordánia ásványkincsei és bányászata. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **107/2**, 125–128.
- 1974: GEOMINCO Geologische und Bergbau A.G. Budapest. — *Daily News, Ungarn Panorama*, különszám, UP 15.
- 1974: GEOMINCO soluciona los problemas desde la exploracion hasta la construccion de minas. — *World Mining*, Edición Latinoamericana (különszám) **10**, p. 118.
- 1974: Hungary. — *World Mining Yearbook*, June, **27/7**, p. 163.
- 1974: Adatok Magyarország 1973. évi bányászatáról. Ásványi nyersanyagok. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **107/6**, 410–412.
- 1974: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 447–449.
- 1974: Ungarisches Bergwerk auf Cypern. — *Neueste Nachrichten – Daily News* **8/155**, p. 7.
- 1974: GEOMINCO Geologische und Bergbau A.G. Budapest. — *Neueste Nachrichten, Ungarn Panorama* **8**, UP 6.
- 1975: Hungary. — *World Mining Yearbook*, June, p. 161.
- 1975: Nigéria ásványi nyersanyagai és bányászata. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **108/3**, 192–196.
- 1975: GEOMINCO, Budapest. — GEOMINCO Budapest, 32 p.
- 1975: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 508–513.
- 1975: Adatok Magyarország 1974. évi bányászatáról. Ásványi nyersanyagok. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **108/7**, 484–487.
- 1976: A geotermikus energia felhasználása Franciaországban. — *Világgazdaság* **8/101**, p. 4.
- 1976: A vanádium és gallium piacának alakulása. — *Világgazdaság* **8/218**, p. 4.
- 1976: Jordánia ásványi nyersanyagai. — *Világgazdaság* **8/141**, p. 4.
- 1976: Albánia ásványi nyersanyagai. — *Világgazdaság* **8/174**, p. 4.
- 1976: A perlittermelés jövője. — *Világgazdaság* **8/209**, p. 4.
- 1976: Hungary. — *World Mining Yearbook*, June, **29/7**, p. 165.
- 1976: Adatok Magyarország 1975. évi bányászatáról. Ásványi nyersanyagok. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **109/7**, 496–498.
- 1976: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 497–499.
- 1977: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, **30/7**, 555–559.
- 1977: Hungary. — *World Mining Yearbook*, June, 200–202.
- 1977: Adatok Magyarország 1976. évi bányászatáról. Ásványi nyersanyagok. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **110/9**, 638–640.
- 1978: Hungary. — *World Mining Yearbook*, June, **31/7**, 227–229.
- 1978: Adatok Magyarország 1977. évi bányászatáról. Ásványi nyersanyagok. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat*, **111/7**, 495–497.
- 1978: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 585–587.
- 1979: Hungary. — *World Mining* **32/8**, 215–216.
- 1979: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 591–593.
- 1979: Adatok Magyarország 1978. évi bányászatáról. Ásványi nyersanyagok. — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **112/8**, 570–572.
- 1980: Hungary. — *World Mining Yearbook* **33/8**, p. 103.
- 1980: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 609–612.
- 1981: Hungary. — *World Mining Yearbook* **34/9**, p. 1164.
- 1981: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 597–600.
- DOBOS I., MOLNÁR J. 1981: *Földtani Közlöny. Regiszter kötet 1961–1975*. — Akadémiai Kiadó, Budapest, 125 p.
- 1982: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 507–510.
- 1982: Hungary. — *World Mining Yearbook* **35/8**, 172–174.
- 1983: Hungary. — *World Mining Yearbook* **36/8**, 175–176.
- 1983: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 467–469.
- 1983: Joint production of coal and bauxite from the same mine in Hungary. — *Mining Magazine, Panorama* **7**, 5–6.
- 1984: Hegyi Istvánné Pakó Júlia, Podányi Tibor, dr. Vitális György: A dolomit bányászata és felhasználása. — Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984. (Könyvismertetés). — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **117/9**, p. 645
- 1984: Control of water in Hungarian bauxite mines. — *Mining Magazine, Panorama*, September, 169–171.
- 1984: Coal from mine waste with Hungarian process. — *Mining Magazine, Panorama*, January, 9–10.
- 1984: Industrial minerals production in Hungary. — *Mining Magazine*, March, 193–194.
- 1984: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 485–486.
- 1984: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 136–137.

- 1985: Utilization of oil shales in Hungary. — *Mining Magazine, Panorama*, June, 460–461.
- 1985: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 144–146.
- 1985: 50 years of the Hungarian aluminium industry. — *International Mining Yearbook*, February, 113–115.
- 1985: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 524–525.
- 1985: Dr. Vitális György: Szilikátipari nyersanyagok. Szilikátipar-Építőanyagipar 3. — Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, (Könyvismertetés), — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **118/7**, p. 467.
- 1986: 30 years of Hungarian uranium mining. — *Mining Magazine* **7** (April), 285–287.
- 1986: GEOMINCO Geological and Mining Engineering Corporation, Budapest, Hungary. — *GEOMINCO Hungary*, 46 p.
- 1986: Hungary's mining industry. — *Mining Magazine* **7**, 16–44.
- 1986: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 468–470.
- 1986: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 122–124.
- 1987: Utilization of gallium in micro-electronics. — *Mining Magazin, Panorama*, July, 9–10.
- 1987: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 139–140.
- 1987: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 472–475.
- 1988: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 126–128.
- 1988: Zentay T., Vitális Gy.: Magyarország talajjavító nyersanyagai. — Módszertani Közlemények. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 1988 (Könyvismertetés). — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **121/7**, p. 476.
- 1988: Dr. Vitális György: A 70 éves Magyar Hidrológiai Társaság múltja és jelene, 1917–1987. — Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest. (Könyvismertetés). — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **121/4**, p. 267.
- 1988: Zentay T., Vitális Gy.: Magyarország talajjavító nyersanyagai. — Módszertani Közlemények. Magyar Állami Földtani Intézet. 1987. (Könyvismertetés). — *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat* **121/7**, p. 476.
- 1988: Rapid restoration after lignite mining in Hungary. — *Mining Magazine* **167/6**, 449–450.
- 1988: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 448–451.
- 1988: Az Északi-Középhegység ércei. Az É-középhegység természeti adottságai és erőforrásai. Földrajztudományi Kutató Intézet tervezett kiadványa. — Kézirat.
- 1989: Exploration work at Recsk. — *Mining Magazine* **5**, 345–347.
- 1989: Perlite Mining in Hungary. — *Mining Magazine* **12**, 498–501.
- 1989: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 170–171.
- 1989: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 126–127.
- 1990: Hungary. — *International Mining Yearbook*, August, 109–110.
- 1990: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 171–172.
- 1991: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 153–154.
- 1992: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 154–155.
- 1993: Hungary. — *Mining Annual Review*, June, 217–218.
- 1994: Hungary. — *Mining Annual Review*, July, 184–185.
- 1995: Hungary. — *Mining Annual Review*, July, 193.
- 1996: Hungary. — *Mining Annual Review*, July, 189–190.
- 1997: Hungary. — *Mining Annual Review*, July, 187.
- 1998: Hungary. — *Mining Annual Review*, July, 234–235.
- 1998: Hungary. — *Mining Journal* **330/8485**, 28–29.
- 1998: Hydrocarbon drilling in Hungary. — *Geo-Drilling* **6/9**, 14–19.
- 1999: Hungary. — *Mining Journal*, p. 47.
- 1999: Hungary. — *Mining Annual Review*, July, p. 47.
- 2000: Hungary. — *Mining Annual Review*, 1–3.
- 2001: Hungary. — *Mining Annual Review*, 1–4. és Author Biographies
- 2002: A zengővárkonyi vasérckutató. — In: *Érckutatók Magyarországon a 20. században*. [Szakáll S., Morvai G.: Miskolc-Rudabánya, Miskolci Egyetem et al.], 83–94.
- 2002: Az Eger és a Demjén környéki mangánkutató. — In: *Érckutatók Magyarországon a 20. században*. [Szakáll S., Morvai G., Miskolc-Rudabánya, Miskolci Egyetem et al.], 199–215.
- 2002: Hungary. — *Mining Annual Review*, 1–4. és Author Biographies.
- 2003: Hungary. — *Mining Annual Review*, 1–5. és Author Biographies.

Dr. URBANCSEK János (1919–2006)

Mély megrendüléssel és nagy fájdalommal jöttek a családtagok, a kollégák, a barátok, a tisztelők a Fiumei úti sírkert ravatalozójába, hogy a 2006. szeptember 24-én hosszantartó súlyos betegség után elhunyt korunk egyik kiváló pedagógusát és hidrogeológusát utolsó útjára kísérjék. Életútja során mindig meg kellett küzdenie a kitűzött cél eléréseért, és ehhez nagyon sok időt és energiát áldozott fel, ami ki is tűnik az eseményekben gazdag életútjából.

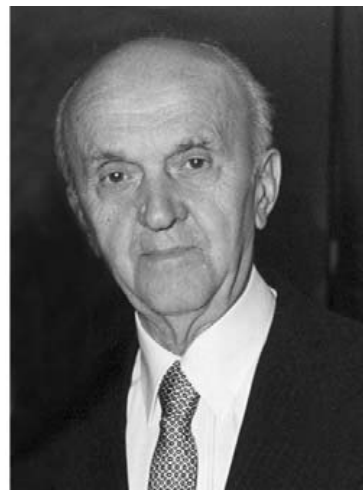
A Mezőgyán községhez tartozó Nagygyantépusztán 1919. október 23-án született szerény, egyszerű családban, s e földhöz családi hagyományként élete végéig szigorúan ragaszkodott. Minden vágya az volt, hogy egy darabkát abból magáénak tudjon. Röviddel halála előtt sikerült is egy kis parcellát a geszti területen megszereznie, de már kevés öröme volt benne súlyos betegsége miatt.

Iskolai tanulmányait szülőföldjén osztatlan népiskolában kezdte, majd a sarkadi Állami Polgári Iskolában folytatta. 1938-ban Nyíregyházán megszerezte a tanítói oklevelet. Ezután a Sarkadkeresztúrhoz tartozó Varsányhely uradalom osztatlan népiskolájában egy évig tanított. Bizonyára már ekkor érezte, hogy ő többre hivatott, ezért tovább tanult és diplomát szerzett a szegedi Polgári Iskolai Tanárképző Főiskolán természetrajz, földrajz és földtan szakon, majd egy másik tanári oklevelet a Szegedi Tudományegyetem Tanárképző Apponyi Kollégiumában. A második világháború után 1947-ben lehetősége nyílt a doktori diploma megszerzésére a kiváló *HORUSITZKY Ferenc* professzornál földrajz, ásványtan és földtan tárgyából. Disszertációjának témájául az 1944 nyarán térképezett szilágysági Meszes-hegység északi előterének földtani felépítését választotta.

Már tanulmányai alatt intenzíven bekapcsolódott a földtan terepi művelésébe a nagyra becsült *Ferenczi István* professzor mellett. Díjas gyakornokként 1942 és 1944 között a professzorral Erdélyben és a Kárpátalján a Visó-völgyi völgyzárógát földtani előmunkálatainál, majd az Egregy-völgyi szénbánya geológiai térképezésén dolgozott. 1945–1946 között még az egyetem alkalmazásában volt, majd 1947-től 1951-ig a Szarvasi Evangélikus Tanítónőképző Intézetben tanított, ahonnan igen sok olyan tanítványa került ki, aki a geológus pályán kiemelkedő eredményt ért el, mint dr. Laczó Ilona a szénközvetlen területén. Ugyancsak tanítványai közül választott feleséget, Kovács Ilonát, aki agrármérnök és tanár is egy személyben. A boldog, kiegyensúlyozott házasságban született két fiúgyermek az orvosi pályát választotta, s ott kiemelkedő teljesítményt nyújtott.

Ezután a Közoktatási Minisztérium átadta a Magyar Állami Földtani Intézetnek a Bánya- és Energiaügyi Minisztérium kérésére 1951. augusztus 27-én, ahol két éves munkája alatt részt vett a síkvidéki földtani térképezésben. Erről 3 dolgozata a Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentésében jelent meg. Rendkívül alapos, minden jelenségre kiterjedő figyelem jellemzi ezt a munkáját. Fontosnak találta, hogy a földtani felépítést követően Berettyóújfalu környékének vízrajzával és a vízföldtani viszonyokkal, elsősorban a talajvízzel is foglalkozzon. Bár ekkor még nagyon kevés megbízható földtani adat állt rendelkezésére, jól látta, hogy az alsó-pleisztocén rétegeket itt az Alföldön egy viszonylag durvább homokos üledék képviseli. Ezt a megállapítását azután évek múlva a sok és nagyobb mélységű fúrás igazolta.

Amikor 1954-ben a földtani főhatóság, az Országos Földtani Főigazgatóság (OFF) az ipari geológus szolgálatot létrehozta, akkor ő is azok közé tartozott, akik vidékre kerültek ásványi nyersanyagkutató, illetve vízkutató és -feltáró vállalathoz. Ő a Ceglédi Mélyfúró Vállalat hódmezővásárhelyi üzemének geológusa lett, majd 1956-tól a vállalat ceglédi munkahelyén főgeológusi beosztást kapott. Ekkor az OFF a 189/1956. évi rendeletében úgy intézkedett, hogy az egyedi kutakra vonatkozó vízföldtani szakvéleményt az üzem, illetve vállalati geológusok adják ki. Ellenőrizték, irányították munkahelyük vízfeltárását, továbbá összeállították a kutakról a dokumentációt, amit korábban leginkább fúró mesterek és adminisztrátorok állítottak össze. Ezzel az új rendelkezéssel a Magyar Állami Földtani Intézet korábbi feladatának egy részét is (szakvéleményezés, fúrási mintaanyag feldolgozás) átruházta az ipari geológusokra.



Amikor 1958-ban a ceglédi, a kabai, a kaposvári, a pápai üzemegységekből megalakult az Országos Vízkutató és Fúró Vállalat budapesti székhellyel és beolvastotta a korábbi Tokodi Mélyfúró Vállalat budapesti üzemét is, akkor *URBANCSEK János* mint a központi Vízföldtani Osztály, később a szolgálat vezetője, ismételten főgeológusi beosztásban dolgozott tovább. Az osztálynak ekkor a szakvéleményezés volt elsősorban a feladata, ezt a munkát az üzemektől átvették, s azok saját üzemük munkáját ellenőrizték, gondoskodtak a műszaki és a vízföldtani alapadatok dokumentálásáról. A vállalat ezután a pápaiból a győrszemerei, a budapestiből a lajosmizsei üzemegységet alakította ki. Az 1958-ban megszervezett Vízföldtani Osztály az új vállalaton belül kezdetben az üzemek ellenőrzésén és irányításán kívül két fő feladatot látott el, és pedig az ország vízellátásának alapjául szolgáló szakvélemények kiadását és az akkor elindított országos artézi kútataszterezés végrehajtását. A főgeológus irányítása alatt alakult meg a geofizikai, a geodéziai és a korrózióvédelmi csoport.

Az artézi kutak számbavételéhez a főgeológus javaslatát az Országos Vízügyi Főigazgatóság elfogadta és megbízta az osztályt az *országos artézi kútataszter* elkészítésével. Az 1958-ban elkezdődött munka 1961 végére be is fejeződött és a 34 302 kút adata részben táblázatos, részben térképi ábrázolásban segítette a szakvéleményező és a további értékelő munkát. Az 1963-ban „Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere” c. két kötetben megjelent kiadvány ennek az egyedülálló kiváló munkának az eredménye. Ez azonban csak a teljes értékű kútdatokat tartalmazta, majd később, a X. kötetben megjelentek az elmaradt kútdatok. A térképezéshez egy 70 rovatos űrlapot szerkesztett *URBANCSEK János*, de az első két kötet csak 18 rovatot tartalmazott, míg az utána következők már mind a 70 rovattal jelentek meg. A két kötetet azután még 8 követte. A VII. kötetet külön érdemes megemlíteni, mert összefoglalja a Pannon-medence teljes vízföldtani feldolgozását, amit az országban mélyült artézi kutak adatai a tudomány és a gyakorlati munka számára adtak. Ezt a rendkívül nagy munkát még az 1990-es évekig lehetett folytatni, utána azonban amikor az 1960-ban kiadott 34. sz. OVF rendelet hatályát veszítette, az országos felügyelet megszűnt, így ellenőrizhetetlenné váltak az artézi kutak fúrásai és adatai.

Mindemellett nagy lendületet adott a Vízföldtani Osztály munkájának a 34/1960. évi vízügyi főigazgatói utasítás, amely létrehozta a hatósági szinten dolgozó — országos hatáskörrel megbízott — Vízföldtani Szolgálatot és többek között szabályozta feladatát és hatáskörét. Miután 1956 után több vállalat is foglalkozott kútfúrással ezek ellenőrzéséhez és a kutak dokumentálásához a főigazgatói utasítás biztosította a feltételeket.

1965-ben a szolgálat vezetője négy osztály (vízföldtani, anyagfeldolgozó és dokumentáló, geofizikai, geodéziai) és egy csoport (korróziós) munkáját irányította. Ez is a 10 év munkájának eredménye, mert több mint 100 év után elérték, hogy geológusok irányították, ellenőrizték a vízfeltárásokat, rögzítették a kútdatokat a további kutatás elősegítése érdekében. Bár a lehetőségek adottak voltak, mégis a felszín alatti víz feltárásával nyert földtani, vízföldtani és műszaki adatok megmentése és további megőrzése, és közkinccsé tétele *Urbancsek János* kitűnő szakmai felkészültségének és szervező képességének köszönhető. A következő két évtized igazi alkotó munkával telt, s ezzel *Urbancsek János* beírta nevét a magyar hidrogeológusok kiemelkedő tagjai közé

Megjelennek az első tudományos feldolgozások, értékelések, amelyek igen hasznosak voltak, mert rámutattak nem csak a fennálló problémákra, hanem azok megoldására is. Az első ilyen jellegű cikk a Hidrológiai Közlönyben, 1959-ben jelent meg. Ez a munka figyelembe vette a korábban a Magyar Állami Földtani Intézetben kialakított vízföldtani tájegységeket és így 11 egységet nagyon részletesen kimunkált az artézi kutakkal feltárt és feltárható rétegvizek vasasságára és keménységére. Tapasztalatból tudta *URBANCSEK János*, hogy a megnövekedett országos vízigény nem csak mennyiségi, hanem minőségi követelményeket is támasztott a szakvéleményezővel szemben, ezért is leelőször erre a két fontos kérdésre adta meg a választ az ország akkori feltárásának ismeretében. Úgy látta, hogy a rétegvizek túlnyomó többségének vastartalma inkább korróziós eredetű, kevésbé a rétegből származik. A nagyobb mélységű vizek keménysége kisebb, így kis keménységű víz feltárását nem a felszín közeli rétegek megcsapolásával lehet megoldani..

A következő évben (1960) útmutatást adott a az alföldi terület feltárásra legalkalmasabbnak tekinthető rétegeire. A rendelkezésre álló artézi kutak fajlagos vízhozam-adataiból felvázolta az ősi folyók lehetséges nyomvonalát, és mindezt a vízadó rétegek durvaszemű üledékeivel támasztotta alá. Az ősi folyómedrek kutatása tehát mindenképpen alapját kell, hogy képezze a vízellátás helyes megoldásának.

A földtani felépítés és a *rétegvíznyomás* közötti összefüggéssel kapcsolatos gondolatai vitaindítóak voltak, és már akkor sokan hozzáfűzték véleményüket. Tanulmányában közölte a rétegvíz utánpótlódásával kapcsolatos óvétől eltérő nézeteket is, amelyből kiderült, hogy nem egységesek az álláspontok. Felvázolta a lefelé növekvő (az Alföld legnagyobb részén) és a lefelé csökkenő (a Duna–Tisza köze legnagyobb részén, a Nyírségi, részben a hajdúsági terület egy részén) rétegvíznyomás területeit. A térképi ábrázolás és a feldolgozott anyag azt mutatja be, hogy hol milyen mélységben lehet pozitív vagy negatív jellegű kutat létesíteni. A földtani felépítés ismertetésénél hangsúlyozta, hogy a negyedidőszaki képződmények mind folyóvízi eredetűek, és éppen ezért a kiemelkedés, a lencsés szerkezet a leggyakoribb. Folyamatos rétegek kialakulására alig volt lehetőség. Az utánpótlódás kérdésében egyetértett *Rónai Andrással*, aki szerint a hegységperemeken lehullott csapadék a mélyebb rétegekbe kerül, alulról felfelé áramlik és táplálja még a talajvizet is. Úgy gondolta, hogy a rétegvíz nyomásviszonyait a kőzetnyomás nem befolyásolja.

A pliocén és a pleisztocén üledékek kőzettani és rétegtani tagolásánál a kialakult korszerű fúrástechnika földtani vizsgálatra alig alkalmas anyagát *geofizikai* módszerrel, karotázs alkalmazásával lehetett értékelni. Az elért eredményről

igen sok ábrát és szelvényt mutatott be a szerző, amely igazolta a módszer alkalmasságát. A szelvényezés szükséges kiegészítője az oldalal-mintavétel, amely a földtani értékelést is elősegíti.

Amikor 1962-ben a Magyar Hidrológiai Társaság Debrecenben a város vízellátásának kérdéseiről kerekasztal-konferenciát rendezett, akkor *URBANCSEK János* előadásban vázolta fel Debrecen vízellátásának vízföldtani lehetőségeit. Már ekkor felvetette a mélységi vízszelvény mellett az esetleges felszíni vízkivételt. Ezt a megoldást akkor költségesebbnek minősítették, de bebizonyosodott, hogy a javaslat nagyon is megalapozott volt. Ma Debrecen a Keleti-főcsatornán keresztül is kap vízellátásához megfelelő mennyiségű vizet. Emellett még részletesen megvizsgálta az akkor működő I., II., és IV. sz. vízművön kívül az utóbbi bővítésének és egy újabb déli vízmű létesítésének lehetőségét.

Az 1962-ben megjelent Szolnok megye vízföldtana és vízellátása c. monográfia az ország egyik olyan területét vette vizsgálat alá, amelynek vízellátása sok nehézséggel járt annak ellenére, hogy mintegy 1780 artézi kút létesült addig a megyében. A lakosság legnagyobb része nem volt kellőképpen ellátva jó minőségű ivóvízzel. Szükséges volt olyan részletes, mindenre kiterjedő földtani és vízföldtani elemzés, amely a vízellátás hiányzó láncszemeire is választ tudott adni. Ezt ebben a nagyon részletes, mindent vizsgáló és értékelő munkában meg is lehetett találni.

Amikor az ország artézi kút térképezése befejeződött, akkor már az igen sok vízföldtani és műszaki adat alapján meg lehetett rajzolni az Alföld negyedidőszaki földtani képződményeinek mélyszerkezetét (1965). A tanulmány főként karotázis-szelvények alapján elkülöníti a negyedidőszaki, a levantei és a felső-pannóniai képződményeket. A fekvésterkép megszerkesztését megkönnyítette a pleisztocén alsó tagozatában a durvaszemcsésű üledék kimutatása. A középső-pleisztocén jóformán teljesen azonos, inkább iszapos, agyagos kifejlődésű, a felső-pleisztocén üledéksorban homokrétegek is előfordulnak, csak nem éppen kedvező minőségű vizet szolgáltatnak. Javasolja a pliocénnél idősebb képződmények, így az alaphegység és az arra települt medenceüledékek szerkezetének vizsgálatát, mivel a negyedidőszaki elmozdulások ezeket követték. Munkája alapján 3 nagy szerkezeti árkot különített el, ezen kívül a pleisztocénben kisebb szerkezeti egységekre is tagolta a medencét. Ezek olyan diszlokációs övek mentén alakultak ki, amelyek már a korábbi földtörténeti időkben is szerkezeti határok voltak. A vízföldtani tájegységek elkülönítése mélyszerkezeti és közettani alapon lehetséges, ennek alapján meg lehet határozni a tárolt víz mennyiségét és jellegét. Ehhez a munkához szorosan kapcsolódott az ország rétegvíz-tárolóinak bemutatása, s mind a nagy, mind a kis víztárolók jellegét számos példával bizonyította.

1966-ban jelent meg Szeged város vízföldtana és mélységi vízkészlete c. munkája. Akkor már rendkívül sok artézi kút tárta fel a kvarter és fiatal kainozoos képződményeket, s ebből egy kitűnő elemzést és összefoglalást tudott adni a szerző. Számítása szerint Szegeden a kitermelhető vízkészlet 1 km² területre számítva 122,4 Mm³.

A Földrajzi Értesítőben egymás utáni évben két nagy lélegzetű összefoglaló és értékelő munka jelent meg az Alföld két különböző területéről. 1963-ban Jánoshalma környékének földtana és felszínalaktana c. nagy terjedelmű munkát olvashatjuk. A változatos földtani és vízföldtani tájegységek elkülönítése indokolta, hogy a rétegvizek különböző nyomásviszonyait részleteiben is be lehessen mutatni. Ennek jelentőségét és a mélyből a felfelé áramlást a legújabb kutatások is bizonyítják (Mádlné Szőnyi Judit 2006). Szerinte a tájegységek közötti határt minden esetben szerkezeti vonalak határozzák meg. Az 1965-ben megjelent cikk a Nyírség, a Bodroghöz és a Rétköz, valamint a Bereg–Szatmáriság vízföldtani viszonyait taglalja a paleozoos képződményektől a legfiatalabbig. Ekkor már meglehetősen sok földtani és vízföldtani adattal rendelkezünk, hiszen az országos artézi kútkataszterezés befejeződött, s az újabb adatok is folyamatosan feldolgozhatók voltak. A szerző megindokolta, hogy miért is vizsgálja együttesen ezeket az egymástól valóban eltérő földtani–vízföldtani tájegységeket. Úgy látta, hogy a legfiatalabb felszínközeli üledékek indokolják a tájegységek különválasztását. Az uralkodóan folyóvízi üledékekkel fedett egységek közül egyedül a Nyírség különül el a futóhomokkal fedett felszíni képződményeivel. E nagy kiterjedésű területről földtani és vízföldtani tekintetben mindent megtudhatunk, amit a tanulmány közöl. Az áttekintést igen jól mutatja a 9 térkép. Ezek közül a legfontosabb a negyedidőszaki képződmények vastagságát, a pleisztocén rétegekből kitermelt víz vasasságát és keménységét, pleisztocén üledékek víztároló képességét, a durva szemcsésű üledékek eloszlását, a feltételezett szerkezeti vonalakat, a negyedidőszaki üledékek mélyszerkezetét bemutató lap. Nagy jelentőséget tulajdonított a fajlagos vízhozam szerepének, s nagy értéke miatt az öntözéses mezőgazdaságra és a kertgazdálkodásra igen alkalmasnak tekintette ezt a területet.

Az 1960-as évektől azután mind erőteljesebben előtérbe került a hévizek, mint energiahordozók feltárási és hasznosítási lehetősége, különösen az alföldi területen. Ezt vizsgálta *URBANCSEK János* vízföldtani tájegységekre felbontva a medence területén, de akkor még csak a kis entalpiájú hévizet ismertük és csak jóval később igen nagy mélységben tárta fel az egyik szénhidrogén-kutató fúrás Fábiansberstyénben és Nagyszénáson a vízgőztároló képződményt, amely már jelentős energiaforrást képvisel.

Már a vízföldtani szolgálat megszervezésekor többször kihangsúlyozta, hogy nagyon lényegesnek tartja az artézi kutak kivitelezésénél a műszaki megoldások ismeretét, ezért is sokat foglalkozott a jobb megoldások bevezetésével, különösképpen a nagyobb vízmennyiség elérése érdekében. Ugyancsak az 1960-as években külföldi példa alapján felvetette a pálcavázis szűrő bevezetését, mert néhány példával bizonyítani tudta az eljárás kedvező hatását. A Vikuv Zrt. legutóbbi szórólapján olvashattuk, hogy még ma is létesítenek pálcavázis szűrővel kiképzett kutakat, ez mindenképpen azt bizonyítja, hogy ez a megoldás beváltotta a hozzáfűzött reményeket.

Szoros szakmai és baráti kapcsolat fűzte *Rónai András*hoz, a Magyar Állami Földtani Intézet Síkvidéki Osztályának vezetőjéhez, és mint szerkesztőbizottsági tag „Az Alföld földtani Atlasza” sorozat több területének feldolgozásában, mint térképszerkesztő és szerkesztőbizottsági tag is részt vett. Így 1978-ban a hódmezővásárhelyi lap összeállításában szerkesztőbizottsági tagként dolgozott. 1968-tól azután átszervezés következtében az Országos Vízügyi Hivatal (OVH) Vízkészletgazdálkodási Központhoz került a Vízföldtani Osztály, illetve a Vízföldtani Szolgálat Vízföldtani Felügyeletének vezetésére. Innen főgeológusként 1980-ban ment nyugdíjba. Nyugdíjazását megelőzően 5 évig a Miskolci Műszaki Egyetemen a vízföldtan tárgyat oktatta. A tudományos egyesületekhez erősen kötődött és évtizedeken keresztül ápolta a Magyarhoni Földtani Társulattal, a Magyar Hidrológiai Társasággal, nem különben a Magyar Földrajzi Társasággal a szakmai és a baráti kapcsolatot. Térképező és kutató munkája során 44 önálló publikációja és ezen belül „Az Alföld Földtani Atlaszában” 13 térképe jelent meg. Részben társszerzőkkel írt 16 kéziratos jelentése található a Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattárban.

Hosszú, szép és tartalmas földtani és vízföldtani munkássága során számos kitüntetést kapott. A Földtani Kutatás Kiváló Dolgozója 2, a Vízkészletgazdálkodás Kiváló Dolgozója 3 alkalommal, a Munka Érdemrend bronz fokozatát 1956-ban, a Bogdánfy emlékérmét 1963-ban, a Munka Érdemrend ezüst fokozatát 1979-ben, a Vásárhelyi Pál-díjat 1983-ban, a Pro Geologia Applicatát 1986-ban érdemelte ki. Pedagógusi végzettsége alapján gyémántdiplomát kapott. Utoljára a Felszín alatti Vizekért Alapítványtól 2004-ben az „Ezüstphár” díjat vehette át Balatonfüreden.

Búcsúztatása a sírkert ravatalozójában 2006. október 14-én déli 12 órakor volt az evangélikus egyház szertartása szerint. 11,30-tól Bach orgonaműveit lehetett hallani, majd 12 órakor *SZABÓ Gyula* színművész, a nemzet színésze *Arany János*: Epilógus c. versét adta elő. A szertartás előtt *dr. DOBOS Irma* búcsúbeszédében a hidrogeológus alkotó munkájáról adott számot. Ezután következett *MÁTRAI Mariann* lelkész nő búcsúztatása, imája és a szertartás befejezéséeként a négytagú chorál énekkar a nagy evangélikus költő *Weöres Sándor* Boleró c. megzenésített versét adta elő. A sírnál ismét az énekkar evangélikus choralokat énekelt, s befejezésül *dr. LACZÓ Ilona*, a volt tanítvány *URBANCSÉK János*, a pedagógus kiemelkedő érdemeit méltatta.

Dr. DOBOS Irma

Nyomtatásban megjelent szakirodalmi munkássága

1. — 1955: A Hortobágy földtani képződményei. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, **II**, 465–468.
2. — 1955: A Nyírség délkeleti része. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, **II**, rész. 471–478.
3. — 1955: Berettyójfalu környékének földtani leírása. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról*, **II**, rész. 455–462.
4. — 1959: Az alföldi artézi vizek vasassága és keménysége. — *Hidrológiai Közlöny* **39/5**, 365–374.
5. — 1960: Az alföldi artézi kutak fajlagos vízhozama és abból levonható vízföldtani és ősföldrajzi következtetések. — *Hidrológiai Közlöny* **40/5**, 398–403.
6. — 1961: Az Alföld talajvíztérképe. — In: RÓNAI A. URBANCSÉK J. et al.: Magyarázó a talajvíztükör felszín alatti mélységének 1:200 000 ma. térképéhez. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
7. — 1961: Szolnok megye vízföldtana és vízellátása. — Szolnok Megyei Tanács, Szolnok. 213 p.
8. — 1962: Debrecen város vízellátásának vízföldtani lehetőségei. — *Hidrológiai Tájékoztató* **1962**. augusztus, 20–23.
9. — 1963: A földtani felépítés és a rétegnyomás közötti összefüggés az Alföldön. — *Hidrológiai Közlöny* **43/3**, 205–218.
10. — 1963: Jánoshalma környékének földtana és felszínalakítása. — *Földrajzi Értesítő* **12/1**, 1–34.
11. — 1963: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, I.* — Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 366 p.
12. — 1963: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, II.* — Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 700 p.
13. — 1963: Pliocén és pleisztocén üledékek földtani szintezésének újabb lehetőségei a vízföldtani kutatásban. — *Hidrológiai Közlöny* **43/5**, 392–400.
14. — 1965: Tízéves az OVIFUV vízföldtani szolgálata. — *Hidrológiai Tájékoztató* június, 10–12.
15. — 1965: Tíz éves a vízföldtani szolgálat. — *Hidrológiai Közlöny* **45/2**, 69–70.
16. — 1965: A Nyírség, a Bodroghöz és a Rétköz, valamint a Bereg–Szatmári síkság vízföldtani kutatásban. — *Földrajzi Értesítő* **14/4**, 421–443.
17. — 1965: Az Alföld negyedkori földtani képződményeinek mélyszerkezete. — *Hidrológiai Közlöny* **45/3**, 111–124.
18. — 1966: A pálcaváz- és szitaszövetes szűrő alkalmazásának gazdaságossági jelentősége a hazai rétegvízfeltárásban. — *Hidrológiai Közlöny* **46/9**, 421–426.
19. — 1966: A Nagykunság, Jászság és Tiszazug, valamint a környező területek vízföldtani — adottságai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1964-ről*, 560–578.
20. — 1966: Szeged város vízföldtana és mélységi vízkészlete. — *Hidrológiai Tájékoztató* június, 121–126.
21. — 1966: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, III.* — Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 368 p.
22. — 1967: Geotermikus energiatermelés lehetősége az Alföldön. — *Hidrológiai Tájékoztató* május., 77–79.
23. — 1969: Levantei üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1:200 000 ma. Csongrád, 1974. 14. lap., Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.

24. — 1971: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1: 200 000 ma. Heves. 1975. 12. lap, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
25. — 1972: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1:200 000 ma. Tiszafüred, 1975. 23. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
26. — 1972: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, IV.* — Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest, 309 p.
27. — 1973: Magyarország rétegvízjáról. — *Hidrológiai Közlemény* 53/4, 180–186.
28. — 1973: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, V.* — Vízkészletgazdálkodási Központ, Budapest, 612 p.
29. — 1974: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1:200 000 ma. Hajdúnánás, 1987.. 9. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
30. — 1975: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1:200 000 ma. Hajdúszoboszló, 1983.. 13. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
31. — 1975: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, VI.* — Vízkészletgazdálkodási Központ, Budapest, 536 p.
32. — 1975: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1:200 000 ma. Gyoma, 1980. 13. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
33. — 1976: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza 1:200 000 ma. Karcag, 1979. 14. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
34. — 1976: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza 1:200 000 ma. Püspökladány, 1980. 12. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
35. — 1977: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, VII.* — Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 546 p.
36. — 1978: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A. : Az Alföld földtani atlasza 1:200 000 ma. Kecskemét, 1981. 11. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
37. — 1978: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: Rónai A.: Az Alföld földtani atlasza 1:200 000 ma. Dunaújváros-Izsák, 1989. 11. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
38. — 1978: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, VIII.* — Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 548 p.
39. — 1979: Negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza 1:200 000 ma. Dabas, 1986. 11. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
40. — 1979: A negyedkori üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza. 1:200 000 ma. Békéscsaba, 1981. 16. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
41. — 1979: Negyedkori üledékek vastagsága méterben és levantei üledékek vastagsága. — In: RÓNAI A.: Az Alföld földtani atlasza 1: 200 000 ma. Kiskunhalas, 1991. 11. lap. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
42. — 1980: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, IX.* — Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 800 p.
43. — 1981: *Magyarország mélyfúrású kútjainak katasztere, X. az 1978-tól 1980-ig létesített kutakról.* — Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 798 p.
44. — 1986: Dr. Ferenczi István emlékezete. — *Földtani Közlemény* **116/1**, 75–78.

Összeállította: PALOTÁS Klára

Események

A MFT titkársága a Fő utcából a Bp. Csalogány utca 12. I. emeletre költözött. Az iroda bizottsági ülések, sőt kisebb előadölések megtartására, ill. klubszerű használatra alkalmas, kisebb átalkítással. A könyvtárat, irattárat megfelelő módon lehet helyezni.

A MFT megszüntette a Magyarhoni Földtani Társulat Ifjúsági Alapítványát és döntött az Ifjúsági Bizottság megalakításáról. A Választmány az elnökséggel egyetértésben az Ifjúsági Bizottság ügyrendjének kidolgozására felkérte az Ifjúsági Alapítvány elnökét Raucsik Bélát.

2008. nov. 8-án felavatták Pávai Vajna Ferenc (1886–1964) emlékhelyét Lillafüreden, amit a „Diósgyőrért” Diósgyőri Vár Térségének Fejlesztéséért Közhasznú Alapítvány és a Vasasztal Társaság, Miskolc város gazdálkodó szervezeteinek támogatásával állíttatt a lillafüredi Palotaszállótól 500 m-re D-re az István-cseppkőbarlanggal szemben. Pávai Vajna Ferenc geológus, a magyar kőolaj- és földgáz kutatás egyik úttörője. Több jelentős gyógy- és hévíz feltárója, a Miskolctapolcai barlangfürdő megálmodója, aki Lillafüredből klimatikus üdülőhelyet szeretett volna varázsolni. Ezért e helyen 1926. május 5. és 1930. március 8. között Mazalán Pál bányamérnök irányításával kutatófúrást végzett, amely 735,5 méter mélységben a Palotaszálló átadása miatt félbe maradt. Az emlékhelyet a kutatófúrás közelében állíttatták fel.

A ciklus lejártával a Magyar Tudományos Akadémia földtani köztestületi tagsága 2008. október 22-ikén, újabb 3 éves ciklusra megválasztotta tagjai sorából a Földtani Tudományos Bizottságot. Választott tagjai: BUDAI Tamás, CSERNY Tibor, CSONTOS László, CSÁSZÁR Géza, FODOR László, HAAS János, JÁMBOR Áron, JUHÁSZ Györgyi, KONRÁD Gyula, NAGYMAROSY András, NÁDOR Annamária, POGÁCSÁS György, SZEDERKÉNYI Tibor, SZTANÓ Orsolya, TÖRÖK Ákos.

Hivatalból tagja még a Bizottságnak: BÁRDOSSY György akadémikus, BREZSNYÁNSZKY Károly és MINDSZENTY Andrea.

Az új bizottság tagjai sorából elnöknek CSÁSZÁR Gézát, titkárnak JUHÁSZ Györgyit választotta.

A Földtudományi Komplex Bizottságban megerősítette HAAS János tagságát, míg a leköszönő JÁMBOR Áron helyére póttagnak BUDAI Tamást választotta.

Beszámoló a Föld Éve nyitórendezvényéről, a Földtudományos forgatagról

Az április 17–20. között, a Magyar Természettudományi Múzeumban lezajlott rendezvénynek mintegy 6500 látogatója volt az óvodáskorúaktól a nyugdíjasokig. 50 intézmény 250 munkatársa biztosította önkéntesen a kiállítás zavartalan lebonyolítását. A MTM négy munkatárs állandó jelenlétével, és a helyszín biztosításával járult hozzá a rendezvényhez. A bejelentett előadások száma 80 volt, sajnos az előadások látogatottsága nem volt kielé-

gítő. A rendezvény fővédnökségét SÓLYOM László vállalta, védnök volt még öt miniszter, ami növelte a rendezvény presztízsét és erkölcsi támogatást jelentett. A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium a múzeumnak anyagi támogatást nyújtott, ez biztosította a Földtudományos forgatag ingyenes látogathatóságát. Nagyobb méretű reklámkampányra, az erre fedezetet biztosító szponzorok hiánya miatt nem volt lehetőség. A kiállító cégek saját standjaik bemutatóanyagának biztosításával járultak hozzá a rendezvény sikeréhez. A megnyitó sajtótájékoztatóján, illetve magán a rendezvényen rádió- és Tv-csatornák voltak jelen, amelyek anyagaikat le is adták. Sajnos a rendezvénynek a nyomtatott napi sajtóban nem volt jelentős visszhangja. A rendezvény első két napja elsősorban a diákok számára volt érdekes és hasznos a rendhagyó földrajzórákkal, a második két nap a családok napja volt.

NÉMETH Tamás — az MTA, rendezvényünk után megválasztott főtitkára, aki a Föld Éve Magyar Nemzeti Bizottság tagjaként az előkészítésben és a lebonyolításban is aktívan részt vett — javasolta a földtudományi programok folytatását. PÁLINKÁS József, a később megválasztott MTA elnök napirend előtti felszólalásában, a Parlamentben felhívta a figyelmet a Föld Éve jelentőségére.

HAAS János elnök a Föld Éve Magyar Nemzeti Bizottságának kincstárnoka bejelentette, hogy a rendezvény pénzügyileg „nullszaldós” lett.

BREZSNYÁNSZKY Károly

Személyi hírek

Gyász hírek

Fájdalommal tudatjuk, hogy örökre eltávozott Dr. VÉGH Sándorné sz. NEUBRANDT Erzsébet (1926–2008) Tiszteleti Tagunk, BIDLÓ Gábor (1924–2008), HAVASNÉ SZILÁGYI Eszter (1948–2008), HEGEDŰS Gyula (1918–2008) és HONTI Ernőné (1928–2008) Tagtársunk. Emlékük szívünkben és munkáinkban tovább él!

A Magyar Tudományos Akadémia, az Eötvös Loránd Tudományegyetem és a gyászoló család mély megrendüléssel tudatja, hogy MESKÓ Attila, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, volt főtitkárhelyettese, volt főtitkára, az MTA Elnökségének, Vezetői Kollégiumának, Nemzetközi Kapcsolatok Bizottságának volt tagja, az MTA Könyvtárbizottságának volt társelnöke, az MTA Elnökségi Környezettudományi Bizottság volt elnöke, az Elnökségi Stratégiai Kutatások Programtanácsának volt tagja, a Geofizikai Tudományos Bizottság tagja és volt elnöke, az MTA–ELTE támogatott tanszéki kutatócsoportjának volt vezetője, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszékének volt tanszékvezető egyetemi tanára, a Környezetfizikai Tanszékcsoporthoz volt vezetője, a Szakterületi Professzori Tanácsának, az ELTE TTK Földtudományi Szakterületi Habilitációs Bizottságának, valamint a Szakterületi Professzori Tanácsának volt elnöke, az MTA Könyv- és Folyóiratkiadási Bizottságának volt tagja, a Magyar Geofizikusok Egyesületének tagja, volt elnöke, az International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) Magyar Nemzeti Bizottságának; az International Geosphere-

Biosphere Programme (IGBP) Magyar Nemzeti Bizottságának; a Conferencen Science and World Affairs (PUGWASSH) Magyar Nemzeti Bizottságának; az International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Magyar Nemzeti Bizottságának és az International Association of Geodesy (IAG) Magyar Nemzeti Bizottságának volt tagja, az European Association of Exploration Geophysicists (EAEG) tagja, a Magyar Geológiai Szolgálat Földtani Tudományos Tanácsának; az Országos Atomenergia Bizottság tagja, az OTKA, OMFB, MÖB és más MKM szakbizottságok tagja, az Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica szerkesztő bizottságának tagja, az Állami Díj, az Egyed László emlékérem és az Eötvös Loránd emlékérem, továbbá számos más kitüntetés tulajdonosa hosszú, türelemmel viselt betegségét követően 2008. október 11-én, életének 69. évében elhunyt. Személyében a magyar földtudomány nemzetközileg elismert iskolateremtő egyéniségét, a geofizika tudományának kiváló hazai művelőjét veszítettük el.

Könyvismertetés

BÁRDOSSY György *The Halimba bauxite deposit, A halimbai bauxit-előfordulás című új könyvéről*

Bárdossy akadémikus, egy érdekes monográfiával lepte meg a szakközönséget. A Magyar Állami Földtani Intézet által 2007 keltezéssel kiadott könyv méltán kelti fel a geológusok, a geomatematikával és a bauxit magyarországi kutatástörténetével foglalkozó szakemberek figyelmét. A könyv angol és magyar nyelven tartalmaz egy olyan tanulmányt, amely a halimbai bauxit-előfordulás kutatástörténetével, a kutatási adatok feldolgozásával és a belőlük levonható következtetések összegzésével foglalkozik. A rendkívül lebilincselő nyelvezettel íródott munkában az előbb felsoroltak mellett, a kutatásban és a kutatási adatok értékelésében alkalmazott módszerek időbeli változásáról is olvashatunk. Különösen szembeütő ez az értékelés esetében, ahol tudománytörténeti szempontból is reális képet kapunk arról, hogyan jutott el a bauxitkutatási adatfeldolgozás a súlyozott átlagszámítástól a geostatistikai módszerek (variográfia, krigelés) és geomatematikai eljárások (cluster-elemzés, diszriminancia analízis, főkomponens elemzés, stb.) felhasználása mellett a fuzzy elmélet és a Bayes-statisztika alkalmazásáig. A feldolgozási és értékelési munkát napjainkban már a bizonytalanság kérdésének napirenden tartása, és a bizonytalanság számszerűsítése jellemzi.

Az A4-es formátumú könyv összesen 119 oldal terjedelmű. Az ábrák száma 60 db, a táblázatoké 14. A könyv első felében található angol nyelvű változat mind az ábrákat, mind a táblázatokat, az ezt követő magyar nyelvű rész már csak az ábrákat tartalmazza. Az ábrák (melyek zöme térkép) szép kiállításúak és jól olvashatóak. A könyv terjedelmes, közel háromoldalnyi irodalomjegyzékkel zárul.

A könyvnek különös jelentőséget ad az a tény, hogy a halimbai bauxit előfordulásról, amely Európa legnagyobb kiterjedésű

előhelye ez az első olyan átfogó monográfia, amely a közelmúlt kutatási, és adatfeldolgozási eredményeit is tartalmazza.

A könyv tartalmi részét mindkét nyelvi változatban alapvetően három fontos részre bontotta a szerző. Az első a Földtani rész, a második az Alkalmazott, gyakorlati rész, melyet harmadikként az Összefoglaló értékelés követ.

A Földtani részben a kiértékelés módszereiről, a fedő- és fekküépződményekről, a bauxittest méreteiről, a tektonikai felépítésről, a szedimentológiai és közettani sajátosságokról, a bauxittest járulékos kémiai komponenseiről, a nyomelemekről, az ásványtani felépítésről és a bauxit előfordulás kialakulásáról olvashatunk.

Az Alkalmazott, gyakorlati rész önmagában is novum, mert összefoglalja a felszíni és föld alatti kutatás, a készletszámítások, a geomatematikai, számítástechnikai és informatikai, feldolgozás, valamint a hidrogeológiával kapcsolatos tapasztalatokat. Az ilyen jellegű munka meglehetősen ritka a földtani irodalomban. Külön is ajánlható a szakközönségnek a Geomatematikai, számítástechnikai és informatikai tapasztalatok című alfejezet, amelyben a szerző különös hangsúlyt fektet a fuzzy-elmélet alkalmazási tapasztalatainak ismertetésére a készletszámításban. A bizonytalan halmazok elméletének ilyen jellegű alkalmazása a szerző nevéhez fűződik, aki ez által javasolja kezelni a földtani bizonytalanság kérdését is. Saját tapasztalataim is azt igazolják, hogy ez a módszer a ma ismert eljárások közül az egyetlen, amely egyszerre ad lehetőséget valamely számítás eredményének és az eredmény bizonytalanságának meghatározására.

Külön kell szólni a monográfiát lezáró Összefoglaló értékelésről. Ebben a mindössze fél oldal terjedelmű, de tudománytörténeti szempontból fontos részben a szerző megindokolja, hogy miért készítette el ezt a tanulmányt, és miért pont most került sor a közel tíz éve e tárgyban végzett kutatások összefoglalására.

Összegezve az eddigieket, jó szívvvel ajánlom BÁRDOSSY akadémikus új könyvét minden hazai és külföldi szakembernek, aki fontosnak tartja a földtani tudományok fejlődését, és egyben fontosnak látja a matematikai módszerek földtani alkalmazását is.

FÜST Antal

Jeremy LEGGETT: „A fele elfogyott / Olaj,gáz, forró levegő és globális energiaválság”

A 300 oldalas könyv két főfejezetre oszlik:

– a kimerülő olajkészletek (ebben a fejezetben igen sok ábrával mutatja be a jelenlegi helyzetet),

– az olajkészletek kimerülése egybeesik a globális felmelegedéssel (ebben a fejezetben értékeli, hogy hogyan juttattottunk el idáig és azt, hogy most mit lehet tenni).

359 „Jegyzet” szerepel 24 oldalon, – ami egyben irodalomjegyzéknek is tekinthető és 17 oldalas a „Név és tárgymutató”.

Az angliai kiadás címe: Half gone. Forgalmazza a Typotex Kiadó, 1024 Budapest, Retek u. 33–35.

HORN János